



**ADÉLIA FERREIRA DARGÈRE**

**CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS QUÍMICOS  
ASSOCIADOS AO QUEIJO MINAS ARTESANAL**

**LAVRAS - MG**

**2020**

**ADÉLIA FERREIRA DARGÈRE**

**CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS QUÍMICOS ASSOCIADOS AO  
QUEIJO MINAS ARTESANAL**

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.

Dr. Peter Bitencourt Faria

Orientador

Dra. Sandra Maria Pinto

Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2020**

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

Dargère, Adélia Ferreira.

Caracterização de Compostos Químicos Associados ao Queijo Minas Artesanal  
/ Adélia Ferreira Dargère. - 2020.

101p. : il.

Orientador(a): Peter Bitencourt Faria.

Coorientador(a): Sandra Maria Pinto.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Composição centesimal e físico-química do queijo Minas artesanal. 2. Perfil lipídico do queijo Minas artesanal. 3. Perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal. I. Faria, Peter Bitencourt. II. Pinto, Sandra Maria. III. Título.

**CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS QUÍMICOS ASSOCIADOS AO  
QUEIJO MINAS ARTESANAL**

**CHARACTERIZATION OF CHEMICAL COMPOUNDS ASSOCIATED WITH  
MINAS ARTISANAL CHEESE**

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 16 de setembro de 2020.

Dra. Sandra Maria Pinto	UFLA
Dra. Sibelli Passini Barbosa Ferrão	UESB
Dra. Jéssica Ferreira Rodrigues	IFMG

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria  
Orientador

Profa. Dra. Sandra Maria Pinto  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**  
**2020**

Às minhas avós Maria da Penha e Albertine Andrée,  
Aos meus pais Pierre e Valéria,  
Aos produtores de queijo Minas artesanal

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Pierre e Valéria, pelo apoio incondicional em todos os momentos e escolhas da minha caminhada.

Ao meu companheiro Gabriel, pela paciência, incentivo e carinho nesta fase de minha vida e em tantas outras nas quais sempre esteve presente.

Às minhas amigas da República Menina Veneno, que acompanharam todo o meu crescimento e, sem as quais, a vida em Lavras não teria sido tão leve e feliz.

À minha amiga Joanna, pelos momentos compartilhados, pelo apoio e compreensão em todas as etapas.

À Universidade Federal de Lavras, da qual tenho orgulho em fazer parte e me proporcionou viver a melhor fase de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Peter Bitencourt Faria, pela oportunidade em cursar o Mestrado e por toda a amizade, confiança, compreensão e incentivo.

À minha coorientadora Sandra Maria Pinto pelo carinho, apoio e contribuição para a realização da pesquisa.

Ao professor Luiz Ronaldo de Abreu pelo amor à profissão e pelos ensinamentos dos quais nunca me esquecerei.

À colaboradora Cleusa do Departamento de Ciência dos Alimentos, por toda a disponibilidade, carinho e auxílio durante a pesquisa.

Aos colaboradores da EMATER-MG, pela parceria fundamental ao desenvolvimento da pesquisa.

A todos os produtores de queijo Minas artesanal, que participaram ou não desta pesquisa, pela dedicação e amor à atividade, minha grande admiração.

## RESUMO GERAL

O objetivo do presente estudo foi caracterizar o queijo Minas artesanal de acordo com sua região de produção, ao avaliar os perfis de ácidos graxos e compostos voláteis, bem como a composição centesimal e físico-química das amostras de queijo obtidas. Foram obtidas 78 amostras provenientes 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 região (Canastra, Serro, Serra do Salitre, Araxá, Triângulo Mineiro, Cerrado, Campo das Vertentes). Em relação à caracterização físico-química e centesimal, a análise de variância apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para as variáveis Nitrogênio Solúvel em TCA 12% (%NNP), Nitrogênio Solúvel em pH 4,6 (%NS), índices de extensão e profundidade de maturação (%EM; %PM), cinzas, oxidação, gordura e pH. Todas as amostras de queijo analisadas atenderam ao disposto no Decreto Nº 44.864, de 1º de agosto de 2008, que estabelece uma umidade máxima de até 45,9% para o queijo Minas artesanal. As regiões apresentaram comportamento diferente para a análise de componentes principais (PCA) em relação às variáveis avaliadas. Os resultados obtidos indicaram que existe diferença na composição físico-química e centesimal entre os queijos oriundos de regiões distintas em relação às variáveis avaliadas. Para a caracterização do perfil lipídico dos queijos analisados, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre a maioria dos compostos identificados e as regiões estudadas. Os queijos da região da Serra do Salitre e Araxá apresentaram-se similares no que diz respeito ao ácido capríco (C6:0), total de ácidos graxos poliinsaturados (POL) e a razão entre poliinsaturados e saturados (POL/SAT). O ácido palmítico (C16:0) foi o mais representativo dentro do grupo dos graxos saturados e os ácidos oléico (C18:1N9C) e linoléico (C18:2N6C) foram os mais expressivos no grupamento de graxos monoinsaturados e poli-insaturados dos queijos das distintas regiões, respectivamente. Os resultados encontrados neste estudo comprovam que existe diferença em relação ao perfil de ácidos graxos do queijo Minas artesanal e a região no qual é produzido. Contudo, não foi possível estabelecer uma identificação por origem em função da composição e do perfil de ácidos graxos. Em relação ao perfil de compostos voláteis, foi identificado um total de 166 compostos entre os grupos químicos aldeído (20), cetona (17), ácido carboxílico (20), terpeno (6), éster (57), hidrocarboneto (15) e álcool (31). Os terpenos  $\alpha$ -pinene e caryophyllene-oxide demonstraram ser possíveis marcadores vegetais para os queijos das regiões Canastra e Serro, uma vez que estes compostos não foram identificados nas demais regiões. Ao avaliar o perfil de compostos voláteis por meio da PCA de maneira geral, todas as regiões apresentaram comportamento diferente e, ao avaliar os grupos químicos de compostos de forma isolada, as regiões da Canastra e Serro se mostraram divergentes e as demais regiões apresentaram-se relativamente semelhantes, exceto no que se refere aos compostos cetônicos. Os resultados encontrados no presente estudo nos permitem concluir que, apesar de serem observadas interações semelhantes entre alguns compostos e regiões, muitos deles diferem em relação à origem dos queijos podendo, portanto, fornecer diretrizes sobre padrões de compostos químicos em diferentes locais de produção. Não obstante, são necessários mais estudos que avaliem o perfil de compostos voláteis dos queijos Minas artesanais para que seja possível caracterizá-los quimicamente de acordo com sua região de origem, contribuindo para a concessão do título de Indicação Geográfica.

Palavras-chave: queijo artesanal; perfil lipídico; compostos voláteis; rastreabilidade

## GENERAL ABSTRACT

The aim of the present study was to characterize artisanal Minas cheese according to its region of production, by evaluating the profiles of fatty acids and volatile compounds, as well as the chemical and physico-chemical composition of the cheese samples obtained. 78 samples were obtained from producers registered in the Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, meeting the sanitary requirements, minimum ripening time and production methods with the characteristics of the cheeses from each region (Canastra, Serro, Serra do Salitre, Araxá, Triângulo Mineiro, Cerrado, Campo das Vertentes). Regarding physico-chemical and centesimal characterization, the analysis of variance showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) for the variables Soluble Nitrogen in TCA 12% (% NNP), Soluble Nitrogen in pH 4.6 (% NS), indexes of extension and depth of maturation (% EM; %PM), ash, oxidation, fat and pH. All the cheese samples analyzed complied with the provisions of Decree No. 44,864, of August 1, 2008, which establishes a maximum humidity of up to 45.9% for artisanal Minas cheese. The regions showed different behavior for the principal component analysis (PCA) in relation to the variables evaluated. The results obtained indicated that there is a difference in the physico-chemical and centesimal composition between cheeses from different regions in relation to the evaluated variables. For the characterization of the lipid profile of the cheeses analyzed, significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed between most of the compounds identified and the regions studied. The cheeses from the Serra do Salitre and Araxá regions were similar regarding the caproic acid (C6: 0), total polyunsaturated fatty acids (POL) and the ratio between polyunsaturated and saturated (POL / SAT). Palmitic acid (C16: 0) was the most representative within the group of saturated fatty acids and the oleic (C18: 1N9C) and linoleic acid (C18: 2N6C) were the most expressive in the group of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, respectively, from different regions. The results found in this study prove that there is a difference in relation to the fatty acid profile of artisanal Minas cheese and the region in which it is produced. However, it was not possible to establish an identification by origin depending on the composition and profile of fatty acids. Regarding the profile of volatile compounds, 166 compounds were identified between the chemical groups aldehyde (20), ketone (17), carboxylic acid (20), terpene (6), ester (57), hydrocarbon (15) and alcohol (31). The  $\alpha$ -pinene and caryophyllene-oxide terpenes proved to be possible vegetable markers for cheeses from the Canastra and Serro regions, since these compounds were not identified in the other regions. When assessing the profile of volatile compounds through PCA in general, all regions showed different behavior and, when evaluating the chemical groups of compounds in isolation, the regions of Canastra and Serro were divergent and the other regions present themselves relatively similar, except for ketone compounds. The results found in the present study allow us to conclude that, although similar interactions are observed between some compounds and regions, many of them differ in relation to the origin of the cheeses and can therefore provide guidelines on patterns of chemical compounds in different production sites. Nevertheless, further studies are needed to assess the profile of volatile compounds in artisanal Minas cheeses so that it is possible to characterize them chemically according to their region of origin, contributing to the granting of the title of Geographical Indication.

