



**DANIEL ARANTES PEREIRA**

**EFEITO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
MATURAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DE  
QUEIJO MINAS ARTESANAL**

**LAVRAS-MG**

**2019**

**DANIEL ARANTES PEREIRA**

**EFEITO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE MATURAÇÃO NAS  
CARACTERÍSTICAS DO QUEIJO MINAS ARTESANAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Doutor.

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Maria Pinto  
Orientadora

Prof Dr Luiz Ronaldo de Abreu  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pereira, Daniel Arantes.

Efeito de diferentes condições de maturação nas características do  
queijo minas artesanal / Daniel Arantes Pereira. - 2019.

100 p. : il.

Orientadora: Sandra Maria Pinto.

Coorientador: Luiz Ronaldo de Abreu.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Queijo artesanal. 2. Maturação de queijos. 3. Leite cru. I.  
Pinto, Sandra Maria. II. Abreu, Luiz Ronaldo de. III. Título.

**DANIEL ARANTES PEREIRA**

**EFEITO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE MATURAÇÃO NAS  
CARACTERÍSTICAS DO QUEIJO MINAS ARTESANAL**

**EFFECT OF DIFFERENT RIPENING CONDITIONS ON THE CHARACTERISTICS  
OF ARTESANAL CHEESE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 30 de agosto de 2019.

Prof. Dr. Luiz Ronaldo de Abreu	UFLA
Prof. Dr. Maximiliano Soares Pinto	UFMG
Prof. Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves	UFLA
Prof. Dr. Marcos Rodrigues de Mattos	UFLA

Profa. Dra. Sandra Maria Pinto  
Orientadora

Prof. Dr. Luiz Ronaldo de Abreu  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2019**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de pós-graduação em Ciência dos Alimentos pelo apoio durante a realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de MG - FAPEMIG - pela concessão da bolsa de doutorado.

À professora Dra. Sandra Maria Pinto, pela confiança e orientação durante os anos de pesquisa. Ao professor Dr. Luiz Ronaldo de Abreu, pela coorientação, dedicação e profissionalismo.

À minha esposa, Rosemara, por estar sempre ao meu lado, apoiando-me e incentivando-me em todas as minhas decisões. Aos meus filhos, Antônio e Pedro, sempre me motivando, torcendo e vibrando com as minhas conquistas.

Aos meus pais, Roberto e Vera, que sempre depositaram na educação todas as esperanças de um bom futuro para mim e meus irmãos, pelos exemplos de caráter, bom senso e respeito ao próximo.

Aos meus irmãos, Allan e Núbia, pelo apoio e amizade.

Aos meus cunhados, Regina Marinho e Sérgio Resende, Rosilene Marinho e Viemar Lares pelo apoio, suporte e convivência durante todo o decorrer do curso.

Às técnicas de laboratório da UFLA Cleusa Maria, Pamela Matioli, Filipe Haddad e Ana Alice por todo o apoio na realização das análises físico-químicas e perfil de textura.

Aos colegas pesquisadores da EPAMIG do Campo Experimental Risoleta Neves, Antônio, Claudio, Paulo, Erivelton, Geraldo, Izabel, Lívia, Marlene e Simone pela agradável convivência.

Aos colegas funcionários de campo da EPAMIG do Campo Experimental Risoleta Neves, Antônio (Tonho), Jaílton, Elias e Francisco (Chiquinho) que deram suporte à produção de leite para a condução do projeto.

Às bolsistas de Iniciação Científica, Ieda Oliveira Sousa e Larissa Rodrigues Lara, ambas graduandas do curso de Zootecnia da UFSJ, pelo apoio e suporte na realização dos experimentos e das análises, e pela agradável convivência.

Aos estagiários da EPAMIG Campo Experimental, Risoleta Neves Igor Marques Gaspar, Marcelle Nepomuceno, Florência Palharini Silva, Luciano Felício Amaral de Sousa e Rosana Gonçalves de Assis Reis.

A todos os alunos do Grupo de Pesquisa e Extensão em Lácteos da UFSJ e do Núcleo de Extensão em Lácteos da UFLA que participaram em alguma etapa do desenvolvimento do projeto.

À colega pesquisadora do Instituto de Laticínios Cândido Tostes da EPAMIG, Elisangela Michele Miguel, pelo apoio na realização das análises microbiológicas.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Augusto, Rachel e Rita que contribuíram para a condução das análises realizadas.

À Unidade Regional da EMATER de São João Del Rei, na pessoa do colega Odair, e seus extensionistas que se disponibilizaram a informações para contextualizar o problema central da pesquisa.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais que permitiu a realização do treinamento em pós-graduação.

Aos colegas de pós de graduação, Amanda Umbelina, Renata Rocha, Lenízy Rocha, Michele Ribeiro, Mariana Crivelari, Sergio Augusto e Ronaldo Elias.

À Marcela Morais Amaral por todo suporte psicológico ao longo deste trabalho.

Aos produtores de queijo artesanal da região do Campo das Vertentes, Joelma Taroco, Trindade Taroco, João Dutra, Mariana Resende, Maciel Morais, José Orlando, Lucia Resende, Teresa Boari que sempre deixaram as portas de suas queijarias “abertas” para contribuir de forma decisiva para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

A produção de queijos artesanais tem reconhecida importância histórica, social, cultural e econômica. O processo de maturação dos queijos artesanais garante que ocorram condições para modificações microbiológicas, bioquímicas, químicas de modo que os queijos desenvolvam sabor, aroma e textura característicos. Esse processo tem sido realizado em condições ambientais sem controle de umidade e temperatura com ampla variação sazonal conferindo despadronização à produção. Atualmente, é crescente o interesse dos produtores em controlar as condições de maturação. Entretanto, não está claro como as alterações nas condições de maturação podem afetar as características dos queijos artesanais e a sua segurança. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da temperatura e da umidade da maturação nas características do Queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2<sup>2</sup> composto por duas umidades (80 e 95%) e duas temperaturas (12 e 18°C). Também foi realizado a avaliação da maturação em condição ambiente (não controlada) perfazendo um total de cinco ensaios com três repetições. Nessas condições, avaliaram-se os queijos com 07, 14, 21, 42 e 60 dias. Foram realizadas análises de atividade de água, pH, umidade, gordura no extrato seco, teor de sal na umidade, proteína total, resíduo mineral fixo, perfil de textura, colorimetria (L\*a\*b\*), enumeração de coliformes a 35°C, *E. coli*, *Staphylococcus* coagulase positiva, bactérias lácticas e bolores e leveduras. A umidade ambiente apresentou efeito significativo sobre a atividade de água dos queijos com 60 dias. As diferenças de atividade de água em relação às condições de maturação surgiram, a partir dos 21 dias. Os queijos maturados em umidade de 95% foram os que apresentaram maior aumento do pH com o decorrer da maturação. A partir dos 42 dias de maturação, os queijos passaram a ser classificados como “baixa umidade”. Os queijos maturados em condição de umidade de 95% foram os que apresentaram a maior umidade aos 60 dias. O teor de sal na umidade dos queijos aos 60 dias sofreu influência da umidade e temperatura de maturação. O resíduo mineral fixo, o teor de gordura no extrato seco, a proteína total e a profundidade de proteólise não sofreram efeito das condições de maturação. O índice de extensão de proteólise sofreu efeito da umidade e da temperatura aos 60 dias. A luminosidade da casca e do interior dos queijos sofreu alterações na comparação entre os tratamentos a partir dos 42 dias. Houve tendência de redução da luminosidade da casca. A coordenada cromática a\* da casca e do interior dos queijos exibiu tendência de aumento no decorrer da maturação. A coordenada cromática b\* da casca não sofreu diferença entre os tratamentos e em relação ao tempo de maturação. O interior dos queijos mostrou diferenças em relação os tempos de maturação. A firmeza apresentou efeito da interação entre a umidade e a temperatura de maturação nos queijos com 60 dias. A coesividade apresentou diferenças significativas em relação às condições de maturação avaliadas nos tempos 42 e 60 dias de maturação. A umidade e a temperatura de maturação não tiveram efeito sobre a elasticidade, a gomosidade e a mastigabilidade. As condições de maturação não influenciaram os grupos de microrganismos analisados. Em todos os tratamentos, houve redução das contagens de todos os microrganismos com o decorrer da maturação. A contagem de coliformes de todos os queijos enquadrou-se aos limites legais. As contagens de *Staphylococcus aureus* enquadraram-se na legislação vigente aos 60 dias de maturação, entretanto nos períodos anteriores apresentaram contagens superiores aos limites reconhecidos para a produção de toxinas. As bactérias lácticas foram a microbiota dominante do queijo nos tempos 14, 21 e 60 dias. Os fungos filamentosos e leveduras, *Staphylococcus aureus*, coliformes a 30°C e *Escherichia coli* foram os microrganismos subdominantes.

**Palavras-chave:** Queijo artesanal. Maturação de queijos e leite cru.

## ABSTRACT

The production of artisanal cheese has recognized historical, social, cultural, and economic importance. The ripening process of artisanal cheeses ensures that conditions for microbiological, biochemical, and chemical changes occur so that the cheeses develop characteristic flavor, aroma, and texture. This process has been conducted under environmental conditions without humidity and temperature control with wide seasonal variation, giving non-standardization to the production. Producers have shown increased interest in controlling ripening conditions. However, it is unclear how changes in ripening conditions may affect the characteristics of artisanal cheeses and their safety. This research was conducted to evaluate the effect of ripening temperature and humidity on the characteristics of Artisanal Minas Cheese from Campo das Vertentes. We used a completely randomized experimental in a factorial scheme of  $2^2$  composed of two levels of humidity (80 and 95%) and two temperature values (12 and 18°C). We also evaluated the ripening under environmental (uncontrolled) condition in a total of five assays with three replicates. Under these conditions, we evaluated cheeses at 07, 14, 21, 42, and 60 days. Furthermore, we evaluated water activity, pH, humidity, fat in the dry extract, salt content in humidity, total protein, fixed mineral residue, texture profile, colorimetry ( $L^*a^*b^*$ ), and coliform enumeration at 35°C, *E. coli*, coagulase-positive *Staphylococcus*, lactic acid bacteria, and mold and yeast. The environmental humidity presented a significant effect on the water activity of 60-day-old cheeses. The differences in water activity related to ripening conditions occurred from 21 days. The cheeses ripened at 95% humidity showed the highest pH increase. The cheeses are classified as “low humidity” from 42 days of ripening. Cheeses ripened at 95% humidity presented the highest humidity at 60 days. The salt moisture content of cheese at 60 days was influenced by moisture and ripening temperature. The fixed mineral residue, fat content in the dry extract, total protein, and proteolysis depth were not affected by the ripening conditions. The proteolysis extension index was affected by humidity and temperature at 60 days. The composition of the luminosity of the rind and the interior of the cheeses changed between treatments at 42 days. We observed a tendency to decrease in the brightness of the shell. The cheese rind and interior chromatic coordinate  $a^*$  showed an increasing tendency during ripening, while the rind's chromatic coordinate  $b^*$  did not differ between treatments and ripening time. Meanwhile, the interior of the cheeses showed differences regarding ripening times. Firmness affected the interaction between humidity and ripening temperature in 60-day-old cheeses. The cohesiveness presented significant differences regarding ripening conditions evaluated at the 42 and 60 days. The humidity and ripening temperature had no effect on elasticity, gummosity, and chewability. The ripening conditions did not influence the groups of microorganisms analyzed. All treatments showed a reduction in the counts of all microorganisms with ripening. The coliform count of all cheeses fell within the legal limits. The count of *Staphylococcus aureus* was according to the legislation in force at 60 days of ripening. However, in previous periods, the counts were higher than the recognized limits for toxin production. Lactic bacteria were the dominant cheese microbiota at 14, 21, and 60 days, while filamentous fungi and yeast, *Staphylococcus aureus*, coliforms at 30°C, and *Escherichia coli* were subdominant.

**Keywords:** Artisanal cheese. Cheese ripening, and raw milk.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do estado de Minas Gerais com as regiões produtoras de queijos artesanais.....	19
Figura 2 - Bioquímica básica da maturação de queijos.....	21
Figura 3 - Fluxograma da produção de Queijo Minas Artesanal.....	35
Figura 4 - Curvas de contorno para atividade de água dos queijos com 60 dias de maturação. ....	46
Figura 5 - Evolução da atividade de água ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆) ambiente; (■) 18°C e 80% Umidade; (▲) 18°C e 95% Umidade; (x) 12°C e 80% Umidade e (●) 12°C e 95% Umidade. ....	47
Figura 6 - Evolução pH ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆) ambiente; (■) 18°C e 80% Umidade; (▲) 18°C e 95% Umidade; (x) 12°C e 80% Umidade e (●) 12°C e 95% Umidade.....	49
Figura 7 - Curvas de contorno para umidade (%) dos queijos com 60 dias de maturação. ....	53
Figura 8 - Evolução da umidade ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆) ambiente; (■) 18°C e 80% Umidade; (▲) 18°C e 95% Umidade; (x) 12°C e 80% Umidade e (●) 12°C e 95% Umidade. ....	54
Figura 9 - Curvas de contorno para índice de extensão de proteólise (%) dos queijos com 60 dias de maturação. ....	58
Figura 10 - Evolução do índice de extensão de proteólise ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆) ambiente; (■) 18°C e 80% Umidade; (▲) 18°C e 95% Umidade; (x) 12°C e 80% Umidade e (●) 12°C e 95% Umidade. ....	60
Figura 11 - Evolução do índice de profundidade de proteólise ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆) ambiente; (■) 18°C e 80% Umidade;	

(▲···) 18°C e 95% Umidade; (x- - -) 12°C e 80% Umidade e (●---) 12°C e 95% Umidade. ....	62
Figura 12 - Curvas de contorno para teor de sal na umidade (%) dos queijos com 60 dias de maturação.....	65
Figura 13 - Evolução do teor de sal na umidade ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆-) ambiente; (■···) 18°C e 80% Umidade; (▲···) 18°C e 95% Umidade; (x- - -) 12°C e 80% Umidade e (●- · · ) 12°C e 95% Umidade. ....	66
Figura 14 - Curvas de contorno para firmeza dos queijos com 60 dias de maturação em função da umidade e temperatura de maturação. ....	76
Figura 15 - Evolução contagem de coliformes longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆-) ambiente; (■···) 18°C e 80% Umidade; (▲···) 18°C e 95% Umidade; (x- - -) 12°C e 80% Umidade e (●- · · ) 12°C e 95% Umidade. ....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos queijos de acordo com a Umidade e a Gordura no Extrato Seco (GES).....	25
Tabela 2 - Parâmetros que afetam o crescimento microbiano em queijos. ....	30
Tabela 3 - Parâmetros microbiológicos das legislações estadual para queijos. ....	32
Tabela 4 - Composição do leite e indicadores higiênico-sanitários do leite do rebanho do CERN. ....	42
Tabela 5 - Acidez titulável do leite e do “pingo” utilizados nas fabricações dos queijos Minas Artesanal. ....	43
Tabela 6 - Valores médios de atividade de água dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*. ....	44
Tabela 7 - Coeficientes de regressão para atividade de água dos queijos aos 60 dias de maturação. ....	45
Tabela 8 - Análise de variância para atividade de água dos queijos aos 60 dias de maturação. ....	45
Tabela 9 - Equações das curvas ajustadas da evolução da atividade de água durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação. ....	47
Tabela 10 - Valores médios de pH ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*. ....	48
Tabela 11 - Equações das curvas ajustadas da evolução do pH durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação. ....	50
Tabela 12 - Valores médios de umidade (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*. ....	51
Tabela 13 - Coeficientes de regressão estimados para umidade dos queijos aos 60 dias de maturação em função da temperatura e da umidade das câmaras de maturação. ....	51
Tabela 14 - Análise de variância para umidade dos queijos aos 60 dias de maturação. ....	52
Tabela 15 - Equações das curvas ajustadas da evolução da umidade (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação. ....	54

Tabela 16 - Valores médios de resíduo mineral fixo (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*.....	55
Tabela 17 - Valores médios de proteína total (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*.....	56
Tabela 18 - Valores médios de índice de extensão (%) de proteólise dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*.....	57
Tabela 19 - Coeficientes de regressão para índice de extensão (%) de proteólise dos queijos aos 60 dias de maturação.....	57
Tabela 20 - Análise de variância da regressão para índice de extensão (%) de proteólise dos queijos aos 60 dias de maturação.....	58
Tabela 21 - Equações das curvas ajustadas da evolução do índice de extensão de proteólise (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.....	60
Tabela 22 - Valores médios de índice de profundidade (%) de proteólise dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*.....	61
Tabela 23 - Equações das curvas ajustadas da evolução do índice de profundidade de proteólise (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.....	62
Tabela 24 - Valores médios de teor de sal na umidade (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*.....	63
Tabela 25 - Coeficientes de regressão para teor de sal na umidade (%) dos queijos aos 60 dias de maturação.....	64
Tabela 26 - Análise de variância para teor de sal na umidade dos queijos aos 60 dias de maturação.....	64
Tabela 27 - Equações das curvas ajustadas da evolução do teor de sal na umidade (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.....	67
Tabela 28 - Valores médios de teor de gordura no extrato seco (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação.....	67
Tabela 29 - Valores médios de L* da casca dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*.....	69
Tabela 30 - Valores médios de L* do interior dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação*.....	70

Tabela 31 - Valores médios de $a^*$ da casca dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação* .	71
Tabela 32 - Valores médios de $a^*$ do interior dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação* .	72
Tabela 33 - Valores médios de $b^*$ da casca dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação .	72
Tabela 34 - Valores médios de $b^*$ do interior dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação .	73
Tabela 35 - Valores médios de firmeza ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação* .	74
Tabela 36 - Coeficientes de regressão para firmeza dos queijos aos 60 dias de maturação .	75
Tabela 37 - Análise de variância para firmeza dos queijos aos 60 dias de maturação .	75
Tabela 38 - Valores médios de coesividade ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação* .	77
Tabela 39 - Médias dos parâmetros elasticidade, gomosidade e mastigabilidade do queijo Minas artesanal maturado em diferentes condições de umidade e temperatura ao longo de 60 dias de maturação .	78
Tabela 40 - Médias das contagens microbiológicas do queijo Minas artesanal maturado em diferentes condições de umidade e temperatura ao longo de 60 dias de maturação .	80
Tabela 41 - Equações das curvas ajustadas da evolução das contagens logarítmicas de coliformes durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação .	82

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
2	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	17
2.1	<b>Queijos Minas Artesanais</b>	17
2.2	<b>Queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes</b>	18
2.3	<b>Maturação de Queijos Minas Artesanais</b>	20
2.4	<b>Aspectos físico-químicos dos queijos Minas Artesanais</b>	24
2.5	<b>Perfil de textura</b>	27
2.6	<b>Aspectos microbiológicos dos queijos Minas Artesanais</b>	28
3	<b>METODOLOGIA</b>	34
3.1	<b>Fabricação dos queijos Minas Artesanais</b>	34
3.2	<b>Acidez do pingo e do leite</b>	36
3.3	<b>Atividade de água dos queijos</b>	37
3.4	<b>Teor de gordura e Gordura no Extrato Seco (GES)</b>	37
3.5	<b>Teor de umidade e Extrato seco</b>	37
3.6	<b>Teor de resíduo mineral fixo</b>	37
3.7	<b>Teor de cloretos e sal na umidade</b>	38
3.8	<b>Frações nitrogenadas e índices de proteólise</b>	38
3.9	<b>pH</b>	38
3.10	<b>Cor</b>	39
3.11	<b>Perfil de textura</b>	39
3.12	<b>Análises microbiológicas</b>	39
3.12.1	<b><i>E. coli</i> e coliformes a 35°C</b>	40
3.12.2	<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	40
3.12.3	<b>Bactérias lácticas</b>	40
3.12.4	<b>Bolores e leveduras</b>	40
3.13	<b>Análises estatísticas</b>	41
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	42
4.1	<b>Análises do leite e do pingo</b>	42
4.2	<b>Efeito das condições de maturação sobre as características físico-químicas dos queijos</b>	43
4.2.1	<b>Atividade de água</b>	43
4.2.2	<b>pH</b>	48
4.2.3	<b>Umidade</b>	50
4.2.4	<b>Resíduo Mineral Fixo</b>	55
4.2.5	<b>Proteína total</b>	56
4.2.6	<b>Índice de extensão de proteólise</b>	56
4.2.7	<b>Índice de profundidade de proteólise</b>	60
4.2.8	<b>Teor de sal na umidade</b>	62
4.3	<b>Gordura no extrato seco</b>	67
4.4	<b>Efeito das condições de maturação sobre a cor dos queijos</b>	68
4.4.1	<b>Luminosidade (L*)</b>	68
4.4.2	<b>Coordenada cromática a*</b>	71
4.4.3	<b>Coordenada cromática b*</b>	72
4.5	<b>Efeito das condições de maturação sobre o perfil de textura</b>	74
4.5.1	<b>Firmeza</b>	74
4.5.2	<b>Coesividade</b>	77

4.5.3	Elasticidade, gomosidade e mastigabilidade .....	78
4.6	Efeito das condições de maturação sobre a microbiota dos queijos .....	79
4.6.1	Coliformes e <i>Escherichia coli</i> .....	81
4.6.2	<i>Staphylococcus aureus</i> .....	83
4.6.3	Bactérias lácticas .....	84
4.6.4	Bolores e leveduras .....	85
5	CONCLUSÃO .....	87
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	90
	REFERÊNCIAS .....	91

## 1 INTRODUÇÃO

Na última década, os queijos artesanais mineiros feitos a partir de leite cru e utilizando o “pingo” como fermento endógeno e maturado em condições ambiente expandiram as regiões e os municípios reconhecidos como produtores, foram legalmente melhor regulamentados, passaram por experimentos e análises em diferentes universidades e institutos de pesquisa, ganharam novos mercados, adentraram à alta gastronomia e têm sido premiados em feiras internacionais.

Os programas governamentais de apoio ao desenvolvimento da cadeia produtiva, especialmente por intermédio da Empresa de Extensão Rural e Assistência Técnica de Minas Gerais, levaram muitos produtores à adequação de infraestrutura de processamento, à melhoria da qualidade da matéria-prima e treinaram manipuladores em Boas Práticas de Fabricação para a garantia da segurança da produção. Essas ações com atuação fiscal do Instituto Mineiro de Agropecuária melhoraram consideravelmente a imagem da produção artesanal de queijos diante dos consumidores e contribuíram decisivamente para a incrível expansão do mercado e inclusão do queijo artesanal como produto e ingrediente *gourmet*. Apesar de todos esses esforços, o universo de produtores legalizados é pequeno frente aos produtores clandestinos e, ainda, existe um enorme mercado informal.

Contudo, hoje, mais que um produto de importância socioeconômica e histórico-cultural, o queijo artesanal, por meio da sua diversa microbiota, demonstra potencial tecnológico pela veiculação microrganismos com características probióticas, microrganismos produtores de bacteriocinas e com efeitos antagônicos contra patógenos, e outros capazes de reduzir o efeito alergênico de proteínas do leite.

O reconhecimento internacional dos queijos artesanais mineiros, a participação em circuitos gastronômicos e o contato com outras tecnologias de produção de queijos feitos com leite cru em outros países têm estimulado produtores tradicionais a experimentarem novos modos de produção e de maturação dos queijos. Apesar disso, atualmente, a legislação estadual para queijo artesanal só aceita a maturação realizada em condição ambiente. Como as condições de umidade e temperatura das salas de maturação das queijarias são muito variáveis o queijo artesanal sofre uma grande despadronização na produção em função de variações climáticas locais.

A maturação regula a sucessão ecológica da microbiota dos queijos e, por conseguinte é responsável pelo efeito sobre a microbiota patogênica, pelo direcionamento da formação de compostos de sabor e aroma e pelas reações que definem as características de textura dos



queijos. Existe uma demanda de estudos para garantir que a alteração da maturação tradicional venha a agregar valor a produção com garantia de qualidade sensorial e segurança microbiológica.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar o efeito de diferentes condições de umidade e temperatura de maturação nas características do queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes. Os objetivos específicos foram:

- a) Avaliar o efeito de diferentes condições de umidade e temperatura de maturação nas características físico-químicas dos queijos artesanais;
- b) Avaliar o efeito de diferentes condições de umidade e temperatura de maturação no perfil de textura e na cor dos queijos artesanais ao longo da maturação;
- c) Avaliar o efeito de diferentes condições de umidade e temperatura de maturação na microbiota dos queijos artesanais ao longo da maturação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Queijos Minas Artesanais

O Estado de Minas Gerais destaca-se no cenário nacional e internacional por sua relevante e histórica produção de queijos artesanais com leite cru. Nesse contexto, observa-se o relevante número de produtores cadastrados no Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), totalizando, até o ano de 2017, o quantitativo de 282 produtores. O Queijo Minas Artesanal tem sido produzido em sete microrregiões do estado, perfazendo 74 municípios (INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA, 2018).

É considerado queijo Minas artesanal o queijo que apresente consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, isenta de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas, confeccionado a partir do leite integral de vaca fresco e cru, retirado e beneficiado na propriedade de origem (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS - ALMG, 2012).

A técnica de produção do queijo Minas Artesanal têm origem com a imigração de açorianos, no início do século XVIII, para a região de Minas e que já realizavam produção artesanal a partir de queijo de leite de vacas, nos Açores, com emprego de coalho de origem animal influenciados pelo contato frequente com holandeses que caçavam baleias na região e usavam o arquipélago como ponto de abastecimento (MERGAREJO-NETTO, 2011).

A produção de queijos artesanais diferencia-se da industrial pelo fato de não usarem processos mecanizados de produção e pasteurização do leite, e por ter a obrigatoriedade do emprego do pingo. Este caracteriza-se pelo soro-fermento salgado e coletado da fabricação anterior para uso na fabricação do dia, conhecido como “pingo” (IMA, 2011).

O pingo nada mais é que um fermento natural endógeno que contém a microbiota responsável pelas características de sabor, textura e cor dos queijos definindo bem cada região em que foi produzido. Esse fermento natural é obtido ao final da dessoragem dos queijos artesanais, e para a sua coagulação é utilizado o coalho industrial (MENESES, 2006).

Entretanto além do uso de leite cru e do “pingo” para o cadastramento no IMA, é necessário que o produtor atenda exigências quanto à sua produção, instalações, boas práticas de produção, controle sanitário dos animais e colaboradores (IMA, 2013).

A fabricação e a venda informal de queijos artesanais no mercado mineiro e, ainda que ilegal, em outros Estados despertaram o interesse na legalização do queijo Minas artesanal no final da década de 1990 (PINTO, 2008).

O Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA) registrou o modo de fazer do queijo artesanal do Serro como “Patrimônio Imaterial de Minas Gerais”, por meio do decreto nº 42.505 de 15 de abril de 2002 (ALMG, 2002). Em 2008, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) reconheceu o modo de fazer do queijo Minas artesanal nas regiões do Serro, Cerrado e da serra da Canastra como patrimônio imaterial.

A elaboração de legislação específica para o segmento contribuiu para que os problemas de segurança microbiológica associados ao queijo artesanal fossem amplamente discutidos pela sociedade (PAIVA, 2012).

Apesar do reconhecimento da importância dos queijos Minas artesanais, das diversas pesquisas nessa área e dos inúmeros avanços obtidos nos últimos anos, ainda há muitos gargalos em sua produção e normatização. Verifica-se comumente que apresentam variação na sua composição físico-química, além dos parâmetros microbiológicos, comprovando, assim, a falta de padronização dos produtos disponíveis para o consumidor (SOBRAL, 2012).

