



**MARCELA FLAVIA RODRIGUES SOUZA**

**EFEITO DOS TEMPOS DE MATURAÇÃO SOBRE A  
COMPOSIÇÃO LIPÍDICA E DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM  
QUEIJO MINAS ARTESANAL DAS REGIÕES DE ARAXÁ E  
CANASTRA**

**LAVRAS - MG  
2024**

**MARCELA FLAVIA RODRIGUES SOUZA**

**EFEITO DOS TEMPOS DE MATURAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO LIPÍDICA E  
DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM QUEIJO MINAS ARTESANAL DAS REGIÕES  
DE ARAXÁ E CANASTRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria  
Orientador

Prof<sup>ª</sup>. Dra Sandra Maria Pinto  
Coorientadora

**LAVRAS - MG  
2024**

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

Souza, Marcela Flavia Rodrigues.

Efeito dos tempos de maturação sobre a composição lipídica e de compostos voláteis em Queijo Minas Artesanal das regiões Araxá e Canastra / Marcela Flavia Rodrigues Souza. - 2024.

99 p.: il.

Orientador(a): Peter Bitencourt Faria.

Coorientador(a): Sandra Maria Pinto.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Tempo de maturação em queijo Minas Artesanal (QMA). 2. Perfil lipídico do QMA de Araxá e Canastra. 3. Compostos voláteis do QMA de Araxá e Canastra. I. Faria, Peter Bitencourt. II. Pinto, Sandra Maria. III. Título.

**MARCELA FLAVIA RODRIGUES SOUZA**

**EFEITO DOS TEMPOS DE MATURAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO LIPÍDICA E  
DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM QUEIJO MINAS ARTESANAL DAS REGIÕES  
DE ARAXÁ E CANASTRA**

**RIPENING TIME EFFECTS ON THE LIPID COMPOSITION AND VOLATILE  
COMPOSITION OF ARTISANAL MINAS CHEESE FROM THE ARAXA AND  
CANASTRA REGIONS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

**APROVADA em 8 de fevereiro de 2024.**

Dr. Peter Bitencourt Faria

Dr. Paulo Henrique Costa Paiva

Dr. Sibelli Passini Barbosa Ferrão

UFLA

EPAMIG

UESB

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria  
Orientador

Prof<sup>ª</sup>. Dra Sandra Maria Pinto  
Coorientadora

**LAVRAS - MG  
2024**

*Dedico este trabalho a Deus, que foi a minha fonte de  
força e superação em todos os momentos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre comigo, por guiar meus passos e caminhos, iluminando minhas decisões e abençoando a minha vida. Obrigada por me dar fé e forças necessárias para enfrentar os obstáculos, sem nunca desistir.

À minha família, sou eternamente grata por tudo, em especial aos meus pais Creide e Luiz Antônio pelo amor, carinho, compreensão e incentivo sempre. Obrigada por sempre desejarem o melhor para mim, pelo esforço que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui e principalmente pelo amor imenso que vocês têm por mim. Vocês são minha fonte de luz, amor e alegria. Vocês são a minha vida. Amo Vocês!

Ao meu companheiro Marcelo, pelo incentivo, paciência, respeito, carinho e pela preciosa ajuda.

Ao meu orientador, professor Peter Bitencourt Faria, pela orientação e pelo profissionalismo com que conduziu este projeto.

À minha coorientadora professora Sandra Maria Pinto e também ao professor Luiz Ronaldo de Abreu, pela amizade, pelo apoio e pelas contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa.

À técnica de laboratório dona Creusa Maria, por todo apoio na realização das análises, pela amizade, pela força nos momentos difíceis e pelo incentivo nos momentos decisivos.

Ao núcleo de estudos em inspeção veterinária (NEIV) e à bolsista de Iniciação Científica Ana Beatriz Melli, pelo apoio e suporte na realização dos experimentos e das análises, e pela agradável convivência.

Aos produtores de queijo Minas Artesanal, pela dedicação e amor, todo o meu respeito.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Medicina Veterinária, pela oportunidade de realização do curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) no Processo APQ-00648-21.

E a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste estudo.

Muito obrigada a todos!

Marcela.

*“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu.” (Ec 3:1)*

## RESUMO

O queijo Minas artesanal é um produto lácteo produzido a partir de leite cru e pingo. Com importância histórica, social e cultural, contribuindo para a renda dos pequenos produtores. Cada queijo artesanal possui um processo de produção distinto e as transformações físicas, químicas e microbiológicas que ocorrem ao longo da maturação, entre outros fatores, caracterizam o produto final. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes tempos de maturação sobre o queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá e Canastra, por meio da avaliação do perfil lipídico, compostos voláteis, oxidação e parâmetros de cor. O estudo foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado (DIC) em função dos tempos de maturação (1, 7, 14, 28, 42 e 63 dias), totalizando 66 e 105 amostras referentes a microrregião de Araxá e Canastra, respectivamente. As 171 amostras coletadas foram oriundas de produtores cadastrados junto ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), atendendo às exigências sanitárias, tempo mínimo de maturação e métodos de produção característicos dos queijos de cada microrregião (Araxá e Canastra). Em relação aos resultados de Araxá, a análise de regressão apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) do tempo de maturação sobre o perfil lipídico, umidade, índice de TBAR's, ácidos graxos livres, lipídeos totais e parâmetros colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $H^*$ . Enquanto para os resultados da Canastra, a análise de regressão apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) do tempo de maturação sobre o perfil lipídico, umidade, lipídeos totais e parâmetros colorimétricos  $b^*$  e  $C^*$ . Para a caracterização do perfil lipídico dos queijos de Araxá, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para 14 compostos de 37 ácidos graxos identificados. E para Canastra o perfil lipídico teve diferença significativa para 19 compostos de 37 ácidos graxos. As microrregiões apresentaram comportamentos diferentes na análise de componentes principais (ACP) para fator tempo de maturação em relação ao perfil de compostos voláteis. O perfil de compostos voláteis dos queijos de Araxá apresentou variações em função dos tempos de maturação, cujos grupos químicos álcool, ácidos carboxílico e aldeído estavam presentes até os 14 dias de maturação. A partir de 28 dias, os grupos éter e ester apresentaram os maiores teores. Para os queijos da Canastra, os grupos hidrocarboneto, álcool e cetona estavam presente até os 7 dias. A partir de 14 dias de maturação observou-se a presença dos grupos ácidos carboxílico, éter, éster e amina. Os resultados encontrados no presente estudo nos permitem concluir que, apesar de serem observadas interações semelhantes entre alguns parâmetros e tempos de maturação, foi possível identificar comportamentos divergentes de compostos químicos em diferentes tempos de maturação.

**Palavras-chave:** produtos de origem animal; perfil lipídico; desenvolvimento de sabores; transformações químicas.

## ABSTRACT

Artisanal Minas cheese is a dairy product produced from raw milk and pingo. It has historical, social and cultural importance, contributing to the income of small producers. Each artisanal cheese has a distinct production process and the physical, chemical and microbiological transformations that occur during ripening, among other factors, characterize the final product. The objective of the study was to evaluate the effect of ripening time on artisanal Minas cheese from the Araxá and Canastra regions. The study was conducted under a completely randomized design (CRD) according to the ripening times (1, 7, 14, 28, 42 and 63 days), totaling 66 and 105 samples from the microregion of Araxá and Canastra, respectively. The 171 samples collected came from producers registered with the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), meeting the health requirements, minimum ripening time and production methods characteristic of the cheeses of each microregion (Araxá and Canastra). Regarding the results from Araxá, the regression analysis showed a significant effect ( $p < 0.05$ ) of the ripening time on the lipid profile, moisture, TBAR index, free fatty acids, total lipids and colorimetric parameters  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  and  $H^*$ . While for the results from Canastra, the regression analysis showed a significant effect ( $p < 0.05$ ) of the ripening time on the lipid profile, moisture, total lipids and colorimetric parameters  $b^*$  and  $C^*$ . For the characterization of the lipid profile of the cheeses from Araxá, significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed for 14 compounds of 37 identified fatty acids. For Canastra, the lipid profile showed significant differences for 19 compounds of 37 fatty acids. The microregions presented different behaviors in the principal component analysis (PCA) for the ripening time factor in relation to the volatile compound profile. The volatile compound profile of the cheeses from Araxá showed variations depending on the ripening times, whose chemical groups alcohol, carboxylic acids and aldehyde were present up to 14 days of ripening. From 28 days onwards, the ether and ester groups presented the highest levels. For the cheeses from Canastra, the hydrocarbon, alcohol and ketone groups were present up to 7 days. From 14 days of ripening onwards, the presence of the carboxylic acids, ether, ester and amine groups was observed. The results found in the present study allow us to conclude that, although similar interactions were observed between some parameters and ripening times, it was possible to identify divergent behaviors of chemical compounds at different ripening times.

**Keywords:** products of animal origin; lipid profile; flavor development; chemical transformations.

## **INDICADORES DE IMPACTO**

O estudo sobre o efeito dos tempos de maturação sobre perfil lipídico, compostos voláteis e parâmetros físico-químicos de Queijo Minas Artesanal (QMA) das regiões de Araxá e Canastra, contribuiu para a valorização desses produtos tradicionais, fortalecendo a identidade cultural das regiões e para o reconhecimento dos queijos como parte importante do patrimônio gastronômico brasileiro. O caráter extensionista do trabalho é evidente, com a participação ativa de produtores locais, cooperativas e instituições de pesquisa. A pesquisa foi desenvolvida em colaboração com comunidades rurais, fortalecendo o vínculo entre a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a sociedade externa, especialmente os produtores de QMA. O estudo impactou diretamente as regiões de Araxá e Canastra, que são reconhecidas pela tradição na produção de queijos artesanais. A pesquisa beneficiou produtores, consumidores e o mercado regional, ao valorizar a identidade, a qualidade dos queijos e o efeito do tempo de maturação sobre esses aspectos. Os impactos deste trabalho podem ser classificados em duas áreas temáticas da Política Nacional de Extensão: Cultura e Tecnologia e Produção. Na área de Cultura, a pesquisa reforçou a importância dos queijos artesanais como parte do patrimônio imaterial das regiões estudadas. Em Tecnologia e Produção, foram introduzidos resultados recentes sobre a influência da maturação na qualidade dos queijos QMA. Ademais, a pesquisa está alinhada com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. O ODS 8 (Trabalho decente e crescimento econômico) foi impactado através da valorização dos queijos e melhoria das práticas de produção. O ODS 12 (Consumo e produção responsáveis) foi reforçado pela promoção de técnicas de maturação que asseguram a sustentabilidade e segurança na produção dos queijos. Portanto, o estudo sobre os queijos minas artesanais de Araxá e Canastra contribuiu para o conhecimento técnico-científico e valorização cultural das regiões.

## **IMPACT INDICATORS**

The study on the effects of ripening periods on the lipid profile, volatile compounds, and physicochemical parameters of artisanal Minas cheese (AMC) from the regions has significantly contributed to the appreciation of these traditional products. It has reinforced the cultural identity of these regions and elevated the recognition of these cheeses as an essential part of Brazil's gastronomic heritage. The extensionist nature of this work is evident, with active involvement from local producers, cooperatives, and research institutions. The research was conducted in close collaboration with rural communities, strengthening the relationship between the Federal University of Lavras (UFLA) and the broader society, particularly the AMC producers. The study had a direct impact on the Araxá and Canastra regions, both of which are renowned for their tradition in artisanal cheese production. The research benefited the producers, consumers and the regional market by enhancing the identity, quality, and understanding of how ripening time affects these aspects. The impacts of this work can be categorized into two thematic areas of the National Policy on Extension: Culture, and Technology and Production. In the realm of Culture, the research highlighted the importance of artisanal cheeses as part of the intangible heritage of the studied regions. In Technology and Production, recent findings on the influence of ripening on the quality of AMC cheeses were introduced. Furthermore, the research aligns with several of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). SDG 8 (Decent Work and Economic Growth) was addressed by enhancing the value of these cheeses and improving production practices. SDG 12 (Responsible Consumption and Production) was reinforced through the promotion of ripening techniques that ensure sustainability and safety in cheese production. Thus, the study on the

artisanal Minas cheeses from Araxá and Canastra has contributed to both technical-scientific knowledge and the cultural valorization of these regions.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Queijo Minas Artesanal (QMA).....	13
2.2	Tecnologia de fabricação do Queijo Minas Artesanal.....	16
2.3	Queijo Minas Artesanal de Araxá.....	20
2.4	Queijo Minas Artesanal da Canastra.....	22
2.5	Processo de maturação.....	24
2.5.1	Glicólise.....	27
2.5.2	Proteólise.....	27
2.5.3	Lipólise.....	28
2.6	Efeito da maturação na composição dos queijos.....	30
2.6.1	Composição lipídica.....	30
2.6.2	Perfil de compostos voláteis.....	31
2.6.3	Oxidação lipídica.....	34
2.6.4	Cor.....	35
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1	Coleta das amostras e delineamento experimental de Araxá e Canastra.....	36
3.2	Análise do perfil lipídico.....	37
3.3	Análise dos compostos voláteis.....	38
3.4	Análise colorimétrica.....	38
3.5	Oxidação lipídica.....	39
3.5.1	Índice de TBAR's.....	39
3.5.2	Ácidos graxos livres (AGL's).....	39
3.6	Análise estatística.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1	Perfil Lipídico.....	40
4.1.1	Queijo Minas artesanal de Araxá.....	40
4.1.2	Queijo Minas artesanal da Canastra.....	45
4.2	Compostos voláteis.....	50
4.2.1	Queijo Minas artesanal de Araxá.....	50
4.2.2	Queijo Minas artesanal da Canastra.....	60
4.3	Parâmetros físico-químicos.....	70
4.3.1	Queijo Minas artesanal de Araxá.....	70
4.3.2	Queijo Minas artesanal de Canastra.....	75
5	CONCLUSÕES.....	78
	REFERÊNCIAS.....	78

## 1 INTRODUÇÃO

Os queijos artesanais são considerados uma das variedades de queijo mais produzidas em todo o mundo (Fox et al., 2017) e associados à identidade sociocultural e gastronômica de uma população. O Estado de Minas Gerais vem conquistando reconhecimento e apreciação internacional, notadamente pelas tipicidades das distintas regiões queijeiras (Pinheiro et al., 2021; Sobrinho et al., 2021). Dentre as dez regiões deste tipo de queijo estão as microrregiões de Araxá e Canastra, sendo reconhecidas e certificadas através de portarias específicas do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), cujas características são respaldadas por estudos que consideram fatores ambientais, geográficos, culturais, históricos, econômicos e sociais específicos dessas regiões (Dargère et al., 2023b).

A microrregião de Araxá foi um amplo território estabelecido como um dos primeiros núcleos de ocupação colonial e produtora de queijo minas artesanal há mais de um século (Luiz et al., 2017) com base em referências histórico-culturais (Kamimura et al., 2019). Assim como outros produtos tradicionais, possui grande importância social, econômica e cultural nesta região rural (Sobral et al., 2019).

Da mesma forma, a microrregião da Canastra está entre os queijos mais antigos, tradicionais e famosos feitos com leite cru em pequena escala na Serra da Canastra (Kamimura et al., 2019). A microrregião recebeu Indicação Geográfica pelo Instituto Nacional de Proteção Industrial, proporcionando avanços para os produtores autênticos do Queijo Canastra e ampliação do mercado (Emater, 2018). O queijo Canastra possui uma relevância cultural e econômica substancial na microrregião, sustentando aproximadamente 800 famílias rurais e conquistando reconhecimento internacional por meio de premiações (Campos et al., 2021).

Esses queijos apresentam características sensoriais intrínsecas, como sabor, aroma, textura e cores (Campos et al., 2021; Dores et al., 2013; Monteiro et al., 2018), em função da origem e composição da cultura inicial, matérias-primas utilizadas, condições de maturação (Nogueira et al., 2021; Soares et al., 2012). A característica do queijo Minas Artesanal é influenciada pela cultura inicial endógena e o processo de maturação confere aos queijos um sabor e aspectos sensoriais únicos (Ganesan; Weimer, 2017).

Estudos revelaram que os atributos sensoriais dos queijos artesanais são profundamente influenciados pelas condições de maturação (Aydemir et al., 2015; Giello et al., 2017; Kamimura et al., 2020; Sant'anna et al., 2019), etapa crucial para a definição da identidade regional. Além disso, a maturação também pode ser influenciada pelas condições

de temperatura e umidade relativa do ambiente (Nogueira et al., 2021), interferindo no comportamento microbiológico, no perfil de ácidos graxos e de compostos voláteis do queijo (Jesus Filho et al., 2021).

Alguns autores apontam a maturação como uma etapa essencial a qualidade do queijo, indicativa de atividade microbiana e diferentes técnicas podem influenciar significativamente as características bioquímica e na composição de compostos voláteis do queijo (Sengul et al., 2001; Akalin et al., 2002; Ardo et al., 2017; Domingos et al., 2019; Campos et al., 2021; Tekin; Hayaloglu, 2023), bem como a redução da carga de microorganismos patogênicos que podem influenciar negativamente a qualidade e inocuidade do produto (Costa, 2021).

A maturação envolve reações bioquímicas como o metabolismo de lactose e lactato, proteólise e lipólise. Esse fenômeno pode promover atividades metabólicas complexas e dinâmicas (Fuka et al., 2013; Sakaridis et al., 2022), influenciando diretamente a composição de compostos voláteis e perfil de ácidos graxos de queijos artesanais (Jesus Filho et al., 2021). Assim como diferentes períodos de maturação influenciam na composição lipídica e aromas específicos dos queijos (Ioannidou et al., 2022).

O tempo de maturação do queijo Minas artesanal é uma variável estudada por meio do seu efeito sobre as características de perfil lipídico, de compostos voláteis e atributos sensoriais (Perry, 2004), garantindo a qualidade e segurança dos queijos e reduzindo os potenciais patógenos (Criste et al., 2020), determinando a identidade das microrregiões e auxiliando na certificação desses produtos, principalmente entre microrregiões fronteiriças como Canastra e Araxá.

Diante do exposto, objetivou-se estudar o efeito de diferentes tempos de maturação sobre o queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá e Canastra, por meio da avaliação de parâmetros como perfil lipídico, compostos voláteis, ácidos graxos livres, oxidação lipídica e parâmetros de cor.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Queijo Minas Artesanal (QMA)**

O Queijo Minas Artesanal, com suas características singulares de fabricação, reflete uma tradição dinâmica enraizada na história das técnicas típicas da Serra da Estrela, em Portugal. Essa herança técnica, trazida para a América portuguesa pelos colonizadores, foi

moldada ao longo do tempo pela história mineira, resultando em métodos próprios de produção. A fabricação desses queijos se difundiu por todo o território de Minas Gerais ao longo dos tempos, adquirindo particularidades em regiões geográficas distintas do estado, influenciadas por suas condições físico-naturais, econômicas e socioculturais específicas (Silva; Machado, 2023). Desde os primórdios, o queijo é feito a partir do leite de vacas, coagulado com um coagulante à base de retículo, uma parte do estômago de ruminantes, que é seco e salgado. Atualmente, esse coagulante é de origem industrial e contém duas enzimas principais, a pepsina e a renina, que promovem a coagulação do leite (IPHAN, 2006).

Além de preservar as tradições, essa prática desempenha um papel crucial na subsistência de muitas famílias e na economia de diversos municípios e regiões. Embora o queijo seja produzido e comercializado em várias regiões de Minas desde o século XVIII, foi somente a partir da década de 1920, com a construção de rodovias que ligavam as regiões a Belo Horizonte, que o queijo ganhou reconhecimento e fama (IPHAN, 2006).

Durante os séculos XIX e XX, em meio aos ciclos econômicos e sociais, a produção de queijos em Minas Gerais não se limitou apenas a ser um fator alimentar ou econômico, mas também se tornou um elemento cultural expressivo. O conhecimento transmitido ao longo das gerações sobre a fabricação desses queijos representou uma importante manifestação cultural, incorporando traços da cultura original dos primeiros colonos, que se entrelaçaram com a cultura local. Conforme Meneses (2009), compreender os conhecimentos e técnicas por trás da produção artesanal não apenas envolve a fabricação do produto, mas também situa o saber dentro de um contexto cultural que contribui para a identidade de grupos sociais.

De acordo com a Lei nº 23.157 de 18 de dezembro de 2018, denomina-se como queijo Minas Artesanal “O queijo elaborado com leite integral fresco e cru, com características de identidade e qualidade específicas. É um queijo tipo semi-duro, tendo seu valor de umidade em base úmida de até 45,9%” (Minas Gerais, 2018).

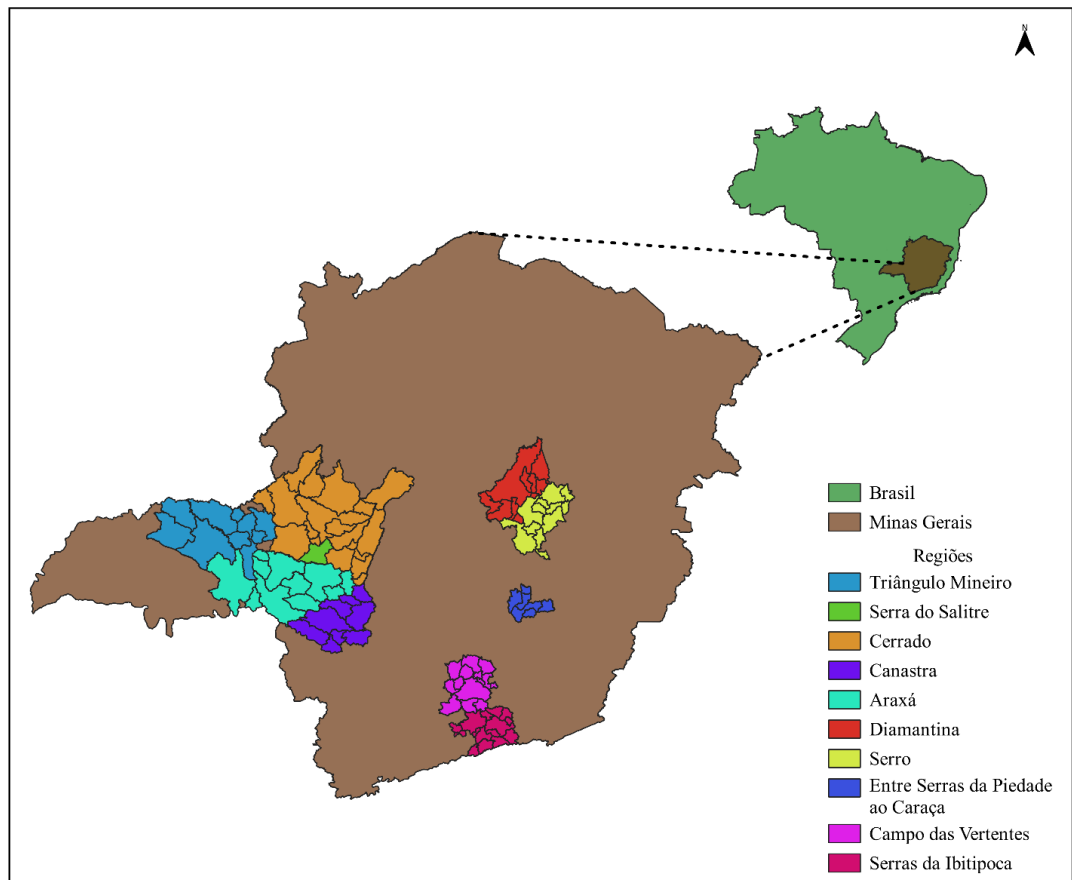
No Brasil, assim como em relação a outros produtos artesanais, a produção do queijo Minas Artesanal é regulada pelas normas federais e estaduais. O Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) é o órgão responsável pelo Estado de Minas Gerais. Com o intuito de estabelecer padrões nos processos de fabricação, embalagem e comercialização dos queijos Minas artesanais, o IMA e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG) criaram, em 2002, o Programa Queijo Minas Artesanal (PQMA) (Emater, 2020). Este queijo foi tombado em 2008 como Patrimônio Cultural e é protegido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) como

Patrimônio Imaterial de Minas Gerais (Iphan, 2008).

O estado de Minas Gerais se destaca tanto no cenário nacional quanto internacional e é conhecido por sua histórica e significativa produção de queijo artesanal com leite cru. Os queijos artesanais de Minas são elaborados de maneira tradicional e sua principal distinção em relação aos queijos industrializados reside no fato de não utilizarem leite pasteurizado nem serem produzidos mecanicamente (Costa et al., 2022a). Esses queijos apresentam características peculiares que os tornam produtos apreciados, não apenas para consumo direto, mas também, como ingredientes em pratos sofisticados da gastronomia brasileira, movimentando principalmente, a economia e o turismo.

De acordo com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER), no ano de 2022 existiam 3.103 agroindústrias em Minas Gerais dedicadas à produção de queijo Minas Artesanal (QMA), a produção estimada é de 21,8 mil toneladas por ano (CNA, 2022). O queijo Minas Artesanal atualmente tem sua produção reconhecida em dez microrregiões de Minas Gerais, sendo elas: Serro (IMA, 2002), Araxá (IMA, 2003a), Cerrado (IMA, 2003b), Canastra (IMA, 2004), Campo das Vertentes (IMA, 2009), Triângulo Mineiro (IMA, 2014a), Serra do Salitre (IMA, 2014b), Serras de Ibitipoca (IMA, 2018), Diamantina (IMA, 2022a) e Entre Serras da Piedade ao Caraça (IMA, 2022b) (Figura 1), totalizando 106 municípios produtores (EMATER, 2022). Fatores como: clima, ambiente, pastagem, alimentação animal, a composição do leite cru, microbiota endógena (não somente do leite, mas também no ambiente) onde o QMA está sendo produzido, contribuem para proporcionar peculiaridade nos sabores e textura deste tipo de queijo (Minas Gerais, 2018).

Figura 1 – Regiões produtoras de queijos Minas Artesanal (QMA).



Fonte: Do autor (2023).

A definição de região geográfica destaca a homogeneidade de características de determinadas áreas da superfície terrestre, resultado da combinação entre elementos naturais e a intervenção humana. Nesse contexto, é ressaltado que as regiões são áreas delimitadas pela uniformidade das condições físicas internas e por um estilo de vida específico, ou ao menos por características singulares desse estilo (Contel, 2015). Essas conceituações se aplicam de maneira relevante nas regiões mineiras, especialmente em Araxá e Canastra, destacando suas continuidades e singularidades geográficas. Portanto, o estudo foi direcionado para investigar os queijos artesanais dessas duas microrregiões específicas.

## 2.2 Tecnologia de fabricação do Queijo Minas Artesanal

O leite utilizado na fabricação dos queijos apresenta variações nos seus constituintes físico-químicos, sendo influenciado pelas diferentes estações do ano, qualidade nutricional do rebanho, controle microbiológico e clima das microrregiões. As bactérias ácido-láticas (BAL) (gêneros *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* e *Enterococcus*) e

leveduras presentes no leite e no fermento natural (“pingo”) produzem enzimas que transformam os nutrientes fundamentais do leite e do queijo em compostos com propriedades sensoriais particulares (Resende et al., 2011). Portanto, cabe aos queijeiros adequarem a técnica de fabricação às diferentes características do leite ao longo do ano, às temperaturas e condições ambientais da fabricação e maturação para obter queijos com a conformação ideal (Sobral et al., 2017).

Um dos elementos que confere características específicas aos QMA é o fermento, conhecido como "pingo". Esse fermento, obtido durante o processo de dessoragem dos queijos recém-produzidos no primeiro dia de maturação, consiste em um soro-fermento salgado e fermentado (IMA, 2011). Sua função principal é atuar como inoculante, iniciando a fermentação dos queijos, e também como um conservante natural, inibindo a proliferação de micro-organismos indesejáveis, também chamados de patogênicos e deteriorantes, entre eles destacam-se *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Brucella spp.*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e *Campylobacter sp.* Ao transferir a microbiota presente no leite cru, o pingo desempenha um papel crucial na formação da identidade dos queijos artesanais em cada microrregião produtora (Santos, 2010; Kamimura et al., 2019). Ademais, para a coagulação desses queijos, também é utilizado o coalho industrial (IPHAN, 2006).

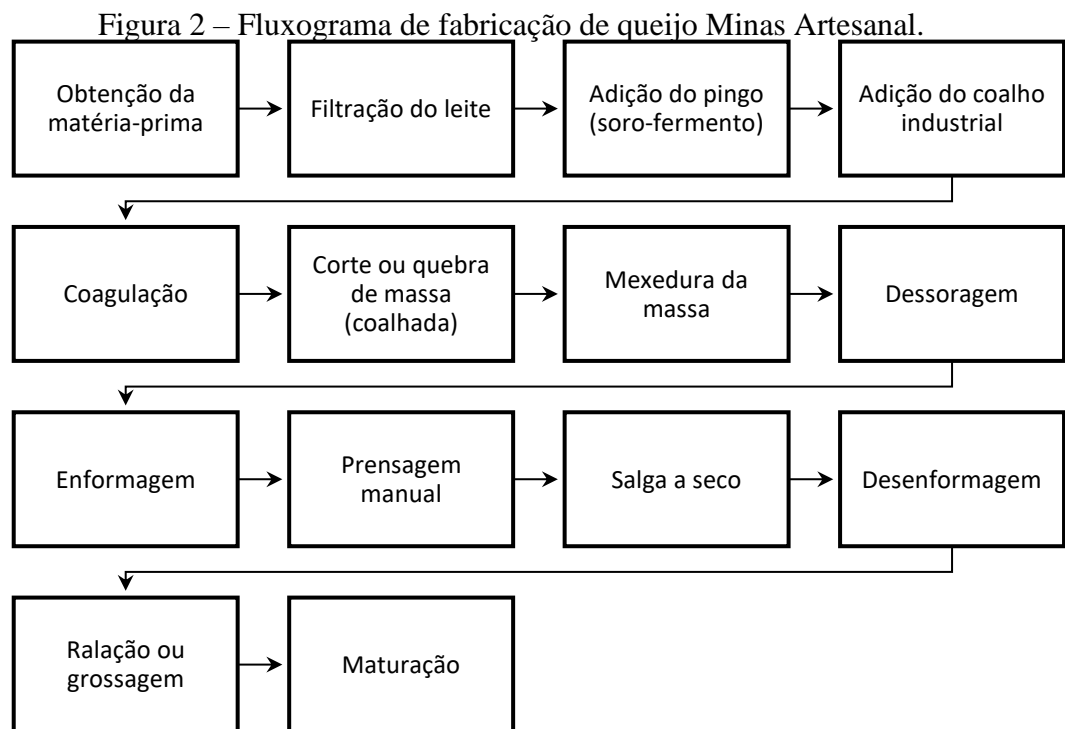
As etapas de produção do QMA diferem entre os produtores localizados na mesma microrregião de produção, assim como entre as 10 regiões produtoras. As variações encontradas nos QMA's estão principalmente associadas ao tempo de coagulação, culturas iniciadoras (soro-fermento), às condições de prensagem, teor de sal e umidade presentes no produto final, essas diferenças nas condições de fabricação impactam na microbiota presente nos QMA (Gonzales-Barron et al., 2020).

As principais etapas de produção do QMA de uma forma geral inicia-se com o leite cru recém-ordenhado em temperatura de aproximadamente 37° C, sendo que sua produção deve ser iniciada em até 90 minutos após a ordenha. O leite de vaca cru é misturado com o pingo (aproximadamente 1% do volume do leite) e coalho industrial (dose recomendada pelo fabricante). O uso deste leite, juntamente com uma cultura inicial endógena e um período de maturação adequado, desempenham um papel crucial na atribuição das qualidades sensoriais no queijo. Durante a produção, o soro resultante é utilizado para criar a primeira cultura, conhecida como cultura inicial endógena ou "pingo", que contém uma microbiota responsável pelas características de sabor, textura, e cor dos queijos. Essa cultura é mantida em temperatura ambiente (aproximadamente 25° C) e adicionada ao processo de fabricação

do queijo no dia seguinte (IPHAN, 2006; Sant’anna et al., 2019). Após a coagulação do leite, a coalhada é cortada, mexida, escorrida, moldada sob pressão, salgada a seco e deixada para maturar à temperatura ambiente (Camargo et al, 2023).

Os QMA’s no geral possuem casca esbranquiçada, tendendo a uma fina camada amarelada durante o processo de maturação. O interior do queijo apresenta coloração esbranquiçada, homogênea e às vezes quebradiços. Devido aos processos naturais de fermentação, o queijo apresenta geralmente pequenas formações de olhaduras e sabor típico de cada microrregião. A etapa de enformagem e prensagem difere em algumas regiões, de acordo com a forma utilizada (Sant’anna et al., 2019).

O processo de fabricação do QMA tem duração média de três dias, desde a coagulação do leite recém-ordenhado com adição do coalho e do pingo, até o início da fase de maturação. É essencial que seja realizado o controle dos processos durante a produção do QMA para obter um produto com as características desejadas (Monteiro; Matta, 2018). A Figura 2 representa as etapas de fabricação do QMA.



Fonte: Adaptado de Monteiro e Matta (2018).

A produção de queijos é um processo que abrange várias etapas de manipulação, o que os torna suscetíveis a contaminação, especialmente por micro-organismos. Essa vulnerabilidade pode aumentar significativamente quando não se respeita o período mínimo de maturação ou quando os queijos são produzidos com leite cru, sem a adoção das boas

práticas e da tecnologia apropriada (Pinto et al., 2009).

Nesse contexto, a fase de maturação assume um papel essencial na produção do QMA, visto que a concentração de cloreto de sódio (NaCl) aumenta, umidade e pH diminuem, características que favorecem a eliminação de bactérias indesejáveis e contribuem para a permanência de micro-organismos benéficos responsáveis por atributos de sabor e aroma dos queijos (Lima, 2021). Envolvendo uma combinação complexa de fatores físicos, químicos e microbiológicos que são cruciais para a estabilidade e segurança do produto final (Beresford et al., 2001).