Keywords: artisanal cheese; lipid profile; volatile compounds; traceability

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1. Fluxograma de fabricação do queijo Minas artesanal.....	6
Figura 2. Mapa do estado de Minas Gerais destacando as Microrregiões produtoras de queijo Minas artesanal. ....	10

### CAPÍTULO 2

Figura 1. Análise dos componentes principais da caracterização físico-química e composição centesimal do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....	37
Figura 2. Análise dos componentes principais do perfil de ácidos graxos do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.....	40
Figura 3. Análise dos componentes principais do perfil de ácidos graxos agrupados por classificação química (saturados – SAT; insaturados – INS; monoinsaturados – MON; poli-insaturados – POL), somatório de ácidos graxos $\omega 6$ ( $\omega 6$ ), somatório de ácidos graxos $\omega 3$ ( $\omega 3$ ), relação de ácidos graxos poli-insaturados/ácidos graxos saturados (POL/SAT), relação de ácidos graxos saturados/poli-insaturados (SAT/POL), relação $\omega 6/\omega 3$ ( $\omega 6.\omega 3$ ) e $\omega 3/\omega 6$ ( $\omega 3.\omega 6$ ), índice de aterogenicidade (ATR), índice de trombogenicidade (TBO) e relação hipo/hipercolesterolêmicos (HO/HE) do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.....	42

### CAPÍTULO 3

Figura 1. Análise dos componentes principais do grupamento cetona referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.....	76
Figura 2. Análise dos componentes principais do grupamento álcool referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....	77
Figura 3. Análise dos componentes principais do grupamento aldeído referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.....	78
Figura 4. Análise dos componentes principais do grupamento hidrocarboneto referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.....	79
Figura 5. Análise dos componentes principais do grupamento terpeno referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....	80
Figura 6. Análise dos componentes principais do grupamento ácido carboxílico referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.....	81
Figura 7. Análise dos componentes principais do grupamento éster referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.....	82
Figura 8. Análise dos componentes principais dos grupamentos químicos referentes ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....	83

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1. Características do Queijo Minas Artesanal, de acordo com a região.....16

### CAPÍTULO 2

Tabela 1. Total de amostras coletadas nas sete regiões certificadas para produção do queijo Minas artesanal. ....33

Tabela 2. Resultados dos parâmetros físicos, tempo de maturação e constituintes composicionais do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....35

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....38

### CAPÍTULO 3

Tabela 1. Características do queijo Minas artesanal de diferentes regiões certificadas para sua produção. ....63

Tabela 2. Total de amostras coletadas, parâmetros físicos e tempo de maturação do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....67

Tabela 3. Perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção. ....67

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 Introdução Geral.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Queijo Minas Artesanal.....	3
2.2 Histórico.....	3
2.2.1 Queijos Artesanais no Brasil.....	4
2.3 Tecnologia de Fabricação do Queijo Minas Artesanal.....	5
2.4 Aspectos Legais da Produção de Queijo Minas Artesanal.....	7
2.5 Caracterização das Regiões Produtoras de Queijo Minas Artesanal.....	9
2.5.1 Região do Serro.....	10
2.5.2 Região da Canastra.....	11
2.5.3 Região do Cerrado.....	11
2.5.4 Região de Araxá.....	12
2.5.5 Região da Serra do Salitre.....	12
2.5.6 Região do Triângulo Mineiro.....	13
2.5.7 Região de Campo das Vertentes.....	13
2.6 Rastreabilidade e Identidade em Alimentos.....	14
2.6.1 Indicação Geográfica e Denominação de Origem.....	14
2.6.2 Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade - RTIQ.....	15
2.7 Perfil de Ácidos Graxos.....	17
2.8 Perfil de Compostos Voláteis.....	18
2.9 Bioquímica da Maturação e Formação de Compostos.....	19
2.9.1 Glicólise.....	20
2.9.2 Lipólise.....	20
2.9.3 Proteólise.....	21
REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO 2 Caracterização físico-química, composição centesimal e perfil lipídico do queijo Minas artesanal.....	29
1 Introdução.....	31
2 Material e Métodos.....	33
3 Resultados.....	35
4 Discussão.....	44
5 Conclusão.....	52
6 Agradecimentos.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
CAPÍTULO 3 Caracterização do perfil de compostos voláteis de queijos Minas artesanais.....	61

INTRODUÇÃO.....	63
MATERIAL E MÉTODOS.....	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
CONCLUSÃO .....	85
AGRADECIMENTOS.....	86
REFERÊNCIAS .....	87

## **CAPÍTULO 1 Introdução Geral**

### **1 INTRODUÇÃO**

A produção artesanal de queijos exerce importante papel histórico, econômico e social em Minas Gerais, Estado mais tradicional na produção queijeira do Brasil. Atualmente sete regiões são reconhecidas e certificadas pelo governo do Estado, por portarias específicas do Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA, para produção do queijo Minas artesanal sendo elas: Araxá, Canastra, Serro, Serra do Salitre, Triângulo Mineiro, Cerrado e Campo das Vertentes. Tal reconhecimento tem respaldo em estudos que avaliaram características intrínsecas à região de produção, como o clima, história, cultura e economia, além do processo de fabricação.

O modo artesanal de fabricar queijo corresponde a uma tradição secular, com seu modo de “saber fazer” repassado por gerações, fundamentando a sobrevivência de diversas famílias e fomentando a economia dos municípios e regiões envolvidos na atividade. Segundo dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais – EMATER MG, cerca de 30 mil produtores encontram-se na atividade queijeira de modo artesanal, espalhados por mais de 500 dos 853 municípios mineiros(EMATER-MG, 2019).

Baseado nesses preceitos, no ano de 2002 o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado de Minas Gerais - IEPHA-MG registrou o processo de fabricação do queijo Minas artesanal do Serro como “Patrimônio Imaterial do Estado de Minas Gerais” (IEPHA-MG, 2002). Posteriormente, no ano de 2008, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN aprovou o registro do Modo Artesanal de Fazer o Queijo de Minas como Patrimônio Imaterial Brasileiro, ampliando o reconhecimento do “saber fazer” a título de patrimônio cultural nacional (IPHAN, 2006).

O reconhecimento das tradições e do modo de produção são de suma importância para o fortalecimento deste produto, suas regiões e das famílias envolvidas na atividade. Em contrapartida, a valorização do queijo Minas artesanal pode estimular a utilização do nome das regiões certificadas para sua

produção como forma de se agregar valor ao queijo, sendo encontrados produtos descaracterizados que circulam pelo comércio, sem período de maturação adequado, com denominação de origem de mais de uma região e sem fiscalização efetiva. A variação em seu processo produtivo observado entre os produtores, bem como suas diferentes características influenciadas pelas regiões nos quais são produzidos, faz com que se encontre entraves para o processo de fiscalização, regulamentação e certificação dos queijos artesanais.

Diante desta problemática, torna-se evidente a importância das pesquisas nesta área, de modo a conhecer as reais características intrínsecas ao produto de cada região para, então, ser possível identificar o legítimo queijo artesanal e contribuir efetivamente para o processo regulatório, fiscalizador e de segurança alimentar associado a tais produtos.

Embasando-se nestes fatos, o objetivo do presente estudo foi avaliar a composição química, físico-química e centesimal dos queijos das sete regiões reconhecidas e certificadas para produção do queijo Minas artesanal, avaliando se a caracterização do produto de cada região possa ser mensurada a partir da composição e perfil dos ácidos graxos e compostos voláteis, a fim de auxiliar no processo de certificação e contribuir para a concessão do título de Indicação Geográfica.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Queijo Minas Artesanal**

Entende-se por queijo o produto fresco ou maturado obtido por separação parcial do soro de leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactérias específicas, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, de qualidade para consumo alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias, e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes (BRASIL, 1996).

O queijo Minas artesanal caracteriza-se, segundo o artigo 1º da Lei Estadual nº 14.185 de 31 de Janeiro de 2002, como aquele elaborado a partir do leite cru, hígido, integral e recém ordenhado, na propriedade de origem do leite, utilizando-se na sua coagulação apenas a quimosina de bezerro pura e no ato da prensagem somente o processo manual, com apresentação final do produto de consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, isenta de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas, conforme a tradição histórica e cultural da região do Estado onde for produzido (MINAS GERAIS, 2002). Ainda de acordo com a lei nº 14.185, o início do processamento do queijo Minas artesanal deve ocorrer em até 90 minutos do início da ordenha, sendo feito sem tratamento térmico do leite e utilizando como ingredientes apenas culturas lácticas naturais (“pingo”, soro fermentado ou soro-fermento), coalho e sal.

### **2.2 Histórico**

A teoria do surgimento da fabricação de queijos coincide com o início da domesticação de cabras e ovelhas há mais de 8.000 anos, pelos povos egípcios. É considerado como o alimento processado mais antigo no registro da humanidade (FOX et al., 2017).

A arte de fazer queijos é reflexo da necessidade de preservação dos alimentos, utilizando dois princípios fundamentais: fermentação e redução da

atividade de água pela adição de sal (FOX, 1993). Com isso, produtos lácteos fermentados como o queijo foram significativos para a sobrevivência e o desenvolvimento das civilizações, fornecendo nutrientes vitais em períodos de escassez de alimentos (FOX; MCSWEENEY, 2004).

Na Grécia antiga houve a consolidação da produção de queijos, com base em atributos de qualidade e técnicas de produção, sendo considerados um alimento dos deuses e produto nobre digno de oferenda no Monte Olimpo. Já na Idade Média, a produção de queijos nos mosteiros contribuiu para a diversificação do produto, uma vez que os monges aprimoraram as técnicas e introduziram inovações na produção queijeira (DALBY, 2009).