## **2.2 Queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes**

A notoriedade de Campo das Vertentes como região produtora de leite e queijos data do período colonial com a exploração aurífera entre os séculos XVIII e XIX, quando já experimentava uma densa população (MOURA, 2002).

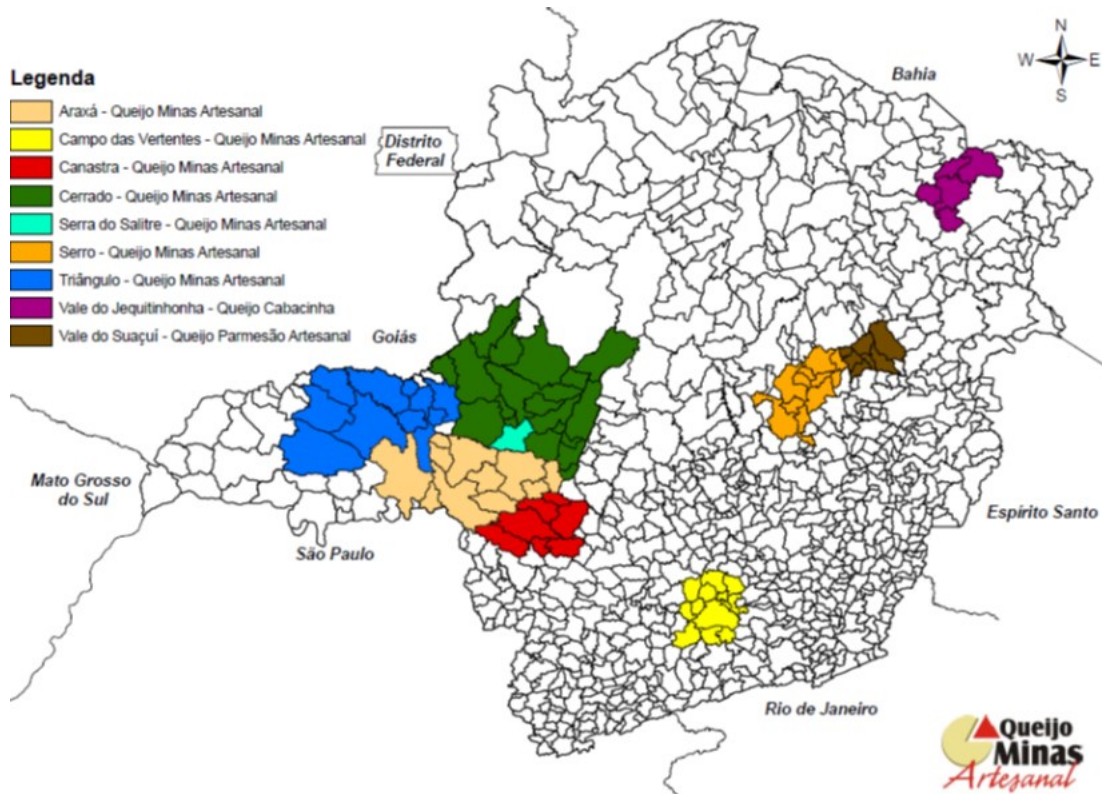
Na microrregião de São João Del Rei, ainda hoje, o queijo processado de forma artesanal no meio rural encontra-se fortemente arraigado no gosto e no paladar do povo dessa região, além de possuir importância na economia local. Percebe-se, portanto, que a atividade atravessou séculos atrelada fortemente à cultura local (OLIVEIRA, 2010).

Entretanto a região Campo das Vertentes passou a ser considerada como microrregião produtora de Queijo Minas Artesanal, por meio da publicação da Portaria nº 1.022 em 03 de novembro de 2009 pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (MINAS GERAIS, 2009).

A Mesorregião Campo das Vertentes está localizada no 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. Nessa região, predomina um clima de verão chuvoso e inverno seco. O período chuvoso de outubro a março conta com precipitação média anual entre 1.200 e 1.600 mm, coincidindo com o período mais quente do ano. O período seco prolonga-se por cerca de abril a setembro, com precipitação média de 123

mm. O regime térmico é caracterizado por uma temperatura média anual entre 17,4°C e 20,5°C (BARUQUI et al., 2006).

Figura 1 - Mapa do estado de Minas Gerais com as regiões produtoras de queijos artesanais.



Fonte: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - EMATER-MG (2009).

A junção dos municípios envolvidos nessa microrregião Campo das Vertentes levou em consideração características de clima, relevo vegetação, atividade agrícola, economia e atividade social e cultural com o município de São João Del Rei (OLIVEIRA, 2010).

Segundo consta no dossiê de caracterização dessa microrregião, esse tipo de queijo possui consistência semidura com tendência à macia, porém, firme. A textura apresenta-se fechada, e pode apresentar algumas olhaduras irregulares. Possui, ainda, casca fina de coloração amarelo-palha. Possui sabor pronunciado, levemente ácido, mas não picante. Seu formato é cilíndrico, com altura aproximadamente de 5 a 7 cm, diâmetro entre 15 e 20 cm e peso variando de 700g a 1kg (EMATER-MG, 2009).

Moreno (2013) observou que o queijo Minas artesanal da Microrregião Campo das Vertentes apresenta as seguintes características físicas: formato cilíndrico, variando respectivamente, seu peso, diâmetro e altura, no período seco (795,5g; 15,6cm e 3,8cm) e no período chuvoso (673,7g; 14,5cm e 4 cm). A coloração externa apresenta-se amarelo-palha,

com crosta média, textura aberta, com algumas olhaduras mecânicas, odor pronunciado de queijo e friável ao corte.

### **2.3 Maturação de Queijos Minas Artesanais**

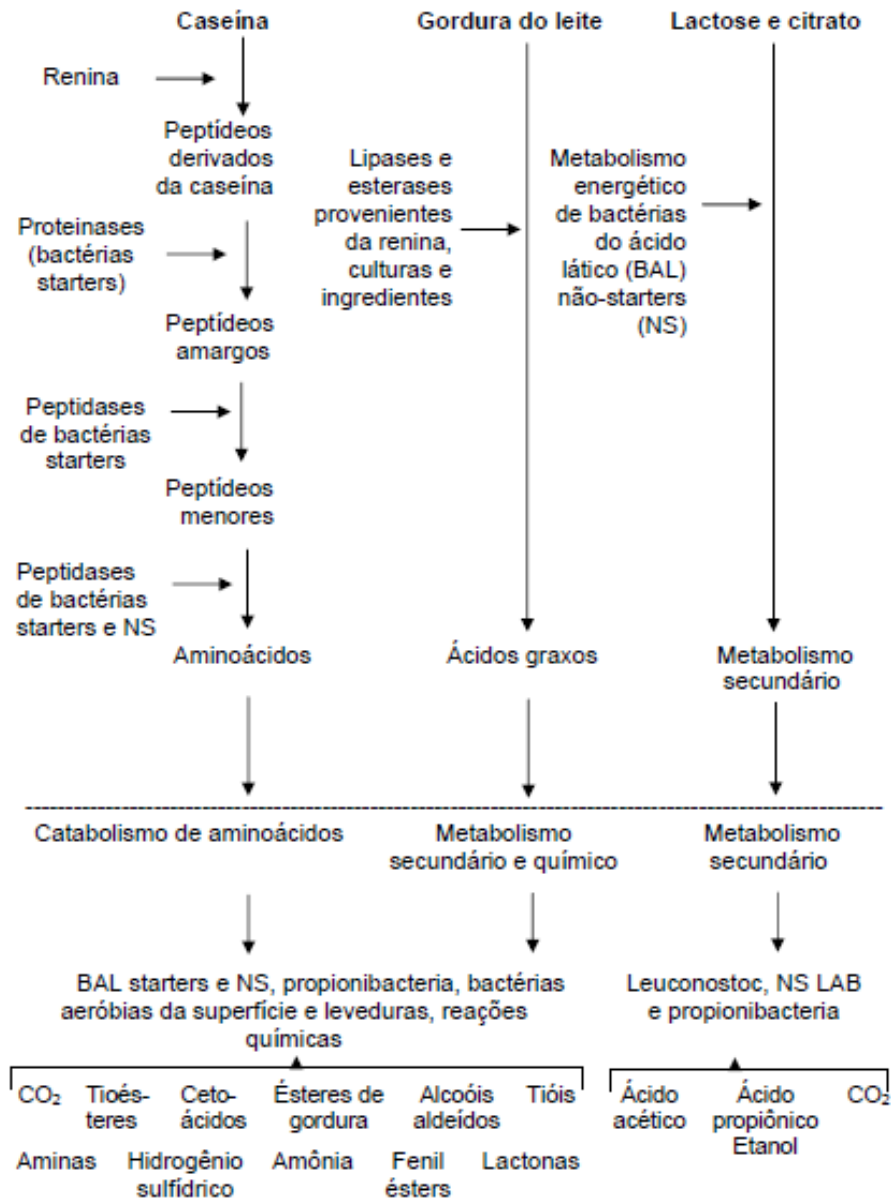
O queijo é um dos alimentos mais complexos, fascinantes e diversificados de que hoje desfrutamos e isso se deve às características e à atividade das culturas microbianas iniciadoras específicas e das culturas adjuntas selecionadas para cada variedade, o que contribui para a diversidade dos queijos. Além dos aspectos microbiológicos, a variabilidade entre características fundamentais do processamento e da maturação influenciam tanto a composição química do queijo fresco quanto seu potencial enzimático durante a maturação, contribuindo para a diversidade e diferenciação dos queijos (ALMENA-ALISTE; MIETTON, 2014).

A maturação dos queijos depende de fatores intrínsecos ao queijo como o pH, o teor de sal, a umidade da massa, o tipo de microrganismos presentes de forma endógena ou presentes no fermento láctico e que tem papel fundamental na produção de compostos de sabor e aroma e desenvolvimento de textura. Contudo, fatores extrínsecos como a temperatura e a umidade relativa do ar, que controla a secagem dos queijos e seleciona a microbiota, são quem determinam a velocidade e a extensão com que os fenômenos envolvidos na maturação ocorram (BANK, 1998).

As principais reações que ocorrem durante a maturação envolvem os dois principais constituintes orgânicos do leite: proteínas e lipídios. No entanto, o metabolismo da lactose e citrato, apesar de estarem presentes em baixas concentrações, é importante em todas as variedades de queijos e crítico em algumas. A maioria das reações primárias estão bem caracterizadas. Muitos dos produtos das reações primárias ainda sofrem modificações, que não são totalmente compreendidas, mas que são provavelmente responsáveis pelo sabor característico dos queijos (FOX et al., 2000).

As alterações microbiológicas e bioquímicas (FIGURA 2) que ocorrem durante a maturação são fenômenos interligados de forma complexa essencial ao desenvolvimento das características sensoriais para o produto final, especialmente sabor, aroma e textura (ABEIJÓN MUKDSI et al., 2014).

Figura 2 - Bioquímica básica da maturação de queijos.



Fonte: Law (2010).

Durante o período de maturação, por meio de reações de proteólise enzimática, são liberadas frações de peptídeos e aminoácidos com cadeias laterais polares ou ionizáveis que interagem com a água livre nos queijos, paralelamente, a perda de umidade e a consequente concentração do teor de sal reduz a sua atividade de água dos queijos de maneira geral (BERESFORD et al., 2001).

A proteólise constitui o evento bioquímico mais complexo ocorrido durante a maturação ou armazenamento dos queijos que permite a modificação da textura e o desenvolvimento de características ideais de sabor e aroma. É consequência da ação de

agentes como coagulante residual, fermentos lácticos, enzimas naturais do leite, microbiota acompanhante, composta por bactérias lácticas não iniciadoras (NSLAB) e, em muitas variedades, enzimas de fermentos secundários (SOUSA; ARDÖ; MCSWEENEY, 2001).

Enzimas endógenas presentes no leite cru, associadas aos glóbulos de gordura e às micelas de caseínas, como a plasmina, fosfatase ácida, xantina oxidase e catepsina D, assim como também, algumas lipases, podem ficar ativas no queijo e contribuem para a maturação (FOX; MCSWEENEY, 1998).

As proteases estão naturalmente presentes no leite cru ou são produzidas pelo fermento láctico e também por microrganismos contaminantes. A partir da degradação das caseínas, são formados compostos como peptídeos, aminoácidos, aminas, tioésteres, cetoácidos, álcoois, aldeídos, tióis, amônia, lactonas, aminas, aldeídos e álcoois (AZARNIA et al., 2010).

A quimosina e a pepsina são duas proteases presentes no coalho, e durante a formação da coalhada, parte desse coalho é perdida no soro, mas, aproximadamente 6%, na forma de quimosina, permanecem na coalhada e tendem a aumentar à medida que o pH na massa diminui, ao mesmo tempo, quanto maior a umidade no queijo, mais coalho é retido, contribuindo com maior proteólise no estágio de maturação (FOX; MCSWEENEY, 1998).

O pingo adicionado ao leite por ocasião da fabricação do queijo Minas Artesanal é uma espécie de soro-fermento natural salgado e composto por bactérias lácticas que exercem papel fundamental nas características desse queijo, crescendo em condições microaerófilas ou estritamente anaeróbicas (BRUNO; CARVALHO, 2009).

Os queijos artesanais feitos a partir de leite cru apresentam características sensoriais influenciadas pelo local de produção e maturação. Isso se deve às variações: edafoclimáticas locais, da microbiota endógena e das propriedades do leite (MARTINS et al., 2015).

Entretanto, quando se trata de queijos curados, é importante considerar que as características das condições de maturação tais como temperatura, umidade relativa e taxas de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>, têm influência sobre o caráter e a diversidade da microbiota presente no queijo (ALMENA-ALISTE; MIETTON, 2014).

A maturação dos queijos Minas Artesanais é realizada em condições ambientais das queijarias, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. Na Portaria nº 1.305 de 30 de abril de 2013, voltada às queijarias integrantes do SISBI/POA, exige-se maturação mínima de 22 dias para o Queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes que é realizada nas condições ambientais. De acordo com o R.I.I.S.P.O.A., os queijos de leite cru devem ser maturados por, no mínimo 60 dias, a uma temperatura superior a 5°C (BRASIL, 2017).

Entretanto, estudo comparando ambientes para maturação identificou que temperaturas abaixo de 8°C não são suficientes para redução das contagens de microrganismos patogênicos, além de comprometer a formação de compostos aromáticos característicos nos queijos (DORES; NOBREGA; FERREIRA, 2013).

A elevação da temperatura é considerada como o método mais simples para a aceleração do processo de maturação. Apesar disso, padrões estritos de higiene devem ser observados na fabricação de queijos com processo de maturação acelerado (SIHUFE et al., 2010).

Analisando o efeito da temperatura de 16 °C na maturação do queijo do tipo holandês em “caves”, pesquisadores observaram que o aumento de temperatura em 6 °C pode reduzir o tempo de maturação pela metade (PACHLOVÁ et al., 2012).

Ao analisar queijos Reggiano, pesquisadores identificaram que o aumento da temperatura e do tempo de maturação resultaram em aumento dos produtos de proteólise. Níveis mais elevados de atividade proteolítica foram observados em queijos inicialmente armazenados a 20 °C durante 4 semanas (CERUTI; ZORRILLA; SIHUFE, 2012).

A maturação de queijos Minas Artesanais é realizada devido às exigências legais, para auxiliar na manutenção da qualidade microbiológica e físico-química do produto. Ao longo da maturação ocorrem diversas reações químicas, físicas, bioquímicas e alterações microbiológicas que são responsáveis por melhoria das características do produto (COSTA JÚNIOR et al., 2014).

A maturação do queijo Minas Artesanal contribui para sua segurança microbiológica principalmente devido à formação de compostos antimicrobianos pelas bactérias lácticas como ácidos orgânicos (JAY, 2005), bacteriocinas (COELHO et al., 2014; NESPOLO; BRANDELLI, 2010), diacetil (JAY, 1982; PIARD; DESMAZEAUD, 1991) dentre outros, que torna a matriz inapropriada ao desenvolvimento e a sobrevivência de patógenos.

A influência do período de maturação nas características microbiológicas em queijos mantidos em temperatura ambiente pode determinar a microbiota, com diminuições nas contagens de coliformes e bactérias dos gêneros *Staphylococcus*, *Salmonella* e *Listeria* (DORES; NOBREGA; FERREIRA, 2013).

A microbiota é um dos fatores relevantes na produção de queijos artesanais produzidos a partir de leite cru e com o uso de culturas naturais como os fermentos endógenos (ALMENA-ALISTE; MIETTON, 2014). Durante a fermentação do leite e a maturação dos queijos, ocorrem interações complexas na comunidade microbiana (MONTEL et al., 2014).



As condições de temperatura e de umidade relativa do ar durante a maturação de queijos Minas artesanais precisam ser mais bem estudadas, pois estas podem influenciar as características sensoriais e microbiológicas desse produto (VALE; RODRIGUES; MARTINS, 2018).

Martins et al. (2015) sugerem que a maturação do queijo Minas artesanal seja feita à temperatura ambiente, uma vez que essa condição diminui o tempo necessário para atingir a qualidade microbiológica dentro dos parâmetros de segurança exigidos pela legislação, além de manter as características de aparência e sabor conhecidas pelos produtores e consumidores que apreciam o queijo Minas artesanal.

#### **2.4 Aspectos físico-químicos dos queijos Minas Artesanais**

A composição do queijo é fortemente influenciada pela composição do leite utilizada na sua produção, em especial o teor de proteínas, gordura, cálcio e pH, por outro lado esses componentes dependem ou são também influenciados por vários outros fatores, como espécie, raça, individualidade, estado nutricional, saúde e estágio de lactação do animal que produziu o leite. Nesse sentido, o leite como matéria-prima para fabricação de queijos deve ser proveniente de animais sadios com baixa contagem de células somáticas (CCS), livre de impurezas químicas, odores e ácidos orgânicos que venham afetar o *flavour* do queijo, livre de antibióticos a fim de evitar a inibição das bactérias do fermento láctico (FOX et al., 2000).

As características físico-químicas dos queijos artesanais sofrem influência direta da composição do leite e das condições e técnicas de fabricação. A composição do leite usado na produção afeta diretamente o pH, teor de gorduras e cálcio do produto final. Variações em parâmetros do processo como temperatura e a microbiota também exercem papel crucial no desenvolvimento das características únicas de cada variedade de queijo (DORES; NOBREGA; FERREIRA, 2013).

As queijarias artesanais do campo das Vertentes alteram suas tecnologias de fabricação nos períodos seco e chuvoso. Deixam o ponto do grão da coalhada mais úmido no período seco para suportar a menor umidade relativa do ar ao longo da maturação e tornar os queijos mais úmidos, durante toda maturação (COSTA JÚNIOR et al., 2014).

As etapas de produção e reações bioquímicas também interferem consideravelmente nos resultados. Na região Campo das Vertentes, Moreno (2013) percebeu influências da umidade relativa do ar no peso, diâmetro e altura dos queijos.

Tabela 1 - Classificação dos queijos de acordo com a Umidade e a Gordura no Extrato Seco (GES).

Umidade (%)		GES (%)	
Baixa umidade	<35,6	Extra gordo	>60
Média umidade	36,0 a 45,9	Gordo	45,0 a 59,9
Alta umidade	46,0 a 54,9	Semi gordo	25,0 a 44,9
Muito alta umidade	>55,0	Magro	10 a 24,9
		Desnatado	<10

Fonte: Brasil (1996).

A maturação, o teor de umidade e o teor de sal influenciam a atividade de água dos queijos de uma maneira geral. Algumas frações de aminoácidos, liberados durante a proteólise, possuem cadeias laterais com grupos polares ou ionizáveis que se integram facilmente a água, abaixando a atividade de água durante o período de maturação do queijo (BERESFORD et al., 2001).

A atividade da água é um indicador do estado energético da água nos sistemas alimentares. A exigência de microrganismos em água é descrita em termos de atividade de água. A atividade de água pode ser controlada para projetar alimentos adequados para armazenamento em longo prazo e para garantia da segurança do alimento. Vários fatores controlam a atividade de água dos alimentos e isso influencia a textura, o sabor e a segurança dos alimentos. A disponibilidade de água livre também contribui para o aumento ou diminuição das reações químicas e enzimáticas envolvendo hidratação (PRABHAKAR; MALLIKA, 2014).

O sal diminui a atividade de água devido ao seu baixo peso molecular e sua alta solubilidade e em queijos maturados sem embalagens ou sem qualquer outra película de proteção, existe redução da atividade de água pela perda de umidade por evaporação. (BERESFORD et al., 2001).

Por ser o principal determinante da atividade de água em queijos, o sal exerce controle no crescimento microbiano, atividade enzimática, mudanças bioquímicas durante a maturação e no desenvolvimento simultâneo de sabor e aroma. Juntamente com pH e teor de cálcio, apresenta efeito sobre a extensão da hidratação da para-caseína, o que afeta a capacidade de retenção de água da matriz proteica, sua tendência à sinérese, reologia, textura e propriedades de cozimento (GUINEE, 2004).

O sal, tal como o pH e a atividade da água, contribui para a prevenção do crescimento de agentes patogênicos no queijo, além de influenciar diretamente o seu sabor. Tem ainda influência na cura do queijo, principalmente através dos efeitos sobre a atividade da água,

controlando assim a atividade microbiana e enzimática, e tendo também influência na umidade final do queijo e na sua textura (GUINEE, 2004).

A adição de sal contribui ainda para o sabor e o aroma de queijos por conferir gosto salgado, por mascarar *off-flavours* e por inibir a ação de bactérias que levam a formação de *off-flavours* (BINTSIS, 2006).

O efeito do sal na preservação se dá devido à redução da atividade de água. Os microrganismos patogênicos apresentam tolerância ao sal bastante variada. Dessa forma, o sal geralmente não age sozinho na preservação de queijos mas pode ser considerado como um dos obstáculos para o desenvolvimento de patógenos em queijos (GUINEE; SUTHERLAND, 2011).

O crescimento de culturas láticas mesofílicas comumente empregadas na fabricação de queijos, como por exemplo *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, é estimulado por concentrações de sal na umidade na faixa de 2 a 3%, mas é inibido em concentrações maiores ou iguais a 5% (GUINEE; SUTHERLAND, 2011).

Com relação à proteólise do queijo, o efeito do sal está relacionado à sua capacidade de estimular ou inibir a ação de diferentes enzimas dependendo da concentração empregada (GUINEE; FOX, 2004).

O índice de extensão de proteólise, medido pela relação percentual de nitrogênio solúvel em pH 4,6 em relação ao nitrogênio total, é exercido, na sua maior parte, por influência do coalho. Já o índice de profundidade de proteólise é mensurado pela relação percentual nitrogênio solúvel em ácido tricloroacético 12% em relação ao nitrogênio total, influenciado principalmente pelas enzimas do fermento utilizado (COSTA JÚNIOR et al., 2014).

Os índices de proteólise são mais intensos no período chuvoso e podem sofrer maior influência da temperatura ambiente, mais elevada do que os fatores intrínsecos de composição como teor de umidade, pH (COSTA JÚNIOR et al., 2014).

A extensão de maturação é um índice que mede a ação proteolítica pela quantidade desdobrada de caseína em peptídeos de alto e médio peso molecular, enquanto que, a profundidade de proteólise indica a hidrólise destes peptídeos de médio e alto peso molecular, em peptídeos de baixo peso molecular, aminoácidos, oligopeptídeos, aminas, ureia e amônia (MARTINS, 2006).

Estudo analisando queijarias cadastradas na região do Campo das Vertentes verificou que o tempo de maturação exerce influência no pH e teores percentuais de extrato seco total, umidade, atividade de água, extensão e profundidade de proteólise. Contudo houve influência

sazonal, considerando os períodos seco e chuvoso, no pH, atividade de água, e teores percentuais de extrato seco total, umidade, GES, sal na umidade e profundidade de proteólise (MORENO, 2013).

## 2.5 Perfil de textura

A análise do perfil de textura é uma importante ferramenta para a caracterização do queijo. No caso dos queijos artesanais, essa análise pode contribuir para a reivindicação do selo de “designação de origem protegida” que valoriza o produto e tradição do local onde é produzido (PINTO et al., 2011).

A firmeza constitui a força necessária para atingir determinada deformação. Esse parâmetro é inversamente proporcional ao teor de umidade, ou seja, menor umidade, maior porcentagem de proteína total com formação de redes mais fortes, resultando em queijos com maior firmeza (DAGOSTIN, 2011). Seu aumento, com o decorrer da maturação, torna necessária maior força no processo de mastigação (TOBÓN; VELÁSQUEZ; MEJÍA, 2005). O parâmetro firmeza e seus derivados, como gomosidade e mastigabilidade, também são influenciados pelo pH que afeta a formação do coágulo, a sinérese da massa e, conseqüentemente, a umidade e a textura do queijo (FOX et al., 2000; FOX; MCSWEENEY, 1998). A mastigabilidade representa a energia necessária para mastigar os alimentos (TOBÓN; VELÁSQUEZ; MEJÍA, 2005) e a gomosidade, a energia requerida para se desintegrar um alimento semissólido ao ponto de ser engolido (DAGOSTIN, 2011).

A fraturabilidade constitui a força necessária para quebrar o alimento em pedaços e relaciona-se com o grau de firmeza (SZCZESNIAK, 2002) e influenciada pelo pH, umidade, atividade de água e concentração de sal (BUFFA et al., 2001).

A elasticidade é definida como a tendência do material deformado de recuperar sua forma original, quando uma tensão aplicada é removida (FOX; MCSWEENEY, 1998). Assim, sua redução indica uma diminuição na capacidade de recuperar sua forma original (DE RENSIS; PETENATE; VIOTTO, 2009).

A coesividade representa o limite que um material pode ser deformado antes de se quebrar (TOBÓN; VELÁSQUEZ; MEJÍA, 2005) e relaciona-se à resistência das ligações do interior dos queijos que compõem a matriz do queijo (DAGOSTIN, 2011).

A adesividade representa o trabalho necessário para sobrepor as forças de atração entre a superfície do alimento e a de outros materiais (DAGOSTIN, 2011; TOBÓN; VELÁSQUEZ; MEJÍA, 2005).

## 2.6 Aspectos microbiológicos dos queijos Minas Artesanais

A qualidade do leite cru depende de vários fatores: saúde do animal, alimentação consumida, condições e procedimentos de ordenha, limpeza do equipamento, controle de temperatura, duração do armazenamento intermediário e condições apropriadas para o transporte (BACHMANN et al., 2011).

A microbiota presente no leite cru pode atuar como uma fonte direta na fabricação dos queijos Minas Artesanal, ou como uma fonte indireta enriquecendo a microbiota do ambiente de fabricação de queijos, cultura, soro de leite, cubas e prateleiras de madeira (MONTEL et al., 2014).

A microbiota do queijo é o fator mais importante na produção e maturação de queijos (BERESFORD et al., 2001), porque diferentes comunidades microbianas se desenvolvem na matriz do queijo interagindo entre si, se adaptando e modificando a composição dos queijos conforme a característica de cada variedade.

A microbiota do leite cru associada a do fermento endógeno e o tempo de maturação confere aos queijos artesanais mineiros aspectos sensoriais e sabores únicos. O fermento endógeno conhecido como “pingo” origina-se do soro de queijo escorrido drenado após a salga e a primeira viragem e é armazenado à temperatura ambiente para ser usado no processo de fabricação de queijos durante o dia seguinte (CASTRO et al., 2016).