Os QMA's, quando comercializados sem maturação, podem desenvolver problemas à saúde do consumidor, pois não apresentam qualidade microbiológica adequada. Já a temperatura em que a maturação ocorre também é um fator importante para direcionar a microbiota. Sabe-se que, em condições de temperatura ambiente, ocorre uma fermentação desejável, favorecendo a fermentação láctica (Martins, 2006; Dores, 2007). Vale destacar que o QMA somente após ter sido maturado pode ser submetido à temperatura de refrigeração, uma vez que a refrigeração inibe o desenvolvimento de BAL. Portanto, antecipar a refrigeração torna a maturação inadequada, visto que a inibição dessas bactérias pode favorecer a manutenção de micro-organismos indesejáveis, como deterioradores e patogênicos (Dores; Ferreira, 2012).

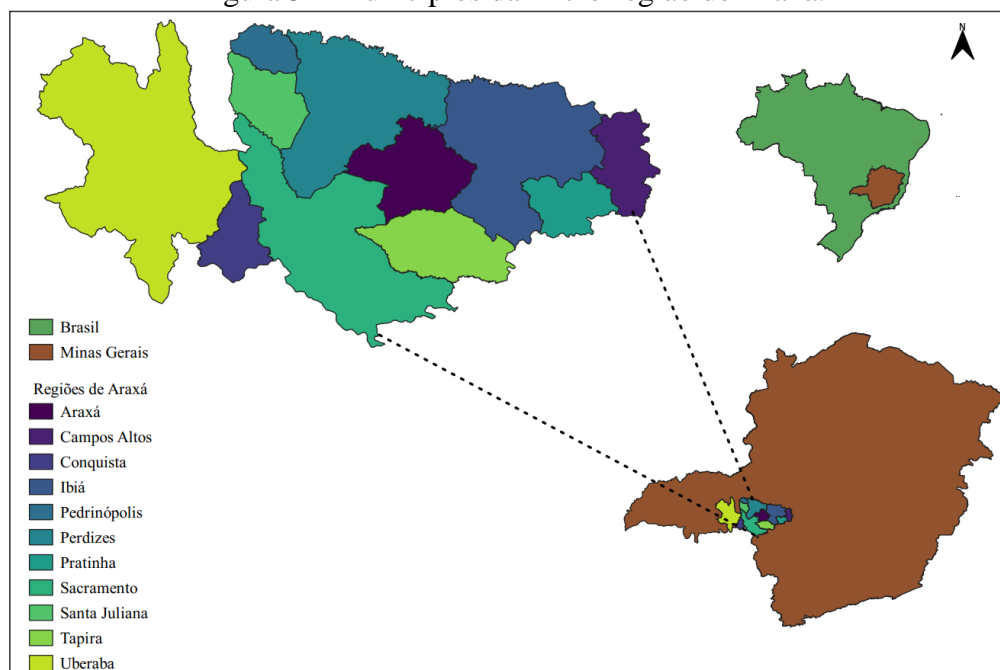
A fim de estabelecer um período de maturação para segurança dos consumidores, a Resolução nº 7, de 28 de novembro de 2000, considerava que o queijo Minas produzido a partir de leite cru deveria ser comercializado apenas após um período mínimo de maturação de 60 dias (Brasil, 2000). No entanto, este período comprometia a qualidade sensorial do produto e com um período inferior a este imposto, impossibilitava a comercialização nos demais Estados. Dessa forma, estudos foram realizados verificando o tempo mínimo de maturação para atender a legislação vigente. Para queijo Minas artesanal do Serro, Martins et al. (2015) verificou a necessidade de 17 dias de maturação para atingir os parâmetros microbiológicos legais, enquanto Dores (2013) determinou que para reduzir a microbiota patogênica seriam necessários 22 dias de maturação para os queijos da Canastra, posteriormente adequado para 14 dias. Assim como Sales (2015), que identificou que para Araxá, 14 dias de maturação são suficientes. A partir destes estudos o período de maturação vigente do queijo Minas artesanal é de no mínimo 14 dias para a microrregião de Araxá e Canastra, 17 dias para a microrregião do Serro e 22 dias para as microrregiões do Cerrado, Campo das Vertentes, Serra do Salitre e Triângulo Mineiro, até que sejam realizadas novas pesquisas corrigindo os tempos mínimos de maturação (Minas Gerais, 2017).

### 2.3 Queijo Minas Artesanal de Araxá

A microrregião do QMA de Araxá possui propriedades produtoras que apresentam em média 60 animais e a maioria são mestiços, sendo oriundos do cruzamento das raças europeia e zebuína, sendo estimado que 40% da produção de leite da microrregião seja destinada a produção do QMA (Silva, 2007). Apresenta uma área de 13629 km<sup>2</sup>, altitude de 910 a 1359 metros, com hidrografia, relevo e um solo rico em fosfato que proporciona o sabor característico do produto final, com o desenvolvimento de um grupo de bactérias regionais. Bem como a alimentação do gado, composta principalmente por cana-de-açúcar, o que pode promover um queijo com sabor mais ácido e intenso (Kamimura et al., 2019).

O QMA de Araxá é produzido nos municípios de Araxá, Campos Altos, Conquista, Ibiá, Pedrinópolis, Perdizes, Pratinha, Sacramento, Santa Juliana e Tapira (Figura 3) (Emater, 2022). A microrregião é caracterizada por ter clima temperado, com inverno seco e verão chuvoso, a temperatura média 20°C, com máxima de 22°C e mínima de 18°C. E umidade relativa média de 75,6% (Emater, 2003b).

Figura 3 – Municípios da microrregião de Araxá.



Fonte: Do autor (2023).

A produção de queijos na microrregião de Araxá pode ocorrer de duas maneiras distintas. Uma delas segue o método tradicional de prensagem manual, semelhante ao adotado na microrregião do Serro, enquanto a outra envolve a prensagem com o uso de tecido, conforme é praticado na Serra da Canastra. Essa variação de métodos não apenas reflete a adaptabilidade

da tradição queijeira local, mas também contribui para a singularidade e a qualidade dos queijos produzidos (Emater, 2003a).

O processo de fabricação do queijo de Araxá, que inicialmente seguiu a técnica trazida pelos colonizadores portugueses da Serra da Estrela (Portugal), representa um exemplo notável de como a tradição queijeira foi influenciada e moldada ao longo do tempo por diversos fatores locais e regionais (Kamimura et al., 2019). Esses fatores abrangem desde as características peculiares do ambiente físico da microrregião até as práticas de manejo e alimentação do rebanho, passando pelo impacto do clima regional e pelas particularidades na construção e no trabalho humano. Uma das mudanças significativas nesse processo histórico diz respeito à coagulação do leite. Inicialmente, o coalho era obtido a partir do estômago da capivara, refletindo a adaptação e criatividade dos produtores locais. No entanto, com o tempo, ocorreu uma evolução marcante com a utilização do soro, conhecido como "pingo," que escorria do queijo nas primeiras doze horas após a produção. Posteriormente, a produção adotou também o uso de coalho industrial (Araújo, 2004).

As características do QMA de Araxá exibe uma consistência que varia de semidura a macia, apresentando uma textura compacta. Sua coloração é uniformemente branca creme, e seu sabor é agradavelmente ácido, não picante. A crosta é fina, de tonalidade amarelada, e não apresenta trincas. O queijo possui um formato cilíndrico, podendo ter bordas retas ou ligeiramente arredondadas, com altura variável e peso geralmente situado entre 1 kg e 1,2 kg (EMATER, 2022). São fabricados em formas com diâmetro de 13 a 15 cm (Kamimira et al., 2019). Durante o processo de maturação, que é definido como mínimo de 14 dias para a microrregião de Araxá (IMA, 2021), o queijo é virado e lavado de 2 em 2 dias (Costa et al., 2022b).

Prata et al. (2020), estudando as características do queijo artesanal de Araxá verificaram que esse queijo apresentava cor amarelo-pálido proveniente da casca, consistência firme e tendência à fragilidade, alta umidade, baixo número de olhos, odor característico, acidez excessiva e sabor salgado baixo. Araújo (2004), após a análise dos parâmetros físicos-químicos desses queijos, encontraram teores de umidade variando de 39 a 49,5%, com uma média estimada de aproximadamente 45,05%.

Enquanto no estudo proposto por Dargére et al. (2023a), verificaram no queijo de Araxá um teor de umidade de 33,56%, com um extrato seco contendo cerca de 46,08% de gordura, 1,09% de cloretos, pH de 5,23, 30,50% de gordura, proteína bruta de 20%, cinzas de 4,65%, níveis de nitrogênio total de 3,14%, nitrogênio solúvel em pH 4,6 de 0,40% e nitrogênio solúvel em tricloroacético de 0,57%. Além de outros parâmetros físico-químicos que diferenciam a

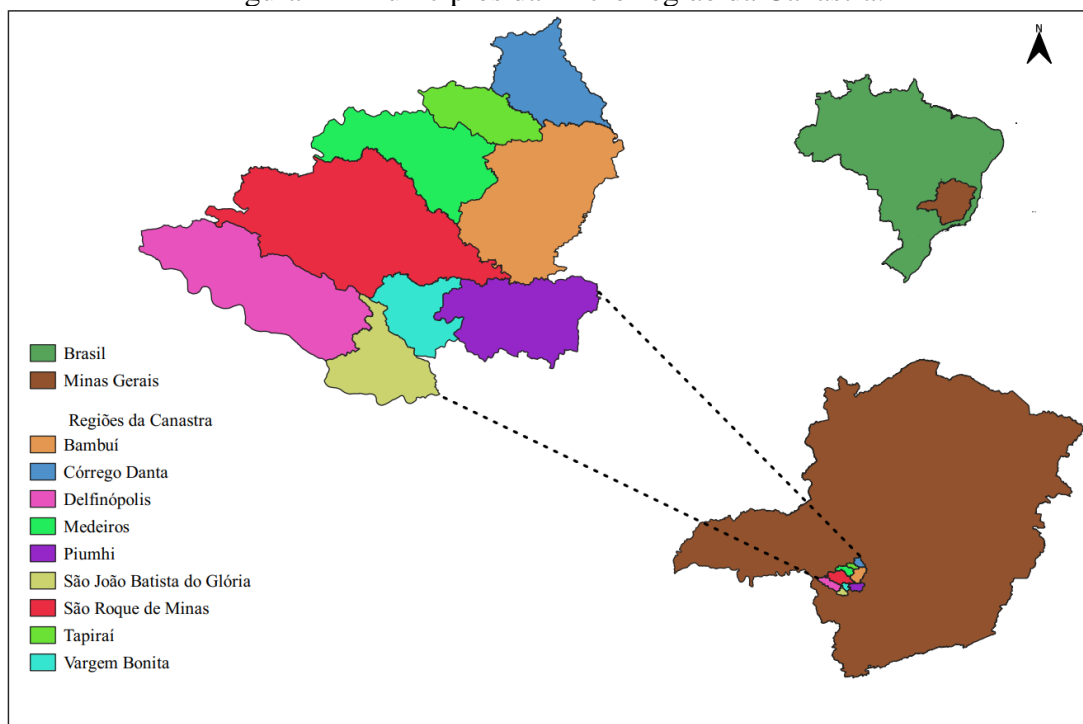
microrregião das demais, como a extensão de maturação de 12,58% e profundidade de maturação de 18,30%. Por outro lado, Kamimura et al. (2019) observaram uma diversidade de valores, com teor de umidade de 27,9%, 48,3% de gordura no extrato seco, 2,0% de cloretos, pH de 5,2 e uma atividade de água de 0,92.

#### **2.4 Queijo Minas Artesanal da Canastra**

A Serra da Canastra é uma das regiões de fabricação de QMA e segundo a Portaria IMA n° 694 de 17 de novembro de 2004 (IMA, 2004), a microrregião da Canastra está situada no sudoeste do estado de Minas Gerais, geograficamente limitando-se ao norte pelo Triângulo Mineiro, ao sul pelo lago de Furnas e ao oeste pelo Centro-Oeste de Minas. Essa microrregião abrange a microrregião composta pelos municípios de Delfinópolis, São Roque de Minas, Vargem Bonita, Tapiraí, Bambuí, Medeiros, Piumhi, São João Batista do Glória e Córrego D'Anta (Figura 4) (Emater, 2022).

Possui uma área de 7452 km<sup>2</sup>, altitude de 637 a 1485 metros, pastagens naturais de gramíneas maduras e nativas que dão origem a pastagens com alta produtividade, principalmente *Brachiaria*. A altitude da microrregião contribui para a presença de compostos como canfeno, óxido de cariofileno e  $\alpha$ -pineno (Dargere, 2020). É uma microrregião com clima tropical de altitude, com temperatura anual na média de 22,2°C, e com mínima de 16,7°C e máxima de 27,6°C (Kamimura et al., 2019). As chuvas ocorrem principalmente entre outubro e março, totalizando cerca de 1.390 mm por ano. O clima é típico do cerrado, com invernos secos e verões úmidos. O relevo é formado por grandes planaltos, o que resulta em muitas nascentes e cachoeiras (IPHAN, 2006). No entanto, em duas épocas do ano, Silva et al. (2011) encontraram variações nos parâmetros físico-químicos dos queijos dessa microrregião, com menores valores de extensão e profundidade da maturação na época das secas, o que pode ser explicado pelas baixas temperaturas que inibem a ação das enzimas do coalho e da microbiota do “pingo”, quando comparado com a época das chuvas.

Figura 4 – Municípios da Microrregião da Canastra.



Fonte: Do autor (2023).

O queijo Minas Artesanal (QMA) da Canastra possui grande importância cultural e econômica na microrregião, beneficiando aproximadamente 800 famílias rurais que dependem dessa atividade para sua renda (Campos et al., 2021). O passo de produção deste queijo compreende diversas etapas. Começando com a obtenção do leite, que pode ser feita por ordenha manual ou mecânica. Após a coleta, o leite passa por um processo de filtragem, utilizando filtros ou tecidos sintéticos lavados e desinfetados. Em seguida, adiciona-se o soro-fermento e o coalho ao leite, aguardando o tempo necessário para a coagulação. Após aproximadamente 50 minutos, a massa é cuidadosamente cortada com o uso de uma pá. Durante esse processo, a massa é mexida em pequenos intervalos para auxiliar no dessoramento. Uma vez separado o soro, a massa do queijo é colocada em formas circulares, revestidas com tecido (Emater, 2003a; Resende, 2010).

Na etapa final, a prensagem ocorre com a aplicação de pressão e calor manual. Durante esse estágio, a superfície do queijo é salgada. Após um período que pode variar de 6 a 12 horas, o queijo é virado e o processo de salga é repetido. Essa prática de usar um tecido durante o processo de prensagem é uma das características distintivas do queijo Canastra em relação ao queijo produzido na microrregião do Serro, conferindo ao queijo Canastra uma textura mais seca. Após 24 horas, o queijo é retirado das formas, colocado em prateleiras de madeira e submetido a um processo de lavagem e secagem diária, que dura aproximadamente sete a oito

dias (Emater, 2003a; Resende, 2010).

De acordo com a EMATER (2022), as características do QMA da Canastra podem ser descritas da seguinte maneira: sua consistência varia de semidura a macia, apresentando uma textura compacta. Sua coloração é branca creme homogênea, e seu sabor é agradavelmente ácido, sem ser picante. A crosta é fina, de tonalidade amarelada, e não apresenta trincas. O queijo tem um formato cilíndrico com bordas que podem ser retas ou ligeiramente arredondadas, e suas dimensões podem variar em altura, geralmente na faixa de peso de 1 kg a 1,2 kg. Esses queijos são fabricados em formas com diâmetro de 15 a 17 cm (Kamimura et al., 2019). Os queijos da microrregião da Canastra permanecem de 7 a 8 dias no processo inicial de maturação, na qual é feito a remoção das imperfeições e seguem até completar 14 dias de maturação (Costa et al., 2022b). Essas características neste queijo são devido ao clima da microrregião, que combina dias quentes e noites frias (Kamimura et al., 2019).

Os queijos artesanais da Serra da Canastra foram caracterizados como queijos com teor lipídico entre 27,0 a 29,5%, devido ao teor de gordura do leite que recebe influência de diversos fatores, como a raça e alimentação dos animais, época do ano, estágio da lactação e da hora da ordenha. Além disso, Costa et al. (2022b) encontraram valores médios de extrato seco total de 52,8%, teor proteico de 18,51%, teor de cinzas de 4,41%, acidez de 0,48% e concentração de cloreto de sódio de 1,86%. O que difere das demais microrregiões é a umidade e teor de gordura (27,59% a 28,51%), extensão de maturação de 8,85%, nitrogênio solúvel em pH 4,6 de 0,28% e nitrogênio solúvel em tricloroacético de 0,37% do queijo Canastra (Dargère et al., 2023a).

Jesus Filho et al. (2021) verificaram no QMA da microrregião da Canastra que houve alteração no perfil de compostos voláteis, de ácidos graxos e da composição centesimal em três estágios de maturação: queijo fresco (sem processo de maturação), queijo curado curto (10 dias de maturação) e queijo curado maduro (22 dias de maturação). Enquanto no estudo de Dargère et al. (2023b) foi possível caracterizar e diferenciar o queijo Canastra das demais microrregiões, por meio de seis compostos voláteis do grupo terpenos, uma vez que, os terpenos têm sido utilizados como marcadores vegetais para o rastreamento regional.

## **2.5 Processo de maturação**

De acordo com o Decreto nº 48024 de 19 de agosto de 2020 (Minas Gerais, 2020), a maturação é a “etapa do processo de produção do queijo, na qual ocorrem alterações físicas, químicas e sensoriais relacionadas ao processo de maturação, e necessárias para a definição da identidade do produto”.

A etapa de maturação desempenha um papel crucial no processo de produção do queijo Minas Artesanal (QMA), requerendo conhecimento, espaço adequado, condições controladas e tempo. A Portaria nº 2051 de 07 de abril de 2021, estabelece um período mínimo de maturação de 14 (quatorze) dias para a microrregião de Araxá, Canastra e Serra do Salitre, mínimo de 17 dias para a microrregião do Serro e para as demais do Estado, caracterizadas ou não como produtoras de QMA, o período mínimo de maturação será de 22 (vinte e dois) dias ou pelo maior período especificado em estudos científicos. Essa regulamentação reforça a importância de permitir que o queijo desenvolva seus sabores e características desejáveis ao longo desse período de maturação, ao mesmo tempo em que se assume que o período mínimo de maturação para cada microrregião seja suficiente para a segurança do produto e estabeleça as características sensoriais típicas desse queijo artesanal (IMA, 2021).

Durante essa fase os queijos perdem água e ocorrem importantes transformações físicas, bioquímicas e microbiológicas que contribuem para a obtenção de um produto final de qualidade (Carneiro et al., 2020), proporcionando a atuação de vários micro-organismos e enzimas, quebra de moléculas de proteínas e gorduras, dando assim as características de textura, sabor, aroma e aparência que são específicas de cada microrregião (Perry, 2004; Martins, 2006). O cumprimento dessas diretrizes de maturação é essencial para garantir a autenticidade e a qualidade do queijo Minas Artesanal.

Ao longo do período de maturação ocorre aumento nos teores lipídicos (Madrau et al., 2006), o que ocorre devido à maior concentração de sólidos totais durante a perda de umidade. No perfil lipídico foram identificados 23 ácidos graxos modificadores do perfil e a presença de ácido linoleico conjugado (CLA) (1,08 %) (Pellegrini et al., 2013), bem como encontrado por Kinik et al. (2005) na qual identificaram valores mais abundantes de ácidos graxos palmítico, esteárico e mirístico em queijo semi-duro. Também ocorre formação de ésteres, a partir da esterificação de ácidos graxos de cadeia média e curta e álcoois provenientes de processos de glicólise e proteólise durante a maturação (Dargère et al., 2023b). Como observado no estudo de Delgado et al. (2010), onde houve um aumento considerável de compostos do grupo éster ao longo da maturação e redução de grupos álcool e ácido carboxílico.

Em relação às transformações que ocorrem durante a fase de maturação do queijo, destaca-se: I – metabolismo da lactose residual, lactato e citrato (glicólise); II – proteólise e catabolismo de aminoácidos; III – lipólise e metabolismo de ácidos graxos. As reações primárias que ocorrem durante esses processos são bem determinadas e exploradas, mas os produtos destas reações ainda não foram totalmente caracterizados, formando diversos produtos que contribuem para formação de *flavour* dos queijos (Fox et. al., 2004; Mukdsi et al., 2014).

Após a ocorrência das reações primárias no processo de produção, ocorrem os eventos bioquímicos secundários, que desempenham um papel crucial no desenvolvimento de diversos compostos voláteis responsáveis pelo sabor característico do queijo. Entre esses eventos, destacam-se o metabolismo de ácidos graxos e aminoácidos (Mcsweeney, 2004).

A maturação constitui a etapa decisiva no perfil de ácidos graxos do produto final (Queiroga et al., 2009). As alterações bioquímicas incluem o metabolismo de lactato e citrato, lipólise e proteólise e são seguidas por alterações bioquímicas secundárias, que são muito importantes para o desenvolvimento de muitos compostos voláteis de sabor e incluem o metabolismo de ácidos graxos e aminoácidos (Criste et al., 2020). A primeira alteração sofrida pelo material lipídico é a hidrólise dos triacilgliceróis com liberação e acúmulo de ácidos graxos no meio. São esses ácidos graxos que contribuem com a formação de sabor e aroma do produto (Costa, 2021).

No estudo de Dargère et al. (2023b) em QMA foram identificadas variações nos compostos voláteis, tais como o grupo químico álcool, resultado da atividade enzimática das bactérias lácticas durante o período de maturação, influenciada pela composição microbiológica da cultura inicial e condições mais favoráveis para a atividade dessas enzimas.

Três importantes fatores influenciam a maturação: 1) temperatura e umidade da atmosfera em contato com o queijo; 2) composição química da coalhada, como teor de gordura, aminoácidos, ácidos graxos e outros produtos da ação enzimática; e 3) microbiota residual da coalhada, presente na cultura starter, no leite original utilizado e seu ambiente. Já o aumento ou redução dessa microbiota depende pelo menos de cinco fatores: 1) umidade da coalhada; 2) temperatura de armazenamento; 3) pH da coalhada; 4) substâncias inibidoras da coalhada; e 5) potencial de óxido-redução (Robinson; Wilbey, 2002).

Em queijos artesanais a maturação também garante a redução da população de microorganismos patogênicos como *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella sp.* e outros microorganismos pertencentes à família Enterobacteriaceae, que podem influenciar negativamente na qualidade e inocuidade microbiológica do produto (Mata et al., 2016; Perin et al., 2017). Reproduzir e difundir informações sobre a adequada maturação para cada microrregião e os diferentes períodos em que os queijos artesanais são submetidos a maturação, é uma forma de auxiliar os produtores a superar um dos principais desafios, que é a comercialização de produtos artesanais de forma segura e sustentável.

### 2.5.1 Glicólise

A fermentação láctica ou glicólise, é a primeira reação que ocorre no período de maturação, em que ocorre a conversão da lactose, principal carboidrato encontrado no leite, em ácido láctico. A lactose, um dissacarídeo composto por uma molécula de glicose e outra de galactose, passa por um processo de fermentação durante a produção de queijos. Nesse processo, as bactérias conhecidas como bactérias do ácido láctico (BAL) convertem a lactose em ácido láctico. Cada molécula de lactose resultará em quatro moléculas de ácido láctico por meio da fermentação (Fox et al., 2000), que posteriormente, será utilizado como substrato para o desenvolvimento microbiano (Bezerra, 2015).

Durante a conversão da lactose em ácido láctico, é produzido o piruvato, um composto intermediário que através da ação de bactérias lácticas homofermentativas, é transformado em diversos compostos aromáticos de cadeia curta, como acetaldeído, etanol, diacetil e acetato (Marilley; Casey, 2004). Na conversão de lactose em lactato, cerca de 1-2% de lactose permanece na coalhada após a dessoragem e a lactose residual é utilizada por micro-organismos iniciadores ou não iniciadores para lactato ou outros metabólitos durante o primeiro estágio de maturação do queijo (Tekin; Hayaloglu, 2023).

O teor de lactose também é reduzido, como no queijo Malga (semi-duro de origem italiana) que demonstrou ausência dos teores de lactose nos períodos de 6 a 12 meses de maturação (Bergamaschi et al., 2016). O queijo Tulum (semi-duro fabricado na Turquia) em 0 dias de maturação apresentou elevado teor de glicose e galactose e aos 90 dias de maturado apresentava teores máximos. Por outro lado, o teor de lactose foi ausente aos 90 dias de maturação e o nível de ácido láctico aumentou aos 190 dias de maturado (Tekin; Guler, 2019).

### 2.5.2 Proteólise

A proteólise está relacionada à degradação de proteínas pela ação de enzimas proteolíticas, formando peptídeos de alto, médio e baixa massa molecular (Baldino, 1998). A atividade proteolítica pode ser dividida em duas fases: I – proteólise primária: quebra da caseína em peptídeos principalmente pela ação enzimática do agente coagulante e, a presença destes peptídeos, confere sabor amargo aos queijos (curto período de maturação); II – proteólise secundária: degradação dos polipeptídios resultantes da fase I em peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos, por ação de peptidases provenientes de bactérias lácticas (Moreno, 2013; Pereira, 2001).

A formação de peptídeos de tamanho molecular médio e baixo, aminoácidos derivados deste processo, são substratos para diversas reações que irão desencadear a formação de compostos flavorizantes como aminas, ácidos, aldeídos, álcoois, cetonas e ésteres (Mcsweeney; Sousa, 2000; Moreno, 2013). Nessa etapa ocorrerá alterações na textura do queijo, dependendo diretamente da extensão da proteólise, do tempo e da temperatura no período de maturação. A hidrólise da caseína está envolvida na produção dos tipos de queijo, contribuindo para textura, formação de sabor, elasticidade e atributos emulsificantes (Fox, 1993; Fox et al., 2000). Os aminoácidos resultantes da hidrólise da caseína produzem sabores doces e amargos, participando da constituição dos sabores base do queijo (Fox, 1993). O tempo de maturação pode influenciar a etapa de proteólise secundária em queijos com até 60 dias maturados, atuando principalmente sobre  $\alpha$ 1-caseína (Gasparini et al., 2020).

Na proteólise podem ocorrer alterações significativas nas quantidades de peptídeos de cadeia longa e curta e aminoácidos, ao longo da maturação (Tekin; Hayaloglu, 2023). Em um queijo semi-duro de origem italiana (Parmigiano-Reggiano), pode resultar diferentes níveis de peptídeos que influenciam nas características sensoriais. Em um período de 12 meses de maturação, o queijo apresentou um total de 84 peptídeos, seguido de uma redução para 72 peptídeos com 18 meses e aos 24 meses de maturação promoveu um aumento significativo para 257 peptídeos (Martini et al., 2020). Bem como encontrado por Ceruti et al. (2016), na qual identificaram que o aumento do período de maturação resultou em aumento dos produtos de proteólise.

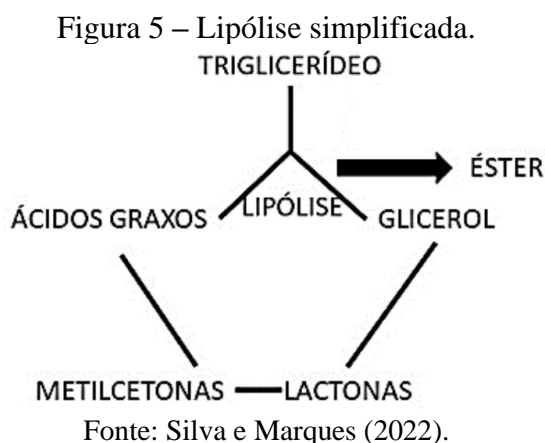
### **2.5.3 Lipólise**

A lipólise é a última etapa que ocorre na maturação do queijo, atuando no sabor e textura do queijo, assim como na etapa de proteólise. Essa etapa se caracteriza pela hidrólise dos lipídios por meio de enzimas hidrolíticas, gerando produtos como os ácidos graxos voláteis de cadeia curta que, posteriormente, podem ser convertidos em compostos aromáticos como metilcetonas e lactonas (Fox et al., 2000; Hayaloglu; Mcsweeney, 2014). Juntamente com ácidos graxos livres (AGL's) e outros componentes como aldeídos, ésteres, cetonas e peróxidos que também irão contribuir para o sabor e aroma típicos de queijos maturados (Kardel et al., 1995; Vélez et al., 2017). Os ácidos graxos resultantes da lipólise também podem promover alterações na cor, devido à capacidade de solubilizar compostos como os carotenoides. Os carotenoides são pigmentos cromogênicos do leite e dos queijos, de natureza lipossolúvel, se distribuem nos glóbulos de gordura e, quanto maior a quantidade de glóbulos maior a

contribuição dos carotenoides na formação da cor da matriz alimentar (Figueiredo et al., 2015).

Ao longo do período de maturação é esperado um aumento no teor de gordura no queijo e, por essa razão, podem ocorrer alterações na coloração dos queijos (Perry, 2004). Bem como afirmado por Karaca e Güven (2018) na qual os ácidos graxos livres aumentaram regularmente com o progresso da maturação em queijos brancos turcos. Em estudos anteriores, a tendência da lipólise foi aumentar ao longo do período de maturação, demonstrando a alta atividade das enzimas lipolíticas que atuam no processo de maturação (Bontinis et al., 2012).

A princípio a ação de hidrólise das lipases é ativada em pH neutro ou ácido, atuando sobre os ésteres de ácido carboxílico e de diacilglicerol ou triacilglicerol resultando em glicerol e 3 ácidos graxos (Mukdsi et al., 2014; Collins; Mcsweeney; Wilkinson, 2003) (Figura 5).



As lipases responsáveis pela hidrólise podem ser lipases nativas do leite (lipoproteína lipase - LPL), endógenas (produzidas pelas bactérias ou fungos presentes no queijo) e/ou exógenas. Essas enzimas atuam na quebra dos triacilgliceróis em ácidos graxos livres durante a maturação (Mcsweeney, 2004). A microbiota endógena (presente no leite cru) desempenha forte influência na lipólise e proteólise, originando compostos responsáveis pelas características de aroma e textura, além de produzirem substâncias capazes de inibir a presença de microorganismos patogênicos (Rezende, 2010).

No entanto, conforme a lipólise ocorre sem o devido controle dos processos, ou seja, em quantidade excessiva, pode contribuir para defeitos nos queijos como o sabor rancificado que é promovido pela presença do ácido butanóico. Esses processos podem afetar as características do produto final e na sua comercialização (Sobral et al., 2017).

## 2.6 Efeito da maturação na composição dos queijos

### 2.6.1 Composição lipídica

A composição lipídica de queijo Minas artesanal refere-se à presença e ao perfil lipídico, ou seja, das gorduras que estão presentes nesse tipo de queijo. A composição lipídica pode variar dependendo de fatores como a dieta nutricional das vacas leiteiras, o processo de fabricação do queijo e o tempo de maturação. O perfil lipídico dos queijos é composto majoritariamente por triacilgliceróis, que correspondem a cerca de 98% do total de gordura, seguido dos fosfolipídios, ácidos graxos e colesterol (Poian et al., 2011). E por meio deste perfil de ácidos graxos é possível distinguir origem, escala, tipo e sistema de produção, como C18:2n6C e C16:0, associados a amostras de queijo baseadas na origem e no tipo, respectivamente (Danezis et al., 2020).

Os triacilgliceróis (TAGs) são formados por três moléculas de ácidos graxos unidos por uma ligação éster a um glicerol. Além de serem os principais lipídios presentes no leite e podem ser formados por uma ampla variedade de ácidos graxos (Poian et al., 2011). O perfil de ácidos graxos dos TAGs do leite é influenciado por diversos fatores, incluindo a raça do animal produtor, sua nutrição, o estágio de lactação, a saúde do animal e os fatores ambientais (Haddad et al., 2023). O processo de maturação do queijo também influencia a composição do TAG (Correddu et al., 2021). Essas variáveis influenciam a composição nutricional do leite e dos produtos lácteos (Haddad et al., 2023). É comum que os queijos apresentem cerca de 66% de ácidos graxos saturados, 30% de ácidos graxos monoinsaturados e 4% de ácidos graxos poliinsaturados (Mentana, 2022).

Durante o processo de maturação dos queijos, ocorre a hidrólise do material lipídico do leite devido à ação de enzimas lipolíticas, como lipases e estearases. Essas enzimas são oriundas da renina utilizada na coagulação do leite, de culturas bacterianas e ingredientes adicionados, resultando na liberação de ácidos graxos (Law; Tamine, 2010). Esses ácidos graxos livres contribuem para o sabor e textura do queijo, além de serem precursores na síntese de compostos como metilcetonas, álcoois secundários, ésteres, alcanos e lactonas (Tekin; Güler, 2019).

O teor de ácidos graxos totais aumenta durante a maturação devido ao processo de lipólise, na qual ocorre aumento no teor de sólidos totais e lipídios, principalmente nos primeiros 45 dias da maturação (Bontinis et al., 2012). Jesus Filho et al. (2021) encontraram no perfil de ácidos graxos do QMA da microrregião da Canastra em maior proporção os ácidos palmítico, oleico e esteárico. Enquanto Dargère et al. (2023a) demonstraram que o perfil de

ácidos graxos dos queijos de diferentes origens varia, destacando a importância destes parâmetros para determinar a autenticidade destes produtos.

Os ácidos graxos são caracterizados como ácidos carboxílicos compostos por cadeias hidrocarbonadas contendo um número variável de carbonos, que abrange de 04 a 36 átomos de carbono. Esses ácidos graxos podem ser classificados em cadeia curta (4-8 carbonos), média (8-12 carbonos) e longa (acima de 12 carbonos), fazendo parte das moléculas de lipídios (Nelson; Cox, 2019). Eles podem ocorrer em duas formas distintas: saturados, caracterizados por ligações simples entre os átomos de carbono, e insaturados, nos quais ocorrem ligações duplas (Santos et al., 2013). Os ácidos graxos insaturados são ainda subdivididos em monoinsaturados, contendo uma única ligação dupla, e poliinsaturados, com duas, três ou quatro ligações duplas (Godber, 1994).