### **2.2.1 Queijos Artesanais no Brasil**

A origem técnica da produção queijeira chegou ao Brasil com os colonizadores portugueses e sua característica de produção denota à técnicas típicas de fabricação de queijos da Serra da Estrela, em Portugal (IPHAN, 2006). Apesar da tecnologia de fabricação dos queijos desta região e dos queijos artesanais de Minas serem parecidos, os queijos da Serra da Estrela são elaborados com leite de ovelha e como agente coagulante utiliza-se a flor do cardo (*Cynara cardunculus*). Já nas ilhas de Açores, existem os queijos do Pico e São Jorge que, além de elaborados com leite de vaca, utilizam o coalho de origem animal ou semelhante, assim como o queijo Minas artesanal (NETTO, 2014). Diante do exposto, há controvérsias sobre a real origem do queijo Minas artesanal, avaliando-se as diferentes características no modo de fazer do queijo da Serra da Estrela e das ilhas de Açores.

A tradição queijeira em Minas Gerais tem início junto à atividade mineradora, que fez mover a ocupação demográfica no Estado e diversificou a economia mineira com a pecuária. Com o início do esgotamento da mineração a produção de queijos se tornou mais significativa, uma vez que grande parte dos garimpeiros adotaram a lavoura e a pecuária como formas de sobrevivência. A produção de queijos, obedecendo até então as técnicas portuguesas, se tornou uma alternativa alimentar e principalmente econômica para a permanência em Minas Gerais (IPHAN, 2014).

Qualquer que seja sua origem histórica, o modo artesanal de fazer o queijo de Minas passou por variações em todo o território do Estado ao longo do tempo e, atualmente, apresenta características próprias reconhecidas para cada região distinta de Minas Gerais (IPHAN, 2014).

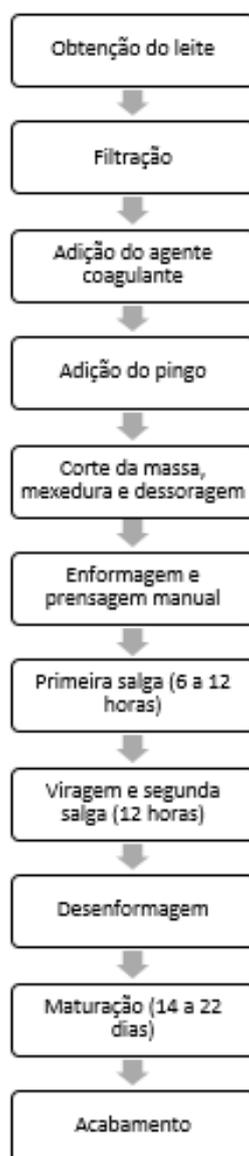
O mercado de queijos em Minas Gerais apresenta grande envolvimento de pequenos produtores e, destes, aproximadamente 40% é responsável pela produção queijeira de maneira artesanal (SEBRAE 2008). São produzidas em torno de 29 mil toneladas de queijo Minas artesanal ao ano, envolvendo cerca de 30 mil produtores e suas famílias na atividade que está presente em mais de 500 dos 853 municípios mineiros, números expressivos que demonstram a importância sociocultural e econômica da produção queijeira no Estado (DORES; FERREIRA, 2012).

### **2.3 Tecnologia de Fabricação do Queijo Minas Artesanal**

O queijo Minas artesanal, por se tratar de um produto artesanal, além da ausência de caracterização legalmente definida, apresenta uma despadronização no processo de produção que varia entre cada produtor e região. Dentre estas variações podemos citar o uso de um tecido para a prensagem no momento da enformagem dos queijos da Canastra e do Cerrado, por exemplo, que confere a essas regiões um produto final com menor teor de umidade (IPHAN, 2014).

De forma geral, o modo de fazer o queijo artesanal de Minas segue uma sequência de atividades (Figura 1). O processo tem início com a ordenha das vacas, que pode ser manual ou mecânica, desde que se atente para questões sanitárias básicas, como higiene do ambiente e dos utensílios, prévia higienização do úbere e realização de teste para diagnóstico negativo de mastite. O leite obtido é então filtrado e acondicionado em recipiente próprio. Posteriormente, é adicionado ao leite o agente coagulante e o pingo, fermento láctico natural obtido da dessoragem dos queijos elaborados no dia anterior, após o processo de salga. Ocorre então a coagulação do leite, que pode durar até 90 minutos, seguindo-se do corte da massa, mexedura e dessoragem. A massa é colocada em formas de 13 a 15 centímetros de diâmetro nas quais é

feita a prensagem manual, seguido pela primeira salga por período de 6 a 12 horas e da qual obtém-se o pingo. Decorrido este tempo, é feita a viragem e realiza-se a segunda salga na outra face dos queijos, por 12 horas. Após 24 a 48 horas os queijos são retirados das formas e colocados na prateleira de maturação. Assim permanecem seguindo-se o tempo recomendado na legislação para cada região específica. A última etapa do processo de fabricação corresponde ao acabamento estético feito com ralas ou lixas (IPHAN, 2014).



**Figura 1.** Fluxograma de fabricação do queijo Minas artesanal. Fonte: Do autor.

## **2.4 Aspectos Legais da Produção de Queijo Minas Artesanal**

A última década foi significativa para o cenário da cadeia produtiva e da comercialização do queijo Minas artesanal, uma vez que diversos aspectos legais nas esferas Estadual e Federal foram implementados e atualizados a fim de regularizar e expandir o mercado de queijos elaborados a partir de leite cru. Muitas destas mudanças são influenciadas pelas pesquisas científicas na área, atendendo à normas sanitárias, aliadas às exigências e realidade dos produtores.

Entre 1996 e 2000, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA instituiu, respectivamente, a Portaria nº 146 e a Resolução nº 07, que determinaram que os queijos elaborados a partir de leite cru apenas poderiam ser comercializados no Brasil e com um período mínimo de maturação de 60 dias (BRASIL, 1996; BRASIL, 2000).

Em 2002, diante dos entraves resultantes do longo período de maturação determinado anteriormente, a Lei Estadual nº 14.185 de 31 de janeiro (MINAS GERAIS, 2002) foi publicada e determinou que o queijo Minas artesanal apresentasse um limite máximo de umidade de 54%, permitindo que a comercialização Estadual de tal produto fosse inferior ao período mínimo de 60 dias, uma vez que este percentual de umidade é alcançado antes deste período. Além disso, a lei também dispõe sobre padrões microbiológicos para a qualidade da água utilizada, para a obtenção do leite e processamento do queijo. Ainda, trata sobre a infraestrutura adequada da queijaria e dos anexos que envolvem a produção, vacinação e realização de exames do rebanho leiteiro, higienização de utensílios e equipamentos, entre outras diretrizes. Juntamente com esta lei e, no mesmo ano, foi criado o Programa Queijo Minas Artesanal do Governo do Estado de Minas Gerais, para regulamentar a produção e fiscalização destes queijos, além de valorizar ainda mais o produto e seus produtores.

No ano de 2008, o Decreto Estadual nº 44.864 alterou o Regulamento da Lei nº 14.185, que dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal. Assim, define que o limite máximo de umidade deve ser de 45,9% e determina novos limites microbiológicos aceitos, além da exigência do

cadastramento no IMA e presença de selo do mesmo órgão nas embalagens do produto (MINAS GERAIS, 2008). Já em 2011, a Lei Estadual nº 14.492 inclui novas diretrizes ao processo produtivo do queijo Minas artesanal definidas na Lei nº 14.185, além de tratar sobre o processo de rotulagem (MINAS GERAIS, 2011).

A produção e a comercialização de queijo Minas artesanal passaram por mudanças significativas em 2011, uma vez que a Lei Estadual nº 19.492 de 13 de janeiro reconhece as regiões tradicionalmente produtoras, até então não abrangidas legalmente (MINAS GERAIS, 2011). Além disso, a Instrução Normativa nº 57 publicada pelo MAPA (BRASIL, 2011), atendendo às solicitações dos produtores, aprovou a possibilidade de maturação dos queijos em período inferior a 60 dias para o comércio interestadual, mediante estudos científicos que comprovem que a redução do tempo de maturação não comprometa sua inocuidade e qualidade, uma vez que este ainda se encontrava limitado. A nova regra também determinou que as propriedades deveriam ser certificadas como livres de brucelose e tuberculose e, ainda, um comitê técnico-científico deveria ser criado para avaliar tais requisitos.

A Lei nº 20.549, publicada em 2012, reconheceu outros produtos lácteos como artesanais, como o queijo cabacinha e o meia-cura. Tal normativa também dispunha sobre o processo de comercialização dos queijos artesanais, no que diz respeito à embalagem, transporte, registro de queijarias, fiscalização, entre outros aspectos (MINAS GERAIS, 2012b).

Ainda no que tange ao período de maturação dos queijos Minas artesanais e sua comercialização, o IMA e o MAPA publicaram em 2013, respectivamente, a Portaria nº 1.305 de 30 de abril e a Instrução Normativa nº 30 de 07 de agosto (MINAS GERAIS, 2013; BRASIL, 2013), permitindo o comércio para todo o território nacional e definindo período mínimo de maturação de 17 dias para a região do Serro e de 22 dias para as demais regiões, desde que as queijarias estejam inseridas no Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal - SISBI/POA.