Por serem obrigatoriamente elaborados a partir de leite cru, esses queijos são susceptíveis ao crescimento de patógenos de alto risco como *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, algumas estirpes de *Escherichia coli*, dentre outros. Estudos envolvendo diferentes tipos de queijos provenientes de vários países europeus tradicionalmente produtores de queijos artesanais relatam o risco potencial para a saúde ao se consumir esse produto (MONTEL et al., 2014).

Durante o período de maturação, diferentes comunidades microbianas se desenvolvem na matriz do queijo interagindo entre si, adaptando-se e modificando a composição dos queijos, conforme a característica de cada variedade (FOX et al., 2004).

As bactérias do ácido lático são consideradas benéficas e contribuem para a realização das alterações bioquímicas envolvidas no processo de maturação do queijo: são responsáveis pela transformação da lactose em ácido lático, e suas enzimas contribuem na proteólise e na conversão de aminoácidos em substâncias voláteis responsáveis pelas propriedades sensoriais do produto final. As bactérias lácticas podem ser adicionadas no início da fabricação, ou

podem ser utilizadas aquelas que já ocorrem naturalmente no leite, como ocorre no caso dos queijos artesanais (BERESFORD et al., 2001).

Queijos artesanais maturados podem ser explorados como fonte de bactérias proteolíticas, com potencial para a produção de produtos lácteos hipoalergênicos, por serem capazes de hidrolisar proteínas alergênicas no leite (BISCOLA et al., 2018).

*Enterococcus* spp. encontrados em queijos artesanais no Brasil são conhecidos por possuírem um sistema proteolítico muito eficiente, contribuindo para o desenvolvimento de características sensoriais em queijos e outros produtos lácteos fermentados (AHMADOVA et al., 2011; SERIO et al., 2010).

Em estudo analisando a diversidade da microbiota dos queijos artesanais brasileiros, foi observada, dentre as bactérias lácticas, a prevalência do gênero *Lactococcus* nos queijos da região do Campo das Vertentes seguida pelos gêneros *Lactobacillus* e *Leuconostoc* (KAMIMURA et al., 2019).

Estudo avaliando o potencial probiótico in vitro de bactérias lácticas isoladas de queijo Minas artesanal da Serra da Canastra, encontraram amostras de *L. rhamnosus* B4, *W. paramesenteroides* C10 e *L. rhamnosus* D1 como candidatas à elaboração de novas culturas lácteas para produção de produtos lácteos fermentados potencialmente funcionais, podendo auxiliar na segurança alimentar e na preservação da microbiota original de queijos artesanais de Minas Gerais (COSTA et al., 2013).

Mais de 400 espécies de bactérias lácticas já foram detectadas no leite cru, e a capacidade de inibição de micro-organismos patógenos em queijos artesanais está mais relacionada com a presença dessas cepas do que com compostos não microbianos presentes no leite. Os mecanismos dessa inibição ainda não estão bem esclarecidos, porém essa avaliação começa tanto enfatizando as particularidades da microbiota presente nesses queijos, quanto ao tipo de processamento envolvido que ajuda a manter sua riqueza e diversidade (MONTEL et al., 2014).

O queijo e o soro-fermento apresentaram a maior diversidade de bactérias ácido-láticas, quando comparados com o leite cru e a água. Dentre as amostras identificadas por biologia molecular, *Enterococcus faecalis* foi a espécie com frequência mais elevada nas amostras de leite, soro-fermento e queijo, seguida por *Lactococcus lactis* e *Lactobacillus plantarum*. *Enterococcus durans*, *Enterococcus pseudoavium*, *Aerococcus viridans* e foram isolados de soro-fermento utilizado na elaboração de queijo Minas artesanal fresco, o que provavelmente constitui a primeira descrição desses micro-organismos nesse tipo de matéria-prima, no Brasil (CASTRO, 2014).

Tabela 2 - Parâmetros que afetam o crescimento microbiano em queijos.

Fatores	Efeito no crescimento microbiano
Umidade	Umidade elevada aumenta suscetibilidade de esporulação
Teor de sal	Inibição em concentrações de 10 a 100g.kg <sup>-1</sup> 100g/kg
pH	Crescimento ótimo próximo da neutralidade Inibição em pH<5
Temperatura de maturação	30°C ótima para mesófilos 42°C ótima para termofílicos
Potencial de oxirredução (Eh)	300 a 500mv aeróbios estritos 100 a 300mv anaeróbios estritos 100 a -100mv anaeróbios facultativos

Fonte: Franco e Landgraf (2007).

As características específicas dos queijos são determinadas por vários fatores, como entre outras coisas, pela microbiota láctica do leite cru à qual entre os vários micro-organismos que a compõem estão as bactérias ácidas lácticas presentes: *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp. e *Weissella* spp. *Staphylococcus* spp., *Corynebacterium* spp., *Brevibacterium* spp., leveduras e fungos (MALLET et al., 2012).

Avaliando as correlações dinâmicas entre a sucessão microbiana e o desenvolvimento de sabores envolvidos na maturação do queijo artesanal Kazak, pesquisadores identificaram que as bactérias contribuem mais para a formação do sabor do que os fungos. Porém os fungos, incluindo as leveduras, podem desempenhar papéis importantes no amadurecimento do queijo, com efeitos positivos e negativos na formação do sabor simultaneamente (ZHENG et al., 2018).

A contaminação do leite por leveduras pode ocorrer durante a ordenha e origina-se na maioria dos casos, a partir do chão, da cama, da ração e do ar, e menos frequentemente da máquina de ordenha ou úberes afetados pela mastite (BÜCHL; SEILER, 2011).

Um importante aspecto negativo do crescimento de leveduras nos queijos é que seu metabolismo pode provocar defeitos de aroma e surgimento de sabor de mofo, pútrido, maduro, alcoólico, mofo, fermentado, terroso, picante, amônia, pungente, rançoso, doce e gasoso (BÜCHL; SEILER, 2011).

Existe uma relação sinérgica entre leveduras, *Brevibacterium*, *Microbacterium* spp., *Micrococcos* e LAB. A sobrevivência de lactobacilos é reforçada pela presença de leveduras. O pH baixo, resultante do metabolismo das LAB, é resultado da fermentação da lactose em ácido láctico. Entretanto, na presença de leveduras, a elevação do pH durante a maturação é resultado da utilização de lactato pelas leveduras, assim como a formação de produtos

alcalinos por meio de proteólise, de modo que bactérias aeróbicas, sensíveis ao ácido, como as bactérias *Brevibacterium* e *Micrococos*, podem se desenvolver. Para o crescimento dessa microbiota bacteriana, vitaminas e aminoácidos são fornecidos por leveduras. Ao mesmo tempo, as leveduras são uma cultura protetora contra enterobactérias indesejáveis tais como *Clostridium tyrobutyricum*, *Staphylococcus aureus* ou fungos selvagens (BÜCHL; SEILER, 2011).

A presença de fungos filamentosos é aceitável ou mesmo necessária em queijos especiais fabricados, a partir de leite cru e com Denominação Origem Protegida (PDO) em todo o mundo, e pode ser necessária para os queijos artesanais brasileiros, depois de estudos que comprovem que não oferece risco a saúde pública (SOBRAL et al., 2017).

As micotoxinas são substâncias tóxicas produzidas por fungos que preocupam a saúde pública devido aos efeitos graves que podem causar nos seres humanos tais como carcinogenicidade, genotoxicidade, teratogenicidade, mutagenicidade, nefrotoxicidade, hepatotoxicidade, imunotoxicidade, além de outros fatores debilitantes (BENKERROUM, 2016).

Mesmo por ser o queijo artesanal um produto cada vez mais consumido, ainda há dúvidas sobre a segurança alimentar que ele possui. Microrganismos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* podem facilmente se desenvolver nesses produtos que são feitos de leite cru, ou seja, não passam por nenhum processo de aquecimento (BRUMANO, 2016).

A contaminação inicial por *Staphylococcus aureus* pode ocorrer no leite produzido por animais com mastite. A manipulação excessiva, durante a elaboração e o processo de maturação do queijo, também pode ser responsável pelas altas contagens encontradas nesse alimento (VIANA et al., 2009).

*Staphylococcus aureus* são bactérias Gram positivas, cocos, imóveis, pertencentes à família *Micrococcaceae*. São anaeróbias facultativas, produtoras de catalase e não esporuladas que apresentam pH favorável entre 4,0 e 9,8, com ótimo entre 6,0 e 7,0. A temperatura ótima de multiplicação encontra-se entre 35 e 37 °C, com faixa que varia entre 7 e 48°C, uma vez que a produção de toxinas ocorre entre 10 e 46°C, com ótimo entre 40 e 45°C. São capazes de se desenvolver em valores de atividade de água entre 0,83 e 0,99 em condições aeróbias, com produção de toxinas a partir de 0,86, embora haja relatos de produção em 0,84 (CUNHA NETO; SILVA; STAMFORD, 2002; JAY, 2005).



*Staphylococcus aureus* é uma bactéria patogênica, que pode causar intoxicação, provocada pela ingestão de toxinas pré-formadas nos alimentos, quando ocorre a multiplicação das células (SILVA et al., 2010).

A intoxicação por *Staphylococcus aureus* é a terceira causa mais comum de intoxicação alimentar no mundo (ACCO et al., 2003), é também, uma importante fonte de contaminação de queijos artesanais (CARMO et al., 2002).

As legislações Estadual (MINAS GERAIS, 2008) e Federal (BRASIL, 1996, 2001) determinam contagens máximas de  $10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> de *Staphylococcus* coagulase positiva em queijos, referentes à classificação de média umidade, que corresponde a 3 log UFC.g<sup>-1</sup> (TABELA 3).

Tabela 3 - Parâmetros microbiológicos das legislações estadual para queijos.

Parâmetros Microbiológicos	Padrão microbiológico aceitável
Coliformes a 30 °C	n=5 c=2 m=1.000 M=5.000
Coliformes a 45 °C	n=5 c=2 m=100 M=500
<i>Staphylococcus</i> coagulase positivo	n=5 c=2 m=100 M=5.000
<i>Listeria sp.</i>	n=5 c=0 m=0
<i>Salmonella sp.</i>	n=5 c=0 m=0

Fonte: Minas Gerais (2008).

Entretanto níveis de enterotoxinas estafilocócicas necessários para ocasionar a intoxicação podem ocorrer quando a população de *S. aureus* se encontra em número maior que  $10^5$  micro-organismos por grama ou mililitro do alimento (SILVA et al., 2010) e em pH maior que 5,0 (SILVA; GOMES, 2001). Entretanto, algumas estirpes em concentrações bem menores já foram descritas como capazes de produzir quantidades de toxinas suficientes para causar a doença (MEYRAND et al., 1998).

A manipulação excessiva durante a elaboração e processo de maturação do queijo também podem ser responsáveis pelas altas contagens de *Staphylococcus aureus* encontradas nesse alimento (VIANA et al., 2009).

Algumas bactérias do grupo coliformes são indicadoras de contaminação fecal e, se as contagens são altas, podem indicar a presença potencial de agentes patogênicos. Esse defeito é chamado estufamento precoce, pois aparece nas primeiras horas da fabricação do queijo, muitas vezes ainda no tanque de fabricação ou na salga (MCSWEENEY, 2007).

Estudo analisando a ecologia bacteriana de queijos mineiros artesanais realizado nas regiões do Serro Canastra, Serra do Salitre, Araxá e Campo das Vertentes constatou altas

contagens de bactérias do grupo coliforme que podem estar associados a problemas de higiene (PERIN et al., 2017).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Fabricação dos queijos Minas Artesanais

A fabricação dos queijos foi realizada na planta piloto do Centro de Pesquisas em Queijos Artesanais da EPAMIG em São João del Rei - MG. O leite empregado na produção dos queijos foi obtido no curral do Campo Experimental Risoleta Neves (CERN). O rebanho do CERN mantém 30 vacas em lactação predominam animais de raça  $\frac{3}{4}$  de holandês, e os animais são submetidos a pastejo rotacionado em piquetes de braquiária e Mombaça com suplementação de ração no cocho logo após a ordenha. Todos os animais do rebanho encontravam-se com as vacinações em dia e com os resultados de teste para brucelose e tuberculose negativos, conforme exigido na regulamentação sanitária para produção de queijos Minas Artesanais.

Os colaboradores do curral foram treinados em Boas Práticas de Ordenha três meses antes do experimento, com foco na identificação de mastite clínica e subclínica, por meio do teste da caneca de fundo preto e do teste de CMT, e também com foco na limpeza e desinfecção adequada dos utensílios e equipamentos de ordenha.

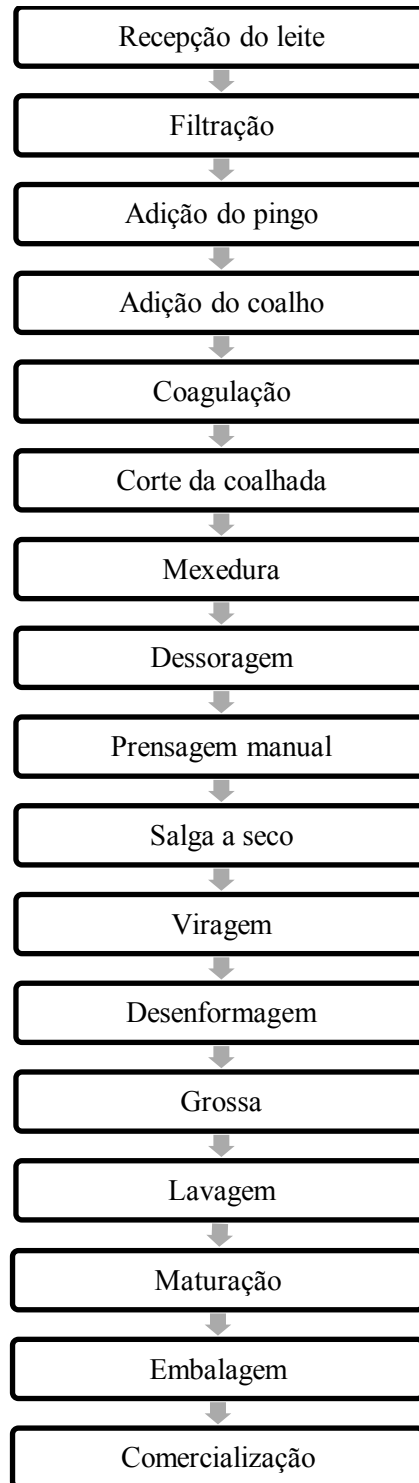
Foi realizada a identificação dos patógenos causadores de mastite por meio de exames microbiológicos do leite dos quartos mamários das vacas em lactação do sistema de produção do CERN. Com base nos resultados, foram escolhidas vacas sadias para fornecer leite para o experimento e foi organizada a linha de ordenha.

O fluxograma de produção dos queijos (FIGURA 3) foi definido com base no levantamento de informações realizado em visitas de acompanhamento da fabricação nas quatro queijarias atualmente cadastradas no Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) e mais duas queijarias em processo de cadastramento. Durante as visitas, foram observadas a quantidade de pingo utilizada, a quantidade de coalho, os tempos de coagulação, de descanso da massa, de mexedora, para a primeira salga, para a segunda salga, momento da toailete dos queijos e os cuidados com os queijos durante a maturação.

Para a fabricação dos queijos, o leite cru foi coletado imediatamente após a ordenha dos animais e transportado para a planta piloto. Empregou-se o leite da manhã e da tarde, reproduzindo as condições das queijarias da região, totalizando 250 litros de leite por dia. O pingo utilizado no primeiro dia de fabricação foi coletado em um produtor da região, e nas demais fabricações foi utilizado o pingo coletado no dia anterior, a partir da própria

fabricação. Foram realizadas 3 repetições e cada dia de produção constituiu uma repetição. O rendimento médio de fabricação foi de 10 litros para cada quilo de queijo.

Figura 3 - Fluxograma da produção de Queijo Minas Artesanal.



Fonte: Do autor (2019).

Após a fabricação, os queijos permaneceram por 5 dias em condições ambientais onde foram submetidos a viragens duas vezes por dia para secagem inicial. Após esse período, foi realizada a toaleta dos queijos com o auxílio de uma grossa de aço inox. Em seguida os queijos foram pesados e, em sequência, foram distribuídos em câmaras de maturação com as seguintes condições:

- I. Umidade relativa do ar (UR) média de 80% e temperatura de 18 °C
- II. Umidade relativa do ar (UR) média de 95% e temperatura de 12 °C
- III. Umidade relativa do ar (UR) média de 80% e temperatura de 18 °C
- IV. Umidade relativa do ar (UR) média de 95% e temperatura de 12 °C
- V. Condições ambientais sem controle de umidade temperatura (controle)

Portanto, foram realizados 5 tratamentos, em triplicata, os quatro primeiros tratamentos seguiram um planejamento fatorial  $2^2$  com três repetições. (RODRIGUES; IEMMA, 2012).

Os queijos ficaram sem embalagens, em prateleiras de madeira nas câmaras de maturação. Foram virados uma vez ao dia, e a cada três dias foram lavados para limpeza de suas superfícies.

O acompanhamento das condições de umidade e temperatura de cada tratamento fez-se por meio de termo-higrômetro portátil digital temperatura interna e umidade relativa do interior dos queijos, modelo INCOTERM® com resolução de 0,1 °C para a temperatura e 1% para a umidade relativa.

Os queijos foram maturados por 7, 14, 21, 42 e 63 dias em diferentes lotes de produção. As amostras foram coletadas fracionadas e transportadas em caixas isotérmicas para o Laboratório de Microbiologia de Leite e Derivados do Instituto de Laticínios Cândido Tostes (ILCT) para a realização das análises microbiológicas, e para o Laboratório de Leite e derivados do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA para a realização das análises físico-químicas.

### **3.2 Acidez do pingo e do leite**

A determinação da acidez titulável do “pingo” e do leite foi feita pelo método titrimétrico com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol L<sup>-1</sup> até pH 8,3 e o resultado

dado em % m/v de compostos ácidos expressos como ácido láctico (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1984).

### 3.3 Atividade de água dos queijos

A determinação da atividade de água foi feita utilizando-se medidor digital Aqualab modelo CX2T - Decagon Devices, Inc., Washington, USA, utilizando-se amostras coletadas em toda extensão dos queijos conforme instruções do fabricante do equipamento.

### 3.4 Teor de gordura e Gordura no Extrato Seco (GES)

Os teores de gordura total dos queijos foram determinados pelo método butirométrico de Gerber (BRASIL, 2006). O teor de gordura no extrato seco foi determinado de modo indireto, pela razão entre o teor de gordura e o teor de extrato seco total do queijo, e o resultado multiplicado por 100 (PEREIRA et al., 2001).

$$\text{Gordura no Extrato Seco (GES)} = \frac{\%Gd}{\%ES} * 100$$

### 3.5 Teor de umidade e Extrato seco

Para a determinação do teor de umidade ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) de alíquotas de 5g de queijos foram dessecadas em estufa ( $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) procedendo-se a pesagens até peso constante (BRASIL, 2006) O extrato seco ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi obtida por cálculo ( $\text{MS}=100-\text{U}$ ).

$$\% \text{Extrato Seco (ES)} = 100\% - \% \text{Umidade (U)}$$

### 3.6 Teor de resíduo mineral fixo

Teor de resíduo mineral fixo dos queijos ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi obtido por incineração de alíquotas de 5 g de queijo em forno tipo mufla a  $500^{\circ}\text{C}$  procedendo-se as pesagens e cálculo (BRASIL, 2006).

### 3.7 Teor de cloretos e sal na umidade

O porcentual de cloreto de sódio foi efetuado pelo doseamento nas cinzas, seguido pela titulação da reação do nitrato de prata com os cloretos em presença de cromato de potássio, até viragem característica (PEREIRA et al., 2001).

$$\text{Teor de sal na Umidade} = \frac{\% \text{ sal}}{\% \text{ sal} + \% \text{ Umidade}} * 100$$

### 3.8 Frações nitrogenadas e índices de proteólise

Os teores percentuais (m/m) de Nitrogênio total, Nitrogênio solúvel em pH 4,6 ( $\text{NS}_{\text{pH4,6}}$ ) e Nitrogênio solúvel em TCA a 12 % ( $\text{NS}_{\text{TCA 12\%}}$ ) (m/v) foram quantificados pelo método de Kjeldahl, compreendendo as etapas de digestão, destilação e titulação com solução padrão de ácido clorídrico  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  (BRASIL, 2006). Para o cálculo do teor de proteína total do queijo, foi empregado o fator 6,38 para o queijo (PEREIRA et al., 2001).

A extensão de proteólise foi quantificada pela razão entre  $\% \text{NS}_{\text{pH4,6}}$  e  $\% \text{NT}$ , e o resultado obtido multiplicado por 100; enquanto a profundidade de proteólise foi quantificada pela razão entre  $\% \text{NS}_{\text{TCA12\%}}$  e  $\% \text{NT}$ , e o resultado obtido multiplicado por 100 (WOLFSCHOON-POMBO; LIMA, 1989).

$$\text{Índice de extensão de proteólise} = \frac{\% \text{NS}_{\text{pH4,6}}}{\% \text{NT}} * 100$$

$$\text{Índice de profundidade de proteólise} = \frac{\% \text{NS}_{\text{TCA(12\%)}}}{\% \text{NT}} * 100$$

### 3.9 pH

O pH dos queijos foi determinado em solução obtida pela homogeneização de alíquotas de 10 g de queijo em 20 mL de água destilada, utilizando-se peagâmetro modelo mPA-210 (MS TECNOPON), acoplado com eletrodo de imersão (BRASIL, 2006).

### 3.10 Cor

A luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho-verde ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo-azul ( $b^*$ ) dos queijos foram determinadas na casca e no interior dos queijos, com o uso do colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Japão), empregando-se o iluminante D 65 e a geometria 45/0. Os valores foram expressos no sistema CIELAB. Calculou-se o matiz ( $H^\circ = \arctan b^*/a^*$ ) e croma [ $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ], conforme descrito em Konica Minolta Sensing (2007). As leituras da colorimetria foram feitas na casca e no interior dos queijos em triplicata.

### 3.11 Perfil de textura

A análise de perfil de textura (TPA) realizou-se em um texturômetro modelo TA-XT2i Stable System (SMS). Foram analisados os atributos primários firmeza, coesividade, adesividade e elasticidade e o atributo secundário gomosidade. Foram empregados os seguintes parâmetros: amostras de queijo com altura de 5 cm, diâmetro de 2 cm, distância de 7 cm e velocidade de compressão de 1 mm/s. O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5 kg, com velocidade de descida e de corte do dispositivo de 200 mm.minuto<sup>-1</sup>, velocidade de pré- teste, teste e de pós-teste de 2 mm.s<sup>-1</sup> e distância de penetração de 15 mm (VALLE et al., 2004). Foram feitas seis medidas para cada amostra.

### 3.12 Análises microbiológicas

As amostras de 25 g de queijos foram pesadas usando uma balança de precisão, colocadas em sacos plásticos esterilizados, nos quais adicionou-se 225 mL de Água Peptonada Tamponada (AP) a 1,0%, previamente esterilizada. Posteriormente, ocorreu homogeneização em aparelho Stomacher por dois minutos, constituindo a diluição  $10^{-1}$ . Em seguida, preparou-se diluições subsequentes, transferindo 1,0 mL de uma solução anterior para tubos contendo 9,0 mL de AP 0,1% em tubos devidamente identificados para posterior plaquamento (DOWNES; ITO, 2001).



### 3.12.1 *E. coli* e coliformes a 35°C

As diluições foram introduzidas em placas Petrifilm™ para Contagem de *E.coli* e Coliformes (EC) 3M, NM-USA (AOAC 991.14) e incubadas a 35°C de acordo com os procedimentos determinados pelo fabricante. Após 48 horas, ocorreu a contagem das colônias, as avermelhadas foram contadas como coliformes totais, e as colônias azuis como *E. coli*. Calculou-se, então, a população, e os resultados foram expressos em unidades formadoras (UFC/g).

### 3.12.2 *Staphylococcus aureus*

Para a análise de *Staphylococcus aureus*, as diluições foram plaqueadas em Petrifilm™ Staph Express (STX) 3M, NM-USA (AOAC 2003.08). As placas foram incubadas em estufa a 37°C e, após 48 horas, foram observadas e contadas as colônias vermelho-violetas. Em casos de colônias suspeitas, utilizou-se o disco reativo Petrifilm™ 3M - Staph Express para confirmação da espécie. Adotou-se a metodologia descrita pelo fabricante. Calculou-se a população, e os resultados foram expressos em unidades formadoras (UFC/g).

### 3.12.3 Bactérias lácticas

Para a contagem de bactérias lácticas, foi utilizado o Petrifilm™ Lactic Acid Bacteria Count Plate (LAB), 3M™ NM-USA. As placas foram incubadas em estufa a 37°C, de acordo com os procedimentos determinados pelo fabricante e, após 48 horas, calculou-se a população, e os resultados foram expressos em unidades formadoras (UFC/g).

### 3.12.4 Bolores e leveduras

Para a contagem de fungos filamentosos e leveduras, foi empregado o Petrifilm Yeast and Mold Count Plate, 3M, NM-USA (AOAC 997.02) conforme instrução do fabricante. Calculou-se a população, e os resultados foram expressos em unidades formadoras (UFC/g).

### 3.13 Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em três repetições formadas pela produção diária de queijo, em delineamento em esquema fatorial, a Umidade Relativa do Ar (%UR) e a temperatura (°C) das câmaras de maturação foram os fatores estudados. Os resultados obtidos no planejamento fatorial foram tratados estatisticamente segundo metodologia de planejamentos de experimentos, com auxílio do software Statistica versão 8.0, ao nível de significância de 95 % de confiança. Para validação dos modelos, foi utilizada a análise de variância, verificando-se o coeficiente de correlação e a significância da regressão pelo teste F, de Fisher ( $p < 0,05$ ). A comparação entre as médias dos tratamentos foi realizada pelo teste Tukey com auxílio do software SISVAR. As contagens de bactérias foram convertidas em  $\log_{10}$  para análise estatística dos dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análises do leite e do pingo

O leite utilizado na produção dos queijos artesanais apresentou-se dentro dos parâmetros legais para produção de queijos Minas Artesanais. Seguem exibidos os dados de composição e indicadores de qualidade higiênico sanitária do leite do rebanho (TABELA 4).

Tabela 4 - Composição do leite e indicadores higiênico-sanitários do leite do rebanho do CERN.

Mês	Gordura	Proteína	Lactose	E.S.*	E.S.D.**	CCS***	CPP***
Março/19	3,70%	3,24%	4,31%	12,16%	8,63%	305	11
Abril/19	3,85%	3,20%	4,22%	12,16%	8,46%	288	13
Maió/19	3,80%	3,21%	4,40%	12,35%	8,55%	245	94
Media Geométrica						278,15	23,78

Fonte: Do autor (2019).

\*E.S. Extrato seco.

\*\*E.S.D. Extrato seco desengordurado

\*\*\*CCS Contagem de células somáticas ( $\times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ).

\*\*\*\*Contagem Padrão em Placas ( $\times 10^3$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ )

A qualidade da matéria prima é essencial para garantia da qualidade e segurança microbiológica da produção de queijos artesanais produzidos a partir de leite cru. A contagem de células somáticas e a contagem padrão em placas são indicadores higiênico sanitários que podem inferir sobre a atividade proteolítica no leite e no queijo afetando o rendimento da produção e as características sensoriais do produto final.