Os principais ácidos graxos encontrados em QMA na forma saturada são: C4:0 (butírico), C6:0 (capróico), C8:0 (caprílico), C10:0 (decanóico), C11:0 (hendecanóico), C12:0 (láurico), C13:0 (tridecanóico), C14:0 (mirístico), C15:0 (pentadecanóico), C16:0 (palmítico), C17:0 (margárico), C18:0 (esteárico), C20:0 (araquídico), C21:0 (heneicosanóico), C22:0 (beênico), C23:0 (tricosanóico), C24:0 (lignocérico); monoinsaturada: C14:1 (miristoléico), C16:1 (palmítoleico), C17:1 (margaroléico), C18:1N9T (elaídico), C18:1N9C (oleico), C24:1 (lignoceroléico); poliinsaturada: C18:2N6C (linoleico), C18:3N6 ( $\gamma$ -linolênico), C18:3N3 ( $\alpha$ -linolênico), C20:2 (eicosadienóico), C20:3N6 (dihomo- $\gamma$  linoleico), C20:4N6 (araquidônico), C22:2 (docosadienóico), C20:5N3 (eicosapentaenóico), C22:6N3 (19-docosahexaenóico) (Dargère et al. 2023c; Jesus Filho et al., 2021). No estudo de Bontinis et al. (2012) com queijo de cabra Xinotyri os autores observaram acúmulo ao longo da maturação dos ácidos palmítico (12 vezes), mirístico (11,5 vezes), cáprico e oleico (10,8 e 10,7 vezes, respectivamente). No entanto, os ácidos butírico e capróico aumentaram apenas 4 e 5,3 vezes, respectivamente.

### 2.6.2 Perfil de compostos voláteis

Os compostos voláteis presentes nos queijos são substâncias de baixo peso molecular que resultam de uma complexa interação entre as atividades bioquímicas e microbianas durante a fabricação e maturação (proteólise, lipólise e glicólise). Esses compostos são responsáveis pelos aromas do queijo (Fox, 2004; Gonzáles-Martín et al., 2014). O sabor característico do queijo é influenciado pelo equilíbrio entre compostos voláteis e não voláteis, os quais têm origem no catabolismo de lipídios, proteínas e carboidratos durante o processo de maturação. A presença de sabores desagradáveis no queijo pode ser atribuída à presença de compostos

originados no leite, que são posteriormente transferidos para o queijo durante o processo de maturação. Essa transferência ocorre principalmente devido à ação de enzimas presentes no leite cru, bem como do fermento “pingo” e do coalho utilizados ao longo da maturação do queijo (Zabaleta et al., 2017).

De acordo com Pluta-Kubica (2021), os compostos voláteis podem ser divididos em duas categorias em relação à sua origem: I - voláteis nativos que são encontrados no leite e não passam por transformações durante o processo de fabricação do queijo. Esses compostos podem ser sintetizados no rúmen pela alimentação e outros fatores externos; II - voláteis do queijo, que são produzidos em diferentes estágios durante a fabricação, principalmente durante a fase de maturação.

A maioria desses compostos voláteis presentes no queijo, responsáveis pelo *flavour* característico de cada produto são provenientes do metabolismo de microrganismo da microbiota endógena do leite cru e das enzimas presentes no “pingo” que durante a maturação, desencadeará reações nos componentes dos leites (Mcsweeney, 2004). Esta atividade da microbiota juntamente com as características físicas de cada microrregião (altitude, temperatura e umidade) onde os queijos são produzidos e maturados, irão atribuir aromas exclusivos e únicos, sendo os compostos voláteis os responsáveis pela identidade do produto (Kakimura et al., 2019).

Os compostos voláteis do queijo apresentam uma composição diversificada de classes de compostos, por exemplo: ácidos, ésteres, aldeídos, álcoois, cetonas, hidrocarbonetos, terpenos e compostos sulfurados (Jesus Filho et al., 2021). Analisando o perfil de compostos voláteis de QMA da microrregião da Canastra em três estágios de maturação (queijo fresco: sem maturação; queijo de cura curta: 10 dias de maturação; e queijo curado: 22 dias de maturação), Jesus Filho et al. (2021) encontraram 14 compostos das categorias álcoois, 13 ácidos e 11 ésteres, entre os que mais influenciaram no aroma do queijo foram o ácido acético, ácido isobutírico, ácido butanoico e o hexanoato de etila. O ácido acético resultante da atividade das bactérias lácticas e do catabolismo de ácidos graxos, pode conferir sabores com notas ácidas e acéticas. Enquanto o composto hexanoato, está relacionado a atributos originados da ação lipolítica, como azedo, rançoso e caprino, assim como o ácido butanoico, descrito por sua importância odorífera devido ao aroma rançoso.

O sabor do queijo é o equilíbrio de numerosos compostos voláteis e não voláteis liberados durante a maturação (Tekin; Hayaloglu, 2023). Ceruti et al., (2016) descreveram as mudanças ocorridas nos queijos Reggianito ao longo da maturação, caracterizando principalmente os compostos voláteis, aos 180 dias de maturação encontraram um perfil

predominado por ácidos graxos livres de cadeia par (C2-C14), de cadeia ramificada (ácidos isovalérico e 2-metilbutanoico) e ácido heptanoico e nonanoico. Também foram encontrados importantes ácidos voláteis como acético, butírico, caproico, ácido isovalérico e 2-metilbutanoico.

Enquanto D’Incecco et al. (2020) em queijos Parmigiano Reggiano maturados até 50 meses, demonstraram que a fração volátil total quase triplicou ao longo do período de maturação, principalmente devido ao aumento da quantidade de ácidos graxos livres de cadeia curta, destacando os ácidos butanóico, hexanoico e octanoico. E no estudo de Dargère et al. (2023b) em QMA, foram identificados compostos pertencentes ao grupo dos terpenos, na qual são derivados do metabolismo de plantas disponíveis em pastagens, principalmente dicotiledôneas. Esses compostos têm sido utilizados como marcadores vegetais para rastrear a origem de produtos pertencentes às microrregiões de Araxá e Canastra. Além de ser uma informação importante na avaliação da origem geográfica dos queijos.

Também foram identificadas maiores concentrações de ésteres e menos concentração de álcoois no queijo Canastra, isso pode ser reflexo dos processos de glicólise e proteólise, que ao longo da maturação, ocorre aumento considerável dos compostos ésteres e diminuição do grupo álcool e ácido carboxílico. Isso implica que na microrregião da Canastra ocorreu um processo de maturação mais avançado durante o estudo (Dargère et al., 2023b) e atributos de frutado do queijo. No entanto, podem ocorrer flutuações durante o período de maturação e ocorrer aumento nos níveis de álcoois em função da degradação secundária formados pela redução de aldeídos e cetonas (Tekin; Hayaloglu, 2023).

As propriedades metabólicas que os queijos Tulum apresentaram durante 90 dias de maturação foi o estudo de Gezginc et al. (2022), na qual identificaram 36 compostos voláteis. Os compostos voláteis predominantemente foram o hexanoico (12,28%), octanoico (11,72%), decanoico (7,31%), dodecanoico (3,26%), tetradecanoico (10,86%), pentadecanoico (32,35%) e trans-octadecanoico (24,54%).

Cardinali et al. (2022) avaliaram o perfil de compostos voláteis do queijo *Queijo de Nisa* DOP (Denominação de Origem Protegida) obtido de leite cru de ovelha coagulado com coalho de cardo (planta de nome científico *Cynara cardunculus*), e encontraram principalmente compostos como ácidos carboxílicos (2-metil propanoico, butanoico, 2-metil butanoico, 3-metil butanoico, hexanoico, heptanoico, octanoico, nonanoico, decanoico, dodecanoico) (31–50 % do total de voláteis), estes associados a aromas ácido, vinagre, rançoso, fermentado, azedo, cabra e gordura, com exceção do octanoico que atribuiu aroma doce. Em seguida, foram encontrados compostos de carbonila (2-butanona, 3-metil butanal, 3-hidroxiбутан-2-ona, 2-

heptanona, benzaldeído, fenilacetaldeído, 2-nonanona, dodecanal) (5-24% do total de voláteis), álcoois (etanol, 2-propanol, 3-metil-butanol) (1-24% dos voláteis totais) e ésteres (acetato de isobutil, butirato de 2-butila, hexanoato de etila, octanoato de etila, decanoato de etila, dodecanoato de etila) (1–4% do total de voláteis).

Os ácidos graxos voláteis que mais se destacaram no estudo desses autores foram butanoico, octanoico e nonanoico, a metilcetona mais abundante foi a 2-butanona e o grupo éster foi representado principalmente pelo hexanoato de etila. O composto 2-butanona é uma de cetona com grande impacto no aroma do QMA, detalhado aromaticamente como amanteigado e leitoso. Enquanto os ésteres apresentam relação com aromas frutados, florais, doces e perfumados, o que reduz a percepção de odores indesejáveis (Cardinali et al., 2022). Concentrações excessivas de ácidos graxos livres (AGL's) podem causar sabor rançoso, mas apesar das quantidades desses compostos encontradas no queijo, o sabor é suave e agradável. Isso pode ocorrer devido ao pH relativamente alto do queijo que provoca a transformação dos AGL's em sua forma salina, reduzindo assim o impacto do sabor dos AGL's. Além disso, o aroma do queijo é resultado da delicada interação de muitos compostos voláteis, destacando a presença de ésteres etílicos que atribui notas frutadas e minimizam o ranço derivado dos AGL's (Nogueira; Lubachevsky; Rankin, 2005).

Portanto, o processo de maturação tem forte efeito na composição volátil dos queijos e influencia diretamente na qualidade final do produto. Durante a maturação ocorrem alterações desses compostos, aumentando de acordo com dias de maturação (Bontinis et al., 2012).

### **2.6.3 Oxidação lipídica**

A oxidação lipídica em queijos é um processo natural que ocorre especialmente durante longos períodos de maturação. Quando armazenados em condições inadequadas, os queijos, alimentos ricos em lipídios, estão sujeitos a esse fenômeno (Lafia et al., 2022). Durante a oxidação, os ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio atmosférico, sendo catalisados pelas ligações duplas que servem como centros para essa interação (Soares et al., 2012). Essa reação é mais significativa em ácidos graxos quando estão livres, e sua velocidade é influenciada pelo grau de insaturação desses ácidos (Romani et al., 2020). Assim como pela temperatura do processamento e armazenamento. Quanto mais alta a temperatura maior é a velocidade da oxidação (Lafia et al., 2022).

Esse fenômeno desencadeia uma série de alterações que impactam as características sensoriais do produto, resultando na diminuição de seu valor nutritivo e prejudicando sua

qualidade sensorial (Cardoso et al., 2021).

Durante o processamento e armazenamento, os produtos lácteos estão sujeitos à influência da luz, o que pode desencadear a degradação de proteínas, lipídios e vitaminas, resultando na formação de compostos indesejáveis, como cetonas e peróxidos. Essas reações de oxidação dos lipídios, são responsáveis pelo surgimento de *off-flavours*, caracterizados pelo sabor de ranço, juntamente com variações na cor e problemas de textura. As principais reações ocorridas no desenvolvimento dos *off-flavours* nos produtos lácteos, como o queijo, são a oxidação lipídica e a lipólise (Cardoso et al., 2021; Teles, 2019).

A oxidação lipídica consiste em três estágios: iniciação, propagação e terminação (Ferrari, 1998). Durante a iniciação, um radical livre é formado pela remoção de um hidrogênio da cadeia do ácido graxo, geralmente próximo à dupla ligação. Na etapa de propagação, o oxigênio reage com o radical livre formando o radical peroxil (-CH=CO-), altamente reativo, que pode retirar átomos de hidrogênio de outros ácidos graxos insaturados, resultando na formação de hidroperóxidos. Esses radicais também podem catalisar a formação de produtos secundários como cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e aldeídos. Os radicais livres atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico. Por fim, na fase de terminação, a concentração de radicais livres se torna tão elevada que eles combinam entre si, formando uma molécula não radical, e assim encerrando o processo de oxidação (Cardoso et al., 2021; Dapa-Paula et al., 2021; Ferrari, 1998; Teles, 2019).

#### 2.6.4 Cor

A cor é a representação visual resultante da interação da luz com um objeto e pode variar em três dimensões principais: tonalidade cromática, luminosidade ou brilho e croma, saturação ou pureza (Tunick, 2000).

A tonalidade cromática identifica as diferentes cores como violeta, azul, amarelo, laranja, vermelho e púrpura, sendo influenciada pela absorção da energia radiante em vários comprimentos de onda. A luminosidade descreve a relação entre a luz refletida ou absorvida e caracteriza a cor como mais ou menos brilhante, variando de preto a branco. Por fim, o croma indica a pureza da cor, distinguindo-a do cinza (Piazzon-Gomes; Prudêncio; Silva, 2010). Em um estudo feito por Brumano (2016) verificou-se que no QMA da microrregião do Serro, maturados com 29 dias apresentaram-se mais escuros, devido a baixos valores do parâmetro luminosidade.

A análise da cor nos alimentos é um dos parâmetros indicadores de qualidade, que

influencia significativamente a aceitação do produto pelo consumidor (Laurindo, 2017). No caso de queijos, a percepção inicial da cor pode impactar diretamente a avaliação sensorial, afetando não apenas a aceitabilidade, mas também aspectos como textura e sabor (Brandielli, 2016)

Nos produtos lácteos, a cor é predominantemente determinada pela gordura presente no leite, que contém carotenoides adquiridos através da alimentação animal. Esses carotenoides são pigmentos lipossolúveis originados dos vegetais consumidos pelos animais e são transferidos para o leite através do tecido adiposo. Estudos mostram que queijos com maior teor de gordura tendem a exibir uma tonalidade mais amarelada, enquanto aqueles com menor teor de gordura apresentam uma coloração menos amarelada (Brandielli, 2016; Laurindo, 2017).

A cor pode sofrer alterações durante o período de maturação. Conforme estudo de D’Incecco et al. (2020) em queijo Parmegiano Regiano, em que foi possível identificar diferenças de cor entre os períodos de maturação. Após 30 meses de maturação, a diferença aumentou devido à redução dos valores de luminosidade. Esta tendência pode ser explicada em função da redução da umidade ao longo do tempo.

Enquanto Pereira (2019) verificou que o parâmetro luminosidade após os 60 dias de maturação os queijos apresentaram maior luminosidade e no início da maturação não encontrou diferença significativa. Isso pode ser justificado pelo período inicial de atividade das enzimas envolvidas na maturação responsáveis pelos parâmetros de cor do queijo. E para a coordenada cromática  $a^*$ , responsável pela tonalidade vermelha, ocorreu aumento desse parâmetro no decorrer da maturação.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Coleta das amostras e delineamento experimental de Araxá e Canastra**

O delineamento utilizado no experimento para avaliação dos queijos das duas regiões foi o inteiramente casualizado (DIC) disposto com seis tempos de maturação (1, 7, 14, 28, 42 e 63 dias). Para a microrregião de Araxá foi utilizado 11 repetições (cada uma constituída por um produtor) com medida repetida no tempo, totalizando 66 unidades experimentais. Para Canastra foram 16 repetições, onde cada produtor representa uma repetição, totalizando assim 96 unidades experimentais. As amostras de queijo foram obtidas através da parceria e colaboração dos produtores.

As amostras da microrregião de Araxá (região certificada e reconhecida para a produção desse tipo de queijo) somente foram coletadas de produtores que faziam parte da Associação dos Produtores do Queijo Minas Artesanal Araxá (AQMARA) e de produtores cadastrados no Instituto Mineiro de

Agropecuária (IMA), a fim de garantir as exigências sanitárias vigentes e o processamento dos produtos, conforme Decreto nº 48024 de 19 de agosto de 2020 (MINAS GERAIS, 2020). Da mesma forma as amostras da Canastra (certificada e reconhecida para a produção desse queijo) foram coletadas somente de produtores cadastrados na Associação dos Produtores de Queijo Canastra (APROCAN) e no Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA).

No estudo, foram utilizados queijos do mesmo lote de produção (mesmo “pingo” e leite) e maturados nas condições da propriedade de origem. As amostras de Araxá do tempo “1” foram coletadas em Outubro de 2022 e, posteriormente, nos dias específicos de cada período de maturação. Para Canastra as amostras do tempo “1” foram coletadas em Janeiro de 2023, e posteriormente, nos dias específicos de cada período de maturação.

Cada amostra foi acondicionada individualmente em embalagem plástica de polietileno atóxica e estéril, identificadas externamente por meio de etiqueta adesiva, e transportadas em caixa isotérmica com gelo, processadas (raladas), congeladas e enviadas ao Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA para as análises laboratoriais.

As amostras foram encaminhadas para análise após serem trituradas individualmente em processador, homogeneizadas e, separadas em porções de 150 gramas em saquinhos de polietileno atóxica, identificadas e armazenadas em freezer a -18 °C.

### **3.2 Análise do perfil lipídico**

A extração dos lipídeos das amostras foi de acordo com a metodologia de Folch et al. (1957), seguido pelo processo de preparação dos ésteres metílicos pelo método descrito por Hartman e Lago (1973) com as modificação de Maia and Rodrigues-Amaya (1993).

Os ésteres metílicos foram analisados no laboratório de Análises e Prospecção Química do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras - DQI/UFLA, através de um cromatógrafo a gás (SHIMADZU - GC-2010), equipado com injetor automático (SHIMADZU - AOC-20i), com detector de ionização de chama (GC-FID), coluna capilar SP- 2560 (100 metros x 0,25 mm x 0,20 µm), utilizando-se hélio como gás de arraste (2 mL/min). O tempo total da corrida foi de 60 minutos, cuja temperatura da coluna iniciou-se a 140 °C, permanecendo por 5 minutos. Posteriormente, a temperatura foi aumentada em 4°C/min., chegando a uma temperatura final de 240 °C, que se manteve constante por 30 minutos. O perfil de ácidos graxos foi expresso em cromatograma, obtido a partir do software GCSolution, tendo como referência um padrão composto por 37 ácidos graxos (Fame Mix 37®Supelco), ao qual foi comparado o tempo de retenção de cada pico presente nas amostras para identificação. A composição do perfil de ácidos graxos nas

amostras de queijo analisadas, foi expressa através da quantificação por meio da adição de padrão interno, o éster metílico nonadecaoato (C19:0) na concentração de 1mg/mL e fatores de correção como o fator de correção teórico (TFC) e a conversão do éster metílico em ácido graxo (FCEA) (Visentainer, 2012).

### **3.3 Análise dos compostos voláteis**

Para a determinação dos compostos voláteis, foram retiradas alíquotas de cinco gramas de cada amostra, que posteriormente foram fracionadas em pequenas porções e colocadas em vial de 20mL.

A técnica utilizada foi a de microextração em fase sólida acoplada à cromatografia gasosa de alta resolução/espectrometria de massas (MEFS-CGAR/EM). As amostras foram incubadas a 60 °C por 10 minutos e os componentes voláteis foram extraídos por microextração em fase sólida - SPME (Solid Phase Micro Extration), utilizando-se a fibra DVB/CAR/PDMS (divinylbenzene/carboxen/polidimetilsiloxano) com espessura de filme de 50/30 milímetros, com duração de 30 minutos. Terminada a extração, a fibra foi introduzida no injetor do equipamento de cromatografia gasosa (SHIMADZU - GC/MS-QP2010) para separação e identificação dos compostos voláteis, com injetor automático (SHIMADZU - AOC-5000), a 250°C no modo de injeção Splitless e com insersor de 31 milímetros. O cromatógrafo estava equipado com coluna capilar Slb-5MS (Supelco, 30m x 0,25mm x 0,25µm) cuja temperatura inicial e final deve ser à 40°C e 230°C, respectivamente. Foi utilizado o Hélio como gás de arraste com vazão de 2 mL/min.

O resultado da análise foi expresso em percentagens de área de cada analito presente nas amostras de queijo. A identificação dos compostos foi feita por integralização dos picos gerados no cromatograma e o banco de dados do software GCSolution (NIST, 2020), em função do espectro de massa. Os compostos voláteis presentes nas amostras foram ainda identificados por comparação entre os valores de índice de Kovats, calculados através dos índices de retenção obtidos experimentalmente para cada composto, e aqueles da literatura (Adams, 2007).

### **3.4 Análise colorimétrica**

A determinação da cor instrumental foi avaliada em triplicata no equipamento colorímetro de bancada, (modelo CR-5, marca Konica Minolta®) que foi previamente

calibrado e ajustado para ser operado com o iluminante D65 e ângulo de 10°. O método utilizado foi proposto pelo sistema CIELab (CIE, 1986), que se baseia na representação tridimensional, onde cada cor pode ser representada por um único ponto, sendo definida pelas coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , onde o parâmetro  $L^*$  corresponde a luminosidade na escala de 0 – 100 (do preto ao branco);  $a^*$  representa a variação de tonalidade de vermelho (+) ou verde (-) e  $b^*$  representa a variação da tonalidade do amarelo (+) ou azul (-). 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).

### 3.5 Oxidação lipídica

A avaliação da oxidação lipídica foi realizada por meio de dois métodos: a determinação do índice de TBAR's e pelo teor de ácidos graxos livres.

#### 3.5.1 Índice de TBAR's

A análise de oxidação lipídica foi realizada por substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico – TBAR's, de acordo com a metodologia proposta por Kang et al. 2001.

#### 3.5.2 Ácidos graxos livres (AGL's)

O teor de ácidos graxos livres (AGL's) das amostras de queijo foi determinado pelo método de extração descrito por Deeth e Fitz-Gerald (1976). O teor de AGL's do queijo foi calculado (Equação 1), na qual a letra “N” representa a normalidade da solução metanólica de hidróxido de potássio, sendo seu valor constante (0,02 N). Para obter a titulação de fundo, o branco foi utilizado como referência.

$$AGL [\mu g/g \text{ de gordura}] = 1000 * \left( \frac{V1 * N}{V2 * W} \right) \quad (1)$$

### 3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância com nível de 5% de significância, para verificar o efeito do tempo de maturação sobre os parâmetros de perfil lipídico, compostos voláteis, oxidação lipídica, cor e umidade dos queijos. E, quando significativo, o parâmetro foi submetido a análise de regressão para verificar seu comportamento durante o tempo de maturação. Quando necessário, para atender as premissas na análise de variância, foi realizada a transformação logarítmica. Para a avaliação do comportamento dos grupos químicos em

relação ao tempo de maturação, realizou-se a análise de componentes principais (ACP). As etapas estatísticas foram realizadas com auxílio do ambiente computacional R Core Team (2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Perfil Lipídico

#### 4.1.1 Queijo Minas artesanal de Araxá

Os resultados referentes ao perfil lipídico e tempo de maturação das amostras de queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá estão apresentados na Tabela 1. Em relação às amostras de Araxá foram identificados 37 ácidos graxos, na qual 14 ácidos graxos tiveram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tempos de maturação e explicados por modelos de regressão.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos do queijo Minas artesanal de Araxá em função dos tempos de maturação.

Ácidos Graxos	Tempo de Maturação (dias)						(Continua)	
	1	7	14	28	42	63	P*	P <sup>1</sup>
C4:0	0,61	0,43	0,38	0,53	0,62	0,46	0,000	0,940
C6:0	1,30	2,01	3,49	1,10	2,25	1,96	0,000	0,999
C8:0	3,50	4,92	5,86	4,08	4,67	4,63	0,000	0,759
C10:0	18,50	20,36	21,53	20,67	23,08	21,07	0,000	0,222
C11:0	0,24	0,15	0,14	0,13	0,11	0,12	0,000	L(0,048)
C12:0	28,08	27,57	28,64	30,42	31,85	29,97	0,000	0,096
C13:0	0,80	0,77	0,79	0,83	0,83	0,82	0,000	0,124
C14:0	95,08	92,55	95,95	106,05	105,58	102,54	0,463	0,090
C14:1	12,55	11,97	12,88	11,22	13,96	13,57	0,000	0,263
C15:0	8,49	8,36	8,88	9,52	9,38	9,38	0,000	0,171
C15:1	0,42	0,30	0,26	0,22	0,39	0,27	0,000	C(0,026)
C16:0	277,05	270,34	278,34	310,29	302,35	299,11	0,000	L(0,046)
C16:1	11,48	8,82	9,85	11,22	11,45	11,17	0,000	0,375
C17:0	3,66	3,78	4,16	5,06	5,00	5,08	0,000	L(0,019)
C17:1	1,47	1,75	1,87	2,04	1,96	1,97	0,000	L(0,042)
C18:0	94,92	94,52	94,34	106,84	100,90	102,85	0,726	0,122
C18:1N9C	169,28	164,51	169,47	189,27	178,86	182,34	0,285	L(0,044)
C18:2N6T	0,26	0,38	0,46	0,56	0,40	0,55	0,000	L(0,048)
C18:2N6C	14,63	15,04	14,33	16,88	16,31	16,20	0,000	0,116
C18:3N6	1,16	1,14	1,04	1,14	1,08	1,10	0,000	0,484
C18:3N3	1,91	1,88	1,90	2,12	1,86	1,96	0,000	0,698
C20:0	0,11	0,13	0,16	0,19	0,24	0,20	0,000	L(0,036)

Ácidos Graxos	Tempo de Maturação (dias)						(Conclusão)	
	1	7	14	28	42	63	P*	P <sup>1</sup>
C20:1	5,04	5,53	6,02	6,54	6,17	6,38	0,000	0,079
C20:2	0,17	0,11	0,11	0,16	0,17	0,17	0,000	0,352
C20:3N6	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,38	0,000	0,064
C20:3N3	0,05	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,000	0,276
C20:4N6	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,000	L(0,009)
C20:5N3(EPA)	0,16	0,15	0,16	0,19	0,12	0,16	0,000	0,816
C21:0	0,15	0,20	0,16	0,17	0,15	0,17	0,000	0,606
C22:0	0,63	0,61	0,58	0,64	0,61	0,61	0,000	0,927
C22:1N9	1,23	1,20	1,13	1,20	1,34	1,34	0,000	0,074
C22:2	0,18	0,04	0,03	0,03	0,00	0,03	0,000	Q(0,002)
C22:6N3(DHA)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,000	L(0,013)
C23:0	0,11	0,13	0,17	0,21	0,22	0,24	0,000	L(0,006)
C24:0	0,27	0,27	0,30	0,29	0,28	0,29	0,000	0,349
C24:1	0,09	0,09	0,07	0,03	0,10	0,02	0,000	L(0,032)
Somatório								
SFA	533,49	527,11	543,88	597,00	588,65	579,49	0,000	L(0,047)
UFA	220,46	213,35	220,03	243,29	234,61	237,67	0,014	L(0,050)
MUFA	201,55	194,17	201,55	221,75	214,23	217,06	0,067	L(0,048)
PUFA	18,91	19,19	18,47	21,55	20,38	20,62	0,000	0,074
ω6	16,32	16,66	15,88	18,59	17,97	17,87	0,000	0,124
ω3	2,15	2,10	2,10	2,36	2,02	2,16	0,000	0,980
Relação/Índices								
SFA/PUFA	28,85	28,57	29,78	28,47	29,43	28,84	0,000	0,941
PUFA/SFA	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,000	0,178
ω6/ω3	8,08	8,34	8,25	8,44	9,63	9,04	0,000	0,083
ω3/ω6	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,000	0,189
ATERO	3,15	3,19	3,17	3,19	3,22	3,13	0,000	0,893
TROMBO	4,06	4,13	4,10	4,13	4,15	4,08	0,000	0,775

\*Teste F ( $\alpha = 0,05$ ); <sup>1</sup>Análise de regressão ( $\alpha = 0,05$ ); L – Efeito Linear; Q – Efeito Quadrático; C – Efeito Cúbico SFA – somatório de ácidos graxos saturados; UFA – somatório de ácidos graxos insaturados ; MUFA – somatório de ácidos graxos monoinsaturados; PUFA – somatório de ácidos graxos poli-insaturados; ω6 – somatório de ácidos graxos ω6; ω3 – somatório de ácidos graxos ω3; SFA/PUFA – relação de ácidos graxos saturados/poliinsaturados; PUFA/SFA – relação de ácidos graxos polinsaturados/saturados; ω6/ω3 – relação entre ácidos graxos ω6 e ω3; ω3/ω6 – relação entre ácidos graxos ω3 e ω6; ATERO – índice de aterogenicidade; TROMBO – índice de trombogenicidade.

Fonte: Do autor (2024).

A maioria dos estudos mostra o acúmulo de ácidos graxos no queijo durante longos períodos de maturação. O nível de ácidos graxos aumenta gradativamente dependendo do tempo de maturação e do tipo de queijo devido à lipólise, que é a quebra de gorduras em ácidos graxos livres durante o processo de maturação (Białek et al., 2020; Mureşan et al., 2021). O

ácido graxo palmítico (C16:0) e oleico (C18:1N9C) apresentaram os maiores teores durante os períodos de maturação avaliados, em relação aos demais ácidos graxos identificados nas amostras (Tabela 1). A quantidade elevada de ácido palmítico (C16:0) também foi evidenciada em outros queijos como queijo Apuseni (Mureşan et al., 2021), queijo azul, queijo suíço, Roquefort (Woo; Lindsay, 1984) e também em muitas variedades gregas, como Kasserli, Graviera (Danezis et al., 2020) e Feta (Gatzias et al., 2020). Embora não tenham apresentado diferença significativa entre os tempos de maturação ( $p > 0,05$ ), isso pode ser explicado pelo fato de o ácido palmítico ser um ácido graxo saturado, estruturalmente estável, que tende a permanecer constante durante o processo de maturação.

Para o ácido margárico (C17:0) foi verificado um incremento de 38% no teor ao final da maturação. Resultado semelhante ocorreu para os ácidos graxos araquídico (C20:0) e tricosanoico (C23:0), na qual tiveram um aumento de 54% e 50% nos teores, respectivamente. E para o ácido linoleico (C18:2N6T) em que o teor duplicou até os 63 dias de maturação (Figura 6).

O ácido graxo pentadecenoico (C15:1), eicosadienoico (C20:2), araquídico (C20:0) e lipídeos totais apresentaram aumento significativo nos teores até 42 dias de maturação. Enquanto o teor do ácido docosadienoico (C22:2) diminuiu até os 42 dias de maturação.

Para os ácidos graxos hendecanoico (C11:0), araquidônico (C20:4N6), lignocerólico (C24:1) e 19-docosahexaenoico (C22:6N3(DHA)) o efeito do tempo de maturação ocorreu de forma linear, na qual os teores dos ácidos diminuíram ao decorrer da maturação (Figura 7). A redução nos teores desses ácidos, sugere a ocorrência de liberação seletiva pelas lipases presentes no queijo ou sua síntese pela microflora do queijo (Mcsweeney; Sousa, 2000; Mureşan et al., 2021). A presença de lipases em queijos promove a hidrólise da gordura com liberação de ácidos graxos e a formação de compostos que podem conferir diferentes tipos de sabores, desde picante, rançoso, gorduroso e de sabão ao produto (Santos; Salgado; Vanetti, 2021).

Por outro lado, para os ácidos graxos margárico (C17:0), linoleico (C18:2N6T) e tricosanoico (C23:0) o tempo de maturação influenciou linearmente com aumento nos seus teores (Figura 6). O aumento na concentração destes ácidos graxos podem ter ocorrido pela diminuição da umidade do queijo durante a maturação e não ocorrência de sua oxidação, uma vez que a perda de água ao longo desse processo resulta na concentração dos componentes sólidos, como proteínas e lipídios com redução do teor de umidade (Álvarez; Fresno, 2020; Białek et al., 2020; Fallico, 2006).

O índice de aterogenicidade (ATERO), as relações entre ácidos graxos saturados e

poliinsaturados (SAT/POL) e dos teores de ômega 6 e 3 ( $\omega 6/\omega 3$ ), bem como índice de trombogenicidade (TROMBO) não sofreram influência significativa em relação aos tempos de maturação. De acordo com o demonstrado na Tabela 1, houve uma pequena variação nos teores de ômega 6 e 3, o que pode ser compreendido ao se observar os maiores teores dos ácidos graxos poliinsaturados.

Figura 6. Regressão linear e não linear para os ácidos graxos palmítico (a), margárico (b), margaroléico (c), oleico (d), linoleico (e), araquídico (f), tricosanóico (g), saturados (h) do queijo Minas artesanal de Araxá durante o tempo de maturação.