Nos últimos dois anos, foram implementadas normativas que reconhecem e valorizam ainda mais o queijo Minas artesanal. No ano de 2018,

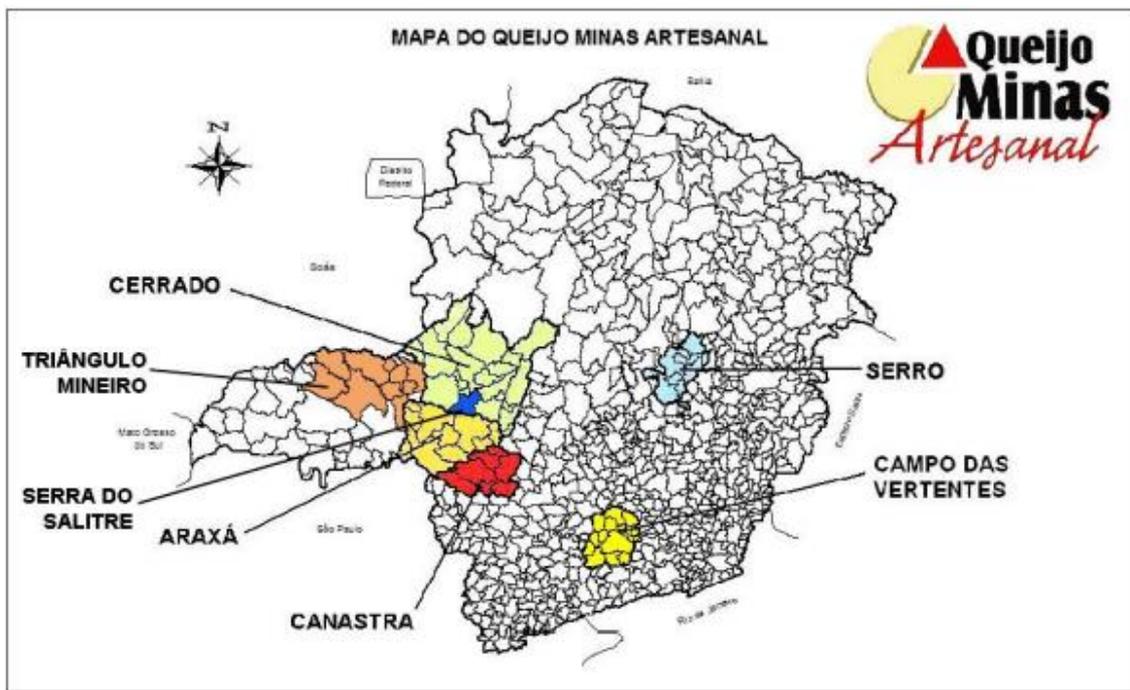
a Lei Federal nº 13.680 de 14 de junho foi sancionada e trouxe novas disposições a respeito do processo de fiscalização de produtos de origem animal elaborados de forma artesanal, antes mencionado na Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950 (BRASIL, 2018). Uma das medidas sancionadas foi a permissão da comercialização interestadual de produtos artesanais e sua identificação com selo único e padronizado, de indicação “ARTE” (BRASIL, 2018). Posteriormente, a Lei Estadual nº 23.157 de 18 de dezembro de 2018 incluiu novas diretrizes para a produção e comercialização dos queijos artesanais, na qual, entre outras medidas, cita o papel do Estado e suas entidades nas competências regulatórias e fiscalizadoras do queijo Minas artesanal (MINAS GERAIS, 2018). Já no ano seguinte, o Decreto Nº 9.918, de 18 de julho 2019 dispôs sobre as diretrizes para concessão do selo “ARTE”, sob competência do IMA, além de definir os fatores que caracterizam um produto como sendo artesanal (BRASIL, 2019).

## **2.5 Caracterização das Regiões Produtoras de Queijo Minas Artesanal**

Os queijos artesanais de Minas Gerais apresentam como fatores comuns a produção em pequena escala, majoritariamente em caráter familiar, além de nível de tecnificação limitado. Porém, o produto final encontrado nas diferentes regiões que o produzem é bastante diversificado, uma vez que diversos fatores conferem características peculiares a cada queijo como, por exemplo, o tipo de alimentação e pastagem disponíveis aos animais, condições ambientais, diversidade microbiológica, manipulação do leite, forma e tempo de maturação, entre outros (DORES; FERREIRA, 2012).

Estudos completos foram realizados a fim de identificar e caracterizar as regiões que tradicionalmente produzem o queijo Minas artesanal, considerando características históricas, culturais, condições de relevo e clima, entre outros fatores. Atualmente, sete regiões são reconhecidas pela EMATER-MG e cadastradas no IMA, sendo elas: Serra da Canastra, Serro, Cerrado (antigo Alto Parnaíba), Serra do Salitre, Araxá, Campos das Vertentes e Triângulo Mineiro (Figura 2) (MINAS GERAIS, 2004, 2003a, 2003b, 2007, 2014, 2003c, 2009, 2014).

As diferentes características culturais, climáticas e sociais deram origem a queijos com sabores, consistências e aparências específicas, a partir de um modo de fazer e de uma tradição secular que os portugueses trouxeram e adaptaram nas Minas Gerais (IPHAN, 2014).



**Figura 2.** Mapa do estado de Minas Gerais destacando as Microrregiões produtoras de queijo Minas artesanal. Fonte: Adaptado de EMATER–MG, 2019.

### 2.5.1 Região do Serro

A região do Serro compreende os municípios de Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro, Dom Joaquim, Materlândia, Paulistas, Rio Vermelho, Sabinópolis, Santo Antônio do Itambé, Serra Azul de Minas e Serro, com altitudes que variam de 500 a 1.500 metros (MINAS GERAIS, 2003a).

A região apresenta condições geomorfológicas e climáticas que contribuíram para o surgimento de pastagens naturais com predominância do capim gordura (*Melinis minutiflora*) e capins típicos de campos de altitude (IPHAN, 2014).

Segundo informações da Associação dos Produtores Artesanais de Queijo do Serro - Apaqs, até 2012 havia cerca de 1.000 produtores de queijo artesanal, responsáveis por uma produção diária de 10 toneladas. A região obteve, em 2011, a Indicação de Procedência do Queijo do Serro, pelo Instituto

Nacional de Identidade Industrial - INPI, importante instrumento de Indicação Geográfica de reconhecimento nacional e internacional, que contribui para o estabelecimento de padrões de qualidade e identidade, ampliando as perspectivas de mercado e o acesso à direitos e melhorias (INPI, 2019).

### **2.5.2 Região da Canastra**

A Canastra é a mais conhecida dentre as regiões produtoras de queijo Minas artesanal. Abrange os municípios de Bambuí, Delfinópolis, Medeiros, Piumhi, São Roque de Minas, Tapiraí e Vargem Bonita (MINAS GERAIS, 2004).

Apresenta altitudes que variam entre 637 a 1.485 metros, com vegetação típica de campos e cerrados, onde predominam o capim gordura (*Melinis minutiflora*) e jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), além de clima tropical de altitude (IPHAN, 2014).

A produção familiar e as pequenas propriedades rurais são características da região, que possui 1.795 produtores de queijo artesanal, com uma produção de 4.470 toneladas anuais. A Associação dos Produtores de Queijo Canastra - Aprocan e a Associação dos Produtores do Queijo Canastra em Medeiros - Aprocame se mobilizaram e obtiveram, em 2012, o registro de Indicação de Procedência do Queijo Canastra concedido pelo INPI, assim como na região do Serro, que permite a comercialização em todo o território nacional e no exterior (INPI, 2019).

A região produz ainda um queijo diferenciado conhecido por Canastra Real ou Canastrão, principalmente nos municípios de São Roque de Minas, Medeiros e Vargem Bonita. Com peso entre cinco e sete quilos, historicamente era produzido em ocasiões distintas, como a visita de autoridades à região ou em festas comemorativas (EMATER-MG, 2004).

### **2.5.3 Região do Cerrado**

A região do Cerrado, também conhecida como região do Alto Paranaíba (MINAS GERAIS, 2003b), inclui as cidades de Abadia dos Dourados, Arapuá, Carmo do Paranaíba, Coromandel, Cruzeiro da Fortaleza, Guimarães, Guimarânia,

Lagamar, Lagoa Formosa, Matutina, Patos de Minas, Patrocínio, Presidente Olegário, Rio Paranaíba, Santa Rosa da Serra, São Gonçalo do Abaeté, São Gotardo, Tiros e Varjão de Minas (IPHAN, 2006). Em 2007, o nome da região foi alterado oficialmente para Cerrado (MINAS GERAIS, 2007).

Esta região é constituída por planaltos, com altitude variando entre 691 a 1.258 metros, sendo privilegiada pela fertilidade dos seus solos e as forrageiras mais comuns são o capim gordura (*Melinis minutiflora*) e jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) (IPHAN, 2014).

Segundo dados da EMATER-MG (2019), existem cerca de 6.000 produtores de queijo artesanal, responsáveis pela produção anual de 15.271 toneladas do produto. Contrariamente ao que ocorre nas regiões da Canastra e do Serro, 80% da produção do queijo do Cerrado é comercializada em São Paulo, Distrito Federal e Goiás (EMATER-MG, 2003a).

#### **2.5.4 Região de Araxá**

A região de Araxá compreende os municípios de Araxá, Tapira, Pratinha, Conquista, Ibiá, Campos Altos, Perdizes, Pedrinópolis, Sacramento e Medeiros (MINAS GERAIS, 2003c).

A região, conhecida por suas águas e lamas termais, possui mais de dois séculos de tradição na produção queijeira, exercida majoritariamente por mulheres. A produção destina-se à demanda local, seguida pelo Estado de São Paulo. Segundo dados da EMATER-MG (2019), existem cerca de 943 produtores na região, responsáveis pela produção anual de 2.755 toneladas de queijos Minas artesanal.

#### **2.5.5 Região da Serra do Salitre**

No ano de 2014, a região da Serra do Salitre foi oficialmente reconhecida como produtora de queijo Minas artesanal, pela Portaria nº 1428, de 29 de agosto de 2014 (MINAS GERAIS, 2014).