Os resultados de acidez titulável do leite e do pingo utilizados na fabricação dos queijos Minas Artesanal do experimento são exibidos na Tabela 5.

Tabela 5 - Acidez titulável do leite e do “pingo” utilizados nas fabricações dos queijos Minas Artesanal.

Fabricação		Acidez titulável (%m/v expressa como ácido láctico)	
		Leite	Pingo
1	Manhã	0,18	0,76
	Tarde	0,17	0,76
2	Manhã	0,17	0,49
	Tarde	0,19	0,50
3	Manhã	0,16	0,32
	Tarde	0,18	0,32

Fonte: Do autor (2019).

O leite apresentou acidez dentro do esperado, uma vez que ele foi coletado menos de trinta minutos após a ordenha. A acidez do pingo é um indicativo da atividade das bactérias lácticas presentes, porém é um parâmetro que se mostra extremamente variável.

Entretanto, o pingo está sujeito a sofrer alterações, contaminando-se, levando os produtores a buscarem alternativas como novas fabricações ou, até mesmo, recorrendo a doações de produtores vizinhos, a fim de renovar seus pingos (SILVA et al., 2011).

A variação do “pingo” é afetada, dentre outros fatores, pela concentração de sal e pelo crescimento da microbiota existente nele. Quanto maior o tempo que o “pingo” permanece à temperatura ambiente, maior será o crescimento microbiano e, conseqüentemente, menor o pH, traduzindo em maior acidez titulável (PINTO, 2008).

Nas regiões reconhecidas como produtoras de queijos artesanais em Minas Gerais, não existem padronização do tempo de coleta do “pingo”, nem da quantidade de sal adicionada ao queijo, o que ocasiona grandes diferenças na composição final desses fermentos naturais utilizados na fabricação. Conseqüentemente, esses fermentos podem contribuir de maneira significativa para variação acentuada na composição físico-química dos queijos ao longo do ano (PAIVA, 2012).

## 4.2 Efeito das condições de maturação sobre as características físico-químicas dos queijos

### 4.2.1 Atividade de água

A atividade de água apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as condições de maturação, a partir dos 21 dias de maturação e essa diferença perdurou aos 42 e 60 dias de

maturação. A maturação em condição ambiente, sem controle de umidade e temperatura, foi a que teve maior redução de atividade de água durante a maturação, e isso reflete a baixa umidade que ocorre no período do inverno na região do Campo das Vertentes. Por outro lado, os tratamentos com a maturação em condições de umidade de 95% não apresentaram diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre os tempos de maturação e se mantiveram mais altas em relação aos demais tratamentos durante toda a maturação (TABELA 6).

Tabela 6 - Valores médios de atividade de água dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	0.971 Aa	0.955 ABa	0.939 ABCa	0.911 BCa	0.898 Ca
18°C; 80%UR	0.967 Aa	0.960 ABa	0.966 Ab	0.961 ABb	0.942 Bab
18°C; 95%UR	0.967 Aa	0.973 Aa	0.974 Ab	0.967 Ab	0.959 Ab
12°C; 80%UR	0.966 Aa	0.968 Aa	0.954 ABab	0.947 Bb	0.925 Cab
12°C; 95%UR	0.966 Aa	0.970 Aa	0.972 Ab	0.971 Ab	0.960 Bb
CV (%)	0.70	1.54	0.94	1.01	1.76

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A redução da atividade de água tem impacto negativo na multiplicação de alguns grupos bacterianos prejudiciais, com conseqüente efeito positivo na qualidade microbiológica dos queijos (DORES; FERREIRA, 2012).

Pesquisa realizada avaliando o efeito antagônico do uso de nisina sobre *Staphylococcus aureus* em queijos Mina Artesanais da Canastra encontrou valores médios para atividade de água 0,97 no início e 0,89 ao final dos 60 dias de maturação em condições ambiente (SOBRAL, 2012).

Em condição ambiente, sem controle de umidade e temperatura a perda da umidade dos queijos provoca a redução da atividade de água (DORES; NOBREGA; FERREIRA, 2013).

Quanto maior a temperatura de maturação e menor a umidade relativa do ar, maior será a perda de umidade, maior a concentração de sólidos totais e, conseqüentemente, de cloretos e outros compostos de baixa massa molar (ARENAS et al., 2004).

Na Tabela 7, estão apresentados os coeficientes de regressão a atividade de água das amostras de queijos em função da temperatura e d umidade aos 60 dias de maturação.

Tabela 7 - Coeficientes de regressão para atividade de água dos queijos aos 60 dias de maturação.

	Coeficientes de regressão	Erro-padrão	t(8)	p	-95, %	+95, %
Média/Interação	0.946167	0.002444	387.1682	0.000000	0.940531	0.951802
Temperatura	0.004667	0.002444	1.9096	0.092591	-0.000969	0.010302
Umidade	0.013500	0.002444	5.5242	0.000558	0.007865	0.019135
Temp. x Umid.	-0.005000	0.002444	-2.0460	0.074974	-0.010635	0.000635

Fonte: Do autor (2019).

Observa-se na Tabela 7 que a umidade do ambiente de maturação apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre a atividade de água nos queijos artesanais com 60 dias de maturação.

Tabela 8 - Análise de variância para atividade de água dos queijos aos 60 dias de maturação.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	p
Regressão	0.002748	3	0.00091611	12.7829457	0.002027593
Erro	0.000573	8	0.000072		
Total SS	0.003322	11			

Fonte: Do autor (2019).

$R^2 = 82,74\%$ ;  $F_{3,8; 0,05} = 4,07$ .

Uma vez que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi bom e a regressão foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), como pode ser visto na Tabela 8, o modelo com as variáveis codificadas é expresso por:

$$Aw_{60} = 0,946 + 0,0047 * T + 0,0135 * U - 0,005 * T * U \quad (1)$$

Onde:

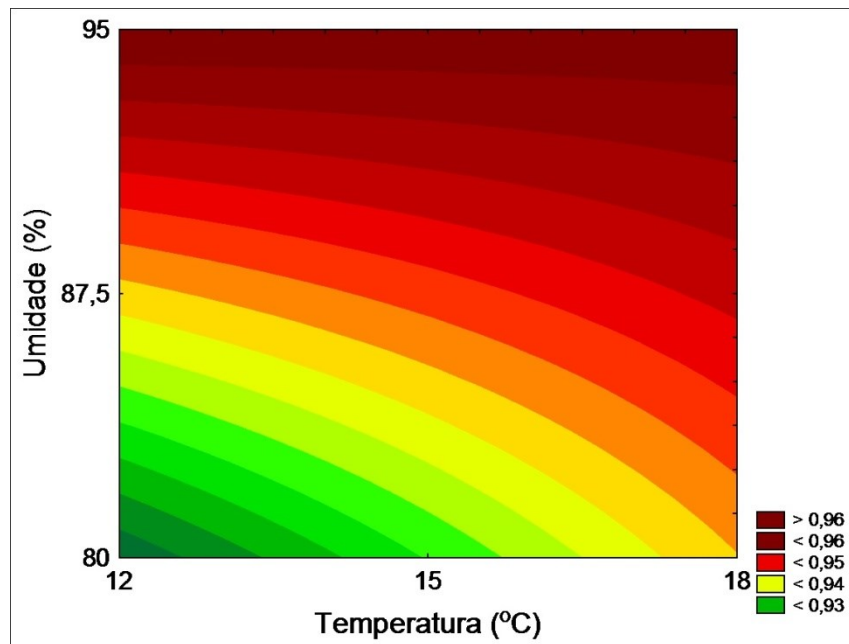
T = Temperatura na câmara de maturação

U = Umidade do ar na câmara de maturação

$Aw_{60}$  = atividade de água dos queijos aos 60 dias

A variável temperatura e a interação umidade e temperatura não apresentaram efeitos significativos ( $p \geq 0,05$ ).

Figura 4 - Curvas de contorno para atividade de água dos queijos com 60 dias de maturação.



Fonte: Do autor (2019).

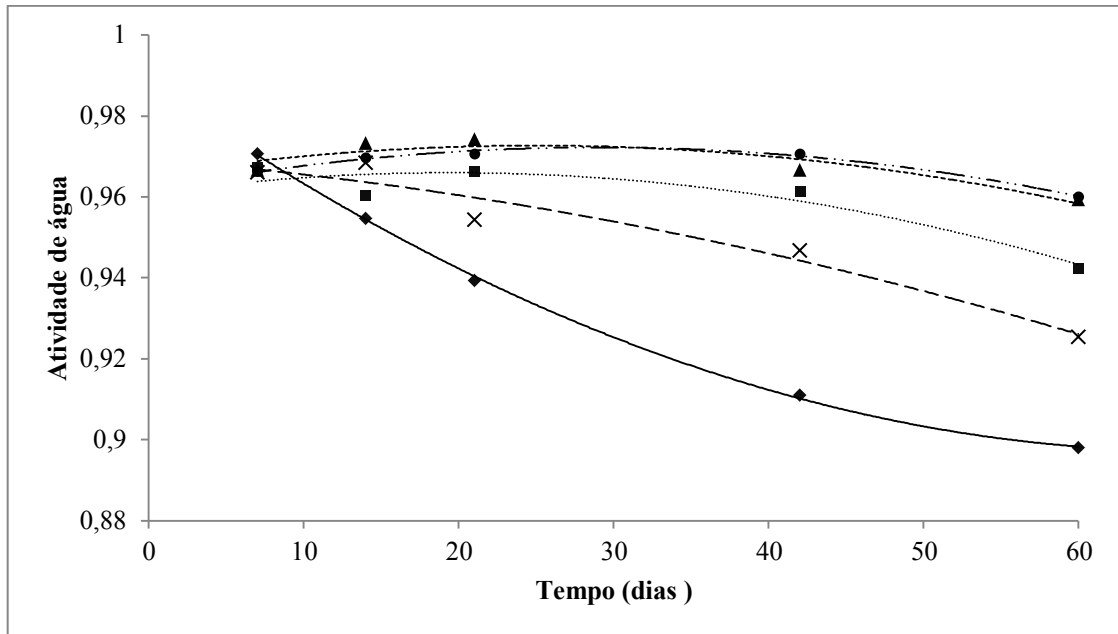
De acordo com as curvas de contorno (FIGURA 4), conforme aumenta a umidade do ambiente, a temperatura tem efeito reduzido sobre a atividade de água dos queijos. Entretanto logo que a umidade ambiente tende a diminuir, temperaturas maiores refletirão em atividade de água mais elevadas.

Em estudo comparativo entre queijos artesanais da Canastra maturados em temperatura ambiente e sob-refrigeração, foram encontrados valores de atividade de água de 0,98 no início do período de maturação, que se reduziram para 0,93 no final do período de maturação. Na estação seca, a atividade de água inicial foi de 0,98 e diminuiu para 0,92 no final do período de maturação, enquanto os valores de  $A_w$  do queijo armazenado sob refrigeração ( $8^{\circ}\text{C}$ ) se mantiveram em 0,98 durante todo o período de maturação em ambas as estações (DORES; NOBREGA; FERREIRA, 2013).

Em estudo realizado com queijos Minas Artesanal de produtores cadastrados do Campo das Vertentes foram encontrados valores médios para atividade de água de 0,90 no período seco e de 0,92 no período chuvoso no decorrer de 30 dias de maturação (MORENO, 2013).

A Figura 5 apresenta as curvas ajustadas da evolução da atividade de água dos queijos artesanais no decorrer da maturação.

Figura 5 - Evolução da atividade de água ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆) ambiente; (■) 18°C e 80% Umidade; (▲) 18°C e 95% Umidade; (x) 12°C e 80% Umidade e (●) 12°C e 95% Umidade.



Fonte: Do autor (2019).

As equações das curvas ajustadas da evolução da atividade de água durante a maturação são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Equações das curvas ajustadas da evolução da atividade de água durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Ambiente	$y = -0,035\ln(x) + 1,0425$	R <sup>2</sup> = 0,9871
18°C; 80%UR	$y = -0,035\ln(x) + 1,0425$	R <sup>2</sup> = 0,9871
18°C; 95%UR	$y = -1E-05x^2 + 0,0006x + 0,9654$	R <sup>2</sup> = 0,8607
12°C; 80%UR	$y = -7E-06x^2 - 0,0003x + 0,9693$	R <sup>2</sup> = 0,9511
12°C; 95%UR	$y = -1E-05x^2 + 0,0007x + 0,9617$	R <sup>2</sup> = 0,9877

Fonte: Do autor (2019).

A atividade de água é um fator intrínseco importante que direciona o crescimento de microrganismos nos alimentos. O sal é um ingrediente importante na diminuição da atividade de água e aumento de vida de prateleira dos produtos (JAY, 2005).



#### 4.2.2 pH

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) do pH entre os tratamentos, a partir dos 14 dias de maturação (TABELA 10). Contudo os queijos maturados em condição ambiente e a 12°C e 80% de umidade não apresentaram diferenças significativas ao longo do tempo. Os queijos dos tratamentos maturados em condições de umidade de 95% foram os que apresentaram aumento significativo do pH com o decorrer da maturação bem como as maiores de médias de pH aos 60 dias. Nesses queijos, foi constatada, visualmente, maior alteração da superfície da casca em função do crescimento de fungos filamentosos.

Diversos trabalhos observaram o aumento do pH no decorrer da maturação de queijos artesanais (FIGUEIREDO, 2018; MARTINS et al., 2015; PAIVA, 2012; SOBRAL et al., 2013).

Tabela 10 - Valores médios de pH ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	5.03 aA	5.06 aA	5.12 aA	5.14 aA	5.09 aA
18°C; 80%UR	5.08 aA	5.30 abAB	5.52 bB	5.51 bC	5.31 aAB
18°C; 95%UR	5.08 aA	5.42 bAB	5.64 bBC	5.83 cC	5.77 bBC
12°C; 80%UR	4.95 aA	5.22 abB	5.33 abB	5.22 aB	5.19 aAB
12°C; 95%UR	5.06 aA	5.28 abAB	5.53 bBC	5.68 bcC	5.65 bC
CV (%)	2.00	2.03	2.14	1.80	2.26

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

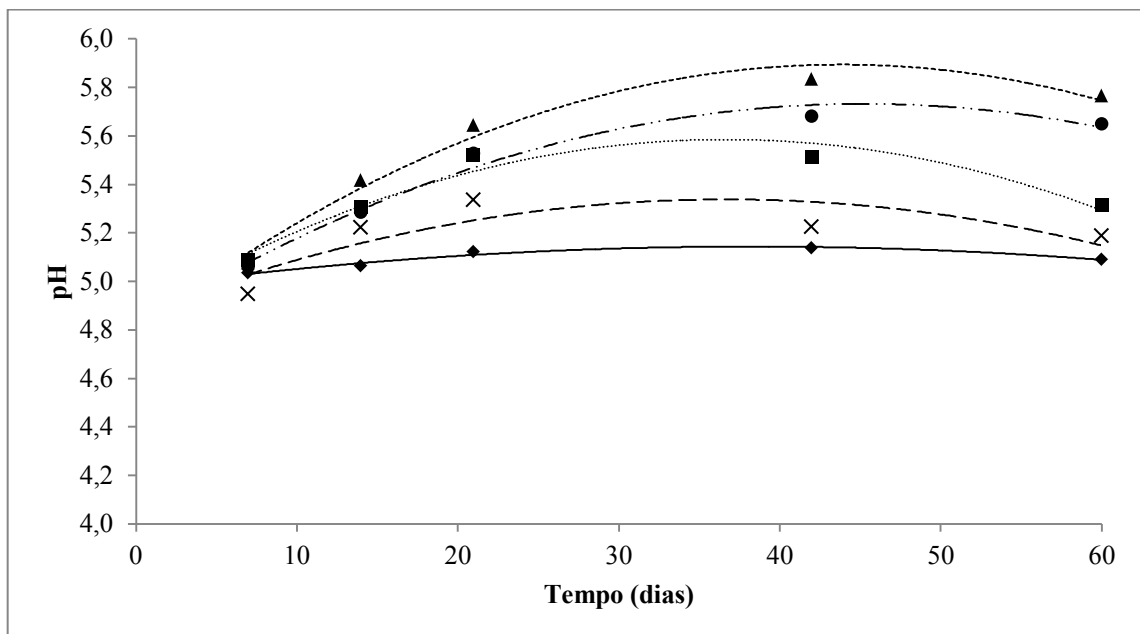
Durante a maturação, apesar da produção de ácido láctico que decorre a partir da fermentação da lactose, há formação de compostos tamponantes e alcalinos, tendendo a estabilizar a acidez e o pH, como é o caso da hidrólise de proteínas, liberando compostos alcalinos, como os próprios aminoácidos (GALÁN; CABEZAS; FERNÁNDEZ-SALGUERO, 2012).

Em diferentes estágios de maturação, a média do pH de queijo Minas artesanal do Campo das Vertentes apresentou valor médio de 6,04 e do Serro, 4,98 (MACHADO et al., 2004). Em queijo Carra, a média foi de 5,2 (AYGUN; ASLANTAS; ONER, 2005). Queijo Fresco, mexicano, consumido após maturação curta em cadeia de frio, apresentou pH médio de 5,9, condizente com sua identidade (TORRES-LLANEZ et al., 2006).

Analisando queijos artesanais do Campo das Vertentes durante o período seco e o período chuvoso, pesquisadores verificaram que os valores de pH não variaram ( $p > 0,05$ ), apresentando média de 5,11. Esse valor observado torna facilitado os processos da maturação, por estar entre a faixa de 4,85 e 5,20 favorecendo transformações físico-químicas e microbiológicas no queijo (COSTA JÚNIOR et al., 2014).

A Figura 6 apresenta as curvas ajustadas da evolução do pH dos queijos artesanais no decorrer da maturação.

Figura 6 - Evolução pH ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (♦- -) ambiente; (■ ···) 18°C e 80% Umidade; (▲ ···) 18°C e 95% Umidade; (x - -) 12°C e 80% Umidade e (● ···) 12°C e 95% Umidade.



Fonte: Do autor (2019).

As variações de pH em queijos artesanais podem ocorrer em função das doses e da atividade do fermento natural utilizado no processo de fabricação dos queijos (MACHADO et al., 2004).

Neste estudo, as doses de fermento natural foram padronizadas para que interferisse o mínimo possível na variação de acidez dos queijos.

No entanto, diversos trabalhos comprovam a presença de leveduras endógenas em queijos artesanais e sabe-se que estas podem aumentar o pH dos queijos por meio do metabolismo do ácido lático durante a maturação (GARDINI et al., 2006; LIMA et al., 2009;

SÁ et al., 2008). Esses resultados corroboram o aumento de pH dos queijos maturados em umidade de 95%.

As equações das curvas ajustadas da evolução do pH durante a maturação são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Equações das curvas ajustadas da evolução do pH durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Ambiente	$y = -0,0001x^2 + 0,0089x + 4,9738$	0,9556
18°C; 80%UR	$y = -0,0005x^2 + 0,0392x + 4,8665$	0,9279
18°C; 95%UR	$y = -0,0006x^2 + 0,05x + 4,7966$	0,9764
12°C; 80%UR	$y = -0,0004x^2 + 0,0257x + 4,8665$	0,6299
12°C; 95%UR	$y = -0,0004x^2 + 0,0404x + 4,8178$	0,9776

Fonte: Do autor (2019).

O pH dos queijos varia em função de vários parâmetros. Dentre eles, encontram-se o tipo de bactérias ácido-láticas e bolores e leveduras presentes, a qualidade do leite utilizado e o tempo e a temperatura de maturação (MARTINS, 2006). As bactérias ácido-láticas são responsáveis pela conversão de lactose em ácido lático para ganho de energia. Assim, há queda de pH, que ocorre tanto no início da produção do queijo, com a coagulação e formação da massa, até durante todo o processo de maturação. A produção de ácido lático e a consequente queda de pH variam de acordo com as espécies e cepas de bactérias láticas presentes tanto no leite quanto no soro-fermento. Bolores e leveduras, ao contrário, podem elevar o pH do produto final, uma vez que consomem ácido lático, causam proteólise e sintetizam vitaminas, ambos alcalinos (LAW; TAMINE, 2010).

#### 4.2.3 Umidade

A umidade dos queijos somente apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos aos 60 dias de maturação quando os queijos maturados em condição de umidade de 95% apresentaram as maiores médias de umidade (TABELA 12).

Tabela 12 - Valores médios de umidade (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	38,78 aA	34,06 aAB	32,94 aAB	24,29 aB	24,53 aB
18°C; 80%UR	42,61 aA	37,05 aAB	31,76 aAB	26,92 aB	29,62 abBC
18°C; 95%UR	43,93 aA	42,85 aA	39,14 aA	27,67 aB	36,29 bA
12°C; 80%UR	44,54 aA	39,35 aAB	38,13 aAB	27,81 aBC	25,90 aC
12°C; 95%UR	45,56 aA	44,60 aA	37,54 aA	31,20 aA	35,73 bA
CV (%)	4,74	16,37	14,86	19,97	9,51

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A legislação quanto à umidade em queijo Minas artesanal determina máximo de 45,9% de umidade do produto. Os queijos com umidade entre 36 % e 45,9 % (m/m) são classificados como média umidade. Os queijos atenderam a essa especificação aos 14 dias de maturação e, a partir de 42 dias, todos os queijos do experimento apresentaram-se com teor de umidade relativo à classificação de baixa umidade (até 35,9 % m/m), conforme definido por Brasil (1996).

Os coeficientes de regressão estimados para umidade dos queijos aos 60 dias de maturação são exibidos na Tabela 13.

Tabela 13 - Coeficientes de regressão estimados para umidade dos queijos aos 60 dias de maturação em função da temperatura e da umidade das câmaras de maturação.

	Coeficientes de regressão	Erro-padrão	t(8)	p	-95,%	+95,%
Média/Interação	31.8872	0.6161	51.7553	0.0000	30.4665	33.3080
Temperatura	1.0694	0.6161	1.7358	0.1208	-0.3513	2.4902
Umidade	4.1244	0.6161	6.6943	0.0002	2.7037	5.5452
Temp. x Umid.	-0.7911	0.6161	-1.2840	0.2351	-2.2119	0.6297

Fonte: Do autor (2019).

Analisando-se os coeficientes de regressão (TABELA 13) observa-se que apenas a umidade foi significativa ( $p < 0,05$ ) para a umidade dos queijos aos 60 dias de maturação.

Tabela 14 - Análise de variância para umidade dos queijos aos 60 dias de maturação.

Fonte de variação	SQ	GL	MS	F	p
Regressão	225.367322	3	75.12244	16.49166	0.000871
Erro	36.441430	8	4.555179		
Total SS	261.808752	11			

Fonte: Do autor (2019).

$R^2 = 86,08\%$ ;  $F_{3,8; 0.05} = 4,07$ .

Uma vez que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi bom e que a regressão foi estatisticamente significativa a 5% de significância, obteve-se o seguinte modelo:

$$Uq_{60} = 31,88 + 1,07 * T + 4,1244 * U - 0,79 * T * U \quad (2)$$

Onde:

T = Temperatura na câmara de maturação

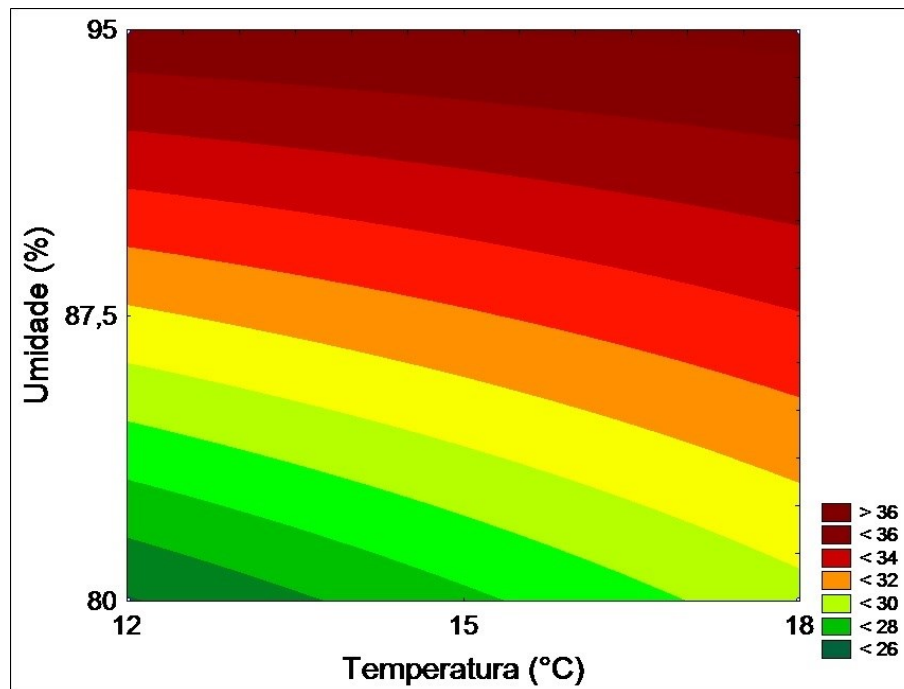
U = Umidade do ar na câmara de maturação

$Uq_{60}$  = Umidade dos queijos aos 60 dias de maturação

As curvas de contorno do modelo ajustado (FIGURA 5) demonstram que em umidades mais elevadas, próximas a 95%, a temperatura teve pouca influência sobre a umidade dos queijos e, nessas condições os queijos tendem a apresentar umidade acima de 36%. Apenas com a redução da umidade do ambiente de maturação, a temperatura passa a ter alguma influência sobre a umidade de água dos queijos aos 60 dias de cura.

Costa Júnior et al. (2014) analisando a umidade de queijos Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes no decorrer de 30 dias de maturação, encontraram diferenças significativas comparando as médias dos períodos seco (29,22% m/m) e chuvoso (28,33% m/m), no entanto tanto em ambos os períodos o queijo Minas Artesanal já é classificado como queijo de baixa umidade, ou seja, abaixo de 36,0% (m/m) conforme Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos - RTIQ (BRASIL, 1996).

Figura 7 - Curvas de contorno para umidade (%) dos queijos com 60 dias de maturação.



Fonte: Do autor (2019).

A temperatura e umidade ambientes também são responsáveis por dessecamento do queijo e podem variar de acordo com a estação em que ele foi produzido. Fatores como técnicas de corte, dessoragem da massa e a prensagem manual durante a elaboração dos queijos também interferem na umidade final do queijo (OLIVEIRA, 2014).