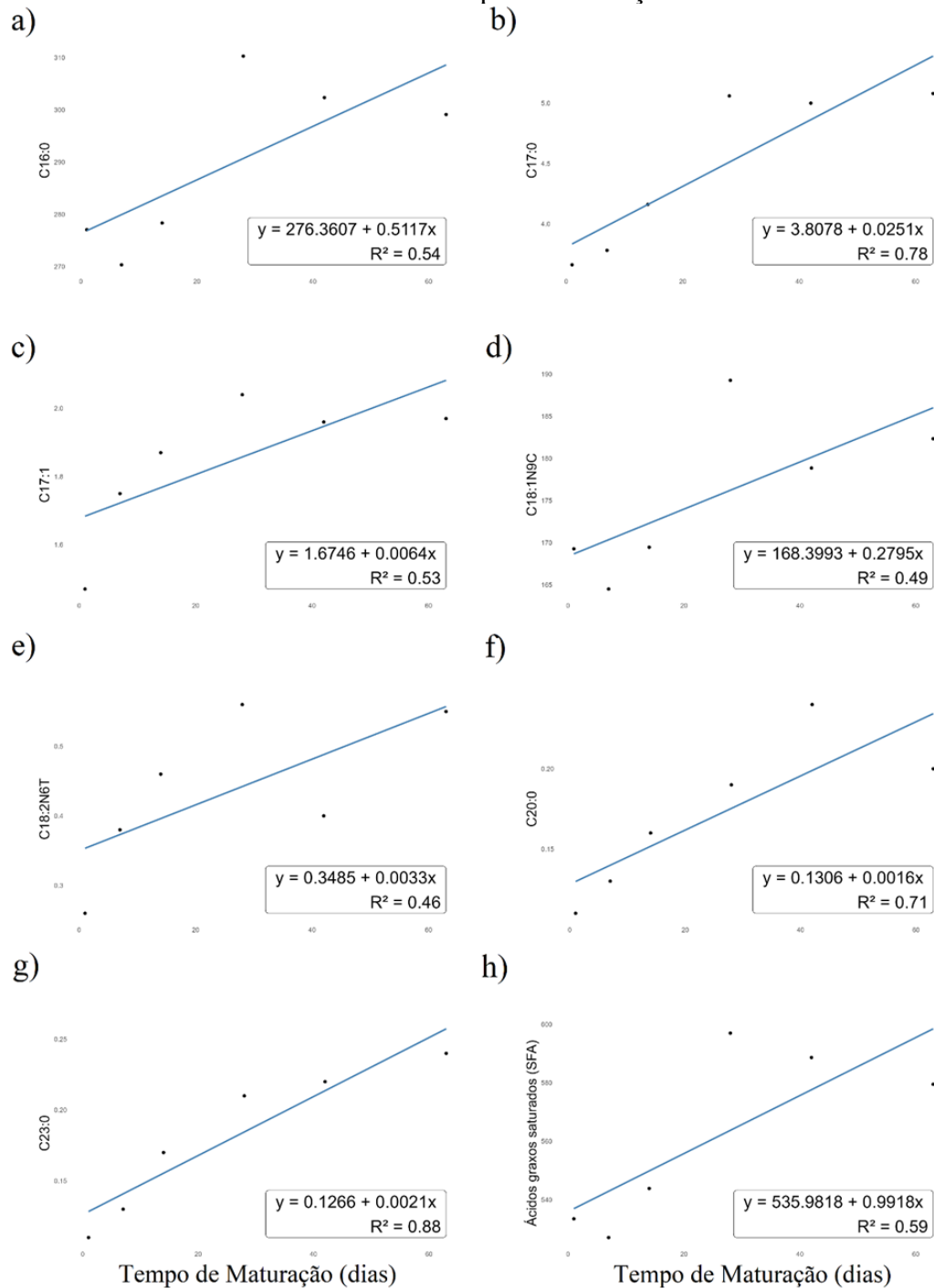
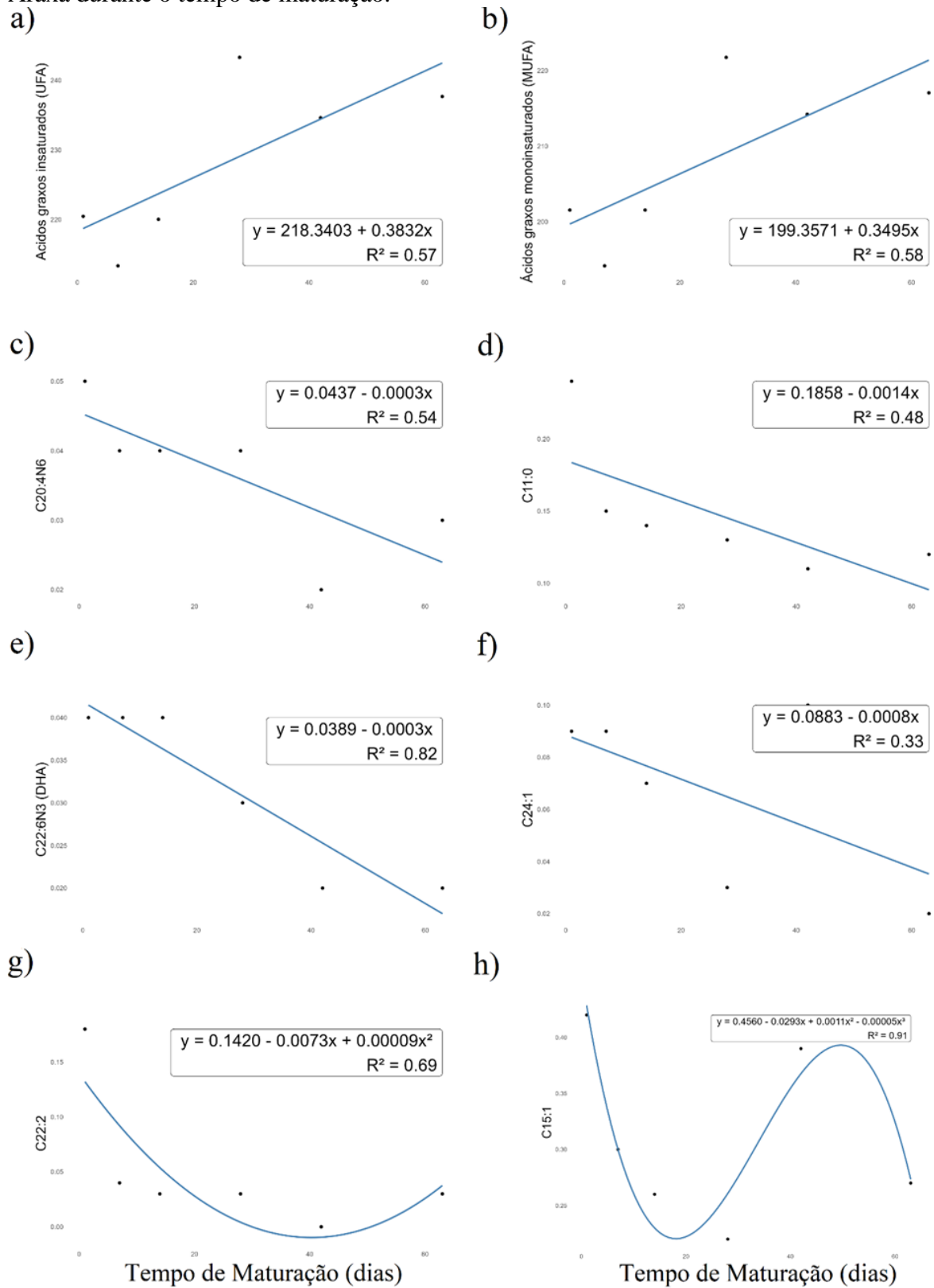


Figura 7. Regressão linear e não linear para os ácidos graxos poliinsaturados (a), monoinsaturados (b), araquidônico (c), hendecanoico (d), 19-docosaenóico (e), lignocerólico (f), docosadienóico (g), 10-pentadecenoico (h) do queijo Minas artesanal de Araxá durante o tempo de maturação.



### 4.1.2 Queijo Minas artesanal da Canastra

Os resultados referentes ao perfil lipídico e tempo de maturação das amostras de queijo Minas artesanal da microrregião da Canastra estão apresentados na Tabela 2. Em relação às amostras da Canastra foram identificados 37 ácidos graxos, na qual 19 ácidos graxos tiveram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tempos de maturação e explicados por modelos de regressão.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos do queijo Minas artesanal da Canastra em função dos tempos de maturação.

Ácidos Graxos	Tempo de Maturação (dias)						(Continua)	
	1	7	14	28	42	63	P*	P <sup>1</sup>
C4:0	0,08	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,000	L(0,008)
C6:0	0,26	0,38	0,52	1,54	1,25	1,60	0,000	L(0,019)
C8:0	2,35	2,79	3,16	4,18	3,89	4,78	0,000	L(0,005)
C10:0	16,00	14,46	16,11	16,50	15,07	16,47	0,000	0,532
C11:0	2,01	1,88	2,01	2,04	1,86	2,04	0,000	0,805
C12:0	24,67	23,29	25,48	24,94	21,64	22,77	0,000	0,215
C13:0	1,36	1,31	1,40	1,33	1,18	1,23	0,000	L(0,043)
C14:0	97,29	96,21	104,51	102,14	86,66	92,53	0,002	L(0,048)
C14:1	8,87	9,02	9,34	8,91	7,70	8,24	0,000	0,105
C15:0	10,44	10,46	11,20	10,81	9,37	10,13	0,000	0,300
C15:1	0,03	0,05	0,09	0,03	0,04	0,02	0,000	0,443
C16:0	274,51	275,70	299,03	292,34	248,24	263,19	0,000	L(0,009)
C16:1	15,18	16,31	16,83	18,74	14,92	16,27	0,000	0,968
C17:0	6,91	6,90	7,32	7,13	6,18	6,78	0,000	0,360
C17:1	1,81	2,36	2,44	2,42	2,07	2,28	0,000	0,747
C18:0	117,60	114,53	128,41	125,00	107,72	119,51	0,397	0,755
C18:1N9T	7,65	4,14	4,30	3,83	3,32	8,76	0,000	0,622
C18:1N9C	208,75	210,13	220,34	209,10	176,94	208,83	0,000	0,447
C18:2N6T	2,35	1,06	0,97	0,52	0,36	0,24	0,000	Q(0,048)
C18:2N6C	13,82	13,43	14,98	14,36	12,15	12,57	0,000	0,184
C18:3N6	0,12	0,12	0,08	0,11	0,09	0,11	0,000	0,722
C18:3N3	0,22	0,26	0,67	1,08	0,89	0,39	0,000	L(0,042)
C20:0	1,57	1,62	1,76	1,68	1,37	1,62	0,000	0,614
C20:1	2,94	3,08	3,06	2,91	2,56	2,84	0,000	0,172
C20:2	0,14	0,14	0,11	0,12	0,11	0,13	0,000	0,276
C20:3N6	0,44	0,45	0,49	0,47	0,38	0,41	0,000	0,182
C20:3N3	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,000	0,183
C20:4N6	0,94	0,22	0,23	0,26	1,19	0,98	0,000	L(0,015)
C20:5N3(EPA)	0,40	0,56	0,60	0,54	0,20	0,40	0,000	L(0,034)
C21:0	2,96	9,35	9,73	9,19	7,68	4,66	0,000	Q(0,023)

Ácidos Graxos	Tempo de Maturação (dias)						(Conclusão)	
	1	7	14	28	42	63	P*	P <sup>1</sup>
C22:0	0,90	0,30	0,38	0,70	1,04	0,94	0,000	L(0,022)
C22:1N9	0,07	0,05	0,06	0,08	0,10	0,03	0,000	Q(0,013)
C22:2	0,38	0,15	0,13	0,21	0,52	0,43	0,000	L (0,043)
C22:6N3(DHA)	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,000	0,131
C23:0	0,42	0,85	0,91	0,90	0,10	0,24	0,000	Q(0,024)
C24:0	0,17	0,29	0,28	0,23	0,08	0,17	0,000	L(0,028)
C24:1	0,06	0,13	0,14	0,11	0,00	0,05	0,000	L(0,047)
Somatório								
SFA	559,59	560,45	612,32	600,75	513,43	548,78	0,000	L(0,043)
UFA	264,36	261,87	275,03	264,00	223,70	263,14	0,000	0,272
MUFA	245,41	245,32	256,62	246,18	207,69	247,36	0,000	0,520
PUFA	18,95	16,55	18,40	17,82	16,10	15,78	0,000	0,087
ω6	15,48	14,38	15,91	15,34	13,94	14,22	0,000	0,208
ω3	0,73	0,94	1,38	1,73	1,18	0,88	0,000	Q(0,041)
Relação/Índices								
SFA/PUFA	33,38	36,31	35,99	36,13	34,61	37,77	0,000	0,214
PUFA/SFA	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,000	0,121
ω6/ω3	26,10	18,07	15,74	10,20	13,12	26,73	0,000	0,052
ω3/ω6	0,05	0,07	0,10	0,13	0,10	0,07	0,000	0,082
ATERO	2,67	2,68	2,74	2,78	2,81	2,54	0,000	0,062
TROMBO	3,74	3,73	3,81	3,85	3,91	3,60	0,000	0,117

\*Teste F ( $\alpha = 0,05$ ); <sup>1</sup>Análise de regressão ( $\alpha = 0,05$ ); L – Efeito Linear; Q – Efeito Quadrático; C – Efeito Cúbico; SFA – somatório de ácidos graxos saturados; UFA – somatório de ácidos graxos insaturados ; MUFA – somatório de ácidos graxos monoinsaturados; PUFA – somatório de ácidos graxos poli-insaturados; ω6 – somatório de ácidos graxos ω6; ω3 – somatório de ácidos graxos ω3; SFA/PUFA – relação de ácidos graxos saturados/poliinsaturados; PUFA/SFA – relação de ácidos graxos polinsaturados/saturados; ω6/ω3 – relação entre ácidos graxos ω6 e ω3; ω3/ω6 – relação entre ácidos graxos ω3 e ω6; ATERO – índice de aterogenicidade; TROMBO – índice de trombogenicidade.

Fonte: Do autor (2024).

Na Figura 8, 9 e 10 estão apresentados os resultados em função das análise de regressão para os ácidos graxos tridecanóico (C13:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), linoleico (C18:2N6T), alfa-linolênico (C18:3N3), araquidônico (C20:4N6), eicosapentaenóico (C20:5N3(EPA)), heneicosanóico (C21:0); beênico (C22:0), erúico (C22:1N9), docosadienóico (C22:2),tricosanóico (C23:0), lignocérico (C24:0), lignoceroléico (C24:1), butírico (C4:0), capróico (C6:0); caprílico (C8:0), saturados e ômega 3.

Os ácidos graxos que revelaram efeito linear em função do tempo de maturação foram: ácidos araquidônico (C20:4N6), beênico (C22:0), docosadienóico (C22:2), capróico (C6:0), caprílico (C8:0), tridecanóico (C13:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), linoleico

(C18:2N6T), eicosapentaenóico (C20:5N3(EPA)), lignocérico (C24:0), lignoceroléico (C24:1), butírico (C4:0), saturados e ômega 3.

Nos queijos Minas Artesanais da Canastra podem ser encontrados altos teores de ácido cáprico (C10:0), ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0) e ácido esteárico (C18:0), em virtude de os ácidos graxos saturados representarem a maioria dos ácidos graxos totais. Essa particularidade pode refletir características específicas da produção e composição do leite na Canastra (Capuano et al., 2015; German e Dillard, 2006). Alguns ácidos graxos específicos como o palmítico (C16:0), tem sido utilizado para distinguir a originalidade, aspectos, sistema de produção e condições de maturação (Danezis et al., 2020). Além disso, Margalho et al. (2021) demonstraram que amostras de queijos da Canastra podiam ser caracterizadas por meio do perfil de ácidos graxos e inferir sobre condições de maturação.

O tempo de maturação promoveu o aumento nos teores dos ácidos araquidônico (C20:4N6), beênico (C22:0), docosadienóico (C22:2), capróico (C6:0) e caprílico (C8:0) (Figura 8). Esses resultados corroboram com Jesus Filho et al. (2021), que avaliaram o impacto dos estágios de maturação sobre os perfis lipídicos do queijo Canastra, e também observaram o aumento significativo desses ácidos graxos. Enquanto os ácidos tridecanóico (C13:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), linoleico (C18:2N6T), alfa-linolênico (C18:3N3), eicosapentaenóico (C20:5N3(EPA)), heneicosanóico (C21:0), erúico (C22:1N9), tricosanóico (C23:0), lignocérico (C24:0), lignoceroléico (C24:1), butírico (C4:0), saturados e ômega 3 apresentou diminuição nos teores até os 63 dias de maturação (Figura 8 e 9).

Houve comportamento quadrático para os ácidos alfa-linolênico (C18:3N3), heneicosanóico (C21:0), erúico (C22:1N9), tricosanóico (C23:0) e ômega 3 em função do tempo de maturação (Figura 9 e 10). Para os ácidos graxos heneicosanóico e tricosanóico houve aumento até os 14 dias de maturação, alfa-linolênico e ômega 3 apresentaram aumento até os 28 dias. Enquanto o ácido erúico teve um aumento até os 42 dias de maturação. Ambos os ácidos graxos após o período de aumento apresentaram redução em seus teores.

Figura 8. Regressão linear e não linear para os ácidos graxos capróico (a), caprílico (b), araquidônico (c), beênico (d), docosadienóico (e), butírico (f), tridecanóico (g), mirístico (h) do queijo Minas artesanal da Canastra durante o tempo de maturação.

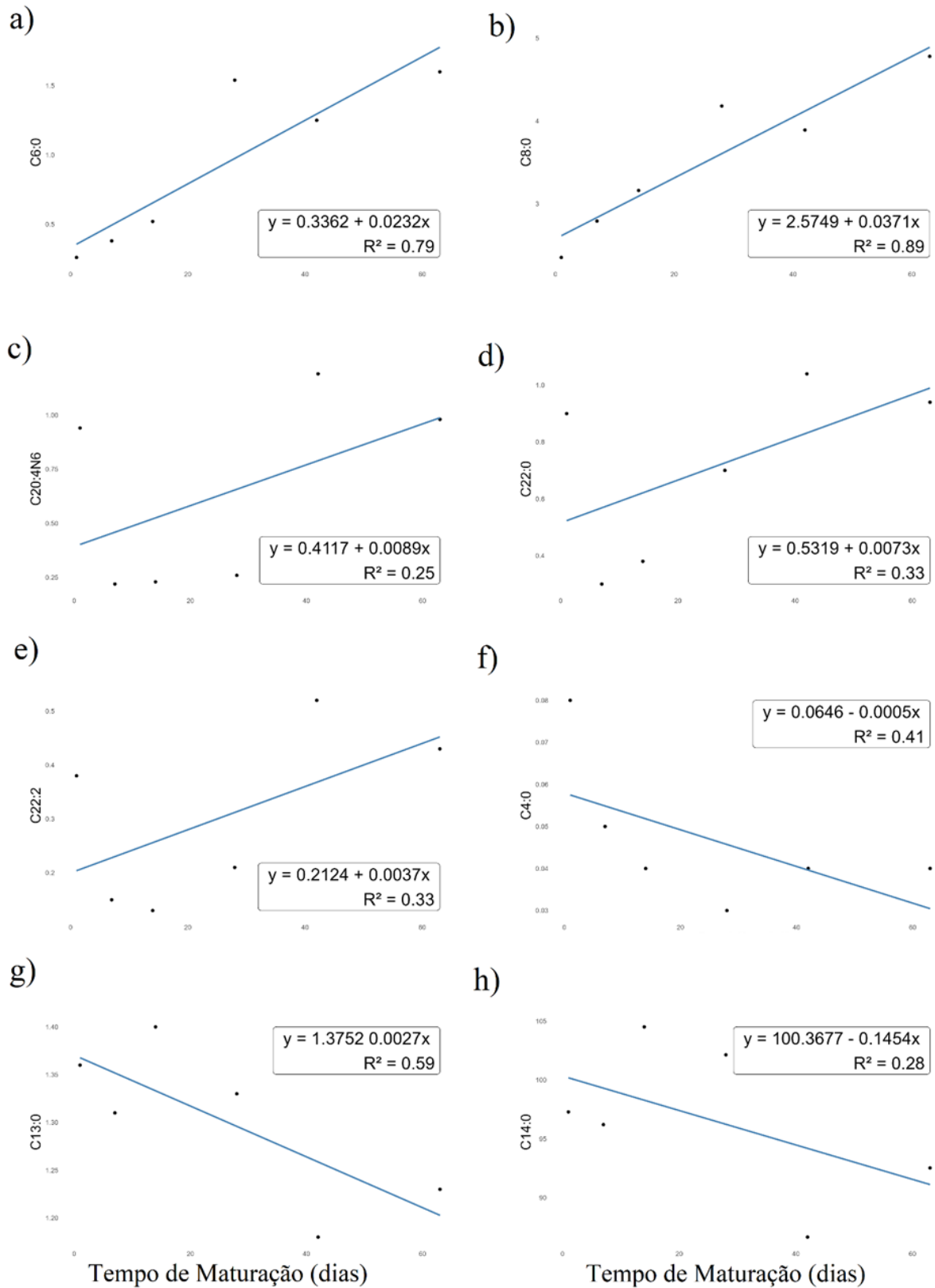
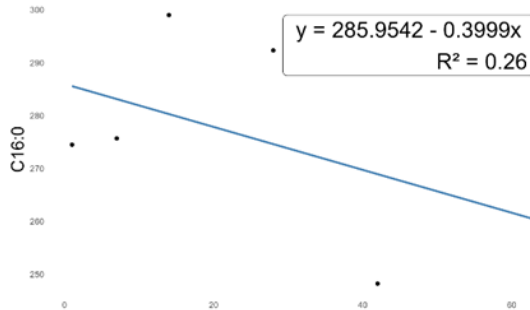
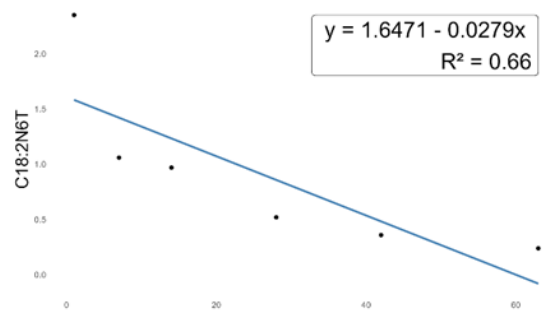


Figura 9. Regressão linear e não linear para os ácidos graxos palmítico (a), linoleico (b), eicosapentaenóico (c), lignocérico (d), lignoceroléico (e), saturados (f), alfa-linolênico (g), heneicosanóico (h) do queijo Minas artesanal da Canastra durante o tempo de maturação.

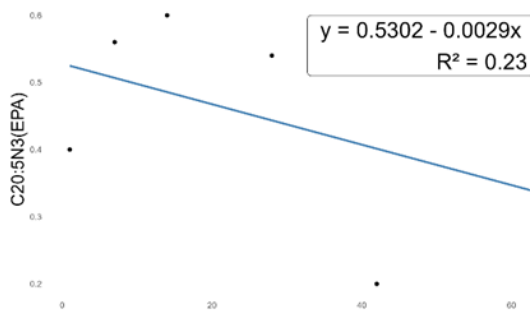
a)



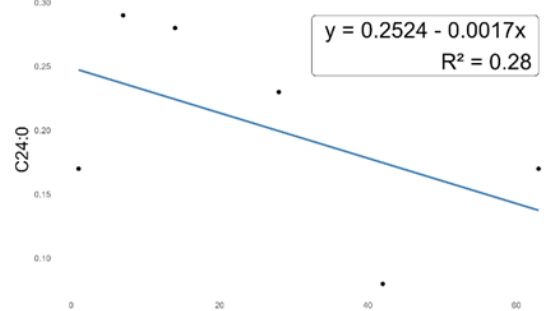
b)



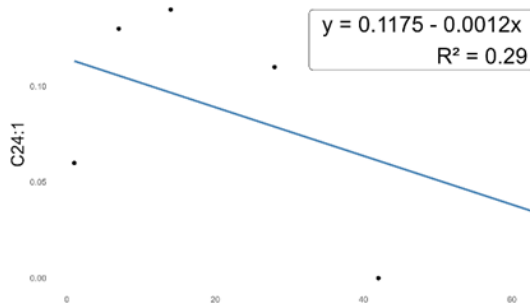
c)



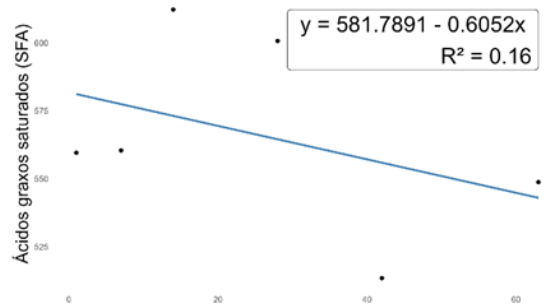
d)



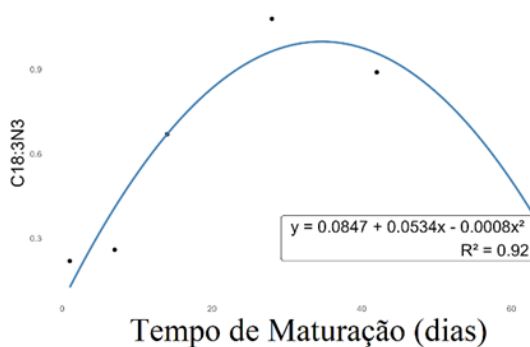
e)



f)



g)



h)

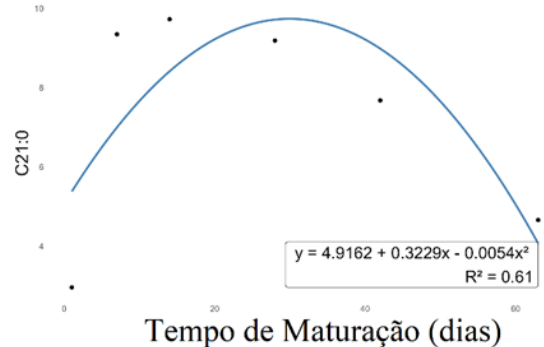
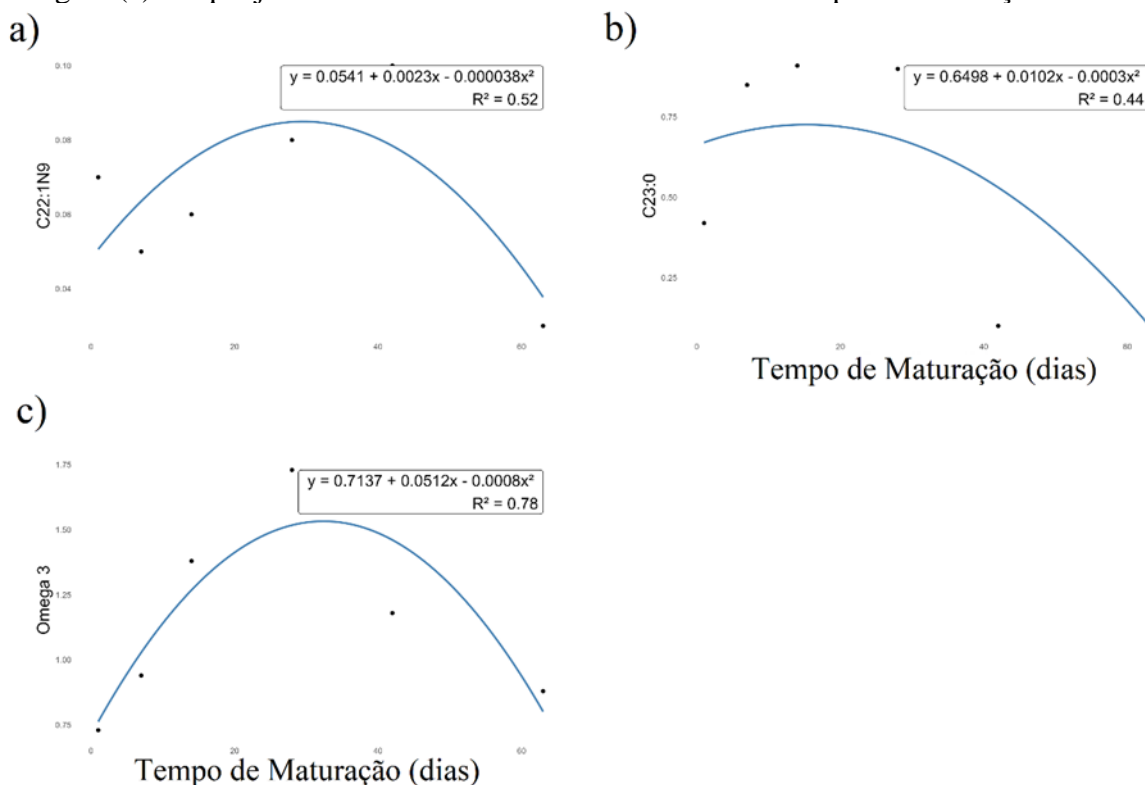


Figura 10. Regressão linear e não linear para os ácidos graxos erúcido (a), tricosanóico (b), ômega 3 (c) do queijo Minas artesanal da Canastra durante o tempo de maturação.



## 4.2 Compostos voláteis

### 4.2.1 Queijo Minas artesanal de Araxá

O perfil de compostos voláteis identificado nas amostras de queijo Minas de Araxá para os diferentes tempos de maturação estão apresentados na Tabela 3. Em geral, foram identificados compostos pertencentes aos grupos químicos dos ácidos carboxílicos (n=44), álcoois (n=51), aldeídos (n=16), 10 aminas, 37 cetonas, 96 ésteres, 5 éter, 17 hidrocarbonetos. Os mesmos compostos voláteis são majoritariamente reconhecidos em muitos tipos de queijos, mas com proporções e concentrações diferentes (Esmaeilzadeh et al., 2021).

Tabela 3. Perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de Araxá em função do tempo de maturação.

Compostos*	(Continua)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
<b>Ácido carboxílico</b>						
(Methylsulfonyl) acetic acid	-	-	-	0,01	-	0,02
1,2-dimethyl-cyclopropanecarboxylic acid	-	-	-	0,05	-	-
1-buten-3,4-dicarboxylic acid	-	0,01	-	-	-	-

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
2,6-dihydroxybenzoic acid 3tms	0,05	0,02	-	0,02	0,03	0,02
2-hexenoic acid	-	0,02	0,01	7,05	4,01	8,07
2-hydroxy-3-methylbutanoic acid	0,07	0,04	22,07	5,85	0,01	-
2-hydroxypropanoic acid	-	-	2,20	-	-	-
2-methylbutanoic acid	-	-	0,29	-	-	0,11
2-methyl-butyric acid	-	-	-	-	0,16	0,29
2-propylmalonic acid	-	-	1,23	-	-	-
3,4-dihydroxymandelic acid-tetratms	0,02	-	-	-	-	-
4-methylhexanoic acid	-	0,58	0,21	0,28	0,24	0,09
9-decenoic acid	-	-	-	-	0,01	0,03
Oleic acid	-	-	-	-	0,02	0,03
Acetic acid	5,94	2,74	5,01	1,92	1,51	2,10
Benzeneacetic acid	-	0,21	0,09	0,15	0,04	0,09
Benzoic acid	-	2,90	-	-	-	-
Butanoic acid, 2-methyl-	-	0,45	-	0,25	0,01	-
Isovaleric acid	0,30	0,54	1,34	0,79	1,18	0,93
Butanoic acid, anhydride	-	-	0,04	0,04	-	0,01
Butyric acid	2,30	0,61	0,75	0,93	1,02	0,92
Caproic acid	-	-	-	-	-	0,82
Crotonic acid <3-methyl->	-	0,38	1,13	0,02	-	-
Capric acid	5,28	1,31	6,74	5,06	4,75	6,73
Dodecanoic acid	-	-	-	-	0,03	0,07
Dodecanoic acid	0,34	0,13	1,57	0,72	1,51	1,17
Enanthic acid	-	0,34	2,28	1,26	0,58	1,02
Heptanoic acid	0,19	0,17	0,36	0,13	0,11	0,18
Hexanoic acid	6,23	1,82	5,98	3,32	2,15	2,26
Hexanoic acid, 2-ethyl-	-	0,15	-	0,02	0,02	0,06
Hexanol <n->	-	0,18	0,29	0,50	0,57	0,63
Nonanoic acid	0,25	0,09	0,08	0,13	0,12	0,13
Caprylic acid	7,07	2,55	7,58	2,98	2,85	4,84
Pelargonic acid	0,96	0,22	0,20	0,12	0,13	-
Valeric acid	1,96	0,85	0,34	0,65	0,49	0,12
Pentanoic acid, 3-methyl-	-	0,47	-	0,10	0,27	0,18
4-methylvaleric acid	-	0,15	-	0,05	0,02	-
Propanal, 2-hydroxy-2-methyl	-	-	0,79	-	0,04	0,25
Propanoic acid	-	-	-	0,04	-	-
Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, cesium salt	-	-	-	-	-	0,01
Propanoic acid, 3-(methylthio)-	-	0,38	-	-	-	-
Tetradecanoic acid	-	-	0,57	-	0,31	0,22
Tridecanoic acid	-	-	0,11	-	-	-
Undecanoic acid	-	-	-	0,07	0,07	0,04
<b>Álcool</b>						
Cholest-5-en-3-ol, (3 $\alpha$ )-	-	-	0,02	0,05	-	-
(3-methyl-2-oxiranyl)methanol	-	1,24	0,49	-	-	-
1,3-propanediol, 2,2-dimethyl-	-	-	-	0,02	0,03	0,04
1-butanol, 2-methyl-	0,59	1,44	0,59	0,20	0,61	0,06