A região, considerada individual, é composta apenas pelo município de Serra do Salitre, mesmo apresentando grande proximidade com a região do

Cerrado. Isso se justifica por sua particularidade climática e de grande altitude (IPHAN, 2014).

No município encontra-se a sede da Cooperativa Agropecuária dos Produtores de Derivados de Leite do Alto Paranaíba - COOALPA, que envolve os produtores da Serra do Salitre e do Cerrado. Além disso, se encontra em fase de implementação o primeiro Centro de Maturação da região, no mesmo município (IPHAN, 2014).

### **2.5.6 Região do Triângulo Mineiro**

O Triângulo Mineiro possui tradição histórica e cultural na produção do queijo artesanal, reconhecida oficialmente em 2014 pela Portaria nº 1.397 (MINAS GERAIS, 2014).

A região, com aproximadamente 1.300 produtores, abrange os municípios de Araguari, Cascalho Rico, Estrela do Sul, Indianópolis, Monte Alegre de Minas, Monte Carmelo, Nova Ponte, Romaria, Tupaciguara e Uberlândia (MINAS GERAIS, 2014).

### **2.5.7 Região de Campo das Vertentes**

A região do Campo das Vertentes destaca-se pelo rico patrimônio do barroco mineiro, presente principalmente em São João Del Rei e Tiradentes.

Foi oficialmente reconhecida como produtora de queijo Minas artesanal em novembro de 2009, pela Portaria nº 1.022 (MINAS GERAIS, 2009). Nela estão incluídos os municípios de Barroso, Conceição da Barra de Minas, Coronel Xavier Chaves, Carrancas, Lagoa Dourada, Madre de Deus de Minas, Nazareno, Prados, Piedade do Rio Grande, Resende Costa, Ritópolis, Santa Cruz de Minas, São João Del Rei, Santiago e Tiradentes.

O Campo das Vertentes apresenta longa tradição histórica da produção queijeira de modo tradicional e, na época colonial, São João Del Rei era conhecida por “São João dos Queijos” (EMATER-MG, 2009).

## **2.6 Rastreabilidade e Identidade em Alimentos**

Segundo a normativa ISO 22005:2007, rastreabilidade conceitua-se na habilidade de identificar a origem, a aplicação e o destino de determinado produto ou um lote através de dados registrados. É a capacidade de se acompanhar e avaliar a movimentação de um produto em estágios específicos de produção, processamento e distribuição (ISO, 2007). Ainda, a portaria do INMETRO nº 443 a define como o processo que permite resgatar não apenas a origem do produto, como todas as etapas posteriores a ela (INMETRO, 2011).

O principal objetivo da rastreabilidade de um produto alimentício envolve, principalmente, a rapidez e eficácia em sua retirada do mercado quando há detecção de que este apresente riscos à população, além de melhorar a administração da cadeia produtiva, atender a requisitos legais e demandas específicas para comercialização, diferenciar produtos no mercado e aprimorar o controle de qualidade dos alimentos (CONCHON; LOPES, 2012).

Quando a utilização de sistemas de rastreabilidade é associada a informações geográficas, permite-se ainda a valorização de determinadas regiões e seus produtos com características próprias, podendo ser usada em titulações de Indicação Geográfica ou Denominação de Origem Controlada (EMBRAPA, 2013). Aliada a esta aplicação a rastreabilidade química, envolvendo compostos inerentes a um produto de determinado local, poderia determinar e comprovar se este provém, de fato, da região em questão.

### **2.6.1 Indicação Geográfica e Denominação de Origem**

A Indicação Geográfica (IG) é um título de propriedade industrial que identifica a origem de um produto ou serviço, quando determinado local tenha se tornado uma referência, ou quando as características ou a qualidade de um produto tenha relação direta com sua origem geográfica. Além de estimular a preservação das tradições locais, a concessão de uma Indicação Geográfica promove o desenvolvimento da região que a recebe e potencializa o acesso à mercados, gerando efeitos diretos aos produtores, prestadores de serviço e consumidores (INPI, 2019).

De acordo com a Lei de Propriedade Industrial nº 9.279 de 14 de maio de 1996 (BRASIL, 1996), a Indicação Geográfica é dividida em Indicação de

Procedência e Denominação de Origem. Na primeira, entende-se que o nome geográfico de um país, cidade, região ou localidade tenha se tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço. Já por Denominação de Origem, o nome geográfico de um país, cidade, região ou localidade que designe determinado produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos (INPI, 2019)

Em relação aos queijos artesanais de Minas, até o momento apenas as regiões do Serro e da Canastra possuem o reconhecimento de Indicação Geográfica, concedidas pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial-INPI nos anos de 2011 e 2012, respectivamente. Tal reconhecimento é de suma importância pois, além de estabelecer padrões de qualidade para o produto, amplia o mercado à âmbito internacional e facilita o acesso a direitos e melhorias para os produtores (IPHAN, 2016).

### **2.6.2 Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade - RTIQ**

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade é um documento oficial que estabelece a identidade de um produto e os requisitos mínimos de qualidade que este deve apresentar. Os RTIQs agilizam o registro dos produtos, padronizam a apresentação dos mesmos e os critérios de julgamento de caráter fiscalizador, além de garantir a qualidade do alimento e a segurança alimentar (MAPA, 2019).

A portaria nº 146 de 07 de março de 1996 (BRASIL, 1996) aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos, fixando os padrões microbiológicos e de identidade para queijos em geral, entre outros derivados lácteos. Ainda segundo a norma, é considerado queijo o “produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente

indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes”. Cada produto apresenta seu RTIQ com características físicas, físico-químicas e microbiológicas estabelecidas.

O queijo Minas artesanal ainda não foi regulamentado segundo um RTIQ próprio, gerando entraves em sua fiscalização e padronização de identidade e, conseqüentemente, favorecendo produtos descaracterizados e com possibilidade de risco ao consumo. O que se tem até o momento é uma caracterização de aspectos físicos e sensoriais relativos a este produto, segundo região de origem, produzida pela EMATER-MG (2019). Tal caracterização, além do tempo de maturação já definido para cada região, confere identidade aos queijos. Porém, muito ainda deve ser feito para se definir padrões regionais e a identificação de suas características únicas.

O estudo dos compostos aromáticos dos queijos, por exemplo, pode ser utilizado como padrão de caracterização. Sabe-se que cada região apresenta queijos com características próprias de textura, cor, sabor e aroma, como definidos na Tabela 1, influenciadas pelo modo de produção e as características edafoclimáticas do local no qual são produzidos. Diante disso, fica evidente a necessidade de se avaliar quais compostos químicos interferem nestes aspectos, conferindo à cada região sua singularidade, a fim de contribuir para a definição de sua identidade.

**Tabela 1.** Características do Queijo Minas Artesanal, de acordo com a região.

Atributo	Região					
	Araxá	Vertentes	Canastra	Cerrado / Salitre	Serro	T. Mineiro
<b>Consistência</b>	Semiduro a macio, manteigoso	Semiduro	Semiduro a macio, manteigoso	Semiduro a macio, manteigoso	Semiduro	Semiduro com tendência à macio
<b>Textura</b>	Compacta	Compacta	Compacta	Compacta	Compacta	Compacta
<b>Cor</b>	Branco creme homogêneo	Branco amarelado	Branco amarelado	Branco amarelado	Branco amarelado	Amarelo

<b>Sabor</b>	Ácido agradável, não picante	Ligeiramente ácido, não picante	Ligeiramente ácido, não picante	Ligeiramente ácido, não picante	Ligeiramente ácido, brando	Suave, com ligeira acidez
<b>Crosta</b>	Fina, amarelada, sem trincas	Fina, sem trincas	Fina, amarelada, sem trincas	Fina, amarelada, sem trincas	Fina, sem trincas	Fina, amarelada, sem trincas
<b>Formato</b>	Cilíndrico, bordas retas / abaulada					
<b>Altura</b>	Variável	Variável	Variável	Variável	Variável	Variável

Fonte: Do Autor. Adaptado de EMATER-MG (2019).

## 2.7 Perfil de Ácidos Graxos

Os ácidos graxos, componentes dos triglicerídeos, são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas. Classificados de acordo com sua estrutura, podem ser saturados ou insaturados de acordo com a quantidade de duplas ligações, cis ou trans pela configuração das duplas ligações e de cadeia curta, média ou longa, segundo o comprimento da cadeia de carbonos que apresentem (SANTOS et al., 2013).

O leite apresenta variações quanto a sua composição, principalmente de origem genética, nutricional e ambiental. A gordura do leite é o componente com maiores oscilações, principalmente por fatores nutricionais (GONÇALVES, 2016). A composição lipídica e os compostos voláteis presentes na alimentação têm influência direta na quantidade e qualidade destes compostos no leite e queijo dos animais, havendo impacto nas características destes produtos (BONNANO et al., 2013).

O processo de maturação dos queijos envolve uma série de alterações bioquímicas e microbiológicas que desencadeiam a formação do *flavour* do produto final. A lipólise de triglicerídeos, desencadeadas por enzimas lipolíticas de microorganismos presentes no leite, no “pingo” e que se desenvolvem durante a maturação, é responsável pela liberação de altas concentrações de ácidos graxos de cadeia média e curta e, principalmente os últimos, conferem sabor e aroma característicos aos queijos (NOGUEIRA et al., 2005; BEZERRA,

2015). Ainda, é importante ressaltar que os ácidos graxos são precursores de diversos outros compostos como álcoois, lactonas, ésteres, entre outros (MCSWEENEY; SOUSA, 2000; MCSWEENEY, 2004).