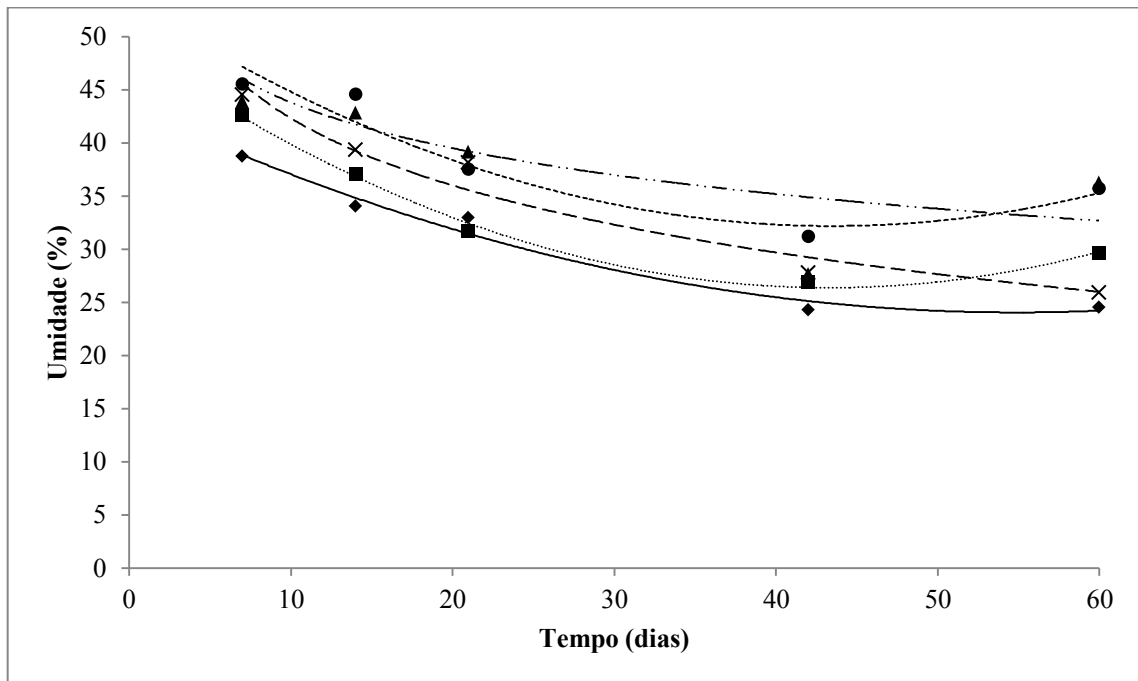
A época do ano alterou significativamente os teores de umidade e extrato seco de queijos Minas artesanais da Serra da Canastra, segundo Silva et al. (2011). Tal diferença ocorreu pela grande amplitude de variação de temperatura e umidade do ar entre os períodos de seca e de chuvas

Em pesquisa realizada com queijo Minas artesanal do Campo das Vertentes, o valor mínimo encontrado para umidade foi de 49,32% (OLIVEIRA, 2010). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos diferentes em queijo Minas artesanal do Serro.

Paiva (2012), avaliando o efeito do uso de resinas de caseína para proteção de queijos artesanais, registrou teores de umidade abaixo de 35,9 % (m/m) em queijos Minas artesanal Canastra após 30 dias de maturação, nesse caso, foram classificados como de baixa umidade. No presente trabalho, os teores de umidade dos queijos atenderam às exigências legais da classificação de média umidade e, após 14 dias de maturação, o teor de umidade reduziu para a faixa considerada de baixa umidade entre 42 e 60 dias de maturação.

As curvas ajustadas da evolução da umidade no decorrer da maturação são exibidas na Figura 8.

Figura 8 - Evolução da umidade ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (♦-) ambiente; (■···) 18°C e 80% Umidade; (▲···) 18°C e 95% Umidade; (x- -) 12°C e 80% Umidade e (●···) 12°C e 95% Umidade.



Fonte: Do autor (2019).

As equações das curvas ajustadas da evolução da umidade em relação ao tempo de maturação avaliada são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Equações das curvas ajustadas da evolução da umidade (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Ambiente	$y = 0,0065x^2 - 0,7087x + 43,515$	0,9777
18°C; 80%UR	$y = 0,0122x^2 - 1,0548x + 49,232$	0,9947
18°C; 95%UR	$y = 0,0113x^2 - 0,9819x + 53,525$	0,9266
12°C; 80%UR	$y = -9,112\ln(x) + 63,323$	0,9617
12°C; 95%UR	$y = -6,214\ln(x) + 58,142$	0,7686

Fonte: Do autor (2019).

#### 4.2.4 Resíduo Mineral Fixo

Na Tabela 16, são apresentados os valores médios de resíduo mineral fixo dos queijos (em %) ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação.

Não houve efeito significativo ( $p \geq 0,05$ ) do modelo para temperatura, umidade e a interação desses fatores sobre o resíduo mineral fixo. Entretanto na comparação entre as médias dos tratamentos houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no tempo de 60 dias de maturação.

Tabela 16 - Valores médios de resíduo mineral fixo (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	4,11 aA	4,43 aA	3,78 aA	4,03 aA	4,72 bA
18°C; 80%UR	3,85 aA	4,26 aA	3,73 aA	4,22 aA	3,89 abA
18°C; 95%UR	3,78 aA	3,72 aA	3,07 aA	3,68 aA	2,94 aA
12°C; 80%UR	3,75 aA	4,06 aA	3,82 aA	3,69 aA	4,14 abA
12°C; 95%UR	3,90 aA	3,27 aA	3,74 aA	3,29 aA	3,29 aA
CV (%)	7,64	17,98	19,22	15,88	13,45

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os resultados foram inferiores aos encontrados por Moreno (2013) que encontrou média de 5, 5% para o período seco e 5,3% para o período chuvoso avaliando queijos artesanais de produtores da região do Campo das Vertentes.

A variação do resíduo mineral fixo não foi significativa no decorrer do tempo em nenhum dos tratamentos avaliados ( $p \geq 0,05$ ).

Os resultados contrariam vários estudos realizados com queijos artesanais nos quais houve a elevação da porcentagem do resíduo mineral fixo com o tempo de maturação, devido ao aumento do extrato seco total (CABRINI, 2017; MORENO, 2013; SOBRAL, 2012; TEODORO, 2012). Apesar de os tratamentos apresentarem redução significativa da umidade, isso não se refletiu em diferença significativa para o resíduo mineral fixo.

A quantidade de cinzas pode ser influenciada pela composição do leite, a suplementação e saúde do animal, estágios de lactação em que ele se encontra e estações do ano podem influenciar os resultados (SOBRAL, 2012).



#### 4.2.5 Proteína total

Nem a temperatura, nem a umidade do ar nas câmaras de maturação afetaram significativamente o teor de proteína dos queijos, a 5% de significância. Na comparação entre as médias dos tratamentos não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ), assim como não houve diferença entre as médias na comparação entre os tempos de maturação em nenhum dos tratamentos (TABELA 17).

Tabela 17 - Valores médios de proteína total (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	23.01 aA	24.25 aA	23.81 aA	24.18 aA	24.36 aA
18°C; 80%UR	22.42 aA	24.08 aA	25.34 aA	25.86 aA	28.83 aA
18°C; 95%UR	22.69 aA	23.15 aA	22.52 aA	24.65 aA	20.52 aA
12°C; 80%UR	21.72 aA	22.78 aA	22.78 aA	23.74 aA	23.90 aA
12°C; 95%UR	23.10 aA	22.88 aA	23.42 aA	21.72 aA	25.33 aA
CV (%)	7,83	9,78	9,07	13,38	14,43

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Moreno (2013) que encontrou média de 22,5% de proteína total para o período seco e 24,1% para o período chuvoso avaliando queijos artesanais de produtores da região do Campo das Vertentes.

No entanto, ao contrário do encontrado em outras pesquisas com queijos artesanais (CABRINI, 2017; PAIVA, 2012; SOBRAL, 2012; TEODORO, 2012) não houve redução significativa do teor de proteína total mesmo com a variação da umidade em alguns dos tratamentos.

#### 4.2.6 Índice de extensão de proteólise

O índice de extensão de proteólise é um índice que mede a ação proteolítica pela quantidade desdobrada de caseína em peptídeos de alto e médio peso molecular, enquanto que, a profundidade de proteólise indica a hidrólise desses peptídeos de médio e alto peso molecular, em peptídeos de baixo peso molecular, aminoácidos, oligopeptídeos, aminas, ureia e amônia (MARTINS, 2006).

As bactérias lácticas contribuem para a proteólise do queijo, após a lise celular, principalmente pela ação de suas enzimas, que hidrolisam peptídeos maiores, com formação de pequenos peptídeos que, em geral, contribuem para melhorar as características sensoriais (MCSWEENEY, 2004).

A Tabela 18 apresenta comparação entre as médias dos tratamentos no decorrer da maturação.

Tabela 18 - Valores médios de índice de extensão (%) de proteólise dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	25,23 aA	24,82 aA	26,31 aA	26,11 aA	27,65 aA
18°C; 80%UR	28,30 aA	26,65 aA	27,50 aA	28,50 aA	32,81 aA
18°C; 95%UR	27,17 aA	26,17 aA	27,10 aA	23,79 aA	56,66 bB
12°C; 80%UR	31,44 aA	30,90 aA	31,55 aA	30,78 aA	29,67 aA
12°C; 95%UR	26,70 aA	29,44 aA	30,89 aA	35,10 aA	34,97 abA
CV (%)	15,87	15,00	15,26	23,04	23,65

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Analisando-se a Tabela 19, observa-se que a umidade e a temperatura tiveram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre o índice de extensão de proteólise.

Tabela 19 - Coeficientes de regressão para índice de extensão (%) de proteólise dos queijos aos 60 dias de maturação.

	Coeficientes de regressão	Erro-padrão	t(8)	p	-95,%	+95,%
Média/Interação	38.52751	2.670697	14.42601	0.000001	32.36887	44.68615
Temperatura	6.20569	2.670697	2.32362	0.048644	0.04705	12.36432
Umidade	7.28582	2.670697	2.72806	0.025923	1.12718	13.44446
Temp. x Umid.	4.63781	2.670697	1.73655	0.120675	-1.52083	10.79645

Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 20 apresenta a Análise de variância da regressão para índice de extensão (%) de proteólise dos queijos aos 60 dias de maturação.

Tabela 20 - Análise de variância da regressão para índice de extensão (%) de proteólise dos queijos aos 60 dias de maturação.

Fonte de variação	SQ	GL	MS	F	p
Regressão	426.620950	3	142.207	4.407622	0.041486
Erro	258.111048	8	32.263881		
Total SS	684.731998	11			

Fonte: Do autor (2019).

$R^2 = 76,42\%$ ;  $F_{3,8; 0,05} = 4,07$ .

Como o coeficiente de determinação da regressão foi relativamente bom e a regressão foi estatisticamente significativa aos dados experimentais ao nível de 55 de significância, obteve-se o modelo:

$$IEP_{60} (\%) = 38,53 + 6,206 * T + 7,286 * U + 4,64 * T * U \quad (3)$$

Onde:

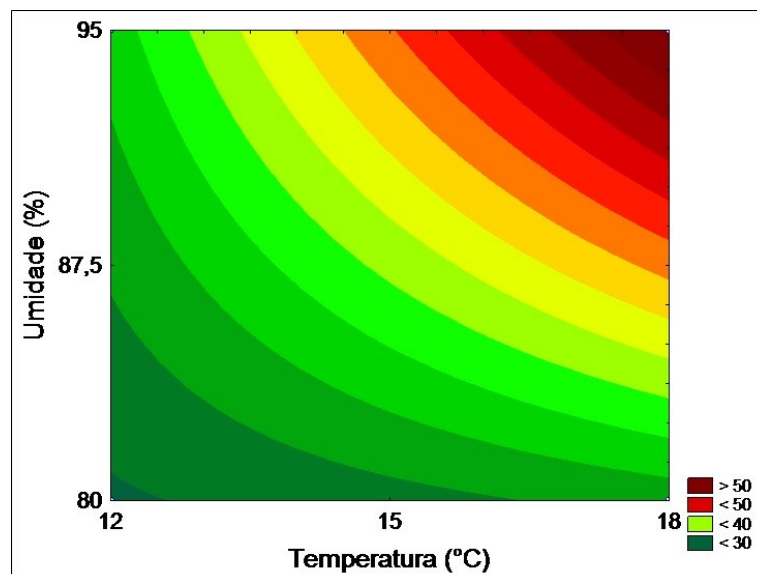
T = Temperatura na câmara de maturação

U = Umidade do ar na câmara de maturação

$IEP_{60}$  = índice de extensão de proteólise dos queijos aos 60 dias

As curvas de contorno para o índice de extensão de proteólise são apresentadas na Figura 9.

Figura 9 - Curvas de contorno para índice de extensão de proteólise (%) dos queijos com 60 dias de maturação.



Fonte: Do autor (2019).

A análise das curvas de contorno (FIGURA 9) evidencia que o índice de extensão de proteólise dos queijos aos 60 dias de cura é mais intenso conforme aumentam a temperatura e a umidade do ambiente de maturação. Nessas condições, os queijos apresentaram maior percentual umidade, e maior atividade de água que em conjunto com temperaturas de maturação mais elevadas pode favorecer a ação de enzimas proteolíticas como as do coelho e proteases da microbiota oriunda do leite e do “pingo”. Essas condições também favorecem o crescimento de bolores e leveduras que uma vez colonizando a superfície do queijo, pode contribuir para o incremento da atividade proteolítica com reflexos no índice proteólise.

As condições de maturação tem efeito direto nas taxa de maturação. A proteólise e outros processos enzimáticos ocorrem mais lentamente em baixas temperaturas. A taxa de degradação proteica de um queijo Gouda maturado a 6°C é aproximadamente 30% inferior quando comparado a um queijo maturado em condições normais, considerando os demais fatores constantes (DUSTERHOFT; ENGELS; HUPPERTZ, 2017).

Comparando o efeito da “rala” e do “pingo” como fermento para produção de queijo Minas Artesanal do Serro, um estudo encontrou índices de extensão de maturação (IEM) próximos nos primeiros dias de maturação apresentando diferença entre os tratamentos aos dias 17 e 31 de maturação (OLIVEIRA et al., 2019).

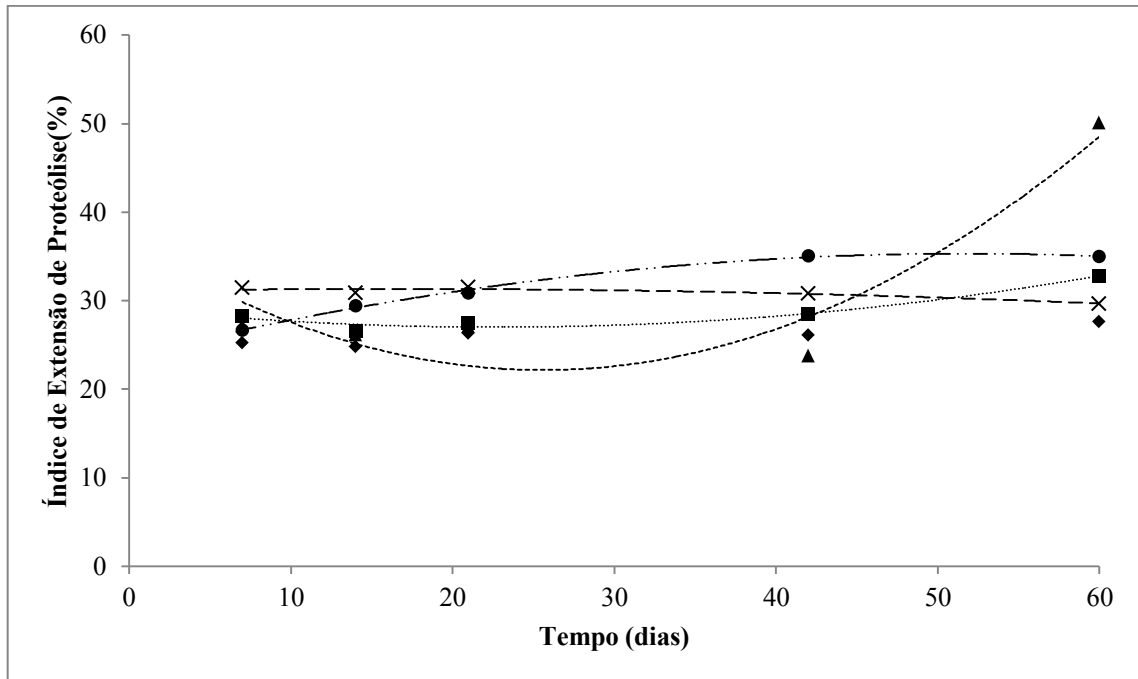
Estudo comparando os índices de extensão e profundidade de maturação de queijos artesanais na região do Campo das Vertentes durante o período chuvoso em relação ao período seco concluiu que os índices de proteólise são mais intensos no período chuvoso e podem sofrer maior influência da temperatura ambiente, mais elevada do que os fatores intrínsecos de composição como teor de umidade e pH dos queijos (COSTA JÚNIOR et al., 2014).

Estudo analisando a influência da temperatura na maturação do queijo Reggiano, observou que o aumento da temperatura e do tempo de maturação resultou em aumento dos produtos de proteólise, notadamente níveis mais elevados observados em queijos experimentais inicialmente armazenados a 20°C durante 4 semanas (CERUTI; ZORRILLA; SIHUFÉ, 2012).

A extensão da maturação tem relação direta com as condições ambientais como umidade relativa do ar e temperatura, ou ainda estão relacionada a fatores intrínsecos do queijo como pH, teor de sal e micro-organismos endógenos presentes que alteram significativamente as características sensoriais finais dos produtos (PAIVA, 2012).

A Figura 10 apresenta as curvas ajustadas da evolução índice de extensão de proteólise ao longo da maturação.

Figura 10 - Evolução do índice de extensão de proteólise ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆- -) ambiente; (■- -) 18°C e 80% Umidade; (▲- -) 18°C e 95% Umidade; (x- -) 12°C e 80% Umidade e (●- -) 12°C e 95% Umidade.



Fonte: Do autor (2019).

As equações das curvas ajustadas da evolução do índice de extensão da proteólise em relação ao tempo de maturação avaliado são apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 - Equações das curvas ajustadas da evolução do índice de extensão de proteólise (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Ambiente	$y = 0,0065x^2 - 0,7087x + 43,515$	0,9777
18°C; 80%UR	$y = 0,0122x^2 - 1,0548x + 49,232$	0,9947
18°C; 95%UR	$y = 0,0113x^2 - 0,9819x + 53,525$	0,9266
12°C; 80%UR	$y = -9,112\ln(x) + 63,323$	0,9617
12°C; 95%UR	$y = -6,214\ln(x) + 58,142$	0,7686

Fonte: Do autor (2019).

#### 4.2.7 Índice de profundidade de proteólise

Não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) ente os tratamentos em relação ao índice de profundidade de proteólise. Contudo os tratamentos com menor umidade do ambiente

apresentaram menores médias de índice de profundidade de proteólise aos 60 dias de maturação (TABELA 22).

Tabela 22 - Valores médios de índice de profundidade (%) de proteólise dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	12.57 aA	14.92 aA	17.39 aA	19.07 aA	22.39 aA
18°C; 80%UR	14.16 aA	15.70 aA	16.29 aA	15.53 aA	18.72 aA
18°C; 95%UR	17.10 aA	17.54 aA	22.42 aA	23.21 aA	32.88 aA
12°C; 80%UR	16.31 aA	15.64 aA	17.59 aA	16.54 aA	19.59 aA
12°C; 95%UR	15.12 aA	15.69 aA	14.55 aA	16.33 aA	20.43 aA
CV (%)	16,86	14,60	29,30	38,89	33,89

Fonte: Do autor (2019).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Apenas a condição ambiente e a condição de maturação com 18°C de temperatura e 95% de umidade apresentaram diferença significativa entre os tempos de maturação, esta última apresentou a maior média de índice de profundidade de proteólise.

O índice de profundidade de proteólise demonstra o quanto do nitrogênio total está presente principalmente na forma de compostos nitrogenados de baixa massa molar como aminoácidos, peptídeos menores, aminas e outros compostos nitrogenados acumulados durante o processo (WOLFSCHOON-POMBO; LIMA, 1989).

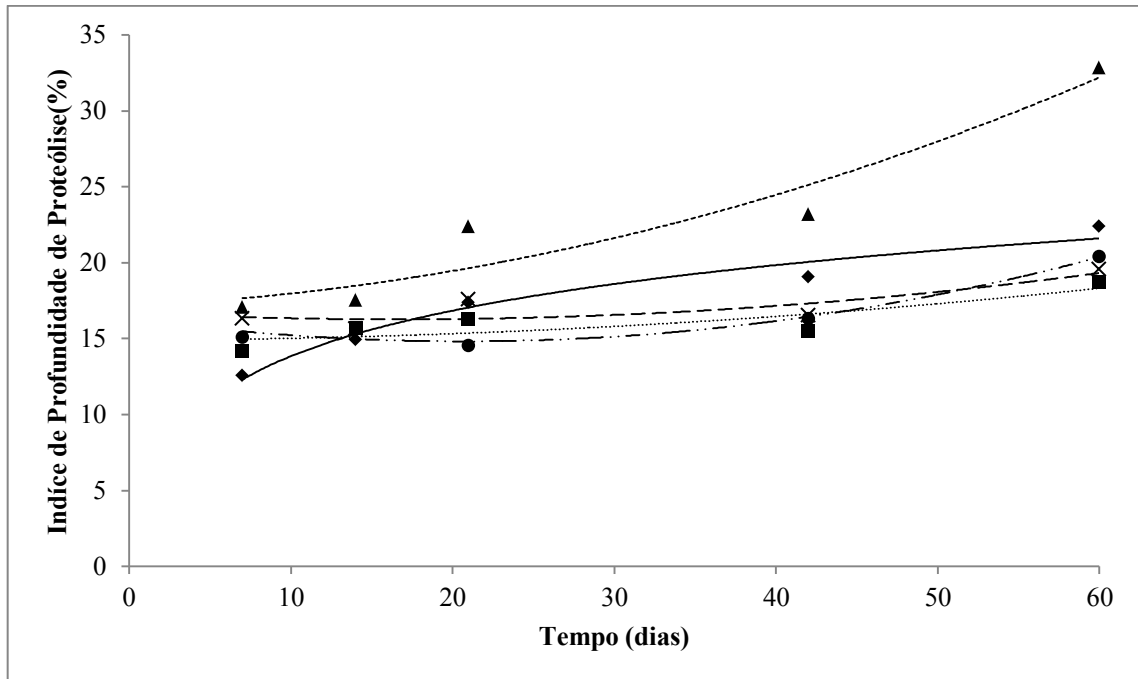
Estudos demonstram que o índice de profundidade de proteólise está relacionado, principalmente, à ação de enzimas originadas da cultura starter e aminopeptidases do leite cru, e indica uma hidrólise mais profunda das proteínas do queijo (FOX et al., 2000).

Paiva (2012) relatou que índice de profundidade de proteólise é influenciado pela temperatura, pois pode favorecer a multiplicação de micro-organismos presentes no pingo e no leite cru. Entretanto no presente estudo a condição com maior umidade e maior temperatura apresentou o maior aumento do índice de profundidade de proteólise. Essa condição favoreceu visivelmente o crescimento de bolores e leveduras nas superfícies dos queijos.

As leveduras, pela atividade proteolítica e lipolítica, colaboram na liberação de precursores do aroma tais como aminoácidos, ácidos graxos e ésteres (VILJOEN, 2001).

A Figura 11 apresenta as curvas ajustadas da evolução do índice de extensão de proteólise ao longo da maturação.

Figura 11 - Evolução do índice de profundidade de proteólise ao longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆---) ambiente; (■···) 18°C e 80% Umidade; (▲···) 18°C e 95% Umidade; (x - - -) 12°C e 80% Umidade e (●···) 12°C e 95% Umidade.



Fonte: Do autor (2019).

As equações das curvas ajustadas da evolução do índice de profundidade da proteólise em relação ao tempo de maturação avaliado são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Equações das curvas ajustadas da evolução do índice de profundidade de proteólise (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Ambiente	$y = 4.3285\ln(x) + 3.8808$	R <sup>2</sup> = 0.9663
18°C; 80%UR	$y = 0.0009x^2 + 0.0035x + 14.903$	R <sup>2</sup> = 0.7146
18°C; 95%UR	$y = 0.0034x^2 + 0.0467x + 17.169$	R <sup>2</sup> = 0.9197
12°C; 80%UR	$y = 0.0016x^2 - 0.054x + 16.725$	R <sup>2</sup> = 0.7094
12°C; 95%UR	$y = 0.0036x^2 - 0.1479x + 16.353$	R <sup>2</sup> = 0.9662

Fonte: Do autor (2019).

#### 4.2.8 Teor de sal na umidade

O teor de sal na umidade apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as condições de maturação somente aos 60 dias de maturação. A maturação em condição ambiente, sem controle de umidade e temperatura, foi a que teve maior redução da umidade

dos queijos no período de maturação e, por isso teve reflexo no maior teor de sal da umidade em relação aos demais tratamentos (TABELA 24).

Tabela 24 - Valores médios de teor de sal na umidade (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	4,07 aA	4,65 aA	4,79 aAB	6,46 aC	6,37 cBC
18°C; 80%UR	3,60 aA	4,28 aAB	4,85 aAB	5,59 aB	5,12 abcAB
18°C; 95%UR	3,52 aA	3,61 aA	3,99 aA	5,50 aB	4,23 aAB
12°C; 80%UR	3,58 aA	4,08 aAB	4,22 aAB	5,73 aBC	6,03 bcC
12°C; 95%UR	3,73 aA	3,89 aA	4,56 aA	5,69 aA	4,72 abA
CV (%)	4,42	16,46	15,82	18,40	9,44

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

As condições de temperatura e umidade na maturação afetaram significativamente ( $p < 0,05$ ) o teor de sal na umidade em todos os tratamentos, porém aos tratamentos com menor umidade (80%) e em condição ambiente apresentaram médias superiores em comparação com os tratamentos com umidade de 95%. Isso já era esperado em função da maior perda de umidade e consequente concentração de sólidos nos queijos maturados a umidades menores.

Nas queijarias da região do campo das Vertentes monitoradas para a definição do fluxograma do experimento, a salga dos queijos artesanais é feita a seco, aplica-se sal grosso em uma das superfícies do queijo, após a dessoragem. Após 4 a 6 horas, realiza-se a primeira viragem do queijo e o sal é aplicado na outra face do queijo por um período de 12 a 14 horas. Durante esse período, é realizada a coleta do pingo. Após esse período, é retirado o excesso de sal e os queijos são lavados.

De modo geral, a salga de queijos artesanais é realizada por meio da salga a seco, que é a adição de sal grosso ou sal refinado na superfície do queijo, e a dosagem utilizada é diferente de queijaria para queijaria. Outro fator que influencia na falta de padronização de sal dos queijos artesanais seria o diferente tempo de salga utilizado por cada produtor e por cada região, contribuindo na variação final.

O teor de cloretos pode variar de acordo com o tipo de salga e com o teor de umidade dos queijos recém-produzidos, pois quanto maior a umidade, maior a absorção e difusão de sal na massa (FURTADO, 1991).



Analisando-se os coeficientes de regressão (TABELA 5) observa-se que a umidade e a temperatura tiveram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre o índice de extensão de proteólise (TABELA 25).

Tabela 25 - Coeficientes de regressão para teor de sal na umidade (%) dos queijos aos 60 dias de maturação.

	Coeficientes de regressão	Erro-padrão	t(8)	p	-95,%	+95,%
Média/Interação	5.024086	0.126229	39.80143	0.000000	4.733002	5.315170
Temperatura	-0.352886	0.126229	-2.79561	0.023356	-0.643970	-0.061802
Umidade	-0.550986	0.126229	-4.36498	0.002397	-0.842070	-0.259902
Temp. x Umid.	0.104961	0.126229	0.83151	0.429802	-0.186123	0.396045

Fonte: Do autor (2019).

Considerando os coeficientes significativos o modelo com as variáveis codificadas é expresso por:

$$TSU_{60}(\%) = 5,024 - 0,353 * T - 0,551 * U + 0,105 * T * U \quad (4)$$

Onde:

T = Temperatura na câmara de maturação;

U = Umidade do ar na câmara de maturação;

$TSU_{60}$  = Teor de sal na umidade dos queijos aos 60 dias.