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
2-methylbutyl acetate	-	-	-	0,21	-	0,09
1-butanol, 3-methyl	10,03	8,19	2,75	2,10	0,73	0,51
1-butanol, 3-methyl-, acetate	0,55	1,70	0,35	0,56	0,34	0,65
1-decanol	0,10	-	-	-	-	-
1-heptanol	-	-	-	0,07	0,16	0,06
1-hexanol, 2-ethyl-	2,24	0,62	3,00	2,18	2,11	1,48
5-methylhexanol	-	-	-	0,01	0,04	-
1-nonanol	0,10	0,07	0,02	-	0,02	0,12
1-octanol	0,08	0,04	-	-	0,01	0,01
1-pentanol, 3,3,4-trimethyl-	-	0,04	-	-	-	-
1-propanol, 3-(methylthio)-	0,33	0,49	0,31	0,09	0,14	0,04
1-tetradecanol	-	0,01	-	-	-	-
2,3-butanediol	7,29	6,62	2,64	2,11	0,68	0,79
2-butanol	1,28	-	4,19	2,04	-	-
2-butanol, 3-(1,3-dimethylbutoxy)-	-	0,12	-	-	-	-
2-butanol, 3-(2,2-dimethylpropoxy)-	-	-	-	0,01	0,01	0,01
2-cyclopentene-1-ethanol	0,05	-	-	7,22	-	-
2-decyloxyethanol	-	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
2-heptanol	-	-	-	1,87	2,74	1,63
2-heptanol, 5-methyl-	0,85	-	-	-	0,09	0,16
2-pentanol	-	0,27	0,42	0,62	1,31	0,74
2-pentanol, 3-ethyl-	0,04	0,19	3,02	-	-	-
2-propen-1-ol	-	0,65	-	-	-	-
2-tert-butyl-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol	0,10	-	0,03	0,01	0,02	-
2-undecanol	-	-	0,29	-	1,24	0,54
3,4-anhydro-1,2-dideoxy-2-methyl-1-threo-pentitol	0,08	0,33	-	-	-	0,06
3-hexanol, 2-methyl	-	0,05	-	-	0,01	4,08
3-methyl-2-butanol	-	-	-	-	0,08	0,01
Diisopropylcarbinol	-	-	-	-	-	0,02
4-heptanol, 4-methyl-	-	0,21	-	0,01	0,05	0,09
4-hexen-1-ol, 4-(chloromethyl)-, (e)-	-	0,02	0,02	1,64	-	1,99
4-methylchloride-hex-4-ene-1-ol	-	-	-	-	0,02	0,02
4-octanol	-	0,02	-	0,08	-	-
4-penten-2-ol, 3,3-difluoro-2-methyl-	0,05	-	-	-	-	-
5-methyl-5-hexen-2-ol	-	-	0,05	0,03	0,36	0,09
Amyl methyl carbinol	-	0,73	0,73	0,96	0,28	0,05
Phenethyl alcohol	1,88	13,27	4,20	2,92	1,09	1,00
Benzyl alcohol	0,46	0,87	2,24	4,88	3,83	4,14
Cresol <para->	-	-	0,15	0,03	2,50	-
Cyclopentanemethanol	-	-	-	0,01	0,33	-
Ethanol, 2-ethoxy-	-	0,34	3,12	2,06	0,50	0,83
4-heptanol <2,6-dimethyl->	0,14	2,82	0,05	-	3,55	3,02
Methionol	1,11	2,78	0,91	0,44	0,02	0,07
Oxiranemethanol, 3-methyl-, (2s-trans)-	0,24	-	0,04	-	-	-

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
Phenol, 4-methyl-	-	0,37	0,08	0,02	-	0,02
Tetrahydro-2-methyl-2-furanol	0,05	-	0,01	0,07	0,03	0,11
Threo-3,4-epoxy-4-methyl-2-pentanol	0,60	1,99	-	9,64	10,00	5,12
<b>Aldeído</b>						
2-acetoxipropanal	-	0,69	5,80	-	-	-
2-butenal	-	0,25	-	0,10	-	-
5-hexenal	-	-	-	-	0,01	-
Benzeneacetaldehyde	0,76	2,62	2,89	1,76	1,96	1,69
Butanal, 3-methyl-	1,86	0,83	0,60	0,22	0,10	0,25
Butyraldehyde <2-methyl->	2,47	0,57	1,35	0,39	-	-
Dodecanal	0,05	-	-	-	-	-
Heptanal	0,12	0,07	0,13	0,19	0,15	0,04
Hexanal	0,57	-	-	1,22	0,25	1,56
Nonanal	0,91	0,25	0,31	0,46	1,33	0,63
Octanal	1,86	0,29	-	0,42	0,05	-
Propanal, 3-(methylthio)-	0,65	1,30	1,56	0,18	0,49	0,58
Caryophylla-2(12),5-dien-13-al	-	-	0,01	0,03	0,09	0,04
2-dodecenal	0,52	0,85	-	-	0,15	-
Decanal	0,13	0,03	-	6,02	-	-
1,2-hydrazinedicarboxaldehyde	0,02	0,10	0,09	0,22	-	0,32
<b>Amina</b>						
2-methyl-1-d1-aziridine	-	0,36	8,36	0,04	0,13	0,05
3,3,6,9,9-pentamethyl-2,10-diazabicyclo[4,4,0]-1-decene	0,13	0,04	0,03	-	0,01	-
6,7-dimethoxy-2-methyl-3,4-dihydro[1-d]isoquinolinium ion	0,05	0,03	-	-	-	0,02
N-benzylidene-dimethylammonium chloride	0,23	0,29	0,10	0,07	0,03	0,04
1-tetradecanamine, n,n-dimethyl	-	0,06	0,43	1,24	-	0,24
Azetidine, 2-methyl-	-	0,11	0,03	0,06	0,04	0,03
Hydrazine, (2-methylpropyl)	0,08	0,24	0,06	0,02	0,02	0,02
Hydrazine, (phenylmethyl)-	0,25	0,12	0,09	0,05	0,01	0,07
Dimethylamine	0,71	1,28	0,80	0,39	0,30	0,13
Pyrazine, tetramethyl	-	0,21	0,03	0,13	-	0,77
<b>Cetona</b>						
9-anthracenecarbonitrile, 9,10-dihydro-10-oxo-9-(tetrahydro-2-furanyl)-	-	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01
alpha, -(p-methoxyphenyl)-, alpha,,, alpha, '-dimethoxypropanone-2,4-dinitrophenylhydrazone	0,26	0,20	1,22	0,41	0,08	0,67
1-(dodecycloxy)-4-methoxybutan-2-one	-	0,01	-	-	-	-
15-bromo-2-pentadecanone	0,18	0,09	-	1,96	-	-
1-methoxy-3,3-dimethyl-2-butanone	-	0,08	0,04	0,04	-	0,03
1-phenyl-5-ethyl-nona-3,4-dien-2-one	-	-	-	-	-	0,02
2(5h)-furanone, 3-hydroxy-	-	-	0,07	-	-	-
Acetoacetone	-	-	-	-	0,06	-

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
2-butanone, 3,3-dimethyl-	4,61	-	-	1,78	1,06	-
2-butanone, 3-hydroxy	23,64	15,47	9,51	3,82	0,74	0,66
2-decanone	-	-	-	1,95	1,84	1,88
2-heptanone	0,16	0,39	1,50	6,64	8,40	8,69
2-heptanone, 5-methyl-	-	-	-	0,02	0,02	-
2-hexanone	-	0,16	0,05	0,14	0,24	0,22
2-hexanone, 5-methyl-	-	-	-	-	0,03	-
2-methoxy[1]benzothieno[2,3-c]quinolin-6(5h)-one	-	-	-	-	0,01	0,01
2-nonanone	-	-	-	10,69	12,76	12,44
2-octanone	-	0,47	0,21	0,49	0,64	0,54
2-pentadecanone	-	-	-	-	0,16	-
2-pentanone	-	0,27	1,16	2,07	2,62	3,07
2-pentanone, 3-methyl-	-	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03
2-tridecanone	-	-	0,08	-	-	-
2-undecanone	0,05	0,15	0,10	0,22	0,29	0,29
3,3-dimethyl-2-phenylbutyl phenyl sulfone	0,02	0,28	-	-	-	0,01
3-hydroxy-4-phenyl-2-butanone	-	0,09	-	-	-	-
3-pentanone, 2,2,4,4-tetramethyl-	-	0,07	-	-	0,08	-
4-heptanone, 3-methyl-	0,04	0,02	-	-	1,12	-
5,6-dihydro-4-methyl-2h-pyran-2-one	-	-	-	-	-	0,02
5-hydroxy-2,7-dimethyl-4-octanone #	0,49	0,03	-	-	-	-
6,6-difluoro-5-dodecanone	-	0,01	-	-	-	-
7-decen-2-one	-	-	-	1,55	1,69	-
7-octen-2-one	-	-	-	-	0,11	0,03
8-nonen-2-one	-	0,54	0,82	2,28	3,89	6,26
Acetoin	16,24	10,66	8,32	6,64	0,83	0,47
Acetone oxime methyl ether	-	-	-	0,04	0,04	0,10
Heptyl methyl ketone	-	3,03	2,29	3,44	5,17	2,34
Methyl nonyl ketone	-	-	-	-	7,50	-
<b>Éster</b>						
(methyl 6,7-dideoxy-2,3-di-o-methyl-,alpha,-d-gluco-oct-6-eno-1,5-pyranosid)-urono-8,4-lactone	-	-	-	0,01	-	-
Ethylene carbonate	-	-	0,67	-	-	-
1-butanol, 3-methyl-, propanoate	-	0,10	-	0,01	0,02	0,01
1-ethylpropyl octanoate	-	-	-	-	0,02	0,04
Cetyl acetate	-	-	-	-	0,17	-
2,3-dihydroxypropyl butyrate #	0,17	-	-	-	-	-
2-acetoxyethyl n-(1-hydroxy-2-oxo-4-phenyl-3-butenyl)carbamate	-	-	-	-	0,01	-
2-butenic acid, ethyl ester	-	-	-	0,03	0,13	0,17
Hexyl crotonate	-	-	-	-	0,01	-
2-pentyl acetate	-	-	-	-	0,02	0,09
2-phenylethyl isobutanoate or butanoate	-	-	-	0,06	0,03	0,02

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
2-propenoic acid, 2-methyl-, 3-methylbutyl ester	0,02	0,03	-	-	-	0,02
3-(methylthio)-propyl acetate	0,06	1,16	0,04	-	-	0,03
3-methylbutyl hexanoate	-	0,07	0,05	2,02	0,32	0,02
9-decenoic acid, ethyl ester	0,12	1,11	1,42	1,59	6,38	4,66
Acetate <2-methylbutyl->	-	0,17	-	-	-	-
Acetic acid ethyl ester	0,05	-	-	6,24	0,21	0,50
Acetic acid, 1-methylpropyl ester	-	-	-	0,06	0,02	-
Acetic acid, 2-methylpropyl ester	0,09	0,20	0,06	0,03	-	0,10
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	3,39	-	0,36	0,62	0,12	0,20
N-dodecyl acetate	-	-	-	-	0,02	0,02
Acetic acid, heptyl ester	-	0,03	0,03	0,32	0,51	0,11
Acetic acid, phenylmethyl ester	-	0,06	-	0,06	0,02	-
N-propyl acetate	2,79	-	4,51	0,14	0,02	0,32
Benzyl acetate	-	0,10	-	-	0,02	0,16
Benzyl carbyl butyrate	-	0,08	0,06	-	-	-
Butan-3-one-2-yl butyrate	-	1,16	-	0,01	3,95	5,56
Butanedioic acid, hydroxy-, diethyl ester	-	0,03	-	-	0,02	0,02
Butanoic acid <1-methyl-, 2-oxopropyl-> ester	-	0,26	0,02	0,01	0,01	0,02
Butanoic acid, 2-methyl-, 3-methylbutyl ester	-	-	-	0,17	-	0,02
Butanoic acid, 2-methylpropyl ester	-	0,04	0,01	0,02	0,06	0,06
Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	0,09	0,36	3,64	1,00	0,74	1,80
N-butyl n-butyrate	-	-	-	0,03	0,02	-
Butanoic acid, ethyl ester	0,45	6,35	1,46	0,83	1,27	0,55
Butanoic acid, propyl ester	-	0,57	0,16	0,23	0,18	0,17
Butyl 2,4-dimethyl-2-nitro-4-pentenoate	-	-	-	-	-	0,01
Butyl ester of hydroxyacetic acid	0,09	-	-	-	0,05	0,02
Butyl octanoate	-	0,06	0,02	0,03	-	0,13
Butyrate <isopropyl->	-	-	-	0,10	0,07	0,05
Capronate <ethyl->	-	3,63	2,76	2,71	1,12	-
Caprylate <amyl->	-	0,09	-	-	0,03	-
Cis-ethyl 5-cyano-2,5-dimethyl-2,5-dihydrofuran-2-carboxylate	-	-	0,65	-	-	-
Crotonate <(e)-, ethyl->	-	-	-	0,06	0,02	-
Decalactone <delta->	-	-	0,29	0,22	0,08	-
Decanoate <ethyl->	-	1,13	0,99	0,94	2,31	-
Decanoic acid, ethyl ester	-	-	0,41	-	-	-
Dodecanoic acid, propyl ester	-	-	-	-	0,01	0,02
Ethyl caprylate	-	-	-	-	0,93	-
Ethyl iso-butyrate	-	-	-	-	0,22	0,06
Ethyl pentadecanoate	-	0,01	-	-	-	0,01
Ethyl propionate	-	-	-	-	0,03	-
Amyl formate	-	0,05	-	-	0,02	0,01
Heptanoic acid, methyl ester	-	0,06	-	0,02	0,01	-

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
Heptyl butanoate	-	-	-	0,15	0,97	0,57
Heptyl hexanoate	-	-	-	-	0,01	-
Hexadecanoic acid, ethyl ester	-	0,03	0,06	0,06	0,07	0,10
Hexanoic acid, 1-methylethyl ester	-	-	-	7,18	1,41	3,79
Trans-2-hexenyl caproate	-	-	-	-	0,01	-
2-methylbutyl hexanoate	-	-	-	0,05	0,03	0,02
Isobutyl caproate	-	0,24	0,03	0,09	1,88	0,09
Hexanoic acid, ethyl ester	1,26	2,97	1,66	0,23	0,81	1,48
Hexyl senecioate	-	-	-	0,01	-	-
Iso butyl caprylate	-	-	-	-	0,06	0,03
Isoamyl acetoacetate	0,08	0,83	0,07	0,39	0,05	0,04
Isobutylisovalerate	-	1,29	-	-	0,14	-
Isobutyrate <ethyl->	-	0,08	0,11	0,27	0,05	-
Isobutyrate <isoamyl->	-	-	-	1,08	0,19	-
Isopentyl pentanoate	-	0,05	4,39	-	0,01	0,01
Isopropyl butanoate	-	-	-	-	0,02	0,03
Isopropyl myristate	-	-	-	0,02	0,03	0,04
Isopropyl octanoate	-	-	-	0,04	0,14	-
Lactate <ethyl->	-	-	-	0,24	-	-
Lactic acid, propyl ester	0,88	1,60	0,49	0,92	-	0,01
Methacrylic acid, isopropyl ester	-	-	-	-	-	0,50
Methyl ester of 2-hydroxy-hexanoic acid	0,09	0,04	0,09	0,06	-	0,09
N-caprylic acid isobutyl ester	-	-	-	0,05	0,03	0,02
N-octanoic acid isopropyl ester	-	-	-	0,03	0,06	0,06
Nonanoic acid, 5-hydroxy-, ,delta,-lactone	0,25	0,11	0,18	0,10	0,04	0,07
Ethyl nonanoate	0,18	0,84	0,06	0,07	0,08	0,08
Octanoate <ethyl->	3,12	3,19	7,93	4,26	2,95	3,76
Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	-	-	-	0,02	0,04	0,02
Methyl octanoate	-	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
O-octyl n-ethyl n-methyl phosphoramidocyanidate	-	0,10	-	0,02	-	-
Ethyl n-valerate	-	-	-	-	0,11	0,07
Phenethyl acetate <2->	3,97	10,58	0,82	0,59	0,17	0,14
Phenethyl propionate	-	0,42	0,03	0,17	0,10	-
Propanoic acid, 2-methyl-, 2-methylpropyl ester	-	0,22	0,83	0,83	0,98	0,92
Propyl decanoate	-	-	-	-	0,07	0,03
Propyl hexanoate	-	0,08	0,20	0,29	0,07	0,24
Propyl octanoate	-	-	-	0,07	0,38	0,19
Pyrido[1,2-a]azepine-6,7,8,9-tetracarboxylic-acid,10-(benzoyloxy)-6,7-dihydro-,tetramethyl ester	8,30	0,81	-	-	-	-
S-butyl 2-methyl-4-oxothiolhexanoate	-	0,04	-	-	-	-
Alpha,beta-methyl-2-deoxy-d-ribose	-	-	-	-	-	0,02

Compostos*	(Conclusão)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
L-lysine, n6-[(1,1-dimethylethoxy)carbonyl]-n2-[(17-ethyl-1,2,3,19,23,24-hexahydro-2,2,7,8,12,13,18-heptamethyl-1,19-dioxo-21h-	0,03	-	-	-	-	-
Benzoic acid, 3-[(2,4-dimethoxy-6-propylbenzoyl)oxy]-2-hydroxy-4-methoxy-6-propyl-	0,08	-	-	-	0,02	-
Hydrazine, butyl-, oxalate (1:1)	-	0,04	0,07	0,03	0,03	0,05
<b>Éter</b>						
2,6-dimethylmorpholine	-	-	-	-	0,01	-
Allyl n-propyl ether	0,10	0,29	0,28	-	0,01	-
Furan, 2,5-dihydro-3-methyl-	-	-	0,04	-	-	-
Methoxy, phenyl-, oxime	0,29	0,09	-	-	0,01	0,38
Methyl 2-methyl-1-deuterio-2-propenyl ether	-	0,05	-	-	5,18	0,41
<b>Hidrocarboneto</b>						
3-methylene-1,7-octadiene #	-	3,02	-	0,99	-	-
Cycloheptene	-	0,18	-	-	0,05	-
Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	2,45	0,65	1,93	1,88	0,43	-
Octadecyl fluoride	-	-	-	-	0,03	0,02
Benzenemethanamine, 2-chloro-, alpha-,-(2-quinoxalinylmethylene)-	-	0,01	0,06	-	-	-
2,4-dimethyl-1-heptene	-	-	0,03	0,02	0,01	0,02
1-decyne	6,06	3,67	1,57	0,68	-	-
2-pentene, 3-methyl-, (z)-	-	-	-	-	-	0,01
Benzene, [(4-bromobutoxy)methyl]-	0,08	-	-	0,03	-	-
Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)-	0,13	0,54	0,09	0,12	0,14	0,09
Benzene, ethenyl	0,72	0,37	0,41	0,56	0,42	0,27
Benzene, ethyl-	-	-	0,04	-	-	-
Benzene, methyl-	0,24	0,03	0,14	0,11	0,02	0,02
Bicyclo[3,1,0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	0,13	0,09	0,04	0,03	0,01	0,01
1,2-di-tert-butylbenzene	0,17	-	0,05	-	0,08	0,07
1-decene	-	-	-	-	-	0,03
Trimethyl-2,4,4 hexene-1	-	0,02	-	-	-	-

Resultados referentes à área do pico em percentual das amostras analisadas.

Fonte: Do autor (2024).

O grupamento de ácidos carboxílicos apresentou os compostos *caprylic acid*, *benzoic acid*, *2-hydroxy-3-methylbutanoic acid*, *2-hexenoic acid* e *capric acid* como os de percentuais mais expressivos durante o tempo de maturação. O grupo químico álcool foi principalmente representado pelos compostos *1-butanol*, *3-methyl, phenethyl alcohol* e o álcool *threo-3,4-epoxy-4-methyl-2-pentanol*. Da mesma forma, os aldeídos foram evidenciados pelos maiores

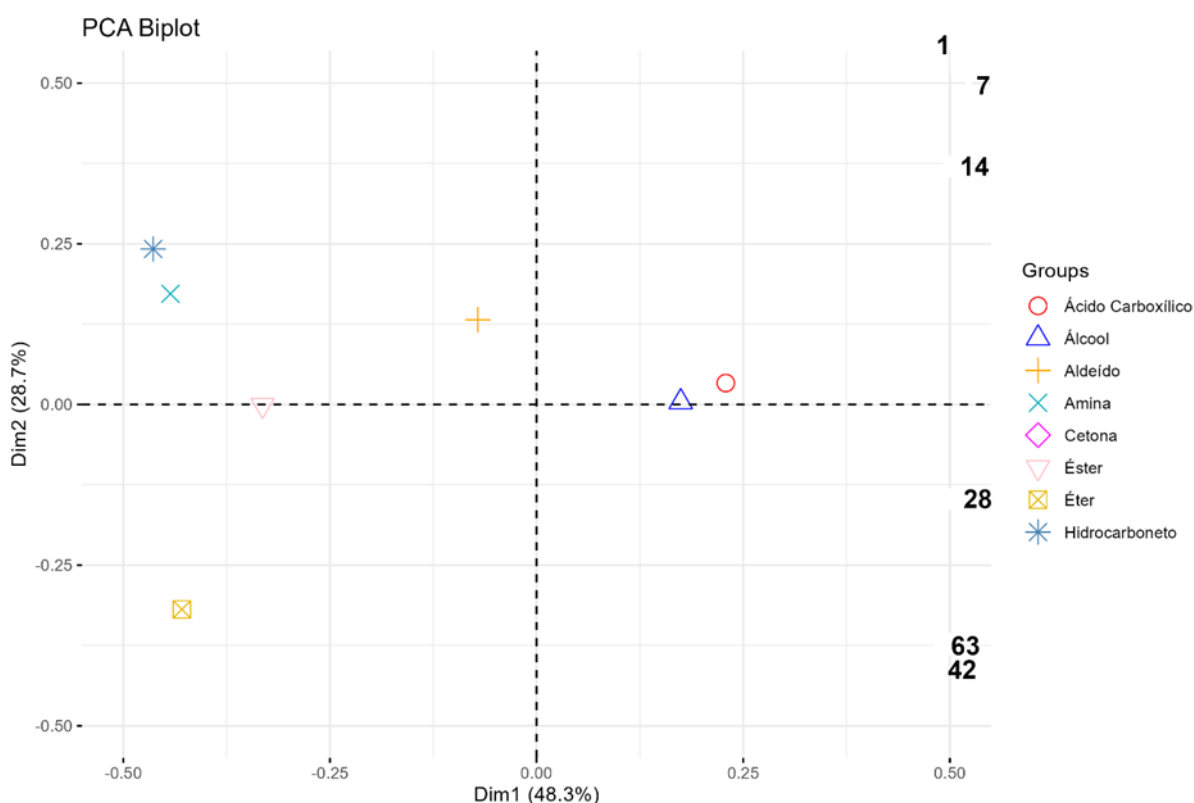
valores de área pelos compostos *butyraldehyde <2-methyl->*, *benzeneacetaldehyde*, *2-acetoxypropanal e decanal*.

Para o grupo químico das aminas, os compostos que tiveram os valores de área mais elevados foram: *dimethylamine*, *2-methyl-1-d1-aziridine*, *1-tetradecanamine*, *n,n-dimethyl e pyrazine tetramethyl*. O grupo das cetonas teve compostos como *2-butanone 3-hydroxy* e *2-nonanone* com valores mais expressivos. Assim também foi destacado os maiores valores de área para o grupo de ésteres, como o composto *pyrido[1,2-a]azepine-6,7,8,9-tetracarboxylic-acid,10-(benzoyloxy)-6,7-dihydro-,tetramethyl ester*, *phenethyl acetate <2->*, *octanoate <ethyl->*, *hexanoic acid*, *1-methylethyl ester*, *9-decenoic acid*, *ethyl ester* e o composto *butan-3-one-2-yl butyrate*.

No agrupamento de composto éter, foram observados valores mais elevados pelo composto *methoxy*, *phenyl-*, *oxime*, *allyl n-propyl ether*, *methyl 2-methyl-1-deuterio-2-propenyl ether*. E para o grupo funcional de hidrocarboneto foram identificados compostos com percentagens mais elevadas, como *1-decyne*, *cyclohexene*, *1-methyl-4-(1-methylethenyl)* e o composto *benzene*, *ethenyl*.

A análise de componentes principais (ACP) para os grupos químicos encontrados no queijo Minas artesanal de Araxá esta representada na Figura 11, esta representou 77% da variabilidade total do conjunto de dados. As duas primeiras dimensões da ACP explicaram 48,3% (Dim1) e 28,7% (Dim2) do comportamento dos grupos químicos em função do tempo de maturação. Foi possível distinguir o agrupamento dos tempos de maturação, uma vez que os queijos analisados aos 1, 7 e 14 dias de maturação foram colocados na região superior e os tempos 28, 42 e 63 dias posicionados na região inferior da ACP. Os tempos de 1 e 7 dias apresentaram maior correlação entre si, da mesma forma observado para os tempos 42 e 63 dias.

Figura 11. Análise de componentes principais para o fator tempo de maturação e grupos químicos pertencentes aos compostos voláteis do queijo Minas artesanal de Araxá.



A Dim2 permitiu observar a maior correlação os valores de área dos grupos hidrocarboneto e amina, além da oposição aos grupos álcool e ácido carboxílico. O comportamento semelhante entre álcool e ácido carboxílico é efeito da formação de composto álcoois na proteólise, derivados da redução de aldeídos ou produzidos por lipólise a partir da degradação de ácidos graxos livres. A lipólise é realizada por enzimas de bactérias lácticas, presentes no leite e/ou na cultura, e a ação dessas enzimas sobre os ácidos graxos livres desencadeia reações que produzem álcoois secundários (Dransfield, 2008; Mcsweeney; Sousa, 2000). Bem como ocorre com as amins, que são formadas durante a protólise, impactando na produção e acúmulo destes compostos em queijos maturados (Fiechter; Sivec; Mayer, 2013; Moreira et al., 2018).

Enquanto para o grupo aldeído, pode-se observar o comportamento distinto do grupo álcool, já que os aldeídos são compostos transitórios em queijo maduros, pois são rapidamente reduzidos a álcoois primários ou oxidados a ácidos carboxílicos (Curioni; Bosset, 2002). Ao longo da maturação ocorreu redução nos teores de aldeído, principalmente nos estágios finais de maturação no presente estudo. Esse resultado ocorreu de forma semelhante no grupo éster, haja visto que o comportamento do éster nos estágios iniciais de maturação está relacionado a

menor presença de álcool. Os ésteres são os compostos mais identificados em queijos e formados por reações de esterificação entre ácidos graxos de cadeia média e curta e álcoois, durante o período de maturação. Tornando a disponibilidade de álcool essencial para a produção de ésteres (Marilley, 2004; Mcsweeney; Sousa, 2000). E a quantidade de ésteres presente no queijo é favorecida pelo prolongamento do tempo de maturação (Delgado et al., 2010).

Para o grupo cetona, foi possível verificar que houve maior correlação com maturação após 42 dias, cujo resultado pode ter ocorrido em função do aumento de ácidos graxos livres ao longo da maturação. A partir da descarboxilação de ácidos graxos livres durante o processo de lipólise promovida por bactérias lácticas, são formadas as cetonas e a quantidade desse grupo depende diretamente da concentração de AGL's disponíveis na matriz do queijo (Dargère et al., 2023b; Mcsweeney; Sousa, 2000).

#### 4.2.2 Queijo Minas artesanal da Canastra

O perfil de compostos voláteis identificado nas amostras de queijo Minas da Canastra para os diferentes tempos de maturação foi apresentado na Tabela 4. Em suma, foram identificados para os grupos químicos 46 ácidos carboxílicos, 59 álcoois, 18 aldeídos, 5 amidas, 12 aminas, 44 cetonas, 128 ésteres, 7 éter, 24 hidrocarbonetos.

Tabela 4. Perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal da Canastra em função do tempo de maturação.

Compostos*	(Continua)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
<b>Ácido carboxílico</b>						
Decanoyl chloride	0,04	0,01	0,02	0,01	-	-
Undecanoic acid	0,10	-	-	-	0,02	-
Tridecanoic acid	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Tetradecanoic acid	0,09	0,05	0,01	0,07	0,17	0,14
Propanoic acid, 3-(methylthio)-	1,27	0,53	0,92	-	0,09	0,13
Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, cesium salt	0,17	0,10	-	-	0,02	-
Propanoic acid	0,10	0,19	-	0,04	0,03	-
Propanal, 2-hydroxy-2-methyl-	0,21	0,20	0,21	0,02	0,07	2,27
4-methylvaleric acid	0,03	0,06	0,19	0,02	0,06	0,01
Pentanoic acid, 3-methyl-	0,18	0,70	0,41	0,56	0,29	0,69
Valeric acid	0,48	0,39	0,35	0,18	0,21	0,18
Pelargonic acid	0,15	-	-	-	-	0,04
Nonanoic acid	0,08	0,03	0,05	0,11	0,09	0,09
Hexanoic acid, anhydride	-	0,01	-	-	-	0,01
Hexanoic acid, 2-ethyl-	0,03	0,00	0,01	-	0,24	0,02

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
Hexanoic acid	1,31	1,79	5,47	5,34	2,72	5,83
Palmitic acid	0,17	-	0,22	-	-	-
Heptanoic acid	0,15	0,67	3,14	6,09	1,12	5,51
Enanthic acid	0,01	6,48	0,31	0,12	0,14	0,42
Dodecanoic acid	-	-	0,05	-	0,06	-
Dodecanoic acid	1,50	1,16	0,75	4,55	6,04	8,53
Capric acid	2,47	1,89	1,51	3,24	5,42	2,47
Crotonic acid <3-methyl->	0,18	0,02	-	-	1,32	-
Caprylic acid	1,97	0,76	3,10	4,24	6,39	3,71
Caproic acid	-	-	2,68	-	-	-
Butyric acid	0,47	0,35	8,39	1,61	1,10	1,62
Butyryl oxide	0,26	0,26	1,06	2,51	2,28	0,20
Isovaleric acid	0,35	0,40	4,55	1,40	2,30	4,72
2-methylbutanoic acid	0,60	0,50	2,16	1,38	0,27	0,35
Benzoic acid, 3-[(2,4-dimethoxy-6-propylbenzoyl)oxy]-2-hydroxy-4-methoxy-6-propyl-	0,01	-	0,01	-	-	-
Benzoic acid	-	0,71	0,65	-	-	-
Benzeneacetic acid	3,35	5,99	0,11	0,03	0,04	0,04
Acetic acid	0,30	0,52	4,55	7,58	1,32	1,01
Oleic acid	0,07	0,09	0,05	0,04	0,06	0,04
9-decenoic acid	0,01	-	-	0,05	0,01	0,04
4-methylhexanoic acid	0,20	0,16	0,34	-	0,61	-
2-methyl-butyrac acid	0,21	-	1,43	0,34	7,60	1,51
2-methylbutanoic acid	-	0,44	0,59	-	0,45	0,33
2-methyl-2-pentenoic acid	0,11	-	1,51	1,02	0,97	-
2-hydroxypropanoic acid	-	-	-	-	0,37	-
2-hydroxy-3-methylbutanoic acid	1,09	-	-	0,09	2,54	-
2-hexenoic acid	0,02	-	2,66	4,68	-	-
2,6-dihydroxybenzoic acid 3tms	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01
1-buten-3,4-dicarboxylic acid	0,11	-	0,05	-	0,13	-
(methylsulfanyl)acetic acid #	0,02	-	0,02	-	0,01	0,02
3,4-dihydroxymandelic acid-tetratms	0,11	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01
Álcool						
Threo-3,4-epoxy-4-methyl-2-pentanol	-	0,67	0,66	0,43	0,44	0,54
Tetrahydro-2-methyl-2-furanol	0,06	0,21	0,21	0,29	0,14	0,06
Phenol, 4-methyl-	0,37	0,46	3,82	0,85	4,89	-
Methionol	0,04	0,08	0,02	0,06	0,05	0,03
Hexanol <n->	0,31	0,22	0,34	0,53	0,15	0,53
4-heptanol <2,6-dimethyl->	2,36	-	0,73	9,14	2,41	1,13
Ethanol, 2-ethoxy-	-	1,30	-	2,49	-	0,66
Cresol <para->	0,01	0,91	-	0,57	-	0,03
Benzyl alcohol	0,92	1,83	2,11	1,90	3,24	2,52
Phenethyl alcohol	5,55	4,51	2,08	3,24	1,51	3,79
Amyl methyl carbinol	-	0,20	0,41	0,94	4,56	0,51
9-octadecen-1-ol, (z)-	-	0,05	0,03	-	0,03	0,01
5-methyl-5-hexen-2-ol	-	0,88	0,88	-	-	7,60

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
5-hydroxy-3,6-dimethyl-4-octanone	-	0,03	-	0,01	-	-
4-penten-2-ol, 3,3-difluoro-2-methyl-4-octanol	-	-	-	-	0,02	0,15
4-methylchloride-hex-4-ene-1-ol	0,16	1,00	-	0,19	-	-
4-hexen-1-ol, 4-(chloromethyl)-, (e)-	2,55	-	-	-	-	-
4-heptanol, 4-methyl-	-	-	-	0,02	-	-
3-pentanol, 3-ethyl-	0,02	0,44	0,02	-	0,06	0,04
Diisopropylcarbinol	0,02	0,53	0,16	0,05	0,06	0,12
3-pentanol, 2,3-dimethyl-	-	0,04	0,07	-	0,10	-
3-methyl-2-butanol	-	0,01	-	-	-	-
3-hexanol, 2-methyl	0,12	-	0,01	0,04	-	-
3-hexanol, 2-methyl-	0,56	0,10	0,28	0,43	0,25	0,15
3-heptanol, 2-methyl-	0,11	2,93	-	-	4,80	-
3,4-anhydro-1,2-dideoxy-2-methyl-1-threo-pentitol	0,01	-	-	-	-	-
2-undecanol	-	0,04	0,06	-	-	0,28
2-tert-butyl-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol	1,23	1,18	0,37	0,43	5,05	3,50
2-propen-1-ol	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
2-propanol, 1-[1-methyl-2-(2-propenyloxy)ethoxy]-	-	-	0,57	-	-	-
2-pentanol, 3-methyl-	-	0,08	0,03	0,09	-	0,70
2-pentanol	0,30	1,99	0,01	0,02	0,28	0,06
2-heptanol, 5-methyl-	0,15	0,23	0,21	0,24	1,33	0,38
2-heptanol	0,34	-	0,28	-	0,16	0,06
2-decyloxyethanol	1,79	0,71	0,85	7,59	7,58	7,56
2-cyclopentene-1-ethanol	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
2-butanol, 3-(2,2-dimethylpropoxy)-	0,14	-	-	-	0,00	-
2-butanol, 3-(1,3-dimethylbutoxy)-	0,09	8,58	-	0,01	0,66	-
2-butanol	0,15	0,46	-	0,01	-	0,03
2,7-dimethyl-4,5-octandiol	0,02	0,44	-	0,01	-	-
2,6-dimethyl-3-octanol	2,96	1,82	2,03	-	-	0,25
2,3-butanediol	0,02	-	-	0,03	-	-
1-tetradecanol	3,80	2,54	5,60	6,33	1,41	0,55
1-propanol, 3-(methylthio)-	-	0,13	0,01	-	0,01	0,01
1-pentanol, 3,4-dimethyl-	0,03	0,04	0,05	0,06	-	0,01
1-pentanol, 3,3,4-trimethyl-	0,01	0,01	0,01	-	-	-
1-octanol	0,01	0,02	0,02	-	0,02	-
1-nonanol	0,47	2,13	0,60	0,08	0,09	0,16
5-methylhexanol	0,02	0,08	0,04	0,04	0,03	0,03
1-hexanol, 2-ethyl-	-	-	-	0,01	-	-
Cetal	0,51	0,14	1,16	1,27	1,56	6,50
1-heptanol	0,07	-	-	-	-	-
N-heptadecanol	0,07	0,05	0,01	-	-	0,02
1-decanol	0,01	0,01	-	-	0,04	0,02
1-butanol, 3-methyl	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01
1-butanol, 2-methyl-	1,95	1,14	2,53	9,09	3,04	0,21
	0,45	0,15	0,13	0,15	5,66	0,03