## **2.8 Perfil de Compostos Voláteis**

Os compostos voláteis são substâncias de baixo peso molecular, voláteis, liberados durante as atividades microbiológicas e bioquímicas que ocorrem nas etapas de elaboração dos queijos e na maturação. Nesta última, as reações de lipólise, glicólise e proteólise são fundamentais para o perfil aromático dos queijos, apesar do processo de lipólise contribuir mais efetivamente com a formação do sabor dos produtos. Durante a glicólise, a lactose é hidrolisada formando glicose e galactose. A via glicolítica dá origem ao piruvato, precursor da formação de diversas substâncias voláteis de cadeia curta como diacetil, acetoína, etanol, acetato e acetaldeído (MARILLEY; CASEY, 2004; MOREIRA, 2011).

A proteólise também tem influência direta no aroma dos queijos, através da quebra da caseína em peptídeos e aminoácidos. A proteólise primária, resultando na formação de peptídeos é feita por ação das enzimas presentes no coalho e a proteólise secundária é caracterizada pela formação de peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos, ambos resultantes da ação de proteinases e peptidases microbianas oriundas da microbiota endógena do leite e do “pingo”. Os aminoácidos são catabolizados em reações de transaminação, desaminação, descarboxilação e redução, que produzem uma gama de compostos aromáticos como aminas, aldeídos, álcoois, ácidos carboxílicos, ésteres, entre outros, todos contribuintes para a formação do aroma dos queijos (McSWEENEY; SOUSA, 2000; MOREIRA, 2011; KOK, 2013;).

A avaliação dos componentes voláteis presentes em um alimento pode ser usada para se determinar o tipo de alimentação animal, além da diferenciação entre sistemas de produção intensivo e extensivo, uma vez que tais compostos presentes nas pastagens são diretamente transferidos aos produtos de origem animal (BONNANO et al., 2013). As pastagens locais destinadas à alimentação animal podem fornecer diretrizes do local onde o leite

e seus derivados foram produzidos, conceito base na rotulagem de produtos com Denominação de Origem Controlada (ENGEL et al., 2007).

Marcadores vegetais são compostos que não são sintetizados pelo organismo animal e sua presença em produtos de origem animal é devida à alimentação consumida. Dentre os marcadores vegetais os terpenos, compostos voláteis oriundos do metabolismo de plantas, têm sido utilizados como parâmetros para a rastreabilidade da origem de produtos com Denominação de Origem Controlada (DOC) ou Indicação Geográfica (IG), por permitirem a identificação do tipo de alimento ingerido pelo animal (KALAC, 2011).

A maioria dos compostos voláteis presentes no queijo, responsáveis pelo *flavour* característico de cada produto, é proveniente do metabolismo de microrganismos da microbiota endógena do leite cru e das enzimas presentes no agente coagulante que, durante o processo de maturação, desencadeiam reações nos componentes do leite, liberando tais compostos (McSWEENEY, 2004). A atividade conjunta de tais agentes, associada às características físicas do local no qual os queijos são elaborados e maturados (*terroir*), como altitude, temperatura e umidade, conferem aos queijos artesanais aromas diferentes e únicos, sendo os compostos voláteis um dos responsáveis pela identidade do produto e, quando identificados, podem ser um parâmetro para se caracterizar regionalmente o queijo Minas artesanal (MARILLEY; CASEY, 2004; VELČOVSKÁ; SADÍLEK, 2015; KAMIMURA, 2019).

## **2.9 Bioquímica da Maturação e Formação de Compostos**

O processo de maturação em queijos Minas artesanais é influenciado por fatores intrínsecos aos mesmos como, por exemplo, a microbiota endógena do leite ou presente no “pingo”, que são fundamentais para o desenvolvimento de sabor, aroma e textura, além de fatores externos como umidade e temperatura do local de maturação que, por sua vez, são determinantes para a perda de umidade nos queijos e seleção da microbiota ao longo da maturação (BANK, 1998, MORENO, 2013).

As alterações bioquímicas e microbiológicas que se desenvolvem durante o período de maturação são essenciais para a formação das características sensoriais finais dos queijos, tendo destaque os processos de glicólise, lipólise e proteólise. As reações primárias que ocorrem durante estes processos são bem definidas e elucidadas, mas os produtos destas reações ainda passam por modificações não totalmente caracterizadas, formando diversos produtos que contribuem para a formação do *flavour* dos queijos (ABEIJÓN MUKDSI et al., 2014; FOX et al., 2017). O sabor em queijos está relacionado à fração solúvel em água, como peptídeos, aminoácidos, aminas e cloreto de sódio, enquanto o aroma tem relação com a fração volátil (MCSWEENEY; SOUSA, 2000).

### **2.9.1 Glicólise**

O metabolismo da lactose envolve a degradação da mesma em ácido láctico, desencadeado principalmente por bactérias lácticas homofermentativas, mas também pelas heterofermentativas, ambas presentes no leite e no “pingo”. A formação do ácido láctico contribui para a redução do pH dos queijos, principalmente na fase inicial de maturação, mas ocorrendo também ao longo dela e, conseqüentemente, compromete significativamente o desenvolvimento de microorganismos patogênicos (BEZERRA, 2015).

O piruvato é um composto intermediário produzido durante a conversão de lactose em ácido láctico e, pela ação de bactérias lácticas heterofermentativas, é transformado em diversos compostos aromáticos de cadeia curta, como acetaldeído, etanol, diacetil e acetato (MARILLEY; CASEY, 2004; BEZERRA, 2015). Ainda, este grupo de bactérias lácticas apresenta a capacidade de fermentar o citrato que, mesmo presente em baixas concentrações em queijos, contribui para a formação de compostos aromáticos (MARILLEY; CASEY, 2004).

### **2.9.2 Lipólise**

A lipólise é o evento bioquímico caracterizado pela hidrólise enzimática dos triglicerídeos, principais constituintes dos lipídeos do leite, com a liberação de ácidos graxos de cadeia curta e média, presentes em maiores concentrações na gordura do leite. Estes ácidos graxos desempenham papel

importante no desenvolvimento de sabor e aroma de queijos e podem ainda ser metabolizados em outras substâncias aromáticas como ésteres, lactonas, álcoois secundários e cetonas (THIERRY et al., 2017).

A hidrólise dos triglicerídeos é desencadeada pela ação de enzimas lipolíticas lipases e esterases, endógenas do leite e provenientes de bactérias lácticas do “pingo”, do leite, além daquelas consideradas secundárias ou não *starter*(NSLAB), que se desenvolvem durante o processo de maturação (MCSWEENEY; SOUSA, 2000; THIERRY et al., 2017). A principal lipase nativa do leite é a lipoproteína lipase (LPL) e, em sua maioria, está associada à micela de caseína, sendo incorporada na coalhada e conseqüentemente presente nos queijos (THIERRY et al., 2017).

Altas concentrações de ácidos graxos livres de cadeia curta decorrentes de uma intensa lipólise podem ser indesejáveis, uma vez que levam à características de sabor e aroma desagradáveis. O ácido butanóico, por exemplo, contribui para a formação de sabor rancificado, o ácido hexanóico apresenta sabor pungente e o ácido octanóico pode conferir sabores saponificados e rançosos aos queijos. Por outro lado, menores concentrações destes compostos contribuem favoravelmente para as características sensoriais dos queijos, em associação aos produtos oriundos de outras reações como a glicólise e a proteólise (MCSWEENEY; SOUSA, 2000). Os ácidos graxos livres de cadeia longa, por sua vez, desempenham um papel menos significativo no sabor e aroma dos queijos em comparação àqueles de cadeia curta a média, devido ao seu maior limiar de percepção (THIERRY et al., 2017).

### **2.9.3 Proteólise**

A proteólise é o evento bioquímico mais importante durante a maturação, responsável pela formação de compostos que conferem aroma e sabor aos queijos, além de modificar a textura dos mesmos (MCSWEENEY; SOUSA, 2000). A intensidade da proteólise depende do tempo de maturação, do tipo e concentração do agente coagulante, das culturas bacterianas envolvidas no processo, da temperatura do ambiente de maturação, bem como

de fatores como umidade e teor de sal dos queijos (MCSWEENEY; SOUSA, 2000; MARILLEY; CASEY, 2004).

A atividade proteolítica envolve duas fases. Na primeira, denominada proteólise primária, ocorre a quebra da caseína em peptídeos principalmente pela ação enzimática do agente coagulante e, a presença destes peptídeos confere um sabor amargo aos queijos, sendo relacionado à um curto período de maturação (MCSWEENEY; SOUSA, 2000). A segunda, por sua vez, é denominada proteólise secundária e há a degradação dos polipeptídeos resultantes da proteólise primária em peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos, por ação de peptidases provenientes de bactérias lácticas (MORENO, 2013; PEREIRA, 2019).

Os aminoácidos derivados do processo de proteólise são substratos para diversas reações que desencadeiam a formação de compostos flavorizantes como aminas, ácidos, aldeídos, álcoois, cetonas e ésteres (MCSWEENEY; SOUSA, 2000; MORENO, 2013). A metionina, os aminoácidos aromáticos como tirosina e triptofano, além daqueles de cadeia ramificada como leucina, isoleucina e valina, são os principais aminoácidos precursores para a formação dos compostos relacionados ao *flavour* em queijos (MCSWEENEY; SOUSA, 2000).

## REFERÊNCIAS

ABEIJÓN MUKDSI, M. C. et al. The secreted esterase of *Propionibacterium freudenreichii* has a major role in cheese lipolysis. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 80, n. 2, p. 751-756, 2014.

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

BEZERRA, Taliana Kênia Alves et al. Estudo da proteólise, lipólise e compostos voláteis em queijo de coalho caprino adicionado de bactérias lácticas probióticas. 2015.