Tabela 26 - Análise de variância para teor de sal na umidade dos queijos aos 60 dias de maturação.

Fonte de variação	SQ	GL	MS	F	p
Regressão	5.269565	3	1.756522	9.186617	0.005707
Erro	1.529635	8	0.191204		
Total SS	6.799201	11			

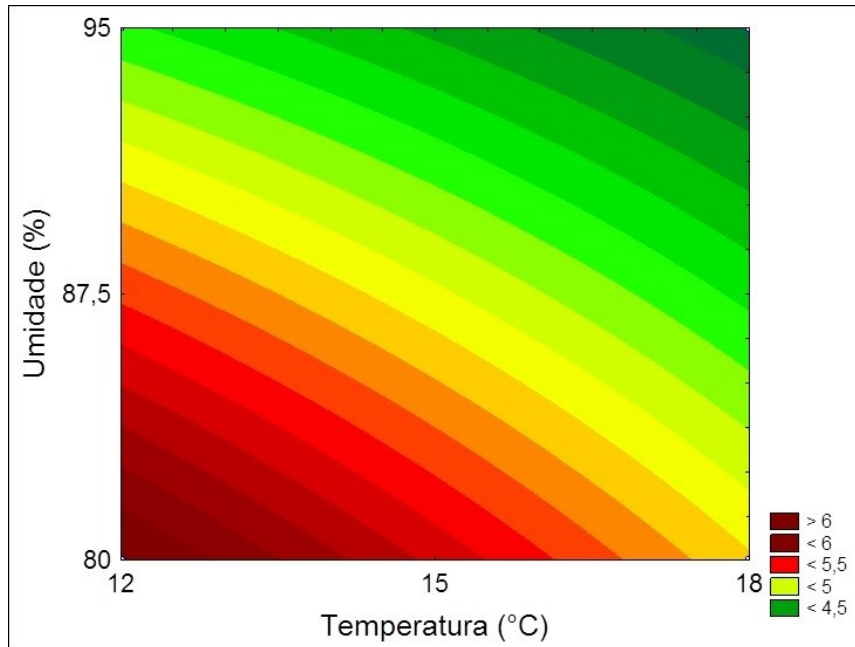
Fonte: Do autor (2019).

$R^2 = 77,05\%$ ;  $F_{3,8; 0,05} = 4,07$ .

Moreno (2013), avaliando queijos de produtores cadastrados do Campo das Vertentes, constatou que houve grande variação percentual do parâmetro sal na umidade do queijo, diferindo entre os produtores e dentro do produtor, dentro do mesmo lote e de um período para outro.

A Figura 12 apresenta as curvas de contorno para o teor de sal na umidade dos queijos com 60 dias em função da umidade e temperatura de maturação.

Figura 12 - Curvas de contorno para teor de sal na umidade (%) dos queijos com 60 dias de maturação.



Fonte: Do autor (2019).

A análise das curvas de contorno (FIGURA 12) demonstra que o teor de sal na umidade aumenta conforme diminuem a temperatura e a umidade do ambiente de maturação. Esse comportamento reflete a concentração de sólidos que ocorre com maior perda de umidade nessas condições.

A importância do sal na manutenção de uma microbiota desejável predominante nos queijos Minas Artesanal é conhecida e é prática comum o aumento dessa concentração no período das chuvas quando, em geral, a contaminação microbológica é maior nesses queijos, e essa prática ajuda no controle de qualidade desses produtos (DORES, 2007; PINTO; MARTINS; FERREIRA, 2004).

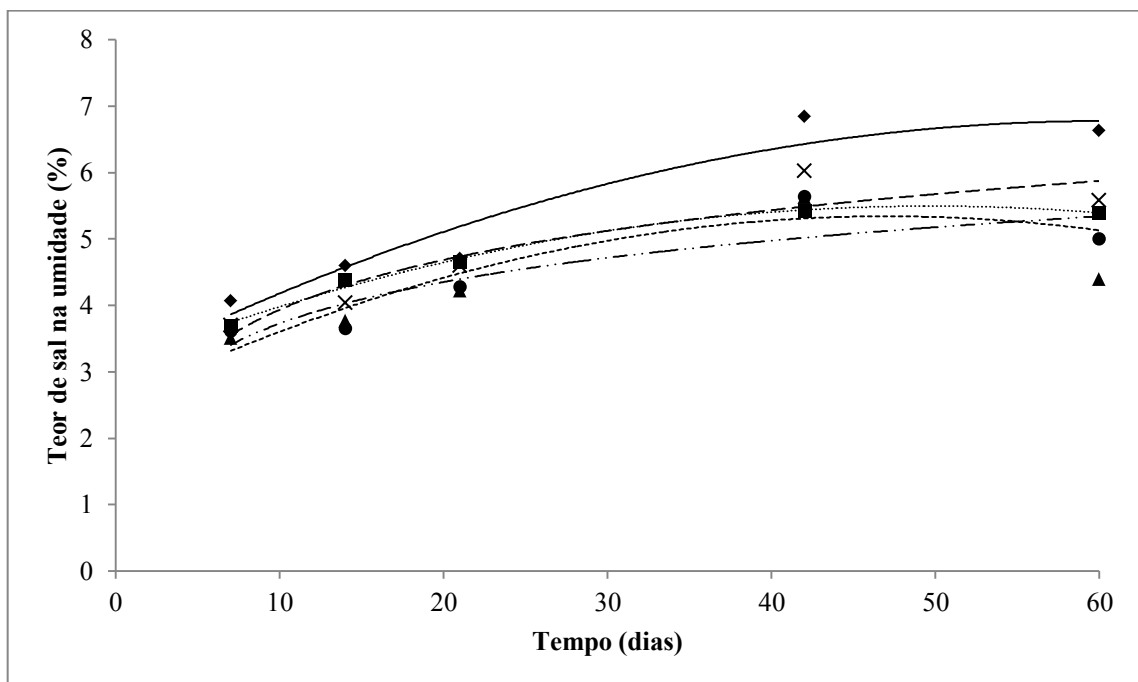
Martins et al. (2004a, 2004b) encontraram média do teor de cloretos de 2,06% em queijos artesanais de Araxá, após 8 dias de maturação. Costa Júnior et al. (2009) encontraram uma variação de aproximadamente 55% no teor de cloretos em queijos artesanais da região Canastra, nas diferentes estações do ano. Silva et al. (2011) encontraram 1,64% de cloretos na época das águas e 2,21% na época da seca em queijos artesanais da Canastra com 8 dias de maturação. Machado et al. (2004) encontraram 4,39% de cloretos em queijos artesanais do

Serro, com 6 dias de maturação. Martins et al. (2004a, 2004b) encontraram 1,74% em queijos artesanais do Cerrado, com 8 dias de fabricação. As diferenças nos teores de cloretos encontradas em trabalhos com queijos artesanais podem ser explicadas por dois fatores. O primeiro seria a falta de padronização da quantidade de sal utilizada por cada produtor na fabricação dos queijos artesanais, não existindo um medidor que determine a quantidade de sal utilizada.

O teor de sal dos queijos é um importante parâmetro, pois pode levar inibição de microrganismos. No entanto, alguns microrganismos são considerados halotolerantes, como no caso do *S. aureus*, que pode tolerar até 20% de sal para o seu desenvolvimento e até 10% de sal para produção de enterotoxinas (BORGES et al., 2008).

As equações das curvas ajustadas da evolução do teor de sal na umidade em relação ao tempo de maturação avaliados são apresentadas na Tabela 27.

Figura 13 - Evolução do teor de sal na umidade ao longo da maturação de queijos Minas artesanais das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (♦-) ambiente; (■···) 18°C e 80% Umidade; (▲···) 18°C e 95% Umidade; (x- - -) 12°C e 80% Umidade e (●···) 12°C e 95% Umidade.



Fonte: Do autor (2019).

Tabela 27 - Equações das curvas ajustadas da evolução do teor de sal na umidade (%) durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Ambiente	$y = -0.001x^2 + 0.1234x + 3.0505$	R <sup>2</sup> = 0.9275
18°C; 80%UR	$y = -0.001x^2 + 0.0955x + 3.1226$	R <sup>2</sup> = 0.9922
18°C; 95%UR	$y = -0.0013x^2 + 0.1191x + 2.5412$	R <sup>2</sup> = 0.887
12°C; 80%UR	$y = 1.0813\ln(x) + 1.4467$	R <sup>2</sup> = 0.8771
12°C; 95%UR	$y = 0.9013\ln(x) + 1.6527$	R <sup>2</sup> = 0.7749

Fonte: Do autor (2019).

### 4.3 Gordura no extrato seco

O teor de gordura nos queijos é determinado pela composição do leite e pela forma como a massa é tratada durante o processo de fabricação dos queijos. Entretanto nas queijarias artesanais existem variações de procedimentos e manipulação da coalhada e da massa, além de diferenças sazonais que exercerão influencia no teor de gordura do queijo (OLIVEIRA; GOMES; VELLOSO, 2000).

Valores médios de teor de gordura no extrato seco(%) dos queijos nas diferentes condições de maturação são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 - Valores médios de teor de gordura no extrato seco (%) dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	55.51 Aa	68.49 aA	61.93 aA	63.96 aA	69.92 aA
18°C; 80%UR	52.07 aA	63.02 aA	60.78 aA	58.95 aA	70.02 aA
18°C; 95%UR	51.10 aA	57.72 aA	57.09 aA	57.71 aA	60.63 aA
12°C; 80%UR	45.07 aA	53.89 aAB	47.94 aAB	49.34 aB	55.10 aB
12°C; 95%UR	45.20 aA	55.96 aA	54.51 aA	47.87 aA	59.08 aA
CV (%)	14,72	19,96	14,88	13,33	15,19

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) para a gordura no extrato seco na comparação entre os tratamentos. No entanto, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tempos de maturação, o que pode ser explicado pela concentração de sólidos com a perda de umidade no decorrer da maturação.

Em relação ao teor de gordura, a legislação brasileira classifica os queijos como “extra gordo”, aqueles com GES maiores que 60%; “gordo”, os queijos com GES entre 45 e 59,9%; “semi-gordo” os queijos com 25 a 44,9% de GES; “magros”, os queijos com GES de 10 a 24,9% de gordura e, os queijos com GES inferior a 10% são classificados como “desnatados” (BRASIL, 1996).

Com base nessa classificação, todos os queijos com 7 dias de maturação podem ser classificados como queijos “gordos”. Porém, a partir deste tempo até os 60 dias de maturação, os queijos maturados em condição ambiente passam a ser classificados como “extra gordo”, bem como os queijos dos tratamentos de maturação a 18°C.

Estudo realizado na região do Campo das Vertentes com queijos de produtores cadastrados aos 10, 20 e 30 dias de maturação encontrou valores médios de 53,0% de GES para o período seco e 50,8% para o período chuvoso o que foi atribuído à relação inversamente proporcional ao extrato seco total dos queijos.

Figueiredo (2018), estudando a maturação de queijos Minas Artesanais do Serro, observou aumento linear do teor de gordura ao longo da maturação, porém não encontrou variação do GES ao longo de 60 dias de maturação, onde os queijos avaliados foram classificados como “gordos”. O mesmo pesquisador avaliou que a variação da gordura e a não variação da GES é explicado pelo fato que esta é calculada por uma relação entre a gordura e o extrato seco total dos queijos, que se comportaram de forma crescente, tornando o GES constante nos tempos avaliados.

Brumano (2016) obteve valores médios de GES entre 45% e 59,9% tanto para queijos fabricados com “rala” como para queijos fabricados com “pingo”. Oliveira et al. (2013), ao analisarem queijos artesanais da região do Serro, encontraram teor de GES de 52,95%.

#### **4.4 Efeito das condições de maturação sobre a cor dos queijos**

##### **4.4.1 Luminosidade (L\*)**

O parâmetro L\* indica a luminosidade e refere-se à capacidade do objeto em refletir ou transmitir luz, variando numa escala de 0 a 100. Quanto maior o valor de L\*, mais claro o objeto. A Tabela 29 apresenta os valores médios do parâmetro luminosidade da parte da casca dos queijos dos queijos analisados.

A luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho-verde ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo-azul ( $b^*$ ) dos queijos foram determinadas com colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Japão).

Tabela 29 - Valores médios de  $L^*$  da casca dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	85,37 aA	77,18 aAB	74,76 aB	61,97 aC	61,50 abC
18°C; 80%UR	86,17 aA	79,48 aAB	76,15 Ab	66,80 abC	59,37 aD
18°C; 95%UR	85,19 aA	81,04 aAB	78,16 aB	66,40 abC	64,80 bcC
12°C; 80%UR	85,35 aA	80,26 aAB	77,28 aB	64,43 abC	57,80 aC
12°C; 95%UR	86,05 aA	81,85 aAB	78,64 aB	69,43 bcC	65,33 cC
CV (%)	1,08	0,52	1,15	2,38	1,60

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

O parâmetro cor  $L^*$  caracteriza a luminosidade dos queijos, e nas amostras dos tratamentos analisados não apresentou diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) até os 21 dias de maturação. A partir desse tempo, o parâmetro de cor  $L^*$  apresentou as menores médias. Após 60 dias de maturação, os queijos que apresentaram maior luminosidade ( $p < 0,05$ ) foram os maturados em condições ambientais e os maturados com 95% de umidade relativa do ar.

Figueiredo et al. (2015) não encontraram diferenças significativas avaliando os parâmetros e luminosidade de queijos Minas Artesanal do Serro com três dias de maturação em diferentes estações do ano. Esses resultados assemelham-se aos do presente estudo que também não apresentou diferenças na luminosidade dos queijos, no início (07 dias) da maturação. Durante esse período, fenômenos envolvidos na maturação responsáveis pela alteração dos parâmetros de cor, ainda não ganharam velocidade suficiente para se fazer notar.

Brumano (2016) comparando o uso do “pingo” com a “rala” como fermento observou que, à medida que se aumentou o período de maturação, os queijos Minas Artesanais apresentaram menores valores  $L^*$ . Os queijos fabricados com a “rala” apresentaram um maior valor ( $p < 0,05$ ) desse parâmetro de 2 a 29 dias, eliminando essa diferença, a partir desse período.

Estudo analisando queijos Minas artesanais do Serro observou que durante a maturação houve diminuição da luminosidade da casca (FIGUEIREDO, 2018).

Essa tendência de redução do L\* ao longo da maturação também foi observada nesse experimento. Todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas entre as médias ( $p < 0,05$ ) comparando os períodos de maturação. Contudo, foi observado que os tratamentos com umidade de 95% apresentaram médias maiores e significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) dos demais tratamentos aos 60 dias de maturação. Nesses queijos a perda de umidade foi menor e isso pode ter contribuído para alteração da velocidade das reações envolvidas na formação de cor dos queijos. Outro aspecto observado visualmente é que esses queijos tiveram maior alteração da superfície da casca (rugosidade) em função do crescimento de fungos filamentosos.

A Tabela 30 apresenta os valores médios do parâmetro luminosidade da parte interior dos queijos dos queijos analisados.

Tabela 30 - Valores médios de L\* do interior dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	92,31 aA	90,82 aAB	86,30 aB	73,33 aC	75,50 abC
18°C; 80%UR	90,39 aA	91,95 aAB	88,61 aB	80,53 bC	78,63 bcD
18°C; 95%UR	92,41 aA	91,91 aA	89,58 aA	81,60 bB	80,87 cB
12°C; 80%UR	91,87 aA	92,08 aAB	88,58 aB	79,30 bC	75,03 aD
12°C; 95%UR	92,21 aA	91,88 aAB	88,89 aB	82,03 bC	80,90 cC
CV (%)	4.52	3.10	2.41	3.92	2.25

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Figueiredo (2018), analisando a variável luminosidade obtida no centro geométrico dos queijos artesanais do Serro, não encontrou diferenças significativas ao longo da maturação ( $p \geq 0,05$ ), o que foi atribuído ao fato de que as perdas de água são mais acentuadas na periferia do queijo, onde existe maior exposição ao meio onde está sendo maturado, o centro do queijo é menos influenciado.

Esses resultados contrariam o observado neste experimento no qual todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para a luminosidade em relação aos tempos de maturação. Em relação às condições de maturação, os queijos começaram a se diferenciar significativamente ( $p < 0,05$ ) na luminosidade nos tempos de 42 e 60 dias. Na comparação entre os tratamentos, as maiores médias do parâmetro L\* aos 60 dias foram observadas nos tratamentos com maturação em umidade do ambiente em 95%.

#### 4.4.2 Coordenada cromática a\*

A coordenada cromática a\* representa as variações entre o vermelho e verde, em que sinais positivos indicam cor vermelha e valores negativos cor esverdeada.

A Tabela 31 apresenta os valores médios do parâmetro a\* dos queijos analisados no decorrer da maturação.

Tabela 31 - Valores médios de a\* da casca dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	4,62 aA	9,90 aB	9,57 aB	7,47 aAB	5,47 aA
18°C; 80%UR	4,98 aA	8,33 aB	8,91 aB	9,37 abB	7,30 abcAB
18°C; 95%UR	4,79 aA	6,90 aAB	7,92 aAB	9,53 abB	10,10 cB
12°C; 80%UR	5,26 aA	7,33 aA	8,04 aA	7,07 aA	6,40 abA
12°C; 95%UR	4,72 aA	7,07 aAB	7,72 aABC	10,93 bBC	8,67 bcC
CV (%)	29,39	22,54	13,23	12,95	13,88

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o parâmetro a\* da casca dos queijos em relação aos tempos de maturação. Em relação às condições de maturação, os queijos começaram a se diferenciar significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação ao parâmetro a\* da casca dos queijos nos tempos de 42 e 60 dias. Na comparação entre os tratamentos, as menores médias do parâmetro a\*, aos 60 dias, foram observadas nos tratamentos com maturação em condição ambiente, e as maiores, em temperaturas de 18°C e umidade ambiente em 95%.

Brumano (2016) analisando queijos artesanais na região do Serro, não encontrou diferenças significativas em relação ao parâmetro a\* ( $p \geq 0,05$ ) em toda a maturação entre os queijos fabricados com os diferentes tipos de fermento.

Figueiredo (2018), acompanhando a maturação de queijos na região do Serro, observou variação ( $p < 0,05$ ) durante os tempos de maturação. Os queijos, durante a maturação, tendem passar de um tom mais verde para tons mais vermelhos. A coordenada vermelho/verde observada no centro geométrico do queijo não sofreu influência ( $p > 0,05$ ) dos tempos de maturação.

A Tabela 32 apresenta os valores médios do parâmetro a\* do interior dos queijos analisados ao longo da maturação.



Tabela 32 - Valores médios de  $a^*$  do interior dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	3,46 aA	3,65 aA	4,30 bA	5,60 aB	5,97 aB
18°C; 80%UR	3,61 aA	3,39 aA	3,40 aA	5,90 abB	6,13 aB
18°C; 95%UR	3,39 aA	3,31 aA	3,18 aA	6,00 abB	6,23 aB
12°C; 80%UR	3,53 aA	3,24 aA	3,45 aA	6,47 bB	6,13 aB
12°C; 95%UR	3,44 aA	3,31 aA	3,30 aA	5,93 abB	6,00 aB
CV (%)	11,77	2,16	6,15	3,50	2,71

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A análise da cor  $a^*$  do interior dos queijos, responsável pela tonalidade vermelha nas amostras, apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no decorrer da maturação, na qual todos os tratamentos tiveram aumento no valor desse parâmetro. Contudo não apresentaram diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre os tratamentos nos tempos 07, 14, 21 e 60 dias.

#### 4.4.3 Coordenada cromática $b^*$

A coordenada cromática  $b^*$  representa as variações de intensidade entre o amarelo e o azul, em que sinais positivos indicam cor amarela e valores negativos cor azul.

A Tabela 33 apresenta os valores médios do parâmetro  $b^*$  dos queijos analisados.

Tabela 33 - Valores médios de  $b^*$  da casca dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	27,55 aA	32,18 aA	31,54 aA	32,60 aA	30,47 aA
18°C; 80%UR	25,65 aA	26,31 aA	34,48 aA	33,73 aA	28,60 aA
18°C; 95%UR	28,99 aA	27,46 aA	34,00 aA	36,37 aA	33,43 aA
12°C; 80%UR	29,50 aA	25,97 aA	29,01 aA	29,00 aA	28,27 aA
12°C; 95%UR	27,28 aA	27,64 aA	34,74 aA	37,33 aA	33,00 aA
CV (%)	17,41	20,07	12,32	12,40	8,92

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) para o parâmetro  $b^*$  na comparação entre os tratamentos e nem na comparação entre os tempos de maturação. Os resultados contrariam

a tendência de aumento desse parâmetro, observado em outros estudos com queijos artesanais (BRUMANO, 2016; FIGUEIREDO, 2018; SOBRAL, 2012).

A Tabela 34 apresenta os valores médios do parâmetro  $b^*$  do interior dos queijos analisados.

Tabela 34 - Valores médios de  $b^*$  do interior dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	18,67 aA	21,88 bB	23,96 aB	34,47 bC	35,70 bC
18°C; 80%UR	20,33 aA	20,55 aA	21,26 aA	32,83 abB	34,83 abB
18°C; 95%UR	18,18 aA	20,29 aA	20,41 aA	32,07 ab B	32,47 aB
12°C; 80%UR	18,95 aA	20,16 aA	21,47 aA	33,90 abB	36,20 bB
12°C; 95%UR	18,02 aA	19,77 aAB	20,98 aB	30,97 aC	32,97 aC
CV (%)	8,86	6,99	7,26	5,32	5,00

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

O parâmetro de cor  $b^*$  indica a presença de cor amarela nas amostras. Todos os tratamentos apresentaram diferença significativa desse parâmetro analisado na parte interior dos queijos com o decorrer da maturação. Contudo só houve diferença significativa entre os tratamentos nos tempos 21, 42 e 60 dias de maturação, a maturação sem controle de umidade e temperatura apresentou maiores médias a partir dos 14 dias. Os queijos maturados em umidade de 95% foram os que apresentaram menores médias, a partir dos 21 dias de maturação.

Figueiredo (2018) observou que a maturação de queijos artesanais do Serro influenciou o parâmetro  $b^*$ , tanto na crosta quanto no centro geográfico do queijo tornando-se mais amarelada com o decorrer da maturação.

Brumano (2016) observou que os valores de  $b^*$  aumentaram de 2 a 15 dias de maturação, mostrando um aumento na intensidade da cor amarela dos queijos ao longo do tempo. A partir de 22 dias, observou diminuição desse parâmetro até completar a maturação. Essa diminuição foi atribuída ao aumento do crescimento de fungos na casca dos queijos.

## 4.5 Efeito das condições de maturação sobre o perfil de textura

### 4.5.1 Firmeza

Os valores médios de firmeza dos queijos ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação são apresentados na Tabela 35. As condições de umidade e temperatura de maturação influenciaram significativamente a firmeza dos queijos que apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) nos 14, 21, 42 e 60 dias.

Tabela 35 - Valores médios de firmeza ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	51,49 aA	77,59 bAB	49,99 bA	127,03 bB	119,76 cB
18°C; 80%UR	44,49 aA	38,67 aA	28,95 aA	54,48 abA	55,33 abA
18°C; 95%UR	44,13 aA	38,06 aA	28,80 aA	36,76 aA	39,45 aA
12°C; 80%UR	44,70 aA	46,99 abA	37,42 abA	78,77 abAB	105,07 bcB
12°C; 95%UR	42,19 aA	27,25 aA	27,85 aA	32,57 aA	34,15 aA
CV (%)	26,24	30,42	21,17	41,38	32,52

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

No perfil de textura, a firmeza é uma característica relacionada à força necessária para deformar os queijos (FOX et al., 2004).

O aumento da firmeza com o decorrer da maturação torna necessária maior força no processo de mastigação (TOBÓN; VELÁSQUEZ; MEJÍA, 2005). Esse parâmetro é inversamente proporcional ao teor de umidade, ou seja, menor umidade, maior porcentagem de proteína total com formação de redes mais fortes, resultando em queijos com maior firmeza (DAGOSTIN, 2011).

Houve efeito significativo de tempo de maturação ( $p < 0,05$ ) para todos os tratamentos, exceto as condições de maturação com 95% de umidade. Os queijos maturados em umidade de 80% apresentaram comportamento de aumento da firmeza, que foi ainda mais acentuada na maturação a 12°C, no decorrer da maturação. Por outro lado, nos queijos maturados a 95% de umidade, houve uma leve redução da firmeza com o avançar da maturação (FIGURA 14).

Analisando-se os coeficientes de regressão (TABELA 36) observa-se que a apenas a interação entre a umidade e a temperatura foi significativa ( $p < 0,05$ ).

Tabela 36 - Coeficientes de regressão para firmeza dos queijos aos 60 dias de maturação.

Fatores	Coefficientes de regressão	Erro-padrão	t(8)	p	-95,%	+95,%
Média/Interação	74,90831	5,148718	14,54893	0,000000	63,0353	86,78128
Temperatura	5,29415	5,148718	1,02825	0,333916	-6,5788	17,16712
Umidade	-5,29415	5,148718	-1,02825	0,333916	-17,167	6,57881
Temp. x Umidade.	30,16628	5,148718	5,85899	0,000379	18,2933	42,03925

Fonte: Do autor (2019).

A análise de variância (TABELA 37) apresenta uma variação explicada de 81,99% e F calculado é altamente significativo ( $p < 0,05$ ).

Tabela 37 - Análise de variância para firmeza dos queijos aos 60 dias de maturação.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	p
Regressão	11592,729426	3	3864,243142	12,14745	0,00239
Erro	2544,892307	8	318,111538		
Total SS	14137,621733	11			

Fonte: Do autor (2019).

$R^2 = 81,99\%$ ;  $F_{3,8; 0,05} = 4,07$ .

Como o coeficiente de determinação da regressão foi relativamente bom e a regressão foi estatisticamente significativa aos dados experimentais ao nível de 55 de significância, obteve-se o modelo:

$$F_{60} = 74,90 + 5,29 * T - 5,29 * U + 30,17 * T * U \quad (5)$$

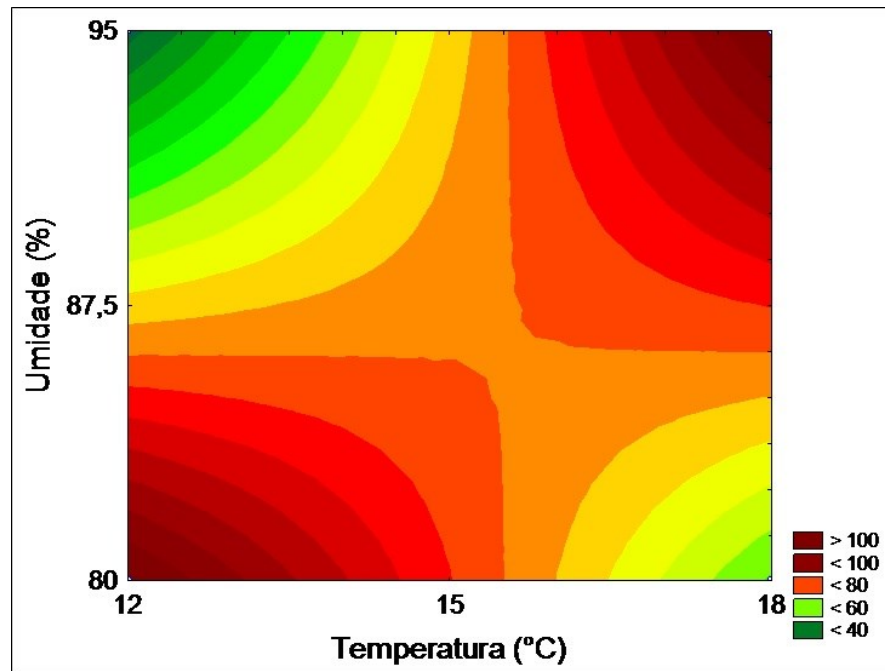
Onde:

T = Temperatura na câmara de maturação

U = Umidade do ar na câmara de maturação

$F_{60}$  = Firmeza dos queijos aos 60 dias

Figura 14 - Curvas de contorno para firmeza dos queijos com 60 dias de maturação em função da umidade e temperatura de maturação.