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
1,3-propanediol, 2,2-dimethyl-(3-methyl-2-oxiranyl)methanol	0,02	0,06	0,02	0,02	0,03	0,02
	-	-	0,08	-	-	-
<b>Aldeído</b>						
Propanal, 3-(methylthio)-	0,02	-	0,47	1,72	0,56	1,52
Glycerose	0,03	-	0,27	-	0,01	0,03
Octanal	0,41	0,54	0,23	0,23	0,18	0,13
Nonanal	0,76	0,64	0,34	0,33	0,33	0,20
Hexanal	0,02	0,16	-	0,14	0,25	-
Heptanal	0,13	0,51	0,20	0,26	0,26	0,49
Dodecanal	0,02	0,01	-	0,01	2,50	0,01
Butyraldehyde <2-methyl->	0,04	0,97	0,05	0,07	0,06	0,01
Butanal, 3-methyl-	0,05	0,06	0,10	0,08	0,04	0,03
Benzeneacetaldehyde	3,25	3,11	2,55	2,68	5,81	6,49
5-hexenal	-	-	0,01	-	0,01	-
2-dodecenal	0,11	0,06	-	0,09	0,18	0,04
2-butenal	-	0,12	-	0,25	0,16	0,03
2-acetoxipropanal	0,21	1,03	2,28	-	-	-
2,3,7-trimethyloctanal	0,04	-	-	-	-	-
Decanal	0,04	0,10	0,06	0,06	-	3,53
Caryophylla-2(12),5-dien-13-al	0,05	-	-	-	-	-
1,2-hydrazinedicarboxaldehyde	0,01	-	0,31	-	-	0,16
<b>Amida</b>						
Dodecanamide, n,n-bis(2-hydroxyethyl)-	0,06	0,21	0,03	0,14	0,72	0,02
Acrylamide	-	0,26	-	0,02	0,01	0,02
N,n-dimethylacetamide	0,19	0,20	0,05	0,03	2,28	0,02
Formamide, n,n-dibutyl-	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02
Ethanediamide	-	-	0,02	0,19	0,07	-
<b>Amina</b>						
N-benzylidene-dimethylammonium chloride	0,08	0,20	0,10	0,09	0,13	0,08
3,3,6,9,9-pentamethyl-2,10-diazabicyclo[4,4,0]-1-decene	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02
3-(bistrifluoromethylamino-oxy)nortricyclene	0,06	-	-	-	0,06	0,05
2-methyl-1-d1-aziridine	0,09	0,23	0,01	0,22	0,02	0,12
1-tetradecanamine, n,n-dimethyl	0,07	0,01	-	3,50	3,51	0,52
Glycine, n-methyl-n-(1-oxododecyl)-	0,07	0,07	0,05	0,07	0,03	0,01
Pyrazine, tetramethyl	0,12	0,07	0,61	-	1,31	2,27
Dimethylamine	-	0,02	-	0,56	0,25	5,67
Hydrazine, 1,1-di-2-propenyl-	0,05	0,03	0,47	-	-	-
Benzylhydrazine	-	0,03	0,05	-	0,01	0,28
Hydrazine, (2-methylpropyl)	0,18	0,20	0,06	0,17	0,04	-
Azetidine, 2-methyl-	0,12	0,21	0,04	0,05	0,12	0,03
<b>Cetona</b>						
Methyl nonyl ketone	-	0,15	-	-	0,04	-
Decalactone <delta->	0,08	-	0,10	0,09	-	0,01
Acetone oxime methyl ether	-	0,04	0,03	0,27	-	0,22
Acetoin	0,13	0,42	1,53	-	0,09	-
8-nonen-2-one	1,10	2,59	3,31	2,87	6,08	6,07

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
7-octen-2-one	0,98	0,32	-	-	-	0,39
7-decen-2-one	0,10	0,06	-	-	-	0,04
5-nonen-2-one	0,06	0,11	2,98	1,90	2,24	-
Butyl ketone	1,94	0,21	0,04	4,85	2,78	-
5-hydroxy-2,7-dimethyl-4-octanone #	0,68	0,18	-	-	0,13	0,05
5,6-dihydro-4-methyl-2h-pyran-2-one	0,01	-	-	-	-	-
4-phenyl-1,2-butadien-4-one	0,09	0,01	-	-	-	-
Butyl propyl ketone	0,01	0,15	0,04	0,02	0,02	0,01
4-heptanone, 3-methyl-	0,01	0,08	0,06	-	0,60	-
3-pentanone, 2,2,4,4-tetramethyl-	0,18	0,04	0,15	-	-	-
3-nonen-2-one	0,07	0,01	-	0,01	-	0,02
3-hydroxy-4-phenyl-2-butanone	-	0,03	0,03	-	-	0,01
3,3-dimethyl-2-phenylbutyl phenyl sulfone	0,21	-	0,34	-	0,01	0,01
2-undecanone, 6,10-dimethyl-	0,12	-	-	-	0,01	-
2-undecanone	0,01	0,13	0,01	0,02	0,01	0,03
2-undecanone	1,14	0,70	0,33	0,30	0,27	0,27
2-tridecanone	3,64	-	0,22	-	-	-
2-pentanone, 3-methyl-	0,14	0,10	0,14	0,32	0,09	0,07
2-pentanone	0,40	0,45	0,43	0,74	0,61	8,51
2-pentadecanone	0,14	0,13	0,07	0,12	0,04	0,06
2-octanone	0,17	0,45	0,08	0,13	0,17	2,84
2-nonanone	6,71	5,35	1,71	1,30	1,62	2,84
2-methyl-2-nitro-1-phenyl-1,5-heptandione	0,03	-	0,79	0,03	0,19	-
2-methoxy[1]benzothieno[2,3-c]quinolin-6(5h)-one	-	0,01	-	-	0,01	-
2-hexanone, 5-methyl-	0,04	0,02	-	-	-	-
2-hexanone	0,07	0,05	0,03	0,03	0,09	0,11
2-heptanone, 5-methyl-	0,08	0,06	0,17	0,03	0,02	0,05
2-heptanone	3,68	2,19	2,52	3,03	2,68	2,17
2-decanone	0,45	1,12	1,10	1,31	2,30	1,13
2-butanone, 3-hydroxy-3-methyl-	-	0,12	0,45	-	0,04	-
2-butanone, 3-hydroxy	2,62	2,12	9,11	4,19	4,55	0,44
2-butanone, 3,3-dimethyl-	0,05	0,02	0,09	-	0,35	0,76
Acetoacetone	-	-	0,02	-	-	0,04
2(5h)-furanone, 3-hydroxy-	-	-	0,11	0,17	0,11	0,05
1-methoxy-3,3-dimethyl-2-butanone	0,07	0,15	0,06	0,15	0,05	0,04
15-bromo-2-pentadecanone	0,06	-	1,11	0,09	-	-
1,2,4-cyclopentanetrione	-	-	-	-	-	0,01
,alpha,-(p-methoxyphenyl)-,alpha,,alpha,'-dimethoxypropanone-2,4-dinitrophenylhydrazone	0,09	0,41	0,33	0,53	0,25	1,20
1-phenyl-5-ethyl-nona-3,4-dien-2-one	-	0,02	-	-	-	0,03
<b>Éster</b>						
Acetyl valeryl	-	0,03	0,11	-	0,16	0,04
,gamma,-butyrolacton, 5-hexyl-	0,08	0,06	0,02	0,01	-	-
Glycol monoformate	0,43	-	0,31	0,20	0,26	0,21

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
2-butenic acid, 2-methyl-, 2-methylbutyl ester, (z)-	1,61	0,46	-	-	-	-
Propyl octanoate	0,11	0,10	0,05	0,10	3,48	0,25
Propyl hexanoate	0,16	0,22	0,06	0,09	1,74	5,06
Propyl decanoate	0,06	0,03	0,02	0,02	0,04	0,05
Propionic acid, 2-isopropoxy-, methylester	-	0,35	0,02	-	-	-
Propyl isobutyrate	0,53	0,86	0,39	0,13	1,39	6,47
Phenethyl isobutyrate	2,26	0,54	0,33	-	0,02	0,01
Propanoic acid, 2-methyl-, 2-methylpropyl ester	0,09	0,11	0,73	0,66	0,67	0,21
Isopropyl isobutyrate	0,04	0,27	0,01	0,07	0,12	0,01
Phenethyl propionate	0,68	0,70	0,58	0,04	0,01	0,01
Ethyl n-valerate	0,30	0,07	9,10	0,33	0,48	0,23
Pentanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	-	0,26	3,54	0,02	0,01	1,41
O-octyl n-ethyl n-methyl phosphoramidocyanidate	-	-	0,01	0,02	0,02	0,01
Methyl octanoate	0,08	0,06	0,02	0,02	2,05	0,12
Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	0,25	0,13	0,06	0,04	0,02	0,49
Octanoate <ethyl->	2,88	3,63	6,07	6,50	2,83	1,95
Ethyl nonanoate	0,57	0,95	0,83	0,13	5,66	0,31
Nonanoic acid, 5-hydroxy-, ,delta,-lactone	0,08	0,07	0,13	0,10	0,13	0,11
N-octanoic acid isopropyl ester	0,14	2,27	1,71	1,51	1,56	5,20
N-caprylic acid isobutyl ester	0,03	-	-	-	-	-
Methyl ester of 2-oxo-hexanoic acid	0,10	-	0,57	2,85	-	-
Methyl ester of 2-hydroxy-hexanoic acid	0,02	0,33	0,14	0,08	0,06	0,01
Methyl ester of 2-hydroxy-2-methyl-butyric acid	0,04	0,04	0,83	-	0,15	2,50
Methacrylic acid, isopropyl ester	-	-	-	-	0,11	-
Lactic acid, propyl ester	0,16	0,07	0,76	0,39	0,22	0,18
Lactate <ethyl->	-	-	-	-	0,02	0,10
Isopropyl octanoate	0,48	0,18	3,97	0,02	-	2,65
Isopropyl myristate	0,03	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01
Isopropyl butanoate	0,15	0,19	0,03	0,19	0,10	0,03
Isopentyl pentanoate	0,12	0,22	0,01	-	0,02	1,34
Isobutyrate <isoamyl->	1,15	1,17	1,06	0,73	1,03	-
Isobutyrate <ethyl->	0,31	0,08	0,18	0,32	-	3,76
Isobutylisovalerate	1,10	0,76	0,21	0,41	0,39	0,21
Isoamyl acetoacetate	0,27	1,16	0,10	0,01	0,16	0,13
Iso butyl caprylate	-	0,09	-	-	-	0,01
Hexyl senecioate	-	0,18	-	-	-	-
Hexanoic acid, ethyl ester	0,93	1,14	2,67	2,84	1,33	1,42
Isobutyl caproate	1,10	0,42	1,11	0,87	0,16	5,06
2-methylbutyl hexanoate	0,02	0,18	0,07	0,47	0,30	0,29
Trans-2-hexenyl caproate	0,27	0,03	-	-	-	0,01
Hexanoic acid, 1-methylethyl ester	0,05	0,05	-	0,01	0,09	2,28
Hexadecanoic acid, ethyl ester	0,07	0,03	0,02	0,04	0,06	0,06
Heptyl hexanoate	0,01	0,26	-	-	0,06	0,03

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
Heptyl butanoate	0,05	-	0,16	0,20	0,22	0,07
Heptanoic acid, methyl ester	0,21	0,29	0,08	0,11	0,03	0,31
Ethyl n-heptadecanoate	0,04	0,01	-	-	-	-
Glycine, n-(2-furanylcarbonyl)-, methyl ester	0,04	0,04	0,02	0,01	-	-
Amyl formate	-	0,16	0,01	-	0,01	0,01
2-phenylethyl formate	0,03	-	0,01	-	0,01	0,01
Isobutyl formate	0,13	0,06	0,24	0,10	0,18	0,26
Ethyl propionate	-	0,29	0,11	0,09	0,11	0,03
Ethyl pentadecanoate	0,18	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01
Ethyl iso-butyrate	0,19	0,34	-	0,16	-	0,08
Ethyl caprylate	4,39	3,96	1,80	-	1,81	-
Ethyl borate	-	0,30	0,01	-	-	-
Ethyl 3-hydroxy-3-methylbutanoate	-	0,07	-	-	0,01	-
Ethyl 2-octenoate	0,11	0,06	0,00	-	2,71	0,03
E3-tetradecenylacetate	-	0,07	0,02	0,03	0,03	0,04
Dodecanoic acid, propyl ester	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01
Decanoic acid, ethyl ester	0,04	0,06	0,29	0,41	0,25	0,17
Decanoate <ethyl->	5,44	0,46	2,71	3,10	3,49	5,67
Crotonate <(e)-, ethyl->	-	0,13	6,47	0,07	0,08	0,05
Cis-ethyl 5-cyano-2,5-dimethyl-2,5-dihydrofuran-2-carboxylate	-	-	-	-	-	0,12
Cesium acetate	0,01	-	0,04	-	-	0,01
Caprylate <amyl->	-	-	-	-	0,01	-
Capronate <ethyl->	0,20	-	2,71	-	-	-
Butyrate <isopropyl->	0,08	0,03	0,01	0,04	-	0,01
Butyl octanoate	0,20	0,16	0,04	0,03	0,05	0,05
Butyl ester of hydroxyacetic acid	-	-	0,08	0,05	0,03	0,06
Propyl butyrate	0,97	1,54	1,61	0,28	0,36	9,49
Ethyl butyrate	0,70	0,87	0,23	3,03	0,21	0,30
N-butyl n-butyrate	0,01	-	-	0,06	4,53	0,16
Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	0,64	0,86	1,33	1,74	0,90	1,74
Butanoic acid, 2-methylpropyl ester	0,21	0,21	0,12	0,13	0,06	0,06
Ethyl 2-methylbutyrate	0,14	0,16	0,14	0,13	0,07	0,09
Butanoic acid, 2-methyl-, 3-methylbutyl ester	0,50	0,48	0,04	0,24	2,27	3,17
Isobutyl 2-methylbutyrate	0,40	0,23	0,22	0,08	0,06	-
Butanoic acid <1-methyl-, 2-oxopropyl-> ester	0,08	0,18	4,20	0,08	0,02	-
Butanedioic acid, hydroxy-, diethyl ester	0,06	0,04	0,08	0,01	0,09	0,23
Butan-3-one-2-yl butyrate	0,54	0,72	3,09	3,04	0,05	3,28
Benzyl carbyl butyrate	-	-	-	-	-	0,01
Benzyl acetate	0,03	0,11	0,01	0,02	0,10	0,01
Isobutyl benzoate	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	-
N-propyl acetate	1,21	0,39	0,67	9,09	0,77	0,53
Acetic acid, phenylmethyl ester	-	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
N-nonyl acetate	-	0,03	-	-	4,44	-
Acetic acid, heptyl ester	0,28	-	-	0,09	0,04	0,27
N-dodecyl acetate	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01

Compostos*	(Continuação)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	2,98	2,66	2,68	0,22	0,03	0,04
Acetic acid, 2-methylpropyl ester	0,22	0,03	0,04	0,01	0,09	-
Acetic acid, 1-methylpropyl ester	0,28	0,23	0,13	0,01	0,06	0,03
Acetic acid ethyl ester	0,03	-	0,17	-	0,19	0,61
Acetate <2-methylbutyl->	0,26	-	-	1,25	-	-
9-decenoic acid, ethyl ester	2,74	1,22	0,75	6,51	4,06	3,38
7-octenoic acid, ethyl ester	0,08	0,11	-	-	-	-
3-methylheptyl acetate	0,02	0,02	0,04	-	0,02	0,07
3-methylbutyl hexanoate	0,12	0,96	0,36	1,26	1,96	2,27
3-methylbutyl decanoate	0,09	0,10	0,00	-	0,03	0,01
3-hexenoic acid, ethyl ester, (z)-	0,85	0,44	-	-	-	-
3-hepten-1-ol, acetate	0,01	-	0,02	0,01	-	-
3-(methylthio)-propyl acetate	-	-	-	0,04	0,20	0,32
2-propenoic acid, 2-methyl-, 3-methylbutyl ester	0,05	0,10	0,02	0,03	0,05	0,01
2-phenylethyl isobutanoate or butanoate	0,33	0,40	0,33	0,03	0,01	0,01
2-pentyl acetate	-	-	-	-	0,05	0,16
2-octenyl acetate	0,05	-	0,03	0,01	0,01	0,03
Ethyl 2-hexenoate	0,65	-	-	-	-	-
2-ethylhexyl methacrylate	-	0,03	0,03	-	-	-
Hexyl crotonate	-	-	0,01	0,02	-	-
2-butenic acid, ethyl ester	0,03	0,40	-	-	-	0,03
Ethyl senecioate	0,09	0,05	-	-	0,01	-
2-acetoxyethyl n-(1-hydroxy-2-oxo-4-phenyl-3-butenyl)carbamate	0,04	-	0,21	0,01	0,03	0,01
2,3-dihydroxypropyl butyrate #	-	0,01	-	-	0,12	0,09
1-propenyl ester of cyclohexyl-2-methylcarbamic acid	0,01	-	0,01	-	-	-
Cetyl acetate	-	-	-	0,03	0,03	0,04
1-ethylpropyl octanoate	-	-	-	0,62	-	0,08
1-butanol, 3-methyl-, propanoate	0,13	0,11	0,11	0,02	0,03	0,02
1-butanol, 3-methyl-, carbonate (2:1)	-	0,01	-	-	-	0,01
1-butanol, 3-methyl-, acetate	0,65	0,54	0,75	0,74	0,44	0,39
2-methylbutyl acetate	0,21	0,10	0,64	0,02	0,03	0,25
Ethylene carbonate	0,12	0,47	0,46	0,19	2,27	-
(methyl 6,7-dideoxy-2,3-di-o-methyl-,alpha,-d-gluco-oct-6-eno-1,5-pyranosid)-urono-8,4-lactone	-	-	-	-	-	-
7-octenoic acid, ethyl ester	1,46	0,47	-	-	-	-
Alpha,beta-methyl-2-deoxy-d-ribopyranoside	0,02	-	-	-	0,05	-
Hydrazine, butyl-, oxalate (1:1)	0,04	0,16	0,05	0,01	0,02	0,04
B-phenethyl acetothioacetate	0,02	0,01	-	-	0,01	0,02
<b>Éter</b>						
2,4,5-trimethyloxazole	0,19	0,24	0,05	-	-	-
Methyl 2-methyl-1-deuterio-2-propenyl ether	-	-	-	-	9,00	-
2,5-dihydro-2,2'-bis-furan	0,01	0,02	-	-	0,01	0,01
2,6-dimethylmorpholine	0,05	0,01	3,14	-	3,93	9,06

Compostos*	(Conclusão)					
	Tempo de Maturação (dias)					
	1	7	14	28	42	63
Acetugenol	0,11	0,07	0,01	0,01	0,02	0,04
Allyl n-propyl ether	-	0,23	0,02	-	0,02	0,01
Propenyl ether, (z,z)-	0,04	-	-	-	-	-
<b>Hidrocarboneto</b>						
3,6-dinitrodurene	0,02	0,01	-	-	-	-
2,2-dimethyl-bicyclo(4,2,0)oct-1(6)-ene	0,35	-	-	0,30	-	0,07
1-chloro-1,1,2-trifluoro-2-tridecene	0,07	0,10	0,03	0,05	0,05	0,05
1,1-difluoro-3,3-dimethylbut-1-ene	0,01	-	0,04	0,02	0,08	-
Nonanenitrile	-	0,02	0,01	-	-	-
Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	2,11	2,33	5,35	8,53	2,67	5,68
Cycloheptene	0,01	0,04	0,02	-	-	-
2,4-dimethyl-1-heptene	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
Trimethyl-2,4,4 hexene-1	0,10	0,09	0,01	-	0,01	6,37
Bicyclo[3,1,0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	0,29	0,05	0,01	0,10	-	0,13
Benzenemethanamine, 2-chloro-,alpha,-(2-quinoxalinylmethylene)-	0,09	0,20	-	0,07	0,07	-
Toluene	4,46	4,38	1,26	1,42	2,67	7,59
Benzene, ethyl-	0,11	0,17	0,14	0,21	0,18	0,15
Benzene, ethenyl	0,43	0,62	0,78	3,24	1,08	7,59
Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	0,04	0,02	0,01	0,03	-	0,04
Benzene, [(4-bromobutoxy)methyl]-	1,09	8,89	-	-	-	3,00
2-pentene, 3-methyl-, (z)-	0,21	0,01	0,00	0,06	0,02	0,04
1-decene	0,02	-	-	0,01	-	-
[1'-13c]-octyne	0,03	0,01	0,01	0,01	-	-
Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)-	0,65	0,81	0,38	0,10	1,57	0,07
1-dodecene, 2-ethyl-	0,18	0,07	-	-	-	-
1-decyne	-	-	1,64	-	-	1,59
1,2-di-tert-butylbenzene	0,26	-	0,32	-	-	-
B-caryophyllene	0,06	0,07	0,04	0,08	0,03	0,06

Resultados referentes à área do pico em percentual das amostras analisadas.

Fonte: Do autor (2024).

O grupamento de ácidos carboxílicos apresentou os compostos *benzeneacetic acid*, *enanthic acid*, *butyric acid*, *acetic acid*, *2-methyl-butyric acid* e *dodecanoic acid* como os de percentuais mais expressivos durante o tempo de maturação. O grupo químico álcool foi representado pelos compostos *phenethyl alcohol*, *2-butanol*, *3-(2,2-dimethylpropoxy)*, *2,3-butanediol em 14*, *4-heptanol <2,6-dimethyl->*, *1-butanol*, *2-methyl* e o álcool *5-methyl-5-hexen-2-ol*. Da mesma forma, o grupo funcional de aldeído foi evidenciado pelo composto *benzeneacetaldehyde* que apresentou os maiores valores de área em todos os tempos de maturação.

Para o grupo químico das amidas os seguintes compostos se destacaram como *n,n-dimethylacetamide*, *acrylamide*, *ethanediamide*. Já as aminas, os compostos que tiveram os

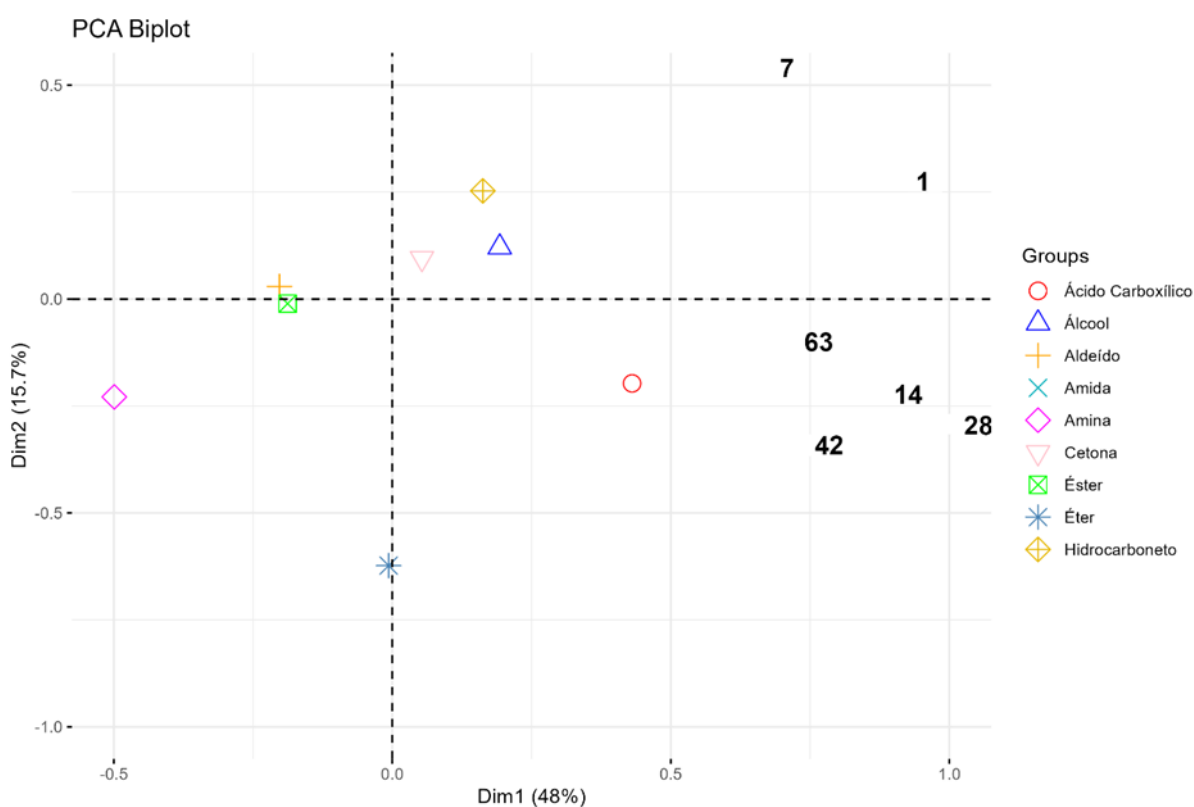
valores de área mais elevados foram: *hydrazine*, *(2-methylpropyl)*, *2-methyl-1-dl-aziridine* em, *pyrazine*, *tetramethyl*, *1-tetradecanamine*, *n,n-dimethyl* e *dimethylamine*.

O grupo das cetonas teve compostos como *2-nonanone*, *2-butanone*, *3-hydroxy*, *butyl ketone*, *8-nonen-2-one* e *2-pentanone*. Assim também foi destacado os maiores valores de área para o grupo de ésteres, como o composto *decanoate <ethyl->*, *ethyl caprylate*, *ethyl n-valerate*, *n-propyl acetate*, *ethyl nonanoate* e *propyl butyrate* com valores mais expressivos.

No agrupamento de composto éter, foram observados valores mais elevados pelo composto *2,4,5-trimethyloxazole*, *morpholine*, *2,6-dimethylmorpholine*, *aceteugenol* e *methyl 2-methyl-1-deuterio-2-propenyl ether*. E para o grupo funcional de hidrocarboneto foram identificados compostos com percentagens mais elevadas, como *toluene*, *benzene*, *[(4-bromobutoxy)methyl]*, *cyclohexene*, *1-methyl-4-(1-methylethenyl)* e *toluene*.

A análise de componentes principais (ACP) para os grupos químicos encontrados no queijo Minas artesanal da Canastra resultou em 63,7% da variância explicada pelas duas primeiras dimensões (Dim 1= 48% e Dim 2 = 15,7%) (Figura 12). Na Dim1, é possível observar que houve agrupamento dos tempos de 1 e 7 dias na região superior e na região inferior da ACP os demais tempos de maturação.

Figura 12. Análise de componentes principais para o fator tempo de maturação e grupos químicos pertencentes aos compostos voláteis do queijo Minas artesanal da Canastra.



Durante a maturação, observou-se um aumento nos compostos ácidos carboxílicos, enquanto o grupo dos álcoois apresentou um comportamento oposto. Esse padrão pode ser explicado pelo fato de que os álcoois são formados a partir da redução de aldeídos ou pela degradação de ácidos graxos. A ação das enzimas lipolíticas sobre esses ácidos resulta na formação de álcoois secundários (Dransfield, 2008; McSweeney; Sousa, 2000). Portanto, a diminuição dos álcoois ao longo da maturação pode estar relacionada ao consumo desses compostos no processo de formação dos ácidos carboxílicos, refletindo a interação entre as transformações químicas que ocorrem durante a maturação.

Na Dim2 o grupo de aldeído exibiu comportamento semelhante ao encontrado no estudo de Muresan et al. (2021), em que verificaram ao longo do período de maturação, passando de 10,52% no início da maturação para 2,57% nos estágios finais. O que indica o efeito do tempo de maturação sobre o comportamento do grupo aldeído, já que essa variação ocorre em função da ação redutora sobre esses compostos, resultando em álcool ou quando oxidados gerando ácidos carboxílicos (Curioni; Bosset, 2002).

Os compostos amins foram influenciados pelos estágios iniciais de maturação, o que pode ser efeito do processo de proteólise durante a maturação que contribui para acúmulo de amins nos queijos (Fiechter; Sivec; Mayer, 2013; Moreira et al., 2018). Altos níveis de amins e ácidos graxos geralmente estão associados a presença de ésteres, responsáveis por atribuir aromas aos queijos (Mureşan et al., 2021).

Os ésteres apesar de serem amplamente encontrados em diversos tipos de queijos (Marilley, 2004; Mcsweeney; Sousa, 2000), a quantidade de compostos desse grupo depende da extensão do período de maturação, geralmente está associado a altos níveis de ácidos graxos livres e amins. Em queijos Minas artesanais o tempo de maturação é uma variável que recebe atenção pela formação de compostos que promovem qualidades sensoriais. Os ésteres são valorizados por sua capacidade de fornecer notas doces, frutadas ou florais, mas também por minimizar o sabor acentuado e amargo do queijo (Bertuzzi et al., 2018; Mureşan et al., 2021).

### **4.3 Parâmetros físico-químicos**

#### **4.3.1 Queijo Minas artesanal de Araxá**

A partir da análise de variância foi possível determinar que o tempo de maturação teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre os teores de umidade (%), parâmetros de cor (luminosidade ( $L^*$ ), coordenada vermelho/verde ( $a^*$ ), coordenada amarelo/azul ( $b^*$ ), saturação ( $C^*$ ) e ângulo de tonalidade ( $H^*$ )), índice de TBARs (mg mda/kg de amostra), teor de ácidos graxos livres

( $\mu\text{g/g}$  de gordura) e teor de lipídeos totais (%) (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados dos parâmetros de umidade, cor, índice de TBAR's, ácidos graxos livres e lipídeos totais em função do tempo de maturação do queijo Minas artesanal de Araxá.

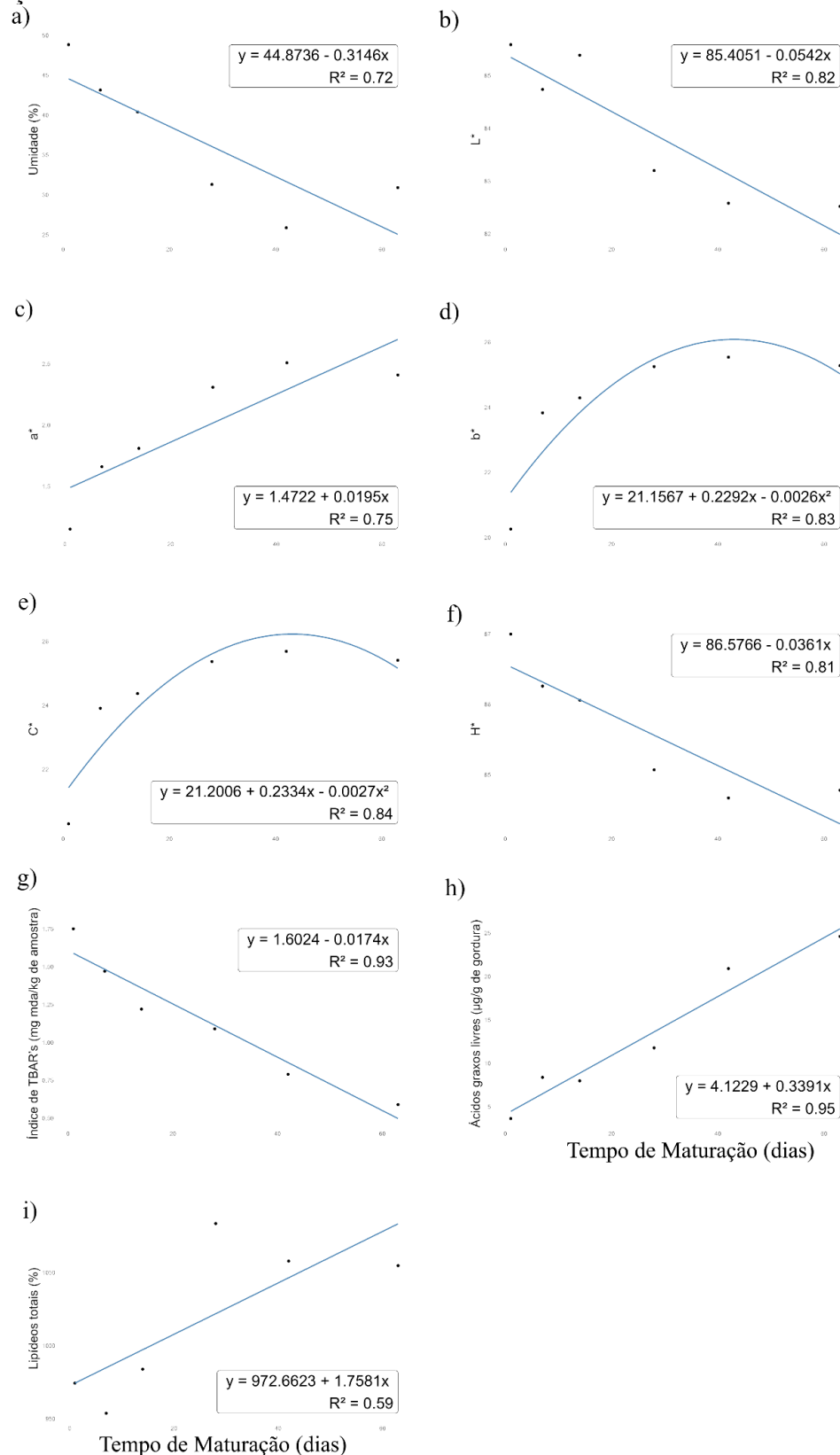
	Tempo de Maturação (dias)						Valor de	
	1	7	14	28	42	63	P*	P <sup>1</sup>
Umidade (%)	48,83	43,14	40,39	31,31	25,88	30,91	0,000	L(0,000)
L*	85,59	84,74	85,39	83,20	82,58	82,52	0,000	L(0,000)
a*	1,15	1,66	1,81	2,31	2,51	2,41	0,000	L(0,010)
b*	20,26	23,83	24,29	25,25	25,54	25,28	0,000	Q(0,010)
C*	20,30	23,91	24,37	25,37	25,69	25,41	0,000	Q(0,010)
H*	87,00	86,26	86,06	85,07	84,67	84,78	0,000	L(0,010)
Índice de TBAR's (mg/mda/kg de amostra)	1,75	1,47	1,22	1,09	0,79	0,59	0,000	L(0,000)
AGL's ( $\mu\text{g/g}$ de gordura)	3,64	8,38	7,98	11,78	20,91	24,61	0,000	L(0,000)
Lipídeos totais (%)	974,41	953,81	983,93	1083,59	1057,87	1054,84	0,000	L(0,000)

\*Teste F ( $\alpha = 0,05$ ); <sup>1</sup>Análise de regressão ( $\alpha = 0,05$ ); L – Efeito Linear; Q – Efeito Quadrático; C – Efeito Cúbico; L\* – Luminosidade; a\* – Coordenada vermelho/verde; b\* – Coordenada amarelo/azul; C\* – Saturação; H\* – Ângulo de tonalidade; AGL's – Ácidos graxos livres.