BONANNO, A. et al. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. *Journal of dairy science*, v. 96, n. 1, p. 710-724, 2013.

BRASIL. Decreto nº 9.918 de 18 de julho de 2019. Regulamenta o art. 10-A da Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, que dispõe sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Lei Federal nº 13.680 de 14 de junho de 2018. Altera a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, para dispor sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 57, de 15 de dezembro de 2011. Estabelece critérios adicionais para elaboração de queijos artesanais. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 30, de 07 de agosto de 2013. Dispõe sobre a comercialização de queijos artesanais elaborados com leite cru. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos Analíticos Oficiais Físico Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. *Diário Oficial da União*, Brasília, Seção 1, página 8, de 14 de dezembro de 2006.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. *Diário Oficial da União*, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. *Diário Oficial da república Federativa do Brasil*, Brasília, mar. 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução nº 07, de 28 de novembro de 2000. Critérios de funcionamento e controle da

produção de queijarias, para seu relacionamento junto ao Serviço de Inspeção Federal. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2000.

CONCHON, F. L.; LOPES, M. A. Rastreabilidade e segurança alimentar. Boletim Técnico - n.º 91 - p. 1-25 ano 2012; Lavras/MG.

DALBY, Andrew. Cheese: A global history. Reaktion Books, 2009.

DAS DORES, Milene Therezinha; FERREIRA, Célia Lucia de Lucas Fortes. Queijo minas artesanal, tradição centenária: ameaças e desafios. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 2, n. 2, 2012.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Programa Queijo Minas Artesanal. Disponível em: [http://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site\\_tpl\\_queijo&id=3299](http://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site_tpl_queijo&id=3299). Acesso em: 17 out. 2019.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Caracterização da Microrregião da Canastra como Produtora Tradicional de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2004.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Caracterização da Microrregião do Cerrado (Alto Paranaíba) como Produtora Tradicional de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2003a.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Caracterização da Microrregião de Campo das Vertentes como Produtora Tradicional de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; TIBOLA, Casiane Salete et al. Sistema de Rastreabilidade Digital para Trigo. Embrapa, Brasília, p. 22-24, 2013.

ENGEL, Erwan et al. Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding of the cow. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 22, p. 9099-9108, 2007.

FOX, Patrick F. et al. (Ed.). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects. Elsevier, 2004.

FOX, Patrick F. et al. Biochemistry of cheese ripening. In: Cheese: chemistry, physics and microbiology. Springer, Boston, MA, 1993. p. 389-438.

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

GONÇALVES, Rosana Fonseca et al. Monitoramento do perfil de ácidos graxos do queijo minas padrão enriquecido com CLA durante o processo de maturação. 2016.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria nº 443, de 23 de novembro de 2011. Aprova a revisão dos requisitos de

avaliação da conformidade para produção integrada agropecuária – PI Brasil. Rio de Janeiro, 2011. 24 p.

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Indicações de Procedência e Denominações de Origem reconhecidas. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica>; Acesso em: 01 nov. 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL-IPHAN. Modo artesanal de fazer queijo de Minas: Serro, Serra da Canastra e Serra do Salitre (Alto Paranaíba) / Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. - Brasília, DF: Iphan, 2014. 140 p.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL-IPHAN. Queijo Minas Artesanal – Dossiê Interpretativo. Belo Horizonte: IPHAN, 2006, 156 p.

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS – IEPHA-MG. Decreto nº 42. 505, de 15 de abril de 2002. Registro de bens culturais de natureza imaterial ou intangível que constituem patrimônio cultural de Minas Gerais. Diário oficial, Belo Horizonte, 2002.

ISO 22005: 2007. Traceability in feed and food chain—General principles and basic requirements for system design and implementation. International Standards Organization (ISO), 2007.

KALAČ, Pavel. The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chemistry*, v. 125, n. 2, p. 307-317, 2011.

KAMIMURA, Bruna 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, n. 5, p. 1636-1657, 2019.

KOK, Jan; STEELE, James; BROADBENT, Jeffery. Perspectives on the contribution of lactic acid bacteria to cheese flavor development. *Current opinion in biotechnology*, v. 24, n. 2, p. 135-141, 2013.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/aberta-consulta-publica-para-criar-regulamento-de-identidade-e-qualidade-de-peixe-congelado>; Acesso: 01 nov. 2019.

MARILLEY, Laurent; 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.

MCSWEENEY, Paul LH. Biochemistry of cheese ripening. *International journal of dairy technology*, v. 57, n. 2-3, p. 127-144, 2004.

MCSWEENEY, Paul LH; SOUSA, Maria José. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, v. 80, n. 3, p. 293-324, 2000.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto nº 44.864, de 01 de agosto de 2008. Altera o regulamento de lei nº 14.185 de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal. Belo Horizonte, 2008.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 20.549, de 18 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a produção e comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2012b.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2002a.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 19.492, de 13 de janeiro de 2011. Altera dispositivos da Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2011.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 20.549, de 18 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a produção e comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2012b.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. LEI Nº 23.157, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2018. Revoga a Lei nº 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.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2002.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria 1305, de 30 de abril de 2013. Estabelece diretrizes para produção do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2013.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 591, de 26 de maio de 2003. Identifica a Microrregião do Serro. Belo Horizonte, 26 de maio de 2003a.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Certificação – Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2012d.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 694, de 17 de

novembro de 2004. Identifica a Microrregião da Canastra. Belo Horizonte, 17 de novembro de 2004.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 619, de 01 de dezembro de 2003. Identifica a Microrregião do Alto Paranaíba. Belo Horizonte, 01 de dezembro de 2003b.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 594, de 10 de maio de 2003. Identifica a Microrregião de Araxá. Belo Horizonte, 10 de maio de 2003c.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 874, de 02 de outubro de 2007. Altera a denominação da Microrregião do Alto Paranaíba como produtora do queijo minas artesanal. Belo Horizonte, 02 de outubro de 2007.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1428, de 29 de agosto de 2014. Identifica a Microrregião da Serra do Salitre como produtora de queijo minas artesanal. Belo Horizonte, 29 de agosto de 2014.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1022, de 03 de novembro de 2009. Identifica a Microrregião do Campo das Vertentes. Belo Horizonte, 03 de novembro de 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1397, de 13 de fevereiro de 2014. Identifica a Microrregião do Triângulo Mineiro como produtora de Queijo Minas Artesanal.

MOREIRA, Cláudia Patrícia Martins. Desenvolvimento de metodologias analíticas para queijos. Estudo de caso: queijos da Beira Interior. 2011. Tese de Doutorado. ISA/UTL.

MORENO, V. J. Caracterização física e físico-química do queijo Minas artesanal da Microrregião Campo das Vertentes. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado profissional em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

NETTO, M. M. A geografia do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2014, 429 p.

NOGUEIRA, Mara Corrêa Lelles et al. A study of the volatile composition of Minas cheese. LWT-Food Science and Technology, v. 38, n. 5, p. 555-563, 2005.

SANTOS, Raul D. et al. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 100, n. 1, p. 1-40, 2013.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Queijos Nacionais: Estudo de Mercado; SEBRAE/ESPM 2008. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/4416AA3881FA433B832574DC00471EF1/%24File/NT0003909A.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4416AA3881FA433B832574DC00471EF1/%24File/NT0003909A.pdf) ; Acesso em: 03 jul. 2020.

VELČOVSKÁ, Šárka; SADÍLEK, Tomáš. Certification of cheeses and cheese products origin by EU countries. *British Food Journal*, 2015.

## **CAPÍTULO 2 Caracterização físico-química, composição centesimal e perfil lipídico do queijo Minas artesanal**

*International Dairy Journal* (versão preliminar)

### **RESUMO**

A produção artesanal de queijos envolve uma tradição secular em Minas Gerais, exercendo importante papel histórico e social, além de fomentar a economia de diversas famílias e municípios do Estado. Objetivou-se avaliar as características de queijos Minas Artesanal de sete regiões certificadas para sua produção em relação à sua composição físico-química, centesimal e perfil lipídico, a fim de estabelecer uma caracterização deste produto de acordo com sua região de origem. Foram coletadas 78 amostras provenientes de produtores cadastrados no Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, visando a garantia das exigências sanitárias vigentes, além do cumprimento do tempo mínimo de maturação indicado para cada região produtora (Canastra, Serro, Araxá, Serra do Salitre, Triângulo Mineiro, Campo das Vertentes e Cerrado). A análise de variância referente à composição físico-química e centesimal revelou diferença entre os queijos das diferentes regiões para as variáveis Nitrogênio Solúvel em TCA 12% (%NNP), Nitrogênio Solúvel em pH 4,6 (%NS), índices de extensão e profundidade de maturação (%EM; %PM), cinzas, oxidação, gordura e pH. Os maiores valores para os índices de extensão e profundidade de maturação foram observados na região do Cerrado. Os queijos da região da Canastra se mostraram diferentes daqueles das demais regiões em função do maior teor de umidade, assim como os queijos de Campo das Vertentes que apresentaram maiores teores de pH e compostos nitrogenados. Apesar das semelhanças entre os queijos do Serro e Serra do Salitre, bem como da similaridade entre Cerrado, Araxá e Triângulo Mineiro, cada região apresentou comportamento influenciado por variáveis diferentes, refletindo em seus posicionamentos dispersos. Em relação à composição lipídica, foram observadas diferenças significativas entre a maioria dos compostos identificados e as regiões estudadas. Os queijos da região da Serra do Salitre e Araxá apresentaram-se similares no que diz respeito ao ácido capróico (C6:0), total de ácidos graxos poli-insaturados (POL) e a razão entre poli-insaturados e saturados (POL/SAT). O ácido palmítico (C16:0) foi o mais representativo dentro do grupo dos graxos saturados e os ácidos oléico (C18:1N9C) e linoléico (C18:2N6C) foram os mais expressivos no grupamento de graxos monoinsaturados e poli-insaturados dos queijos das distintas regiões, respectivamente. Os queijos das diferentes regiões apresentam diferença em relação à composição centesimal, físico-química e ao perfil de ácidos graxos. Contudo, não foi possível estabelecer uma identificação por origem em função das variáveis avaliadas, sendo necessários mais estudos nesta área.