Fonte: Do autor (2019).

As curvas de contorno (FIGURA 14) apontam a existência de um aumento da firmeza em duas regiões representadas pela temperatura de 12°C combinada com a umidade de 80% e em direção da região representada pela umidade de 95% e temperatura de 18°C. Assim, se objetivo é obter queijos com menor firmeza em umidade de 80%, deve-se usar temperaturas próximas de 18°C ou em condições de umidade próximas de 95% de umidade deve-se usar temperaturas de 12.

Teodoro (2012) estudando queijo Minas Artesanais da Canastra encontrou efeito significativo de tempo de maturação ( $P < 0,01$ ) para a firmeza dos queijos.

Sobral (2012) comparando o efeito do uso de nisina em queijos artesanais da região de Araxá encontrou efeito significativo de tempo de maturação ( $P < 0,01$ ) para a firmeza média dos queijos que variou de 25,5N aos 3 dias de maturação aos 55,1N aos 60 dias de maturação.

Estudo comparando o efeito do uso ou não do “pingo” na fabricação de queijos Minas Artesanais na região do campo das Vertentes, não encontrou diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre os tratamentos com e sem fermento para o atributo firmeza indicando que o fermento endógeno não influencia nessa característica. Entretanto foi constatado aumento significativo da firmeza ao longo dos 35 dias de maturação (CABRINI, 2017).

Em estudo realizado para avaliar os efeitos da maturação nas características de qualidade do Queijo Minas Artesanal do Serro, Figueiredo (2018) verificou que a firmeza dos

queijos aumentou de forma linear durante os períodos de maturação observados ( $P < 0,05$ ), relacionou esse fato à crescente perda de umidade dos queijos.

#### 4.5.2 Coesividade

A coesividade em queijos é definida como a força de interação entre os constituintes da matriz proteica. No gráfico do perfil de textura, a coesividade corresponde à relação entre a área da segunda mordida sobre a área da primeira mordida (FOX et al., 2004).

Em relação às condições de umidade e temperatura de maturação, a coesividade dos queijos apresentou diferenças ( $p < 0,05$ ) apenas aos 42 e 60 dias (TABELA 38).

Ao longo da maturação, os queijos maturados em umidade de 80% apresentaram uma tendência de redução da coesividade. Entretanto, os queijos maturados em umidade de 95% apresentaram maiores taxas de coesividade quando comparados aos demais tratamentos aos 60 dias de maturação.

Tabela 38 - Valores médios de coesividade ao longo do tempo nas diferentes condições de maturação\*.

Tratamento	Tempo de maturação				
	07 dias	14 dias	21 dias	42 dias	60 dias
Ambiente	0,202 aA	0,215 aA	0,199 aA	0,062 aB	0,070 aB
18°C; 80%UR	0,245 aA	0,231 aA	0,240 aA	0,252 bA	0,121 abA
18°C; 95%UR	0,270 aA	0,253 aA	0,240 aA	0,168 abA	0,269 cA
12°C; 80%UR	0,268 aA	0,243 aAB	0,233 aABC	0,132 abBC	0,111 abC
12°C; 95%UR	0,230 aA	0,264 aA	0,281 aA	0,128 abA	0,230 bcA
CV (%)	25,93	30,60	30,83	41,73	28,30

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A redução da umidade dos queijos especialmente nos queijos maturados em condição ambiente e com umidade de 80% ao longo da maturação contribui para a concentração de sólidos, degradação de proteínas e aumento do pH provocando, assim, uma maior fragilidade da matriz proteica e consequentemente a redução da coesividade.

O pH dos queijos influencia a coesividade dos queijos, uma vez que em pH mais elevados, os queijos têm maior quantidade de cálcio ligado à micela de caseína o que proporciona maior força de interação a matriz proteica e, portanto maior coesividade quando comparado a queijos com pH mais baixo (FOX et al., 2004).

Brumano (2016), investigando o efeito do “pingo” e da “rala” na produção de queijos Minas Artesanal do Serro, observou diferença significativa entre os queijos produzidos para coesividade, uma vez que aqueles fabricados com a “rala”, apresentaram valores mais elevados, o que também pode ser justificado pela sua menor proteólise.

#### 4.5.3 Elasticidade, gomosidade e mastigabilidade

A elasticidade é tendência do queijo a recuperar sua forma original e dimensões após a remoção de uma tensão aplicada. A gomosidade é a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido, ou seja, tornar um pedaço de queijo, para um estado pronto para engolir. A mastigabilidade é o esforço necessário para que o alimento sólido esteja pronto para ser deglutido e resulta do produto entre gomosidade e elasticidade (FOX et al., 2000).

As condições de maturação avaliadas não tiveram efeito significativo ( $P \geq 0,05$ ) nos atributos elasticidade, gomosidade e mastigabilidade. Entretanto, a mastigabilidade sofreu influencia significativa ( $p < 0,05$ ) do tempo de maturação na condição ambiente e na maturação à 18°C e 95% de umidade (TABELA 39).

Tabela 39 - Médias dos parâmetros elasticidade, gomosidade e mastigabilidade do queijo Minas artesanal maturado em diferentes condições de umidade e temperatura ao longo de 60 dias de maturação.

(continua)

Tratamento	Maturação (dias)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (N)
Ambiente	7	8,378 a	10,340 a	911,44 a
	14	8,335 a	10,112 a	866,98 ab
	21	6,165 a	10,074 a	639,23 ab
	42	4,004 a	9,077 a	396,01 b
	60	4,480 a	8,093 a	388,03 b
18°C 80%UR	7	8,211 a	10,968 a	1062,10 a
	14	8,309 a	8,845 a	768,81 a
	21	8,405 a	6,722 a	593,40 a
	42	5,482 a	13,800 a	847,98 a
	60	6,042 a	6,710 a	536,34 a
18°C 95%UR	7	7,697 a	10,917 a	870,20 b
	14	7,574 a	9,340 a	720,65 b
	21	6,457 a	7,133 a	453,54 a
	42	6,070 a	5,476 a	300,46 a
	60	6,057 a	9,538 a	341,65 a

Tabela 39 - Médias dos parâmetros elasticidade, gomosidade e mastigabilidade do queijo Minas artesanal maturado em diferentes condições de umidade e temperatura ao longo de 60 dias de maturação.

(conclusão)

Tratamento	Maturação (dias)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (N)
12°C 80%UR	7	8,459 a	12,054 a	998,08 a
	14	7,876 a	11,124 a	954,66 a
	21	8,298 a	8,760 a	730,93 a
	42	5,053 a	9,734 a	502,75 a
	60	5,268 a	12,082 a	649,54 a
12°C 95%UR	7	8,315 a	9,854 a	848,85 a
	14	7,251 a	7,418 a	559,02 a
	21	8,551 a	7,688 a	652,85 a
	42	7,110 a	4,576 a	368,18 a
	60	5,668 a	7,922 a	474,24 a

Fonte: Do autor (2019).

\*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

Em ambas situações, a mastigabilidade diminuiu com o decorrer da maturação, entretanto os mecanismos que explicam essa redução são diferentes para cada condição. Os queijos maturados em condições ambientais apresentaram redução significativa da umidade no decorrer da maturação, enquanto os queijos maturados a 18°C e 95% de umidade, apesar de terem sido os que apresentaram menor redução do teor de umidade, foram os que apresentaram os maiores índices de extensão e profundidade de proteólise.

Os atributos elasticidade e gomosidade não apresentaram diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) em relação ao tempo de maturação.

#### 4.6 Efeito das condições de maturação sobre a microbiota dos queijos

As condições de maturação não exerceram diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) nas contagens de coliformes, *E. coli*, *S. aureus*, bactérias lácticas e bolores e leveduras. Porém, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) do tempo de maturação em todos os tratamentos, todos os microrganismos analisados apresentaram redução das contagens, com o decorrer da maturação (TABELA 40).



Tabela 40 - Médias das contagens microbiológicas do queijo Minas artesanal maturado em diferentes condições de umidade e temperatura ao longo de 60 dias de maturação.

Tratamento	Maturação (dias)	Coliformes totais Log UFC.g <sup>-1</sup>	<i>E. coli</i> Log UFC.g <sup>-1</sup>	<i>S.aureus</i> Log UFC.g <sup>-1</sup>	Bactérias lácticas Log UFC.g <sup>-1</sup>	Bolores e Leveduras Log UFC.g <sup>-1</sup>
Ambiente	7	2,15 a	1,65 a	4.33 a	-	-
	14	2,54 a	1,57 a	5.16 a	8,80 a	6,97
	21	2,51 a	1,33 a	5.53 a	8,20 a	-
	42	0,83 b	0,00 b	5.12 a	-	-
	60	0,35 b	0,00 b	2.68 b	7,15 b	3,39
18°C 80%UR	7	2,64 a	2,49 a	6.58 a	-	-
	14	2,78 a	0,77 ab	4.38 a	8,74 a	7,06
	21	2,64 a	0,33 ab	5.36 a	8,62 a	-
	42	2,01 a	0,00 b	5.15 a	-	-
	60	0,93 a	0,00 b	2.90 b	7,55 b	4,50
18°C 95%UR	7	4,65 a	2,28 a	6.59 a	-	-
	14	4,80 a	0,67 ab	5.54 a	8,83 a	7,79
	21	2,87 ab	0,33 ab	5.51 a	8,64 a	-
	42	2,73 b	0,00 b	5.49 a	-	-
	60	0,59 c	0,00 b	2.92 b	7,57 b	5,67
12°C 80%UR	7	4,60 a	1,08 a	6.54 a	-	-
	14	2,67 b	1,94 a	4.87 a	8,95 a	7,03
	21	2,93 b	0,33 ab	5.71 a	8,58 a	-
	42	0,93 c	0,00 a	5.27 a	-	-
	60	0,33 c	0,00 a	2.87 a	7,75 b	5,12
12°C 95%UR	7	3,08 a	1,01 a	5.56 a	-	-
	14	3,83 a	1,65 a	6.22 a	8,84 a	7,31
	21	3,36 a	0,00 b	5.72 a	8,68 a	-
	42	0,37 b	0,00 b	5.26 a	-	-
	60	0,53 b	0,00 b	2.86 b	7,46 b	4,60

Fonte: Do autor (2019).

\* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

Dentro dos microrganismos investigados, as bactérias lácticas foram a microbiota dominante do queijo nos tempos 14, 21 e 60 dias. Os fungos filamentosos e leveduras, *Staphylococcus aureus*, coliformes a 30°C e *Escherichia coli* foram os microrganismos subdominantes.

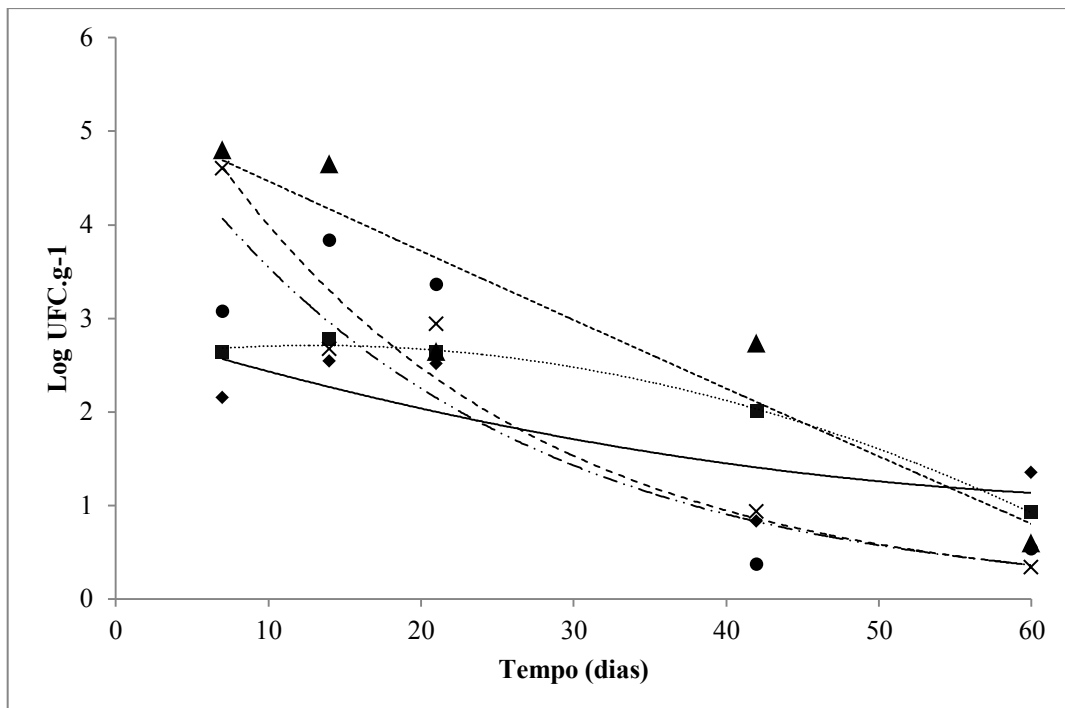
Esses resultados assemelham-se ao estudo realizado analisando a microbiota dominante no leite, soro-fermento e queijo Minas artesanal fresco de Campo das Vertentes onde as bactérias ácido-lácticas foram a microbiota dominante e *Staphylococcus coagulase* positivo e coliformes, a 30°C e a 45°C, foram os micro-organismos subdominantes (CASTRO et al., 2016).

#### 4.6.1 Coliformes e *Escherichia coli*

A presença de coliformes em altas contagens é indicativa de baixa qualidade higiênico sanitária dos queijos. As contagens de coliformes nos primeiros dias de maturação são dependentes da adoção de Boas Práticas de Ordenha na obtenção do leite e das Boas Prática de Fabricação no processamento dos queijos (SOBRAL, 2012).

A Figura 15 demonstra que há uma tendência ao decréscimo de coliformes totais em função do tempo de maturação para todos os tratamentos avaliados. Aos 60 dias de maturação, todos os tratamentos apresentaram contagens médias inferiores a 1 Log UFC.g<sup>-1</sup>.

Figura 15 - Evolução contagem de coliformes longo da maturação de queijos Minas artesanal das Vertentes, maturados em diferentes condições de umidade e temperatura: (◆) ambiente; (■) 18°C e 80% Umidade; (▲) 18°C e 95% Umidade; (x) 12°C e 80% Umidade e (●) 12°C e 95% Umidade.



Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 41 apresenta as equações das curvas ajustadas da evolução das contagens de coliformes.

Tabela 41 - Equações das curvas ajustadas da evolução das contagens logarítmicas de coliformes durante a maturação do Queijo Minas Artesanal das Vertentes nas diferentes condições de maturação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Ambiente	$y = 0,0003x^2 - 0,0498x + 2,8968$	R <sup>2</sup> = 0,6149
18°C; 80%UR	$y = -0,0008x^2 + 0,0213x + 2,5718$	R <sup>2</sup> = 0,9971
18°C; 95%UR	$y = 3E-05x^2 - 0,0754x + 5,2173$	R <sup>2</sup> = 0,8579
12°C; 80%UR	$y = 6,4613e^{-0,048x}$	R <sup>2</sup> = 0,9763
12°C; 95%UR	$y = 5,5905e^{-0,046x}$	R <sup>2</sup> = 0,7747

Fonte: Do autor (2019).

Os tratamentos com condições de maturação em temperatura de 18°C apresentaram contagens de coliformes abaixo de 2 Log UFC.g<sup>-1</sup> somente com 60 dias de maturação, enquanto nos demais tratamentos com 12 °C e a condição ambiente, as contagens apresentaram-se inferiores a esse valor, a partir dos 42 dias de maturação. Esses resultados podem indicar um favorecimento do crescimento de coliformes em maturação à temperatura de 18°C até os 42 dias de maturação.

Todos os queijos apresentaram contagens médias de coliformes abaixo do limite máximo do permitido em queijos artesanais que é de 4 Log UFC.g<sup>-1</sup> (MINAS GERAIS, 2008) com exceção dos queijos maturados em 12°C e 80% de umidade que só apresentaram contagens inferiores a esse limite, a partir dos 14 dias de cura e os queijos maturados a 18°C e 95% de umidade que só apresentaram contagens inferiores a esse limite a partir dos 21 dias de cura.

Em estudo realizado com queijos maturados em condição ambiente por produtores na região do Campo das Vertentes (RESENDE, 2014) 91,6% das amostras estavam fora dos limites legais. Contudo a redução desse percentual para 50% aos 30 dias de maturação foi atribuída provavelmente à redução de atividade de água e ao aumento do teor de sal. Porém no presente estudo houve redução das contagens de coliformes com o decorrer da maturação sem alteração significativa da atividade de água nas condições de maturação com 95% de umidade.

A legislação nacional não determina a análise de enterobactérias e de *E. coli* como rotina para a indústria, entretanto são importantes parâmetros de qualidade para alimentos. Para queijos artesanais *E. coli* também não possui uma contagem de referência, visto que a legislação exige análise de coliformes 45°C, estabelece um máximo de 5 x 10<sup>2</sup> UFC.mL<sup>-1</sup> (ALMG, 2002; MINAS GERAIS, 2008). Diante do exposto, é possível concluir que, neste trabalho, os queijos Minas artesanais do experimento atenderam à legislação em todos os

tempos e tratamentos para contagens de coliformes, e de coliformes 45°C, se considerarmos as contagens de *E. coli*.

#### 4.6.2 *Staphylococcus aureus*

Não houve diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) nas contagens de *Staphylococcus aureus* na comparação entre os queijos maturados nas condições avaliadas. Esses resultados indicam que diferentes condições de maturação não afetam a população de *S. aureus*, a apontam para a importância da redução da contaminação inicial e durante os cuidados com a maturação.

A contaminação bacteriana do leite tem sido reduzida significativamente em alguns países europeus por meio da identificação de fontes potenciais de *S. aureus*, controle da mastite e aplicação de práticas de higiene (ALOMAR et al., 2008).

As legislações Estadual (MINAS GERAIS, 2008) e Federal (BRASIL, 1996, 2001) determinam contagens máximas de  $10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> de *Staphylococcus* coagulase positiva em queijos, referentes à classificação de média umidade, que corresponde a 3 log UFC.g<sup>-1</sup>.

Em todos os tratamentos analisados, as contagens de *Staphylococcus aureus* somente se enquadraram na legislação vigente para queijos artesanais, a partir dos 60 dias de maturação. Entretanto, em todos os períodos anteriores, apresentaram contagens superiores aos limites reconhecidos para a produção de toxinas.

Níveis de enterotoxinas estafilocócicas necessários para ocasionar a intoxicação podem ocorrer quando a população de *S. aureus* se encontra em número maior que  $10^5$  UFC.g<sup>-1</sup> ou UFC.mL<sup>-1</sup> do alimento (SILVA et al., 2010).

Analisando queijos artesanais em propriedades não cadastradas, Resende (2010) encontrou contagem média superior, de  $2,1 \times 10^8$  UFC/g, de *Staphylococcus* spp.

Em estudo com queijos artesanais da Serra da Canastra, as contagens médias de *Staphylococcus* spp., maturado à temperatura ambiente, de  $1,9 \times 10^4$  UFC/g, no período de chuvas, e de  $3,2 \times 10^3$  UFC/g, durante a seca, não foram diferentes ( $p > 0,05$ ) (DORES; NOBREGA; FERREIRA, 2013).

Resende (2014), analisando queijos de produtores cadastrados na região do Campo das Vertentes, encontrou 70,8% das amostras fora dos limites legais aceitáveis. Porém esse percentual se reduziu para 16,6%, aos 30 dias de maturação.

As elevadas contagens de *Staphylococcus aureus* encontradas antes dos 60 dias de maturação chamam a atenção e demandam que, em estudos futuros, seja realizada a detecção

de enterotoxinas nos queijos para a garantia da qualidade e inocuidade do queijo Minas artesanal em diferentes condições de maturação.

Entretanto, vários fatores como pH, população inicial de *S. aureus* e temperatura de armazenamento desempenham um papel importante na produção de enterotoxinas durante a fabricação de queijo e outros produtos lácteos (DE BUYSER et al., 2001).

Alterações físico-químicas dos queijos durante a maturação e a microbiota competidora podem interferir no comportamento da população de *S. aureus* (TORNADIJO et al., 2001).

#### 4.6.3 Bactérias lácticas

Não houve diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) na população de bactérias lácticas entre os queijos maturados nas condições avaliadas. Esse resultado indica que as bactérias lácticas não sofreram efeito em suas contagens. Entretanto como se trata de um grupo muito diversificado de microrganismos, é importante que outros estudos identifiquem com se comportam as diferentes espécies de bactérias lácticas nos queijos sob maturação controlada. A temperatura e a umidade podem favorecer ou inibir espécies da microbiota local responsáveis pelas características queijo artesanal podendo ocorrer alterações sensoriais e de textura.

As bactérias lácticas têm como principal característica a habilidade de fermentar a lactose com produção, especialmente, de ácido láctico, o que confere a esse grupo a função tecnológica, ou seja, o desenvolvimento de *flavor*, aroma e textura (BRUMANO, 2016).

Em estudo realizado com queijos frescos produtores cadastrados na região do Campo das Vertentes, as bactérias lácticas foram encontradas em contagens médias de  $8,7 \text{ Log UFC.g}^{-1}$  no período da seca, e de  $8,5 \text{ Log UFC.g}^{-1}$  nas amostras do período chuvoso (CASTRO, 2014).

Uma pesquisa realizada na região do Serro com queijos Minas Artesanais, comparando o uso do “pingo” e da “rala” como fonte de bactérias lácticas, ao longo de 30 dias de maturação as contagens médias de bactérias lácticas foram de  $8,56 \text{ Log UFC.g}^{-1}$  para queijos produzidos com pingo e  $8,52 \text{ Log UFC.g}^{-1}$  para queijos produzidos com “rala” (OLIVEIRA et al., 2019).

Figueiredo et al. (2015), em experimento com queijos artesanais observaram variações nas contagens de bactérias lácticas durante a maturação: três amostras de queijos não apresentaram modificações, duas amostras aumentaram e as demais diminuíram as contagens, e estas últimas corroboram o resultado obtido neste trabalho.

As bactérias lácticas isoladas podem ser utilizadas como potenciais cultivos iniciadores antimicrobianos, supostamente bacteriogênicos, em queijos (HERMANNNS et al., 2014).

Todavia são necessárias mais pesquisas para melhor entendimento do papel das bactérias ácido lácticas e seu efeito antagonista sobre microrganismos patogênicos durante o processo de fabricação e maturação de queijos (GONZÁLEZ-CÓRDOVA et al., 2016).

#### 4.6.4 Bolores e leveduras

As contagens de bolores e leveduras não apresentaram diferenças significativas ( $P \geq 0,05$ ) entre os tratamentos, apesar de, quando analisados a olho nu, os queijos maturados em condição de umidade de 95% apresentaram crescimento fúngico nítido em suas cascas, a partir dos 14 dias. Esse crescimento ficou ainda mais evidenciado pela formação de rugosidade na superfície da casca dos queijos que geralmente é associado ao desenvolvimento de *Geotrichum candidum*, e foi mais intenso na maturação a 18°C e 95% de umidade, onde se evidenciou o maior índice de profundidade de maturação.

Fungos dos gêneros *Penicillium* ou *Geotrichum* exercem ação proteolítica intensa liberando peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos no decorrer da maturação (FOX et al., 1993).

Em pesquisa realizada na região do Campo das Vertentes com queijos Minas Artesanais frescos de produtores cadastrados, foram encontradas contagens de 7,04 Log UFC.g<sup>-1</sup> de bolores e leveduras no período da seca e contagens médias de 6,5 Log UFC.g<sup>-1</sup> nas amostras do período chuvoso (CASTRO, 2014).

Na região da Canastra, foram observadas contagens de 8 Log UFC.g<sup>-1</sup> nos queijos avaliados com 07 dias de maturação e observou-se uma redução das contagens com o decorrer do período de maturação (BORELLI et al., 2006).

Fungos filamentosos, leveduras e bactérias, têm um impacto na aparência, no sabor e na textura, durante o desenvolvimento final dos queijos (LAW; TAMIME, 2010).

Alterações não desejáveis em queijos como no sabor, cor, aparência, como também produção de micotoxinas pode ser ocasionado mediante presença de bolores e leveduras contaminantes. Essas alterações comprometem a qualidade higiênico-sanitária e, conseqüentemente, o interesse do consumidor pelo produto, além de sugerir falhas higiênicas dos manipuladores e dos processos de produção (RESENDE, 2010).

A presença de fungos e sua potencial produção de micotoxinas em função de alteração das nas condições de fabricação dos queijos devem ser estudadas para que haja controle da contaminação, sem prejuízos às características do produto final (SOBRAL et al., 2017).

Fungos filamentosos e leveduras, mesmo que em quantidades mínimas, são, frequentemente, encontrados em leite. Uma vez presentes no leite podem contaminar o queijo, ocasionando tanto a deterioração do produto quanto a possível produção de micotoxinas, substâncias lesivas ao homem. Falhas nas condições higiênico-sanitárias da obtenção do leite e nos procedimentos de conservação contribuem para a elevação de suas contagens no alimento (MELVILLE et al., 2006).

Contaminações por leveduras ocorrem devido às diversas etapas de fabricação do queijo artesanal que vão desde a matéria-prima do pasto, gado, homem, leite, equipamentos, dentre outros até o produto final (BORELLI et al., 2006). Os bolores e leveduras são microrganismos tolerantes à acidez e, na presença de ácido, encontram ambiente propício para sobreviverem e se multiplicarem (SILVA et al., 2007).

Apesar de não existirem limites estipulados na legislação brasileira em relação à contagem de bolores e leveduras em queijos artesanais, a quantificação e identificação desses microrganismos é importante, pois eles podem ser responsáveis por alterações indesejáveis no sabor, no aroma, na cor, provocando a descaracterização dos queijos (CASTRO, 2014).

## 5 CONCLUSÃO

A umidade ambiente apresentou efeito significativo sobre a atividade de água dos queijos maturados com 60 dias. As diferenças de atividade de água em relação às condições de maturação surgiram a partir dos 21 dias. As condições de maturação com 95% de umidade não apresentaram diferenças significativas entre os tempos de maturação. A maturação em temperatura ambiente foi que apresentou a maior redução de atividade de água. As trocas de umidade entre o queijo e o ambiente de maturação, a concentração dos teores de sal e as reações bioquímicas dos queijos ao longo da maturação podem explicar esse comportamento.

O comportamento do pH dos queijos diferenciou-se entre os tratamentos a partir dos 14 dias de maturação. Os queijos maturados em umidade de 95% foram os que apresentaram aumento significativo do pH com o decorrer da maturação e as maiores médias aos 60 dias de maturação. O crescimento de fungos filamentosos na superfície dos queijos nessas condições de maturação pode ser responsável por esse comportamento.