Fonte: Do autor (2024).

A percentagem de umidade no queijo apresentou uma redução de 36,69% no final do tempo de maturação deste estudo. Ao longo do tempo de maturação ocorreu diminuição linear ( $p < 0,01$ ) nos valores umidade, conforme está apresentado na Figura 13. Por meio da função linear foi observado que o queijo Minas artesanal de Araxá sofreu uma perda diária de 0,31% de umidade.

Figura 13. Regressão linear para os parâmetros de umidade (%) (a), luminosidade ( $L^*$ ) (b), coordenada vermelho/verde ( $a^*$ ) (c), coordenada amarelo/azul ( $b^*$ ) (d), índice de saturação ( $C^*$ ) (e) e ângulo de tonalidade ( $H^*$ ) (f); sobre a oxidação lipídica avaliada por meio do índice de TBARs (mg mda/kg de amostra) (g) e teor de ácidos graxos livres ( $\mu\text{g/g}$  de gordura) (h); e sobre os teores de lipídeos totais (%) (i) do queijo Minas artesanal de Araxá durante o tempo de maturação.



A luminosidade dos queijos foi influenciada pelo tempo de maturação, com redução significativa de 3,74% nos valores de  $L^*$  ( $p < 0,01$ ). Isso indica que os queijos se tornaram progressivamente mais escuros à medida que a maturação avançou, com a menor luminosidade observada até os 63 dias de maturação. O escurecimento dos queijos pode estar associado à concentração dos sólidos, como lipídios e proteínas, devido à perda de umidade durante a maturação, resultando em menor reflexão de luz. Além disso, a oxidação de compostos lipídicos pode contribuir para a mudança na coloração (Nozière et al., 2006). Amostras armazenadas no escuro mantêm uma coloração mais amarela, enquanto a exposição à luz degrada carotenoides e riboflavina, reduzindo a intensidade da cor amarela. Além disso, o teor de betacaroteno na gordura do queijo influencia diretamente sua coloração amarelada (Sardinhas-Valdéz et al., 2021)

O índice de amarelo aumentou ao longo do tempo de maturação ( $p < 0,05$ ). A cor de produtos lácteos tem sua principal origem em gordura do leite, que podem sofrer variações em função do tempo (Furquay; Fox; Mcsweeney, 2011). Bem como apresentado por queijos de leite caprino, que durante a maturação tiveram aumento nos valores de  $b^*$  (Brandielli et al., 2020; Buffa et al., 2001). Esse aumento na coloração amarela pode ser atribuído à maior concentração de carotenoides, que são pigmentos cromogênicos presentes na gordura do leite e dos queijos Perry, 2004).

Enquanto a coordenada vermelho/verde sofreu efeito do tempo de maturação aumentando seus valores ( $p < 0,05$ ), com variação de 1,15 a 2,41 aos 63 dias de maturação. Da mesma forma, o parâmetro  $b^*$  demonstrou que ao longo da maturação houve aumento da coloração amarela dos queijos até o final do tempo da maturação. O índice de saturação ( $C^*$ ) apresentou aumento ( $p < 0,05$ ) até os 28 dias e a partir desse período os valores permaneceram estáveis, demonstrando que até os 28 dias houve uma intensificação da cor. Valores de  $C^*$  mais elevados estão relacionados à pigmentação ou saturação de cor, de modo que, quanto maior este valor, maior é a intensidade da cor percebida (Araújo, 2013).

Em contrapartida o ângulo de tonalidade ( $H^*$ ) diminuiu até os 63 dias de maturação ( $p < 0,05$ ), com redução de 2,64%. O  $H^*$  refere-se à tonalidade, descrevendo a cor predominante no queijo. Durante a maturação, a redução no valor de  $H^*$  pode estar associada ao desenvolvimento de compostos amarelos e à redução de compostos que conferem tonalidades esverdeadas ou azuladas. A concentração de carotenóides presentes na gordura do leite, assim como a oxidação de lipídios, pode resultar na intensificação da cor amarela, comum em queijos maduros (Martin et al., 2024; Nedomová et al., 2017).

Além disso, o  $H^*$  também pode ser influenciado pela diminuição do teor de umidade e

aumento da concentração de matéria seca, especialmente em queijos de maturação prolongada. Essas transformações alteram a forma como a luz interage com o queijo, mudando suas propriedades visuais, incluindo a tonalidade (Bittante et al., 2022).

O tempo de maturação influenciou o índice de luminosidade dos queijos, promovendo redução linear desse parâmetro ( $p < 0,01$ ) (Figura 13). Isso sugere que a extensão da maturação pode impactar a coloração final do produto, resultando em queijos com menor luminosidade ou aparência mais opaca, disponíveis para o mercado consumidor. Em função de complexas modificações que ocorrem no queijo durante a maturação, como a redução de umidade e aumento na concentração dos sólidos totais, principalmente gordura e proteína, resultam em uma menor reflexão de luz no produto (D'Incecco et al., 2020; García-Pérez et al., 2005).

Em relação ao índice de TBAR's é possível verificar que durante o período de maturação ocorreu diminuição nos teores para queijo Minas artesanal de Araxá.

O tempo de maturação promoveu redução linear ( $p < 0,01$ ) nos valores de índice de TBAR's (Figura 13g), resultado divergente ao esperado para queijos artesanais quando submetidos a maturação, haja visto que o processo de maturação promove aumento da oxidação em queijos Minas artesanais devido a atividade oxidativa do oxigênio e tempo de exposição à luz (Dargère et al., 2023a). No entanto, o estudo de Ioannidou, Maggira e Samouris (2022), demonstrou que os índices de TBAR's diminuíram, principalmente após 60 dias de maturação. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Delgado et al. (2009), onde os valores de oxidação lipídica diminuíram após 30 dias de maturação. Outro possível efeito foi a baixa concentração de oxigênio na matriz do queijo, resultando em pouca atividade oxidativa dos ácidos graxos (Dargère et al., 2023a).

Para o parâmetro AGL's, é possível verificar que os teores aumentaram linearmente ( $p < 0,01$ ) ao longo do processo de maturação do queijo (Figura 13h). Esse comportamento é esperado para queijos artesanais durante o período de maturação, pois a lipólise, que ocorre ao longo da maturação, resulta na formação e no aumento dos níveis de ácidos graxos livres (AGL's) (Ioannidou; Maggira; Samouris, 2022). Resultado semelhante também foi verificado no estudo de Rincón et al. (2016), que através de uma análise de componentes principais, mostraram que os níveis de AGL's aumentaram conforme o tempo de maturação. Assim como, nos estudos de Delgado et al. (2009) e Delgado et al. (2011), cujo período de maturação promoveu o aumento nos teores de AGL's no queijo Minas artesanal de Araxá.

Esse aumento nos AGL's também foi encontrado por Delgado et al. (2011), porém no presente estudo, os níveis de AGL's foram menores. Mas isso pode ser justificado pelo tipo de leite, pois ao longo do processo de maturação, a maior parte dos AGL's é a partir da quebra

de aminoácidos ou da lipólise predominantemente pela ação das lipases presentes no pingo quanto pela atividade das lipases presente no leite cru (Urbach, 1993). No entanto, é importante considerar que a adição de pingo, que contém uma variedade de microrganismos ativos, pode desempenhar um papel mais predominante na lipólise, favorecendo a liberação de AGL e impactando o perfil lipídico dos queijos de leite cru.

### 4.3.2 Queijo Minas artesanal de Canastra

A análise de variância revelou que houve efeito do tempo de maturação ( $p < 0,05$ ) sobre os valores de umidade (%), cor (parâmetros de coordenada amarelo/azul ( $b^*$ ) e saturação ( $C^*$ )) teor de lipídeos totais (%) nos queijos da microrregião da Canastra. (Tabela 6).

Tabela 6. Resultados dos parâmetros de umidade, cor, índice de TBAR's, ácidos graxos livres e lipídeos totais em função do tempo de maturação do queijo Minas artesanal da Canastra.

	Tempo de Maturação (dias)						Valor de	
	1	7	14	28	42	63	P*	P <sup>1</sup>
Umidade (%)	48,78	42,98	39,85	35,08	33,28	28,89	0,000	L(0,000)
L*	82,23	81,90	81,72	81,98	81,94	82,17	0,000	0,898
a*	3,13	3,49	3,35	3,15	3,04	3,69	0,000	0,412
b*	24,58	25,97	26,60	26,34	27,29	27,61	0,000	L(0,003)
C*	24,79	26,21	26,82	26,53	27,47	27,86	0,000	L(0,003)
H*	82,90	82,57	82,92	83,37	83,91	82,55	0,000	0,539
Índice de TBAR's (mg mda/kg de amostra)	1,25	1,26	1,11	1,02	1,31	1,09	0,000	0,455
AGL's (µg/g de gordura)	38,1	35,95	33,82	27,72	27,38	37,77	0,374	0,546
Lipídeos totais (%)	1088,33	1084,20	1162,39	1128,76	960,85	1075,06	0,000	L(0,000)

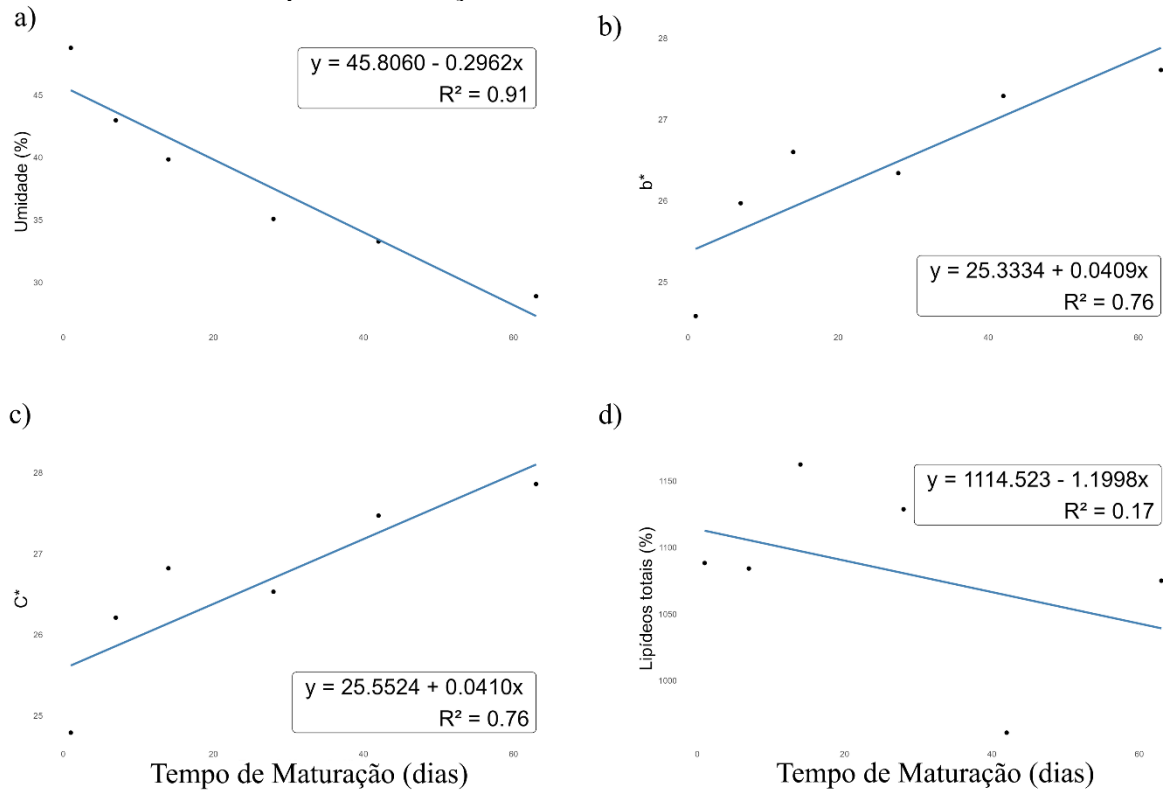
\*Teste F ( $\alpha = 0,05$ ); <sup>1</sup>Análise de regressão ( $\alpha = 0,05$ ); L – Efeito Linear; Q – Efeito Quadrático; C – Efeito Cúbico; L\* – Luminosidade; a\* – Coordenada vermelho/verde; b\* – Coordenada amarelo/azul; C\* – Saturação; H\* – Ângulo de tonalidade; AGL's – Ácidos graxos livres.

Fonte: Do autor (2024).

Ao longo do tempo de maturação é possível observar o comportamento dos parâmetros umidade, cor ( $b^*$  e  $C^*$ ) e lipídeos totais, conforme está apresentado na Figura 14. O tempo de maturação promoveu redução linear ( $p < 0,01$ ) no teor de umidade do queijo Minas artesanal da canastra (Figura 14a), apresentando redução de 40,77%. De acordo com a equação da regressão linear foi verificado que o queijo Minas artesanal da Canastra sofreu uma redução

diária de 0,29% no teor de umidade.

Figura 14. Regressão linear para os parâmetros de umidade (%) (a), coordenada amarelo/azul ( $b^*$ ) (b), índice de saturação ( $C^*$ ) (c) e lipídeos totais (%) (d) do queijo Minas artesanal da Canastra durante o tempo de maturação.



Nos resultados obtidos para os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$ , observou-se uma diminuição nos valores ao longo do tempo de maturação, indicando uma tendência de escurecimento da coloração dos queijos. Os valores de  $L^*$  mais altos significam refletância da luz, o que leva a uma coloração mais clara em queijos. Assim, maiores valores para  $L^*$  podem ser associados ao grau de agregação interna da matriz proteica do queijo, quanto mais hidratada a matriz maior o número de centros que deixam que a luz se espalhe (Roncatti, 2016). Ressalta-se que, no queijo Canastra, a elevada umidade inicial (48,79%) e o maior teor de gordura contribuíram para que o tempo de maturação não tivesse um efeito significativo sobre os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$ .

Os valores de luminosidade encontrados no presente estudo são semelhantes ao apresentado por Jesus Filho et al. (2023), com valores entre 70,40 e 82,49.

Quanto ao parâmetro  $a^*$ , os valores do presente estudo estão dentro da variação de 1,32 a 8,11 encontrados por Jesus Filho et al. (2023) caracterizando amostras mais próximas aos tons de vermelho. Em contrapartida, Telli e Topkafa (2021) mostraram que os valores de  $L^*$

e  $a^*$  diminuíram durante o processo de maturação, enquanto os valores de  $b^*$  aumentaram.

Em relação ao parâmetro  $b^*$ , houve aumento linear ( $p < 0,01$ ) nos valores do índice, indicando que durante o tempo de maturação ocorreu aumento na coloração amarela dos queijos (Figura 14b). Foi possível observar um aumento de 12,5% do índice de amarelo até os 63 dias de maturação, onde os queijos tenderam a exibir uma coloração mais amarela. Esse efeito pode ser atribuído à concentração de pigmentos lipossolúveis, como os carotenóides, presentes na gordura do leite, que se tornam mais visíveis à medida que a umidade do queijo diminui durante a maturação (Figueiredo, 2015). Resultados semelhantes foram relatados por Todescatto (2014) e Roncatti (2016), que também observaram aumento da coloração amarela em queijos “Santo Giorno” após seis meses de maturação, corroborando os achados do presente estudo.

As amostras de queijo da Canastra não sofreram ação da oxidação lipídica durante o tempo de maturação estudado. Embora a oxidação lipídica seja um importante problema de qualidade dos produtos lácteos processados, em queijos produzidos a partir de leite cru, o efeito da oxidação não ocorre em grande extensão (Delgado et al., 2009; Ioannidou; Maggira; Samouris, 2022).

No entanto, os presentes resultados estão de acordo com os observados por Fedele e Bérghamo (2006), que não encontraram nenhuma correlação entre o tempo de maturação e o grau de oxidação em queijos duros. E, opostos aos encontrados por Ioannidou; Maggira; Samouris (2022), onde os valores de oxidação lipídica aumentaram aos 60 dias de maturação, enquanto aos 90 dias, eles mostraram uma ligeira diminuição.

Segundo Buccioni et al. (2012) a baixa variação no teor de oxidação nos diferentes tempos de maturação pode ser baseada nos baixos níveis de oxigênio na matriz do queijo, refletindo em pouca ação oxidativa dos ácidos graxos insaturados. A presença de compostos antioxidantes naturais (vitamina E) também provoca baixo potencial oxidativo (Sobral et al., 2017).

Bem como no estudo de Mallatou, Pappa e Massouras (2003), na qual não houve alteração significativa ( $p > 0,05$ ) nos níveis de ácidos graxos livres em queijos produzidos com diferentes tipos de leite e tempos de maturação. Os autores ainda relatam que o resultado ocorreu pelo menor grau de lipólise e, também, associado à variação na atividade da lipase de outras fontes além da cultura *starter* utilizada (cultura termofílica e mesofílica).

Os resultados deste estudo divergem dos achados de Macedo e Malcata (1996), que observaram um efeito significativo do tempo de maturação (1, 7, 21 e 35 dias) sobre as concentrações de ácidos graxos livres (AGLs) no queijo Serra. No entanto, o estudo de Akin

et al. (2003), os autores encontraram maiores teores de AGLs antes do início do período de maturação, um padrão que também foi observado no início da maturação neste estudo.

## 5 CONCLUSÕES

Houve efeito do tempo de maturação sobre os parâmetros de perfil lipídico, compostos voláteis e parâmetros físico-química, como o teor de umidade, luminosidade ( $L^*$ ), coordenada vermelho/verde ( $a^*$ ), coordenada amarelo/azul ( $b^*$ ), saturação ( $C^*$ ), ângulo de tonalidade ( $H^*$ ), lipídeos totais e oxidação lipídica avaliada por meio do índice de TBARs e teor de ácidos graxos livres nos queijos Minas artesanais da microrregião da Araxá e Canastra. A evolução desses fatores ao longo do tempo impacta tanto as características sensoriais quanto a segurança e a durabilidade do produto, sendo essencial para garantir a padronização e a excelência dos queijos artesanais.

Ao longo da maturação, até 63 dias, houve a concentração dos ácidos graxos e a identificação de grupos químicos como o ácido carboxílico e éter na composição volátil dos queijos. Inicialmente e menores tempos de maturação, os compostos voláteis pertencentes ao grupo de hidrocarboneto, álcool e cetona foram predominantes nos queijos Minas artesanais das duas regiões.

Os resultados obtidos neste estudo permitiram concluir que o efeito dos diferentes tempos de maturação sobre o queijo Minas Artesanal das microrregiões de Araxá e Canastra influenciou significativamente os parâmetros avaliados. Houve alterações no perfil lipídico, com aumento da concentração de ácidos graxos livres e compostos voláteis, refletindo o progresso da maturação. Além disso, observou-se mudanças significativas nos parâmetros de cor ao longo da maturação, especialmente na tonalidade amarela dos queijos. Esses achados confirmam que o tempo de maturação influencia a qualidade sensorial e físico-química dos queijos.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of Essential Oil Components by gas Chromatography/Mass Spectrometry**. 4 ed. Carol Stream, IL: Allured publishing corporation, 2007.

AKALIN, A. S. GÖNÇ, S.; AKBAS, Y. Variation in Organic Acids Content during Ripening of Pickled White Cheese. **Journal Of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1670-1676, jul. 2002. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74239-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74239-2).

AKIN, N. *et al.* Changes of free fatty acid contents and sensory properties of white pickled cheese during ripening. **Food Chemistry**, v. 80, n. 1, p. 77-83, jan. 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146\(02\)00242-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146(02)00242-x).

ÁLVAREZ, S.; FRESNO, M. Effect of the Ripening Period and Intravarietal Comparison on Chemical, Textural and Sensorial Characteristics of Palmero (PDO) Goat Cheese. **Animals**, v. 11, n. 1, p. 58, dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11010058>.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 7 ed. Viçosa: UFV, 2019. 666 p.

ARAÚJO, R. A. B. M. **Diagnóstico socioeconômico, cultural e avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Queijo Minas Artesanal da região de Araxá**. 2004. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9041/1/texto%20completo.pdf>> Acesso em: 05 ago. 2023.

ARAÚJO, T. F. **Potencial de aminas bioativas como indicadoras do estágio de maturação e o papel da microbiota endógena do leite cru na inocuidade e características do queijo minas artesanal**. 2013. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pósgraduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/76cdcede-0e3d-4a89-bd09-598225463d19/content>. Acesso em: 04 fev. 2023.

ARDO, Y. *et al.* Biochemistry of Cheese Ripening: proteolysis. **Cheese**, p. 445-482, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-417012-4.00018-1>.

AYDEMIR, O. *et al.* Microbial communities involved in Kaşar cheese ripening. **Food Microbiology**, v. 46, p. 587-595, abr. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2014.10.002>.

BALDINO L.; CARDEA S.; REVERCHON E. Biodegradable membranes loaded with curcumin to be used as engineered independent devices in active packaging, **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**. v. 71, p. 518-526, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.12.020>.

BERESFORD, T. P.; FITZSIMONS, N. A.; BRENNAN, N. L.; COGAN, T M. Recent advances in cheese microbiology. **International Dairy Journal**, v. 11, n. 4-7, p. 259-274, jul. 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946\(01\)00056-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946(01)00056-5).

BERGAMASCHI, M. *et al.* Cheesemaking in highland pastures: milk technological properties, cream, cheese and ricotta yields, milk nutrients recovery, and products composition. **Journal Of Dairy Science**, n. 12, p. 9631-9646, dez. 2016. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11199>.

BEZERRA, T. K. A. **Estudo da proteólise, lipólise e compostos voláteis em queijo de coalho caprino adicionado de bactérias lácticas probióticas**. 2015. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, 2015. Disponível em: < <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7926>>.

BIAŁEK, A. *et al.* Chemometric Analysis of Fatty Acids Profile of Ripening Chesses. **Molecules**, v. 25, n. 8, p. 1814, abr. 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules25081814>.

BITTANTE, G. *et al.* Major Causes of Variation of External Appearance, Chemical Composition, Texture, and Color Traits of 37 Categories of Cheeses. **Foods**, v. 11, n. 24, p. 4041, dez. 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11244041>.

BONTINIS, Th. G. *et al.* Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of a traditional Greek goat cheese (Xinotyri) during ripening. **Small Ruminant Research**, v. 105, n. 1-3, p. 193-201, jun. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.01.003>.

BRANDIELLI, M. C. *et al.* Physicochemical parameters and lactic acid bacteria count during ripening of Brazilian regional cheese manufactured with the addition of autochthonous cultures. **Food Science And Technology**, v. 40, n. 4, p. 877-884, dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.23219>.

BRANDIELLI, M. C. **Queijo regional do Sudoeste do Paraná durante a maturação: caracterização microbiológica, química e física**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016. Disponível em: [https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1948/1/LD\\_PPGTAL\\_M\\_Brandielli%2c%20Marilde%20Canton\\_2016.pdf](https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1948/1/LD_PPGTAL_M_Brandielli%2c%20Marilde%20Canton_2016.pdf). Acesso em: 05 nov. 2023.

BRASIL. Diário Oficial da República Federativa do 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**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mpa/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/decreto-no-9-013-de-29-03-2017.pdf/view.>>

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Resolução nº 7, de 28 de novembro de 2000. **Oficializa os Critérios de Funcionamento e de Controle da Produção de Queijarias, para seu Relacionamento junto ao Serviço de Inspeção Federal**. Diário Oficial da União, Brasília, 28 de novembro de 2000. Disponível em: <[https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/RESOLU%C3%87%C3%83O-07\\_00\\_funcionamento-queijarias.pdf](https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/RESOLU%C3%87%C3%83O-07_00_funcionamento-queijarias.pdf)>.

BRUMANO, É. C. da C. **Impacto do tipo de fermento endógeno na qualidade e tempo de maturação de queijo minas artesanal produzido em propriedades cadastradas pelo IMA (Instituto Mineiro de Agropecuária) na região do Serro-MG**. 2016. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Cap. 5. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9940/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

BUCCIONI, A. *et al.* Changes in conjugated linoleic acid and C18:1 isomers profile during the ripening of Pecorino Toscano cheese produced with raw milk. **Italian Journal of Animal Science**, v. 11 ed. 4, jun 2012. <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e75>.

- BUFFA, M. N *et al.* Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. **International Dairy Journal**, v. 11, n. 11-12, p. 927-934, jan. 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946\(01\)00141-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946(01)00141-8).
- CAMPOS, G. Z. *et al.* Microbiological characteristics of canastra cheese during manufacturing and ripening. **Food Control**, v. 121, p. 107598, 10 mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107598>.
- CAMARGO, A. C. *et al.* Microbial shifts through the ripening of the “Entre Serras” Minas artisanal cheese monitored by high-throughput sequencing. **Food Research International**, v. 139, p. 109803, maio 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109803>.
- CAMPOS, G. Z. *et al.* Microbiological characteristics of canastra cheese during manufacturing and ripening. **Food Control**, v. 121, p. 107598, mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107598>.
- CAPUANO, E. *et al.* Fatty acid and triglycerides profiling of retail organic, conventional and pasture milk: implications for health and authenticity. **International Dairy Journal**, v. 42, p. 58-63, mar. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.11.002>.
- CARNEIRO, J. de O. *et al.* Artisan minas cheese of Serro: proteolysis during ripening. **Heliyon**, v. 6, n. 7, p. e04446, jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04446>.
- CARDINALI, F. *et al.* Microbiological, morpho-textural, and volatile characterization of Portuguese Queijo de Nisa PDO cheese. **Food Research International**, v. 162, p. 112011, dez. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112011>.
- CARDOSO, M. A. P. *et al.* Implicações nutricionais e tecnológicas da inclusão de antioxidantes em produtos lácteos. **Research, Society And Development**, Maringá, v. 10, n. 13, p. 11101320866, out. 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.20866>.
- CERUTI, R. J.; ZORRILLA, S. E.; SIHUFÉ, G. A. Volatile profile evolution of Reggianito cheese during ripening under different temperature–time combinations. **European Food Research And Technology**, v. 242, n. 8, p. 1369-1378, fev. 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-016-2640-1>.
- CHILLIARD, Y. *et al.* Optimising goat's milk and cheese fatty acid composition. **Improving The Fat Content Of Foods**, p. 281-312, 2006. <http://dx.doi.org/10.1533/9781845691073.2.281>.
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Mais seis cidades reconhecidas como produtoras de Queijo Minas Artesanal**. 2022. Disponível em: <

catabolism in cheese: a review of current knowledge. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 11, p. 841-866, 07 jan. 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2).

CONTEL, F. B. Os conceitos de região e regionalização: aspectos de sua evolução e possíveis usos para a regionalização da saúde. **Saúde e Sociedade**, v. 24, n. 2, p. 447-460, jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902015000200005>.

CORREDDU, F. *et al.* Effect of altitude of flock location, season of milk production and ripening time on the fatty acid profile of Pecorino Sardo cheese. **International Dairy Journal**, v. 113, p. 104895, fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104895>.

COSTA, E. A. **Características microbiológicas e estudo da biodiversidade do queijo minas artesanal da região das entre Serras: da Piedade ao Caraça**. 2021. 101 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/29974/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

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**, v. 69, n. 2, p. 111-72, mai. 2014. <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v69i2.326>.

COSTA, J. R. *et al.* The taste of a champion: characterization of artisanal cheeses from the minas gerais region (Brazil) by raman spectroscopy and microstructural analysis. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 112, p. 104704, set. 2022a. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104704>.

COSTA, R. G. B. *et al.* Os queijos Minas artesanais – uma breve revisão. **Research, Society And Development**, Juiz de Fora, v. 11, n. 8, p. 9-99, jun. 2022b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30012>.

CRISTE, A. *et al.* Determination of changes in the microbial and chemical composition of Taga cheese during maturation. **Plos One**, v. 15, n. 12, p. 99-99, 3 dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0242824>.

CURIONI, P. M. G.; BOSSET, J. O. Key Odorants In Various Cheese Types as Determined by Gas Chromatography-Olfactometry, **International Dairy Journal**, v. 12, n. 12, p. 959-984, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00124-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00124-3)

DANEZIS, G. P. *et al.* Fatty acid profile and physicochemical properties of Greek protected designation of origin cheeses, implications for authentication. **European Food Research And Technology**, v. 246, n. 9, p. 1741-1753, 11 jun. 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-020-03527-7>.

DAPA-PAULA, B. M *et al.* **Química & Bioquímica de Alimentos**. 1 ed. Alfenas: UNIFAL, 2021. 250 p.

DARGÈRE, A. F. **Caracterização de Compostos Químicos Associados ao Queijo Minas Artesanal**. 2020. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Veterinárias,

Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020. Disponível em:  
[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/45415/2/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O\\_Caracteriza%20a7%20a3o%20de%20compostos%20qu%20c3%20admicos%20associados%20ao%20Queijo%20Minas%20Artesanal.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/45415/2/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O_Caracteriza%20a7%20a3o%20de%20compostos%20qu%20c3%20admicos%20associados%20ao%20Queijo%20Minas%20Artesanal.pdf). Acesso em: 07 mar. 2023.

DARGÈRE, A. F. *et al.* Artisanal Minas cheese parameters associated with regions of origin in Minas Gerais, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, n. 3, p. 395-406, jun. 2023a. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-12851>.

DÁRGERE, A. F. *et al.* Characterization of the volatile compound profile of artisanal Minas cheese from different regions. **Food Science And Technology**, v. 43, 18 out. 2023b. <http://dx.doi.org/10.5327/fst.124222>.

DÁRGERE, A. F. *et al.* Lipid profile of artisanal Minas cheese from certified regions in the state of Minas Gerais, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, 2023c. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2023.v58.03212>.

DEETH H. C.; FITZ-GERALD C. H. Lipolysis in dairy products: A review, **Australian Journal of Dairy Technology**. v. 31, p. 53-62, 1976.

DELGADO, F. J. *et al.* Characterisation by SPME–GC–MS of the volatile profile of a Spanish soft cheese P.D.O. Torta del Casar during ripening. **Food Chemistry**, v. 118, n. 1, p. 182-189, jan. 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.081>.

DELGADO, F. J. *et al.* Free Fatty Acids and Oxidative Changes of a Raw Goat Milk Cheese through Maturation. **Journal Of Food Science**, v. 76, n. 4, 13 abr. 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02140.x>.

DELGADO, F. J. *et al.* Free fatty acids and oxidative changes of a Spanish soft cheese (PDO ‘Torta del Casar’) during ripening. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 9, p. 1721-1728, ago. 2009. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01987.x>.

D’INCECCO, P. *et al.* Impact of Extending Hard-Cheese Ripening: a multiparameter characterization of parmigiano reggiano cheese ripened up to 50 months. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 268, mar. 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9030268>.

DJURICIC, I.; CALDER, P. C. Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: an update for 2021. **Nutrients**, v. 13, n. 7, p. 2421, jul. 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/nu13072421>.

DRANSFIELD, E. The taste of fat. **Meat Science**, v. 80, n. 1, p. 37-42, set. 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.030>.

DOMINGOS, L. D. *et al.* Fat reduction and whey protein concentrate addition alter the concentration of volatile compounds during Prato cheese ripening. **Food Research International**, v. 119, p. 793-804, maio 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.062>.

DORES, M. T. das. **Queijos artesanais da Canastra maturado a temperatura ambiente e sob refrigeração**. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de

Alimentos, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/4684482a-8f08-4e2f-a8b1-1f853628b4be/content>.

DORES, M. T. das; FERREIRA, C. L. de L. F. Queijo minas artesanal, tradição centenária: ameaças e desafios. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 26-34, set. 2012. <https://doi.org/10.21206/rbas.v2i2.163>.

DORES, M. T. das. **Enterotoxigenicidade de Staphylococcus aureus isolados de queijo minas artesanal da Canastra**. 2013. 66 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/424/1/texto%20completo.pdf>>

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**, v. 33, n.1, p. 180-185, Jan/Mar. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000003>.

EL-NIMR, A. *et al.* Water Activity, Color Characteristics and Sensory Properties of Egyptian Gouda Cheese during Ripening. **Journal of American Science**, v. 6 n. 10, p. 447-453. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Hesham-Eissa/publication/266219696\\_Water\\_Activity\\_Color\\_Characteristics\\_and\\_Sensory\\_Properties\\_of\\_Egyptian\\_Gouda\\_Cheese\\_during\\_Ripening/links/54db1eb60cf233119bc53211/Water-Activity-Color-Characteristics-and-Sensory-Properties-of-Egyptian-Gouda-Cheese-during-Ripening.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hesham-Eissa/publication/266219696_Water_Activity_Color_Characteristics_and_Sensory_Properties_of_Egyptian_Gouda_Cheese_during_Ripening/links/54db1eb60cf233119bc53211/Water-Activity-Color-Characteristics-and-Sensory-Properties-of-Egyptian-Gouda-Cheese-during-Ripening.pdf)>

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Memória da reunião de 10/07/03. Anexo I: **Programa de apoio aos queijos tradicionais de fabricação artesanal do estados de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2003a.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Caracterização da microrregião de Araxá como produtora tradicional de queijo Minas artesanal**. Belo Horizonte, 2003b. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br>> Acesso em em: 12 fev. 2023.

EMATER - MG - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Caracterização da microrregião da Canastra como Produtora Tradicional do queijo Minas artesanal**. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <[http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/queijo\\_historico/caracterizaçãodoqueijocanastra.pdf](http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/queijo_historico/caracterizaçãodoqueijocanastra.pdf)>.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Programa Queijo Minas Artesanal**, 2020. Disponível em: <[https://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site\\_tpl\\_queijo&id=3299](https://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site_tpl_queijo&id=3299)> Acesso em: 25/03/2023

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Caracterizações das regiões produtoras tradicionais de queijos artesanais de Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade**

**ao Caraça, Serra do Salitre, Serras da Ibitipoca, Serro e Triângulo Mineiro**, produzidas pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais, 2022. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=87229>.> Acesso em: 24 mai. 2023.

EPAMIG (Minas Gerais). **Queijos artesanais Mineiros: da matéria-prima ao produto final**. 273. ed. Belo Horizonte: Epamig, 2013. 112 p. Disponível em: <https://www.epamig.br/ilct/wp-content/uploads/2022/03/QUEIJOS-ARTESANAIS-MINEIROS-DA-MAT%C3%89RIA-PRIMA-AO-PRODUTO-FINAL.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.

ESMAEILZADEH, P. *et al.* Characterization of a traditional ripened cheese, Kurdish Kope: lipolysis, lactate metabolism, the release profile of volatile compounds, and correlations with sensory characteristics. **Journal Of Food Science**, v. 86, n. 8, p. 3303-3321, jul. 2021. <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.15830>.

FALLICO, V. *et al.* Proteolysis and microstructure of piacentinu ennese cheese made using different farm technologies. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n.1, p. 37-48, 2006.

FEDELE, E.; BERGAMO, P. Protein and Lipid Oxidative Stresses During Cheese Manufacture. **Journal Of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 932-935, set. 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb08214.x>.

FIECHTER, G.; SIVEC, G.; MAYER, H. K. Application of UHPLC for the simultaneous analysis of free amino acids and biogenic amines in ripened acid-curd cheeses. **Journal Of Chromatography B**, v. 927, p. 191-200, mai 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jchromb.2012.12.006>.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 3-14, jun. 1998. <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-52731998000100001>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.

FIGUEIREDO, S. P. *et al.* Características do leite cru e do queijo Minas Artesanal do Serro em diferentes meses. **Archives Of Veterinary Science**, v. 20, n. 1, p. 68-82, mai. 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v20i1.37243>.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497-509, mai 1957. [http://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](http://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5).

FOX, P. F. *et al.* **Fundamentals of cheese science**. Springer, New York, NY, v. 1, p. 799. fev 2000.

FOX, P. F. *et al.* **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, v. 1. General Aspects. Published by Elsevier Academic Press. 3 ed. p. 617, 2004.

FOX, P. F. *et al.* Biochemistry of cheese ripening. **In: Fundamentals of cheese science**. Springer, Boston, MA, 2017. p. 391-442.

FUKA, M. M. *et al.* Dynamics of Bacterial Communities during the Ripening Process of Different Croatian Cheese Types Derived from Raw Ewe's Milk Cheeses. **Plos One**, v. 8, n. 11, p. 80734-999, nov. 2013. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0080734>.

FURQUAY, J.; FOX, P.; McSWEENEY, P. **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2 ed. Academic Press, 2011.

GANESAN, B.; WEIMER, B. C. Amino Acid Catabolism and Its Relationship to Cheese Flavor Outcomes. **Cheese**, p. 483-516, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-417012-4.00019-3>.

GARCÍA-PÉREZ, F. J. *et al.* Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. **Color Research & Application**, v. 30, n. 6, p. 457-463, out. 2005. <http://dx.doi.org/10.1002/col.20158>.

GASPARINI, G. B. F. B. *et al.* Psychrotrophs in raw milk: effect on texture, proteolysis index, and sensory evaluation of smoked provolone cheese. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v. 100, n. 8, p. 3291-3296, mar. 2020. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.10329>.

GATZIAS, I. S. *et al.* Geographical differentiation of feta cheese from northern Greece based on physicochemical parameters, volatile compounds and fatty acids. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 131, p. 109615, set. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109615>.

GERMAN, J. B.; DILLARD, C. J. Composition, Structure and Absorption of Milk Lipids: a source of energy, fat-soluble nutrients and bioactive molecules. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, v. 46, n. 1, p. 57-92, jan. 2006. <http://dx.doi.org/10.1080/10408690590957098>.

GEZGINC, Y. *et al.* Metagenomics and volatile profile of Turkish artisanal Tulum cheese microbiota. **Food Bioscience**, v. 45, p. 101497, fev. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101497>.

GIELLO, M. *et al.* Dynamics of bacterial communities during manufacture and ripening of traditional Caciocavallo of Castelfranco cheese in relation to cows' feeding. **Food Microbiology**, v. 63, p. 170-177, maio 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2016.11.016>.

GODBER, J. M. **Nutritional value of muscle food**. In: KINSMAN, D. M., KOTULA, A. W.; BREINDESTEIN, B. C. **Muscle foods**. New York: Champman & Hall, p. 568, 1994.

GONZALES-BARRON, Ú. *et al.* Behavior of *Listeria monocytogenes* in the presence or not of intentionally-added lactic acid bacteria during ripening of artisanal Minas semi-hard cheese. **Food Microbiology**, v. 91, p. 103545, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2020.103545>.

GONZÁLES-MARTÍN, I. *et al.* Potential of near infrared spectroscopy for the analysis of volatile components in cheeses. **LWT – Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 666-673, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.008>.

HADDAD, L. *et al.* Biomarkers for cheese authentication by detailed and fast gas chromatographic profiling of triacylglycerol fatty acids. **Food Chemistry**, v. 422, p. 136251, out. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136251>.

HARTMAN, L; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, n. 6, p. 475-6, jul. 1973.

HAYALOGLU, A. A. *et al.* Microbiology, Biochemistry, and Volatile Composition of Tulum Cheese Ripened in Goat's Skin or Plastic Bags. **Journal Of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1102-1121, mar. 2007. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(07\)71597-7](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(07)71597-7).

HAYALOGLU, A. A. Cheese Varieties Ripened Under Brine. **Cheese**, 4 ed. p. 997-1040, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-417012-4.00039-9>.

HAYALOGLU, A. A; MCSWEENEY, Paul. Microbiology of Processed Liquid Milk. **Dairy Microbiology And Biochemistry**, p. 109-126, 9 jul. 2014. <http://dx.doi.org/10.1201/b17297-8>.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 546, de 29 de outubro de 2002. **Identifica a microrregião do Serro**. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1823&id=18806&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1823&id=18806&Itemid=1000000000000)>. Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 594, de 10 de junho de 2003. **Identifica a microrregião de Araxá**. Belo Horizonte, 2003a. Disponível em: <[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1676&id=17061&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1676&id=17061&Itemid=1000000000000)>. Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 619, de 1 de dezembro de 2003. **Identifica a microrregião do Alto Paranaíba**. Belo Horizonte, 2003b. Disponível em: <[http://www.ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1676&id=17087&Itemid=1000000000000](http://www.ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1676&id=17087&Itemid=1000000000000)>. Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 694, de 17 de novembro de 2004. **Identifica a microrregião da Canastra**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1666&id=17030&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1666&id=17030&Itemid=1000000000000)>. Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 1022, de 03 de novembro de 2009. **Identifica a microrregião do Campo das Vertentes**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1576&id=16558&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1576&id=16558&Itemid=1000000000000)>. Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 1397, de 13 de fevereiro de 2014. **Identifica a microrregião do Triângulo Mineiro como produtora de Queijo Minas Artesanal**. Belo Horizonte, 2014a. Disponível em:

<[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1438&id=15233&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1438&id=15233&Itemid=1000000000000)> Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 1428, de 29 de agosto de 2014. **Identifica a microrregião da Serra do Salitre como produtora de Queijo Minas Artesanal.** Belo Horizonte, 2014b. Disponível em:

<[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1438&id=15265&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1438&id=15265&Itemid=1000000000000)> Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. **Queijo Minas artesanal.** Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/certificacao/queijo-minas-artesanallink>>. Acesso em: 06 mar. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 1834, de 4 de julho de 2018. **Identifica a região Serras da Ibitipoca como produtora de queijo artesanal.** Belo Horizonte, 2018. Disponível em:

<[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1349&id=14425&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1349&id=14425&Itemid=1000000000000)> Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 2051, de 07 de abril de 2021. **Define o período de maturação do Queijo Minas Artesanal produzido nas microrregiões de Araxá, Campos das Vertentes, Canastra, Cerrado, Serra do Salitre, Serro e Triângulo Mineiro.** Belo Horizonte, 2021. Disponível em:

[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1739&id=18551&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1739&id=18551&Itemid=1000000000000).> Acesso em: 25 mai. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 2129 de 22 de março de 2022. **Identifica a região de Diamantina como produtora de Queijo Minas Artesanal.** Belo Horizonte, 2022a. Disponível em:

<[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1829&id=19237&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1829&id=19237&Itemid=1000000000000)> Acesso em: 12 fev. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. Portaria nº 2141 de 19 de abril de 2022. **Identifica a Região Entre Serras da Piedade ao Caraça como produtora de Queijo Minas Artesanal.** Belo Horizonte, 2022b. Disponível em:

<[http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com\\_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1829&id=19230&Itemid=1000000000000](http://ima.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=1829&id=19230&Itemid=1000000000000)> Acesso em: 12 fev. 2023.

IOANNIDOU, M. D.; MAGGIRA, M.; SAMOURIS, G. Physicochemical Characteristics, Fatty Acids Profile and Lipid Oxidation during Ripening of Graviera Cheese Produced with Raw and Pasteurized Milk. **Foods**, v. 11, n. 14, p. 2138, 19 jul. 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11142138>.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL - IPHAN.

Parecer n. 006/2006. Processo n. 01450.012192/2006-65, **Queijo Artesanal de Minas:**

Patrimônio Cultural do Brasil. Volume I, dossiê interpretativo. Brasília, 2006. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossie\\_modos\\_fazer\\_queijo\\_minas.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossie_modos_fazer_queijo_minas.pdf).

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Modo artesanal de fazer Queijo de Minas. **Registro dos queijos artesanais de Minas Gerais, nas**

**regiões do Serro, da Serra da Canastra e Salitre/Alto Paraíba.** Processo n o01450.012192/2006-65. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Dossie\\_Queijo\\_de\\_Minas\\_web.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Dossie_Queijo_de_Minas_web.pdf).

JESUS FILHO, M. *et al.* The influence of production units and seasons on the physicochemical characteristics, mineral and fatty acid content, and texture profile of the artisanal cheeses from Serra da Canastra, Brazil. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 123, 105589, out. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105589>.

JESUS FILHO, M. *et al.* Key aroma compounds of Canastra cheese: hs-spme optimization assisted by olfactometry and chemometrics. **Food Research International**, v. 150, Part A, 110788, dez. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110788>.

KAMIMURA, B. A. *et al.* Amplicon sequencing reveals the bacterial diversity in milk, dairy premises and Serra da Canastra artisanal cheeses produced by three different farms. **Food Microbiology**, v. 89, p. 103453, ago. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2020.103453>.

KAMIMURA, B. A. *et al.* Brazilian Artisanal Cheeses: An Overview of their Characteristics, Main Types and Regulatory Aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, p. 1636-1657, ago. 2019. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12486>.

KANG, K. R.; CHERIAN, G.; SIM, J. S. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. **Poultry Science**, v. 80, n. 2, p. 228-234, fev. 2001. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/80.2.228>.

KARACA, O. B.; GÜVEN, M. Effects of Proteolytic and Lipolytic Enzyme Supplementations on Lipolysis and Proteolysis Characteristics of White Cheeses. **Foods**, v. 7, n. 8, p. 125, ago. 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/foods7080125>.

KARDEL, G. *et al.* O uso de lípase na fabricação de queijos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora. v. 50, n. 295, p. 45-48, out. 1995.

KINIK, O.; GURSOY, O.; SECKIN, A. K. Cholesterol content and fatty acid composition of most consumed Turkish hard and soft cheeses. **Czech Journal of Food Sciences**, Prague, v. 23, n. 4, p. 166–172, 2005.

KONICA MINOLTA SENSING. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Konica Minolta Sensing Incorporated, 2007.

LAFIA, A. T. *et al.* Possible microbiological contaminations and occurrence of oxidation that affect the quality of cheeses. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e406111032910, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32910>

LAURINDO, J. **Teor de natamicina, caracterização físico-química, perfil de ácidos graxos e índices de qualidade lipídica em queijo azul e tipo gorgonzola**. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2255/1/LD\\_PPGTAL\\_M\\_Laurindo%2C%20Jaqueleine\\_2017.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2255/1/LD_PPGTAL_M_Laurindo%2C%20Jaqueleine_2017.pdf). Acesso em: 07 out. 2023.

LAW, B. A.; TAMINE, A. Y. Cheese-ripening and cheese flavour technology. **Technology of cheese making**. West Sussex: Blackwell, p. 231-259, 2010. <https://doi.org/10.1002/9781444323740.ch7>.

LIMA, C. F. de. **Estudo do tempo de maturação do queijo minas artesanal do triângulo mineiro**: análises microbiológicas e físico-químicas. 2021. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia de Alimentos, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/33947/1/EstudoTempoMatura%C3%A7%C3%A3o.pdf>>.

LUIZ, L. M. P. *et al.* Isolation and identification of lactic acid bacteria from Brazilian Minas artisanal cheese. **CyTA – Journal of Food**, v. 15, p. 125–128, 2016. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1219392>.

MACEDO, A. C.; MALCATA, F. X. Changes in the major free fatty acids in Serra cheese throughout ripening. **International Dairy Journal**, v. 6, n. 11-12, p. 1087-1097, nov. 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946\(96\)00032-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946(96)00032-5).

MADRAU, M. A. *et al.* Employment of autochthonous microflora in pecorino sardo cheese manufacturing and evolution of physicochemical parameters during ripening. **International Dairy Journal**, Oxford, v. 16, n. 8, p. 876-885, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.08.005>.

MAIA, E. L.; RODRIGUES-AMAYA, D. B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 53, n. 1-2, p. 27-35, 1993. <http://doi.org/10.53393/rial.1993.53.35982>.

MALLATOU, H.; PAPPAS, E.; MASSOURAS, T. Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 2-3, p. 211-219, jan. 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946\(02\)00153-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946(02)00153-x).

MARGALHO, L. P. *et al.* A large survey of the fatty acid profile and gross composition of Brazilian artisanal cheeses. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 101, p. 103955, ago. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103955>.

MARILLEY, L.; CASEY, M. G. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. **International journal of food microbiology**, v. 90, n. 2, p. 139-159, 2004. [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00304-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00304-0).

MARTINI, S.; CONTE, A.; TAGLIAZUCCHI, D. Effect of ripening and in vitro digestion on the evolution and fate of bioactive peptides in Parmigiano-Reggiano cheese. **International Dairy Journal**, v. 105, p. 104668, jun. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104668>.

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. Disponível

em: <<https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/5959aff5-2701-42ee-b0c8-e013143a07eb/content>>.

MARTINS, J. M. *et al.* Determining the minimum ripening time of artisanal Minas cheese, a traditional Brazilian cheese. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 1, p. 219-230, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246120131003>

MARTINS M. das G. G. **Patógenos em queijos artesanais e os fatores de risco para sua ocorrência**. 2018. 46p. Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Pós-graduação em Microbiologia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Especialista.-Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, 2018. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ICBB-BD9TZR/1/corre\\_\\_o\\_monog\\_cd.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ICBB-BD9TZR/1/corre__o_monog_cd.pdf)>.

MATA, G. M. S. C. *et al.* Performance of two alternative methods for *Listeria* detection throughout Serro Minas cheese ripening. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 749-756, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.04.006>.

MATERA, J. *et al.* Brazilian cheeses: a survey covering physicochemical characteristics, mineral content, fatty acid profile and volatile compounds. **Food Research International**, v. 108, p. 18-26, jun. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.014>.

MCSWEENEY, P. L. H; SOUSA, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. **Le Lait**, v. 80, n. 3, p. 293-324, 2000. <http://dx.doi.org/10.1051/lait:2000127>.

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.

MENESES, J. N. C. Modos de fazer e a materialidade da cultura "imaterial": o caso do Queijo artesanal de Minas Gerais. **Patrimônio e Memória**, Assis, v. 5, n. 2, p. 19-33, dez. 2009. Disponível em: <<https://pem.assis.unesp.br/index.php/pem/article/view/75>>.

MENTANA, A. *et al.* Optimizing accelerated solvent extraction combined with liquid chromatography-Orbitrap mass spectrometry for efficient lipid profile characterization of mozzarella cheese. **Food Chemistry**, v. 394, 133542, nov. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133542>.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei N° 23.157, de 18 de dezembro de 2018. **Revoga a Lei n° 20.549, de 18 de dezembro de 2012, que dispõe sobre a produção e comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais e dá outras providências**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=248559>.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto n° 48024, de 19 de agosto de 2020. **Regulamenta a Lei n° 23.137, de 18 de dezembro de 2018, que Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos Artesanais de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/23137/2018/>.

MINAS GERAIS. Portaria IMA nº 1736, de 27 de julho de 2017. **Altera a Portaria nº 1.305/2013, de 30 de abril de 2013, que dispõe sobre o período de maturação do Queijo Minas Artesanal.** Belo Horizonte, 27 jul. 2017. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=253925>>.

MOLIMARD, P.; SPINLER, H. E. Review, compounds involved in the flavour of surface mold-ripened cheeses, origins and properties. **Journal Dairy Science**, v. 79, n. 2, p.169–184, 1996. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(96\)76348-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(96)76348-8).

MONTEIRO, R. P.; MATTA, V. M. da. Queijo Minas Artesanal: valorizando a agroindústria familiar. Brasília: **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, 2018. 103 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199625/1/Livro-Queijo-Minas-Artesanal-Ainfo.pdf>.> Acesso em: 28/05/2023.

MORENO, V. J. **Caracterização física e físico-química do queijo Minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes.** 2013, 131f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Laticínios) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/4526>.

MOREIRA, G. M. M. *et al.* Effect of ripening time on proteolysis, free amino acids, bioactive amines and texture profile of Gorgonzola-type cheese. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 98, p. 583-590, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.026>.

MUKDSI, M. C. A. *et al.* The Secreted Esterase of *Propionibacterium freudenreichii* Has a Major Role in Cheese Lipolysis. **Applied And Environmental Microbiology**, v. 80, n. 2, p. 751-756, jan. 2014. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.03640-13>.

MUREŞAN, C. C. *et al.* Changes in Physicochemical and Microbiological Properties, Fatty Acid and Volatile Compound Profiles of Apuseni Cheese during Ripening. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 258, jan. 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/foods10020258>.

MUTWEDU BWANA V. *et al.* Effets des techniques de transformation sur la qualité du fromage blanc traditionnel. **Journal Of Animal And Plant Sciences**, v. 38, p. 6097-6110, set. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/328583401\\_Effets\\_des\\_techniques\\_de\\_transformation\\_sur\\_la\\_qualite\\_du\\_fromage\\_blanc\\_traditionnel\\_Mashanza\\_produit\\_au\\_Sud-Kivu\\_RD\\_Congo](https://www.researchgate.net/publication/328583401_Effets_des_techniques_de_transformation_sur_la_qualite_du_fromage_blanc_traditionnel_Mashanza_produit_au_Sud-Kivu_RD_Congo).> Acesso em: 07 out. 2023.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). **NIST Chemistry WebBook**. NIST, 1991. Disponível em: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>.

NEDOMOVÁ, A. J. *et al.* Deciphering Rind Color Heterogeneity of Smear-Ripened Munster Cheese and Its Association with Microbiota. **Foods**, v. 13, n. 14, 2233, jul. 2024. <http://dx.doi.org/10.3390/foods13142233>.

NEDOMOVÁ, Š. *et al.* Effect of ripening time on colour and texture properties in cheese. **Potravinarstvo Slovak Journal Of Food Sciences**, v. 11, n. 1, p. 296-301, maio 2017. <http://dx.doi.org/10.5219/744>.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 7 ed. Porto Alegre:

Artmed, 2019, 1278 p.

NERO, L. A. *et al.* Lactic microbiota of the minas artisanal cheese produced in the Serro region, Minas Gerais, Brazil. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 148, 111698, ago. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111698>.

NOGUEIRA, M. C. L.; LUBACHEVSKY, G.; RANKIN, S. A. A study of the volatile composition of Minas cheese. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 38, n. 5, p. 555-563, ago. 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2004.07.019>.

NOGUEIRA, T. S. *et al.* Different types of packaging influence sensory profile of Canastra artisanal cheese. **Food Packaging And Shelf Life**, v. 28, p. 100673, jun. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100673>.

NOZIÈRI, P. *et al.* Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. **Animal Fees Science and Technology**, v. 131, n. 3, p. 418-450, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018>.

PAIVA, P. H. C.; COSTA JÚNIOR, L. C. G. Treatment of Canastra cheese rind with resin and its effects during the cheese ripening and in the cheese quality as a means of improving the visual aspect and add value to the product. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 387, p. 87-88, 2012. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2238-6416.20120055>.

PASZCZYK, B.; ŁUCZYŃSKA, J. The Comparison of Fatty Acid Composition and Lipid Quality Indices in Hard Cow, Sheep, and Goat Cheeses. **Foods**, v. 9, n. 11, 1667, nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9111667>.

PELLEGRINI, L. G. de *et al.* Caracterização físico-química e perfil lipídico de queijos produzidos com leite ovino. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 68, n. 394, p. 11-18, 2013. Disponível em: <https://rilct.emnuvens.com.br/rilct/article/view/38#:~:text=Este%20trabalho%20teve%20por%20objetivo%20caracterizar%20os%20queijos,ovino%20quanto%20aos%20aspectos%20f%20C3%ADsico-qu%20e%20perfil%20lip%C3%ADdico>. Acesso em: 17 jun 2023.

PEREIRA, D. A. **Efeito de diferentes condições de maturação nas características do queijo Minas artesanal**. 2019. 101 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/38106/1/TESE\\_Efeito%20de%20diferentes%20condi%C3%A7%C3%B5es%20de%20matura%C3%A7%C3%A3o%20nas%20caracter%C3%ADsticas%20do%20Queijo%20Minas%20artesanal.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/38106/1/TESE_Efeito%20de%20diferentes%20condi%C3%A7%C3%B5es%20de%20matura%C3%A7%C3%A3o%20nas%20caracter%C3%ADsticas%20do%20Queijo%20Minas%20artesanal.pdf). Acesso em: 20 dez. 2023.

PEREIRA, D. B. C.; SILVA, P. H. F.; COSTA JÚNIOR, L. C. G.; OLIVEIRA, L. L. **Físico-Química do Leite e Derivados: Métodos Analíticos**. Juiz de Fora. 2 ed. Templo Gráfica e Editora. 2001. 234p.

PERIN, L. M. *et al.* Bacterial ecology of artisanal Minas cheese assessed by culture-dependent and – independente methods. **Food Microbiology**, v. 65, p. 160-169, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2017.02.005>.

PERRY, Katia S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Revista Química Nova**, v.27, n. 2, p. 293-300, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422004000200020>.

PIAIAZZON-GOMES, J.; PRUDÊNCIO, S. H.; SILVA, R. S. dos S. F. da. Queijo tipo minas frescal com derivados de soja: características físicas, químicas e sensoriais. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 77-85, mai. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500013>.

PINHEIRO, J. S. *et al.* Influence of the starter cultures and ripening on the physicochemical and sensory characteristics of Serro artisanal cheese. **International Journal Of Gastronomy And Food Science**, v. 24, p. 100331, jul. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100331>.

PINHO, O.; M., E.; ALVES, M. M.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Chemical, Physical, and Sensorial Characteristics of “Terrincho” Ewe Cheese: changes during ripening and intravarietal comparison. **Journal Of Dairy Science**, v. 87, n. 2, p. 249-257, fev. 2004. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73163-x](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73163-x).

PINTO, M. S. *et al.* Segurança alimentar do queijo minas artesanal do Serro, Minas Gerais, em função da adoção de boas práticas de fabricação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.342-347, 2009. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/pat/article/view/4509/5901>>.

PLUTA-KUBICA, A. *et al.* Application of Furcellaran Nanocomposite Film as Packaging of Cheese. **Polymers**, v. 13, n. 9, 1428, abr. 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/polym13091428>.

POIAN, A. da *et al.* **Bioquímica I**. 3. ed. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011. p. 210. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/6925>.

PRATA, B. M. *et al.* Perfil sensorial e físico-químico de queijo Minas artesanal produzido na microregião de Araxá, Brasil. **Research, Society And Development**, v. 9, n. 9, e671997782, set. 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7782>.

QUEIROGA, R. de C. R. do E. *et al.* Características físico-químicas, microbiológicas e perfil de ácidos graxos de queijos de leite de cabra comercializados. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.68, n.3, p. 411-418, 2009. Disponível em: <[http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial68\\_3\\_completa/1238.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial68_3_completa/1238.pdf)>.

RESENDE, M. de F. S. de. **Queijo Minas Artesanal da Serra da Canastra**: influências da altitude e do nível de cadastramento das queijarias nas características físico-químicas e microbiológicas. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SSLA-87MJQY/1/dissert\\_\\_mariadefatimasilvaderesende.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SSLA-87MJQY/1/dissert__mariadefatimasilvaderesende.pdf).> Acesso em: 28 mai. 2023.

RESENDE, M. de F. S. de *et al.* Queijo de minas artesanal da Serra da Canastra: influência da altitude das queijarias nas populações de bactérias acidoláticas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1567-1573, dez. 2011.

<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-09352011000600039>.

RINCÓN, A. A. *et al.* Influence of vegetable coagulant and ripening time on the lipolytic and sensory profile of cheeses made with raw goat milk from Canary breeds. **Food Science And Technology International**, v. 23, n. 3, p. 254-264, 19 dez. 2016. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013216685202>.

ROBINSON, R. K.; WILBEY, R. A. **Fabricación de queso**. 2. ed. Zaragoza, Espanha: Editorial Acribia, p. 488, 2002.

ROMANI, V. P.; MARTINS V. G.; SOARES L. A. de (2020). Oxidação lipídica e compostos fenólicos como antioxidantes em embalagens ativas para alimentos. **VETOR - Revista De Ciências Exatas E Engenharias**, v. 27, n. 1, p. 38–56. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/7052>.

RONCATTI, R. **Desenvolvimento e caracterização do queijo santo giorno, típico do sudoeste do paraná, produzido com leite cru e fermento endógeno**. Disserta o de Mestrado. Pato Branco, PR: UTFPR, 2016. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1773/1/PB\\_PPGTP\\_M\\_Roncatti%2c%20Roberta\\_2016.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1773/1/PB_PPGTP_M_Roncatti%2c%20Roberta_2016.pdf).

SAKARIDIS, I. *et al.* Hygiene and Safety of Hard Cheese Made from Raw Cows' Milk. **Veterinary Sciences**, v. 9, p. 569, 16 out. 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/vetsci9100569>.

SALES, G. de A. **Caracteriza o microbiológica e físico-química de queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá-MG durante a matura o em diferentes épocas do ano**. 2015. 106 f. Disserta o (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SMOC-A4MHTZ/1/disserta\\_\\_o\\_final\\_\\_\\_gilson\\_de\\_assis\\_sales.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SMOC-A4MHTZ/1/disserta__o_final___gilson_de_assis_sales.pdf)>.

SANT'ANNA, F. M. *et al.* Microbial shifts in Minas artisanal cheeses from the Serra do Salitre region of Minas Gerais, Brazil throughout ripening time. **Food Microbiology**, v. 82, p. 349-362, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.016>.

SANTOS, A. S. **Queijo minas artesanal da microrregião do Serro-MG: efeito da sazonalidade sobre a microbiota do leite cru e comportamento microbiológico durante a matura o**. 2010. 68 f. Disserta o (Disserta o apresentada ao Curso de Pos-Gradua o Stricto Sensu em Produ o Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010. Disponível em: <<http://acervo.ufvjm.edu.br:8080/jspui/handle/1/721>>.

SANTOS, C. I. A. dos; SALGADO, C. A.; VANETTI, M. C. D. Lipases bacterianas: impactos na qualidade de produtos lácteos e potencial biotecnológico. **Research, Society And Development**, v.10, n.13, e230101321213, out. 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21213>.

SANTOS R. D. *et al.* **Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 100, n. 1, p. 1-40, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2013000900001>.

SARDINHAS-VERDÉS M. *et al.* Ripening Changes of the Chemical Composition, Proteolysis, and Lipolysis of a Hair Sheep Milk Mexican Manchego-Style Cheese: Effect of Nano-Emulsified Curcumin. **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1579, jul. 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10071579>.

SENGUL, M. *et al.* Effects of Casing Materials and Ripening Period on Some Microbiological Properties of Tulum Cheese. **Pakistan Journal Of Biological Sciences**, v. 4, n. 7, p. 854-857, 15 jun. 2001. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2001.854.857>.

SILVA, J. G. e. **Características físicas, físico-químicas e sensoriais do queijo minas artesanal da Canastra.** 2007. 198 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007. Cap. 1. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/3064>>. Acesso em: 05 maio. 2023.

SILVA, J. G. e *et al.* Características Físico-Químicas Do Queijo Minas Artesanal Da Canastra. **Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 66, n. 380, p. 16-22, 2011. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/164/172>>.

SILVA, K. T. da; MACHADO, P. J. de O. Aspectos geográficos, culturais e socioeconômicos do queijo Minas artesanal das Serras da Ibitipoca, MG. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 13, n. 1, p. 63-91, 3 maio 2023. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/39106>>. Acesso em: 25 nov. 2023.

SILVA, R. N. R. da; MARQUES, C. A. T. **Processos da maturação em queijos.** In: Anais do I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos. Diamantina (MG), 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.29327/161828.1-17>.

SOARES, D. J. *et al.* Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 30, n. 2, dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v30i2.30504>.

SOBRAL, D. *et al.* Efeito da nisina na contagem em *Lactococcus* e *Lactobacillus* em queijo Minas artesanal da região de Araxá – MG – Brasil. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, n. 391 p. 5–10, 2013. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/15/15>>. Acesso em: 05 maio. 2023.

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, jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.14295/2238-416.v72i2.600>.

SOBRAL, D. *et al.* Nisin reduces the *Staphylococcus aureus* count without changing the characteristics of artisanal Minas cheese from Araxá. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 74, n. 1, p. 1-12, nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v74i1.729>.

SUMMER, A. *et al.* Cheese as Functional Food: the example of parmigiano reggiano and grana padano. **Food Technology And Biotechnology**, v. 55, n. 3, 2017. <http://dx.doi.org/10.17113/ftb.55.03.17.5233>.

TEKIN, A.; GULER, Z. Glycolysis, lipolysis and proteolysis in raw sheep milk Tulum cheese during production and ripening: effect of ripening materials. **Food Chemistry**, v. 286, p. 160-169, jul. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.190>.

TEKIN, A.; HAYALOGLU, A. A. Understanding the mechanism of ripening biochemistry and flavour development in brine ripened cheeses. **International Dairy Journal**, v. 137, p. 105508, fev. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105508>.

TELES, A. R. S. **Otimização de uma fórmula para obtenção do creme de queijo coalho com adição de hidrocolóides e extrato de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/Se, 2019. Cap. 1. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16126/2/ALAN\\_RODRIGO\\_SANTOS\\_TELES.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16126/2/ALAN_RODRIGO_SANTOS_TELES.pdf). Acesso em: 07 nov. 2023.

TELLI, N.; TOPKAFA, M. Determination of physicochemical properties, color characteristics, and biogenic amines content in Konya Green cheese from raw milk during the mold ripening. **Journal Of Food Processing And Preservation**, v. 45, n. 7, e15608, mai. 2021. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.15608>.

TODESCATTO, C. **Obtenção de fermento láctico endógeno para produção de queijo típico da mesorregião sudoeste do paraná**. 2014. 171 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1100/1/PB\\_PPGTP\\_M\\_Todescatto%2c%20C%20arla\\_2014.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1100/1/PB_PPGTP_M_Todescatto%2c%20C%20arla_2014.pdf).

TUNICK, M. H. Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture. **Journal Of Dairy Science**, v. 83, n. 8, p. 1892-1898, ago. 2000. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75062-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75062-4).

URBACH, G. Relations between cheese flavour and chemical composition. **International Dairy Journal**, v. 3, n. 4-6, p. 389-422, jan. 1993. [http://dx.doi.org/10.1016/0958-6946\(93\)90025-u](http://dx.doi.org/10.1016/0958-6946(93)90025-u).

VÉLEZ, M. A. *et al.* Cheese milk low homogenization enhanced early lipolysis and volatiles compounds production in hard cooked cheeses. **Food Research International**, v. 96, p. 215-225, jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.011>.

VISENTAINER, J. V. Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 274-279, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422012000200008>.

WOO, A. H.; LINDSAY, R. C. Concentrations of Major Free Fatty Acids and Flavor Development in Italian Cheese Varieties. **Journal Of Dairy Science**, v. 67, n. 5, p. 960-968, maio 1984. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(84\)81394-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(84)81394-6).

ZABALETA, L.; ALBISU, M.; BARRON, L. J. R. Volatile compounds associated with desirable flavour and off-flavour generation in ewe's raw milk commercial cheeses. **European Food Research And Technology**, v. 243, n. 8, p. 1405-1414, fev. 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-017-2851-0>.