Até os 14 dias de maturação, todos os queijos foram classificados como queijos de “média umidade” (36 a 45,9% m/m). A partir dos 42 dias de maturação, os queijos passaram a ser classificados como queijos de baixa umidade (até 35,6%). A umidade dos queijos aos 60 dias de maturação sofreu efeito significativo da umidade do ambiente. Os queijos maturados em condição de umidade de 95% foram os que apresentaram as maiores médias de umidade aos 60 dias.

O teor de sal na umidade dos queijos aos 60 dias sofreu influência da umidade e temperatura de maturação, quanto maior a umidade e a temperatura de maturação, menores os teores de umidade. Em todos os tratamentos houve uma tendência de aumento do teor de umidade com o decorrer da maturação, o que é explicado pela concentração de sólidos em função da redução da umidade em todos os tratamentos.

O resíduo mineral fixo, o teor de gordura no extrato seco e a percentagem de proteína total não sofreram efeito das condições de maturação analisadas.

O índice de extensão de proteólise sofreu efeito da umidade e da temperatura aos 60 dias de maturação. Os tratamentos com 95% de umidade tiveram os maiores índices de extensão de proteólise em contraposição aos queijos maturados em condição ambiental que apresentaram os menores índices. Entretanto, a profundidade de proteólise não apresentou diferença entre as condições de maturação e, apenas a condição de maturação a 18°C de temperatura e 95% de umidade apresentou diferença significativa entre os tempos de maturação, com a maior média entre os tratamentos aos 60 dias de maturação.



A luminosidade da casca e do interior dos queijos só sofreu alterações significativas na comparação entre os tratamentos, a partir dos 42 dias de maturação. Todos os tratamentos apresentaram tendência de redução da luminosidade da casca em todos os tratamentos. Entretanto, os tratamentos com maior umidade apresentaram menor redução tanto na casca quanto no interior.

A coordenada cromática  $a^*$  da casca e do interior dos queijos exibiu tendência de aumento no decorrer da maturação. Essa tendência foi maior na casca do que no interior dos queijos. Ao final do período de estudo, a casca apresentou diferenças entre os tratamentos, enquanto que no interior não houve diferença entre os tratamentos.

A coordenada cromática  $b^*$  da casca não mostrou diferenças entre os tratamentos nem em relação ao tempo de maturação. Diferentemente, o interior dos queijos mostrou diferenças dos queijos em relação os tempos de maturação. E apesar da tendência de aumento desse parâmetro em todos os tratamentos, as condições de maturação com maior umidade dessa tendência foi comparativamente menor.

Dentre os parâmetros de perfil de textura a firmeza, apresentou efeito da interação entre a umidade e a temperatura de maturação nos queijos com 60 dias. O tempo de maturação teve efeito significativo em todos os tratamentos, contudo os tratamentos com umidade de 95% apresentaram redução deste parâmetro enquanto os queijos maturados a 80% e em condição ambiente apresentaram tendência de aumento da firmeza. A coesividade apresentou diferenças significativas em relação às condições de maturação avaliadas nos tempos 42 e 60 dias de maturação. Os queijos maturados a 80% de umidade apresentaram tendência de redução da coesividade, enquanto os queijos maturados em condições de umidade 95% mantiveram os valores para esse parâmetro ao longo da maturação.

A umidade e a temperatura de maturação não tiveram efeito sobre a elasticidade e a gomosidade. A elasticidade, apesar de mostrar tendência de redução na comparação entre os tempos de maturação, assim como a gomosidade, não sofreu influência significativa entre os períodos de maturação. A mastigabilidade, por sua vez, sofreu influência dos períodos de maturação somente na maturação em condição ambiente e na maturação a 18°C temperatura e 95% de umidade.

As condições de maturação não influenciaram os grupos de microrganismos analisados. Por outro lado, em todos os tratamentos houve redução das contagens de todos os microrganismos, com o decorrer da maturação. Em relação à contagem de coliformes os queijos de todos os tratamentos se enquadraram aos limites legais. As contagens de *Staphylococcus aureus* somente se enquadraram na legislação vigente, a partir dos 60 dias de

maturação, entretanto nos períodos anteriores apresentaram contagens superiores aos limites reconhecidos para a produção de toxinas. Dentre os microrganismos investigados, as bactérias lácticas foram a microbiota dominante do queijo nos tempos 14, 21 e 60 dias. Os fungos filamentosos e leveduras, *Staphylococcus aureus*, coliformes a 30°C e *Escherichia coli* foram os microrganismos subdominantes.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência das condições de maturação nas características físico-químicas, nos parâmetros de cor e perfil de textura foi mais sensível a partir dos últimos períodos de maturação analisados e produziram queijos com aparência bem distintas.

A atividade de água e o pH não atingiram seus limites restritivos ao crescimento microbiano. A competição microbiana direta, a produção de bacteriocinas ou de peptídeos com atividade antimicrobiana devem ser investigadas para explicar qual o mecanismo que promove a redução da contagem de microrganismos indicadores de contaminação e patógenos.

As condições de maturação investigadas não tiveram efeito sobre os grupos microbianos avaliados. Entretanto, como o grupo de bactérias lácticas é composto por uma diversidade de gêneros e espécies, com metabolismo característico específico com impacto na formação de sabor, aroma e textura, é importante investigar como as condições de maturação afetam essas populações. Isso também ocorre, em relação ao grupo de fungos filamentosos e leveduras, também composto por diversas espécies que podem ser selecionadas pelas condições de maturação de forma diversa com impactos diferentes sobre os aspectos sensoriais dos queijos. Em estudos futuros, é importante que a contagem de *S. aureus* seja acompanhada do monitoramento da produção de enterotoxinas.

## REFERÊNCIAS

- ABEIJÓN MUKDSI, M. C. et al. The secreted esterase of *Propionibacterium freudenreichii* has a major role in cheese lipolysis. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 80, n. 2, p. 751-756, 2014.
- ACCO, M. et al. Identification of multiple strains of *Staphylococcus aureus* colonizing nasal mucosa of food handlers. **Food Microbiology**, London, v. 20, n. 5, p. 489-493, 2003.
- AHMADOVA, A. et al. Proteolytic activities and safety of use of *Enterococci* strains isolated from traditional Azerbaijani dairy products. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 233, n. 1, p. 131-140, 2011.
- ALMENA-ALISTE, M.; MIETTON, B. Cheese classification, characterization, and categorization: a global perspective. **Microbiology Spectrum**, Washington, v. 2, n. 1, p. CM-0003-2012, 2014.
- ALOMAR, J. et al. Effect of *Lactococcus garvieae*, *Lactococcus lactis* and *Enterococcus faecalis* on the behaviour of *Staphylococcus aureus* in microfiltered milk. **Food Microbiology**, London, v. 25, p. 502-508, 2008.
- ARENAS, R. et al. Microbiological and physico-chemical changes in Genestoso cheese, a Spanish acid curd variety, throughout ripening. **Food Control**, Guildford, v. 15, n. 4, p. 271-279, June 2004.
- 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. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=140273>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Lei nº 20.549, de 18 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Minas Gerais: Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 19 dez. 2012. p. 1, col. 2.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 14<sup>th</sup> ed. Arlington: S. Willians, 1984. 1141 p.
- AYGUN, O.; ASLANTAS, O.; ONER, S. A survey on the microbiological quality of Carra, a traditional Turkish cheese. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 66, n. 3, p. 401-404, 2005.
- AZARNIA, S. et al. Proteolysis development in enzyme-modified Cheddar cheese using natural and recombinant enzymes of *Lactobacillus rhamnosus* S93. **Food Chemistry**, London, v. 120, n. 1, p. 174-178, 2010.
- BACHMANN, H. P. et al. Cheese: raw milk cheeses. In: **ENCYCLOPEDIA of dairy sciences**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Elsevier, 2011. p. 652-660.

BANK, J. M. Cheese. In: EARLY, R. (Ed.). **The technology of dairy products**. 2<sup>nd</sup> ed. London: R. Early, 1998. chap. 3, p. 81-122.

BARUQUI, A. M. et al. **Levantamento de reconhecimento de solos da zona Campos das Vertentes - MG**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 96).

BENKERROUM, N. Mycotoxins in dairy products: a review. **International Dairy Journal**, Barking, v. 62, p. 63-75, 2016.

BERESFORD, T. P. et al. Recent advances in cheese microbiology. **International Dairy Journal**, Barking, v. 11, n. 4/7, p. 259-274, July 2001.

BINTSIS, T. Quality of the Brine. In: TAMINE, A. Y. (Ed.). **Brined cheeses**. Liphook: Blackwell, 2006. p. 264-301.

BISCOLA, V. et al. Brazilian artisanal ripened cheeses as sources of proteolytic lactic acid bacteria capable of reducing cow milk allergy. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 125, n. 2, p. 564-574, 2018.

BORELLI, B. M. et al. Yeast populations associated with the artisanal cheese produced in the region of Serra da Canastra, Brazil. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 22, n. 11, p. 1115-1119, Nov. 2006.

BORGES, M. F. et al. *Staphylococcus* enterotoxigênicos em leite e produtos lácteos, suas enterotoxinas e genes associados: revisão. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 26, n. 1, p. 71-86, jan./jun. 2008.

BRASIL. **Decreto nº 9.013**, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília, DF, 2017. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9013.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9013.htm)>. Acesso em: 10 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. Instrução Normativa n. 68, de 12 de dezembro de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 dez. 2006. Seção 1, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 mar. 1996. Seção 1, p. 3977.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1.

BRUMANO, E. C. das C. **Impacto do tipo de fermento endógeno na qualidade e tempo de maturação do queijo Minas artesanal produzidos em propriedades cadastradas pelo IMA (Instituto Mineiro de Agropecuária) na região do Serro - MG.** 2016. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

BRUNO, L. M.; CARVALHO, J. D. G. **Microbiota láctica de queijos artesanais.** Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2009. 30 p.

BÜCHL, N. R.; SEILER, H. Yeasts and molds: yeasts in milk and dairy products. In: **ENCYCLOPEDIA of dairy sciences.** 2<sup>nd</sup> ed. New York: Elsevier, 2011. p. 744-753.

BUFFA, M. M. et al. Changes in textural, microstructural and colour characteristics during ripening of chesses made from raw Milk, pasteurize dor high-pressure-treated goats' Milk. **International Dairy Journal**, Barking, v. 11, p. 927-934, 2001.

CABRINI, C. C. **Influência do fermento natural sobre as características microbiológicas, físico-químicas e perfil de textura do queijo Minas artesanal da região Campo das Vertentes.** 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal)-Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017.

CARMO, L. S. et al. Food poisoning due to enterotoxigenic strains of Staphylococcus present in Minas cheese and raw milk in Brazil. **Food Microbiology**, London, v. 19, n. 1, p. 9-14, 2002.

CASTRO, R. D. de. **Queijo Minas artesanal fresco de produtores cadastrados da mesorregião de Campo das Vertentes - MG: qualidade microbiológica e físico-química em diferentes épocas do ano.** 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

CASTRO, R. D. de et al. Lactic acid microbiota identification in water, raw milk, endogenous starter culture, and fresh Minas artisanal cheese from the Campo das Vertentes region of Brazil during the dry and rainy seasons. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 99, n. 8, p. 6086-6096, 2016.

CERUTI, R. J.; ZORRILLA, S. E.; SIHUFE, G. A. The influence of elevated initial ripening temperature on the proteolysis in Reggianito cheese. **Food Research International**, Barking, v. 48, n. 1, p. 34-40, 2012.

COELHO, M. C. et al. Control of *Listeria monocytogenes* in fresh cheese using protective lactic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 191, p. 53-59, 2014.

COSTA, H. H. S. et al. Potencial probiótico in vitro de bactérias ácido-láticas isoladas de queijo-de-minasartesanal da Serra da Canastra, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 6, p. 1858-1866, 2013.

COSTA JÚNIOR, 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**, Juiz de Fora, v. 69, n. 2, p. 111, 2014.

COSTA JÚNIOR, 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**, Juiz de Fora, v. 64, n. 371, p. 13-20, nov./dez. 2009.

CUNHA NETO, A.; SILVA, C. G. M.; STAMFORD, T. L. M. Staphylococcus enterotoxigênicos em alimentos in natura e processados no estado de Pernambuco, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 263-271, 2002.

DAGOSTIN, J. L. A. Avaliação de atributos microbiológicos e físico-químicos de Queijo Minas Frescal elaborado a partir de leite carbonatado. **International Journal of Scientific and Research Publications**, New Delhi, v. 4, n. 1, p. 136-150, 2011.

DE BUYSER, M. L. et al. Implication of milk and milk products in food-borne diseases in France and in different industrialized countries. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 67, n. 1/2, p. 1-17, July 2001.

DE RENSIS, C. M. V. B.; PETENATE, A. J.; VIOTTO, W. H. Caracterização físico-química, reológica e sensorial de queijos tipo Prato com teor reduzido de gordura. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 488-494, jul./set. 2009.

DORES, M.; FERREIRA, L. F. Queijo Minas artesanal, tradição centenária: ameaças e desafios. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, MG, v. 2, n. 2, p. 26-34, dez. 2012.

DORES, M. T. das. **Queijo Minas Artesanal da canastra maturado a temperatura ambiente e sob refrigeração**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

DORES, M. T. das; NOBREGA, J. E. da; FERREIRA, C. L. de L. F. Room temperature aging to guarantee microbiological safety of Brazilian artisan Canastra cheese. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 33, n. 1, p. 180-185, 2013.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Microbiological examination of foods**. 4<sup>th</sup> ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 659 p.

DUSTERHOFT, E. M.; ENGELS, W.; HUPPERTZ, T. **Cheese ripening: technological aspects**. New York: Elsevier, 2017.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DE MINAS GERAIS. **Caracterização da microrregião de Campos das Vertentes como produtora tradicional de queijo minas artesanal**. Belo Horizonte, 2009.

FIGUEIREDO, L. V. de. **Maturação e características de qualidade do queijos Minas Artesanal do Serro**. 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e do Mucuri, Diamantina, 2018.

FIGUEIREDO, S. P. et al. Características do leite cru e do queijo minas artesanal do Serro em diferentes meses. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 68-81, 2015.

FOX, P. F. et al. Biochemistry of cheese ripening. In: FOX, P. F. (Ed.). **Cheese, chemistry, physics and microbiology**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Chapman and Hall, 1993. v. 1, p. 389-438.

FOX, P. F. et al. **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. London: Chapman & Hall, 2004. v. 1, 617 p.

FOX, P. F. et al. Factors that affect cheese quality. In: \_\_\_\_\_. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen, 2000. chap. 14, p. 345-347.

FOX, P. F. et al. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen, 2000.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Dairy chemistry and biochemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1998. 478 p.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2007.

FURTADO, M. M. **A arte e a ciência do queijo**. 2. ed. São Paulo: Globo, 1991. 297 p.

GALÁN, E.; CABEZAS, L.; FERNÁNDEZ-SALGUERO, J. Proteolysis, microbiology and sensory properties of ewes' milk cheese produced with plant coagulant from cardoon *Cynara cardunculus*, calf rennet or a mixture thereof. **International Dairy Journal**, Barking, v. 25, n. 2, p. 92-96, 2012.

GARDINI, F. et al. Characterization of yeasts involved in the ripening of Pecorino Crotonese cheese. **Food Microbiology**, London, v. 23, n. 7, p. 641-648, 2006.

GONZÁLEZ-CÓRDOVA, A. F. et al. Invited review: artisanal Mexican cheeses. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 99, n. 5, p. 3250-3262, 2016.

GUINEE, T. P. Salting and the role of salt in cheese. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 57, n. 2/3, p. 99-109, 2004.

GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: FOX, P. F. et al. (Ed.). **Cheese: chemistry, physics, and microbiology: general aspects**. 3<sup>rd</sup> ed. London: Elsevier, 2004. v. 1, p. 257-302.

GUINEE, T. P.; SUTHERLAND, B. J. Salting of cheese. In: FUQUAY, J. W.; FOX, P.; MCSWEENEY, P. (Ed.). **Encyclopedia of dairy sciences**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Elsevier, 2011. p. 595-606.

HERMANN, G. et al. Evaluation of probiotic characteristics of lactic acid bacteria isolated from artisan cheese. **Journal of Food Safety**, Trumbull, v. 34, n. 4, p. 380-387, 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA. **Lista produtores cadastrados no programa do queijo Minas artesanal**. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <[http://www.ima.mg.gov.br/material-curso-cfo-cfoc/doc\\_details/680-produtores-queijo-minas-artesanal](http://www.ima.mg.gov.br/material-curso-cfo-cfoc/doc_details/680-produtores-queijo-minas-artesanal)>. Acesso em: 10 mar. 2019.



INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA. **Portaria nº 1.305**, de 30 de abril de 2013. Estabelece diretrizes para a produção do queijo Minas artesanal. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<https://www.sertaobras.org.br/wp-content/uploads/2012/05/1305.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA. **Queijo Minas artesanal**. Belo Horizonte, [2011]. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/certificacao/queijo-minas-artesanal-link>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

JAY, J. M. Antimicrobial activity of diacetyl. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 44, p. 525-532, 1982.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

KAMIMURA, B. A. et al. Large-scale mapping of microbial diversity in artisanal Brazilian cheeses. **Food Microbiology**, London, v. 80, p. 40-49, 2019.

KONICA MINOLTA SENSING. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation. Chiyoda, 2007.

LAW, B. A. Cheese-ripening and cheese flavour technology. In: LAW, B. A.; TAMIME, A. Y. (Ed.). **Technology of cheese making**. West Sussex: Blackwell, 2010. p. 231-259.

LAW, B. A.; TAMIME, A. Y. **Technology of cheesemaking**. Sussex: Wiley-Blackwell, 2010. 515 p.

LIMA, C. D. L. C. et al. Bactérias do ácido láctico e leveduras associadas com o queijo-de-Minas artesanal produzido na região da Serra do Salitre, Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 1, p. 266-272, 2009.

MACHADO, E. C. et al. Características físico-químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal produzido na região do Serro, Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 516-521, 2004.

MALLET, A. et al. Quantitative and qualitative microbial analysis of raw milk reveals substantial diversity influenced by herd management practices. **International Dairy Journal**, Barking, v. 27, n. 1/2, p. 13-21, 2012.

MARTINS, J. M. **Características físico-químicas e microbiológicas durante a maturação do queijo Minas artesanal da Região do Serro**. 2006. 158 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

MARTINS, J. M. et al. Características físico-químicas dos queijos Minas artesanais produzidos na região de Araxá. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 21., 2004, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 2004a. p. 317-320.

MARTINS, J. M. et al. Características físico-químicas dos queijos Minas artesanais produzidos na região do Serro. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 21., 2004, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 2004b. p. 331-334.

- MARTINS, J. M. et al. Determining the minimum ripening time of artisanal Minas cheese, a traditional Brazilian cheese. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 219-230, 2015.
- MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 27, n. 2/3, p. 127-144, May/Aug. 2004.
- MCSWEENEY, P. L. H. (Ed.). **Cheese problems solved**. Boca Raton: CRC, 2007.
- MELVILLE, P. A. et al. Ocorrência de fungos em leite cru proveniente de tanques de refrigeração e latões de propriedades leiteiras, bem como de leite comercializado diretamente ao consumidor. **Arquivo Instituto de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 3, p. 295-301, 2006.
- MENESES, J. N. C. **Queijo artesanal de Minas**. Belo Horizonte: IPHAN, 2006. v. 1.
- MERGAREJO NETTO, M. **A geografia do queijo minas artesanal**. 2011. 420 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2011.
- MEYRAND, A. et al. Growth and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus* during the manufacture and ripening of Camembert-type cheeses from raw goats' milk. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 85, p. 537-544, 1998.
- MINAS GERAIS. Decreto nº 44.864, de 01 de agosto de 2008. Altera o regulamento da lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. **Minas Gerais: Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 2 ago. 2008. p. 1, col. 2.
- MINAS GERAIS. **Portaria nº 1022**, de 3 de novembro de 2009. Identifica a Microrregião do Campo das Vertentes. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Belo Horizonte, 2009.
- MONTEL, M. C. et al. Traditional cheeses: rich and diverse microbiota with associated benefits. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 177, p. 136-154, 2014.
- MORENO, V. J. **Caracterização física e físico-química do queijo Minas artesanal da Microrregião Campo das Vertentes**. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado profissional em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.
- MOURA, A. P. de. **Campo das Vertentes: sua origem e sua característica**. 2002. Disponível em: <<http://www.asminasgerais.com.br/?item=CONTEUDO&codConteudoRaiz=87>>. Acesso em: 24 jan. 2013.
- NESPOLO, C. R.; BRANDELLI, A. Production of bacteriocin like substances by lactic acid bacteria isolated from regional ovine cheese. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 41, p. 1009-1018, 2010.

- OLIVEIRA, D. F. et al. Caracterização físico-química de queijos Minas artesanal produzidos em diferentes microrregiões de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Economia Doméstica**, Belo Horizonte, v. 24, n. 2, p. 185-196, 2013.
- OLIVEIRA, L. C.; GOMES, M. F.; VELLOSO, C. R. V. Modernização da legislação sanitária federal sobre leite e derivados. In: CASTRO, M. C. D.; PORTUGAL, J. A. B. (Ed.). **Perspectivas e avanços em laticínios**. Juiz de Fora: EPAMIG, 2000. p. 278-285.
- OLIVEIRA, L. G. de. **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. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- 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**, Juiz de Fora, v. 73, n. 4, p. 235-244, 2019.
- OLIVEIRA, V. J. **Da qualidade e organização da produção ao reconhecimento de região produtora de queijo Minas Artesanal: análise da experiência dos produtores da região de São João Del Rei e seu entorno**. 2010. 204 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- PACHLOVÁ, V. et al. The effect of elevated temperature on ripening of Dutch type cheese. **Food Chemistry**, London, v. 132, n. 4, p. 1846-1854, 2012.
- PAIVA, P. H. C. **Tratamento da casca de queijo Canastra com resina e seus efeitos durante a maturação e na qualidade como forma de melhorar o aspecto e de agregar valor ao produto**. 2012. 72 p. Dissertação (Mestrado em Leite e Derivados)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.
- PEREIRA, D. B. C. et al. **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos**. 2. ed., rev. e ampl. Juiz de Fora: Oficina de Impressão Gráfica e Editora, 2001. 234 p.
- PERIN, L. M. et al. Bacterial ecology of artisanal Minas cheeses assessed by culture-dependent and -independent methods. **Food Microbiology**, London, v. 65, p. 160-169, 2017.
- PIARD, J. C.; DESMAZED, M. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria: 1., oxygen metabolites and catabolism end-products. **Lait**, Les Ulis, v. 71, p. 525-541, 1991.
- PINTO, M. S. **Efeito da microbiota endógena e da nisina sobre Listeria sp. e Staphylococcus aureus em queijo Minas artesanal do Serro**. 2008. 71 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- PINTO, M. S. et al. The effects of nisin on Staphylococcus aureus count and the physicochemical properties of traditional Minas Serro cheese. **International Dairy Journal**, Barking, v. 21, p. 90-96, 2011.
- PINTO, M. S.; MARTINS, J. M.; FERREIRA, C. L. L. F. Queijo Minas artesanal da região do Serro: avaliação de Staphylococcus aureus e suas enterotoxinas. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 59, n. 339, p. 336-338, 2004.

PRABHAKAR, K.; MALLIKA, E. N. **Water activity**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Elsevier, 2014. v. 3.

RESENDE, E. C. **Aspectos sensoriais e microbiológicos do queijo Minas Artesanal da microrregião do Campo das Vertentes**. 2014. 114 p. Dissertação (Mestrado profissional em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

RESENDE, M. F. S. **Queijo Minas artesanal da Serra da Canastra: influência da altitude e do nível de cadastramento das queijarias nas características físico-químicas e microbiológicas**. 2010. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)-Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2010.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Experimental desing na process optimization**. Campinas: Ed. Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2012.

SÁ, J. F. O. et al. Leveduras endógenas em queijo Minas artesanal. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS. INSTITUTO DE LATICÍNIOS CÂNDIDO TOSTES, 27., 2008, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 2008. 1 CD-ROM.

SERIO, A. et al. Evaluation of metabolic activities of enterococci isolated from Pecorino Abruzzese cheese. **International Dairy Journal**, Barking, v. 20, n. 7, p. 459-464, 2010.

SIHUFE, G. A. et al. Acceleration of cheese ripening at elevated temperature: an estimation of the optimal ripening time of a traditional Argentinean hard cheese. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 1, p. 101-107, 2010.

SILVA, F. T.; GOMES, C. A. O. Segurança alimentar de leite e derivados: aplicação de BPF e APPCC. In: PORTUGAL, J. A. B. et al. (Org.). **O agronegócio do leite e os alimentos lácteos funcionais**. Juiz de Fora: EPAMIG, 2001. p. 109-150.

SILVA, J. G. et al. Características físico-químicas do queijo Minas artesanal da Canastra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 66, n. 380, p. 16-22, 2011.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010. 617 p.

SOBRAL, D. **Efeito da Nisina na contagem de Staphylococcus aureus e nas características do queijo Minas artesanal da região de Araxá**. 2012. 100 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

SOBRAL, D. et al. Effect of nisin in Lactococcus and Lactobacillus counts in artisanal Minas cheese of Araxá region - Minas Gerais state - Brazil. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 68, n. 391, p. 5-10, 2013.

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

SOUSA, M. J.; ARDÖ, Y.; MCSWEENEY, P. L. H. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. **International Dairy Journal**, Barking, v. 11, p. 327-345, 2001.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TEODORO, V. A. M. **Efeito da Nisina na multiplicação de Sthaphylococcus aureus e nas características físico químicas, reológicas e microbiológicas do queijo Minas artesanal da Serra da Canastra**. 2012. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

TOBÓN, J. F. O.; VELÁSQUEZ, H. J. C. M.; MEJÍA, L. G. Caracterización reológica y textural del queso edam. **Dyna**, Medellin, v. 72, n. 147, p. 33-45, 2005.

TORNADIJO, M. E. et al. Study of Enterobacteriaceae during the manufacture and ripening of San Simón cheese. **Food Microbiology**, London, v. 18, p. 499-509, 2001.

TORRES-LLANEZ, M. J. et al. Characterization of the natural microflora of artisanal Mexican Fresco cheese. **Food Control**, Guildford, v. 17, n. 9, p. 683-690, 2006.

VALE, R. C. do; RODRIGUES, M. P. J.; MARTINS, J. M. Influência do tipo de fermento nas características físico-químicas de queijo Minas artesanal do serro - Minas Gerais, maturado em condições controladas. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 73, n. 2, p. 82-90, 2018.

VALLE, J. L. E. et al. Influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo mozzarella. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 669-673, 2004.

VIANA, F. R. et al. Occurrence of coagulase-positive Staphylococci, microbial indicators and physical-chemical characteristics of traditional semihard cheese produced in Brazil. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 62, n. 3, p. 372-377, 2009.

VILJOEN, B. C. The interaction between yeasts and bacteria in dairy environments. **International Journal of Microbiology**, San Francisco, v. 69, p. 37-44, 2001.

WOLFSCHOON-POMBO, A. F.; LIMA, A. Extensão e profundidade de proteólise em queijo Minas Frescal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 44, n. 261/266, p. 50-54, jan./dez. 1989.

ZHENG, X. et al. Dynamic correlations between microbiota succession and flavor development involved in the ripening of Kazak artisanal cheese. **Food Research International**, Barking, v. 105, p. 733-742, 2018.