Palavras-chave: ácidos graxos; certificação; caracterização regional

## ABSTRACT

Artisanal cheese production involves a secular tradition in Minas Gerais, playing an important historical and social role, in addition to promoting the economy of several families and municipalities in the State. This current study aimed to evaluate the characteristics of Minas Artesanal cheeses from seven regions certified for their production in relation to their physico-chemical composition, centesimal and lipid profile, in order to establish a characterization of this product according to its region of origin. 78 yields were collected from producers registered at the Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, gaining the guarantee of the current sanitary requirements, in addition to meeting the minimum ripening time indicated for each producing region (Canastra, Serro, Araxá, Serra do Salitre, Triângulo Mineiro, Campo das Vertentes and Cerrado). An analysis of variance regarding the physico-chemical and centesimal composition revealed a difference between cheeses from different regions for the variables TCA Soluble Nitrogen 12% (%NNP), Soluble Nitrogen at pH 4.6 (%NS), indices of extent and depth of maturation (%EM; %PM), ash, oxidation, fat and pH. The highest values for the indexes of extension and depth of ripening were observed in the Cerrado region. The cheeses from the Canastra region are differentiated from the other regions due to their higher moisture content, as well as the cheeses from Campo das Vertentes which have higher levels of pH and nitrogen compounds. Despite the similarities between the cheeses from Serro and Serra do Salitre, as well as the similarity between Cerrado, Araxá and Triângulo Mineiro, each region showed a behavior influenced by different variables, reflecting in their dispersed positions. Regarding the lipid composition, differences were observed between most of the compounds identified and as regions studied. The cheeses from the Canastra region were different from those in the other regions due to the higher moisture content, as well as the cheeses from Campo das Vertentes which presented higher levels of pH and nitrogen compounds. Despite the similarities between the Serro and Serra do Salitre cheeses, as well as the similarity between Cerrado, Araxá and Triângulo Mineiro, each region showed a behavior influenced by different variables, reflecting in their dispersed positions. Regarding the lipid composition, significant differences were observed between most of the compounds identified and the regions studied. The cheeses from the Serra do Salitre and Araxá regions were similar regarding caproic acid (C6:0), total polyunsaturated fatty acids (POL) and the ratio between polyunsaturated and saturated (POL/SAT). Palmitic acid (C16:0) was the most representative within the group of saturated fatty acids and oleic (C18:1N9C). Linoleic acid (C18:2N6C) were the most expressive in the group of monounsaturated and polyunsaturated fatty cheeses in different regions, respectively. Cheeses from different regions differ in terms of their chemical composition, physical chemistry and fatty acid profile. However, it was not possible to establish an identification by origin according to the variables evaluated, requiring further studies in this area.

Keywords: fatty acids; certification; regional characterization

## 1 Introdução

A produção artesanal de queijos envolve uma tradição secular com seu modo de fabricação repassado por gerações, exercendo importante papel histórico e social, além de embasar a sobrevivência de diversas famílias e fomentar a economia de municípios e regiões em Minas Gerais, Estado mais tradicional na produção queijeira do Brasil. Atualmente sete regiões são reconhecidas e certificadas pelo governo do Estado, por portarias específicas do Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA, para produção do queijo Minas artesanal sendo elas: Serra da Canastra, Serro, Cerrado (antigo Alto Parnaíba), Serra do Salitre, Araxá, Campos das Vertentes e Triângulo Mineiro (MINAS GERAIS, 2004, 2003a, 2003b, 2007, 2014, 2003c, 2009, 2014).

O queijo Minas artesanal é definido como aquele elaborado a partir do leite cru, na propriedade de origem do leite e conforme a tradição histórica e cultural da região do Estado onde for produzido, segundo o artigo 1º da Lei Estadual nº 14.185 de 31 de Janeiro de 2002 (MINAS GERAIS, 2002) que traz essas e outras diretrizes a respeito de sua produção. Ainda de acordo com o documento, o produto final deve apresentar consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, ser isento de corantes e conservantes e pode haver a presença ou não de olhaduras mecânicas. Diversas condições conferem características peculiares a cada queijo como, por exemplo, o tipo de alimentação e pastagem disponíveis aos animais, composição do “pingo” (soro-fermento de base láctea), condições ambientais, diversidade microbiológica regional, forma e tempo de maturação, entre outros (DORES; FERREIRA, 2012; KAMIMURA, 2019).

A influência da atividade queijeira sobre aspectos históricos e culturais foi reconhecida legalmente no ano de 2008, com a aprovação do registro do Modo Artesanal de Fazer o Queijo de Minas como Patrimônio Imaterial Brasileiro pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN, ampliando o reconhecimento do “saber fazer” a título de patrimônio cultural nacional (IPHAN, 2006b). Este reconhecimento é de suma importância para a valorização da atividade e dos produtores envolvidos, além de impulsionar o comércio deste produto. Por outro lado, observa-se também a apropriação indevida dos nomes das regiões reconhecidas como forma de se agregar valor à queijos descaracterizados, que não atendem ao tempo de maturação indicado e que muitas vezes não sofreram processos fiscalizatórios em sua produção, colocando em risco a saúde do consumidor, além de desvalorizar o legítimo queijo Minas artesanal.

Os queijos artesanais de Minas Gerais apresentam como fatores comuns a produção em pequena escala, majoritariamente em caráter familiar, além de nível de tecnificação limitado. Uma vez que se trata de um produto artesanal e, este é elaborado conforme tradição histórica repassada entre as gerações, são observadas variações no processo de produção entre cada produtor e região. O uso do “pingo” - fermento natural obtido da dessoragem dos queijos produzidos no dia anterior - transfere a microbiota local do leite cru aos queijos, atuando diretamente nos atributos finais de sabor, aroma e acidez (SANTOS; TEIXEIRA, 2017), bem como o processo de maturação que, através de diversas alterações bioquímicas e microbiológicas liberam compostos como os ácidos graxos de cadeia curta, influenciando diretamente o *flavor* dos queijos artesanais (BEZERRA, 2015). Além disso, fatores edafoclimáticos do local (*terroir*) de produção conferem aos queijos identidade única e ainda não totalmente elucidada (KAMIMURA, 2019; SANTOS & TEIXEIRA, 2017; BEZERRA, 2015). Todos esses fatores conferem identidade ao queijo de cada região, uma vez que estão intimamente ligados às características do local no qual são produzidos, influenciando os aspectos sensoriais, microbiológicos e físico-químicos do produto final (KAMIMURA, 2019) e, assim, se observa uma desuniformidade quanto ao produto final que dificulta a determinação de suas reais características de acordo com a região

de produção e a identificação do legítimo queijo Minas artesanal, ainda carente de uma caracterização legalmente definida por meio de um regulamento de identidade e qualidade, como ocorre para outros produtos lácteos.

Diversos estudos têm sido realizados nos últimos anos a fim de avaliar a influência da alimentação, da forma e dos locais de produção nas características finais do queijo e do leite, em especial aquelas relacionadas aos atributos sensoriais dos produtos finais. (TORNAMBÉ et al., 2005, 2007, 2009; BONANNO et al., 2006, 2013; CHILLIARD et al., 2007; FERLAY et al., 2008; CHION et al., 2010; PAJOR et al., 2012). Sabe-se que a gordura do leite é o componente que mais sofre influência da alimentação, tanto em sua concentração quanto na relação de ácidos graxos e, que o processo de lipólise desencadeado por bactérias lácticas durante a maturação é fundamental para a liberação de ácidos graxos que conferem aroma e sabor aos queijos (DESCALZO et al., 2012). A caracterização do perfil de ácidos graxos de produtos de origem animal, inclusive aqueles com Denominação de Origem Controlada (DOC) na Europa, vem sendo estudada e utilizada para a autenticação dos mesmos, com base no tipo de alimentação dos animais e sistema de produção, espécie animal, além das condições locais, época do ano e tecnologias de fabricação do produto que influenciam sua característica final de composição, aroma e sabor (OTTAVIAN et al., 2012; SEGATO et al., 2017; VARGAS-BELLO-PÉREZ et al., 2018; DANEZIS et al., 2020; GONZÁLEZ-DOMINGUEZ et al., 2020)

Diante da carência de conhecimento efetivo acerca da composição dos queijos Minas artesanais e, conseqüentemente, da desuniformidade observada no produto final, o presente estudo teve como objetivo avaliar parâmetros físico-químicos, composição centesimal e perfil lipídico do produto das sete regiões certificadas para sua produção, a fim de estabelecer uma caracterização do mesmo e avaliar se existe diferença em relação às variáveis analisadas e a origem dos queijos, que possa contribuir para o processo de Indicação Geográfica.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Coleta de amostras

Foram coletadas 78 amostras de queijo provenientes de produtores das sete regiões certificadas e reconhecidas para a produção do queijo Minas artesanal, entre os meses de maio a novembro de 2019, obtidas através de parceria com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER-MG). Preconizou-se a coleta de amostras apenas de produtores cadastrados no Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, visando a garantia das exigências sanitárias vigentes, além do cumprimento do tempo mínimo de maturação indicado para cada região produtora, sendo no mínimo 14 dias para a região de Araxá, 17 dias para o Serro e 22 dias para as regiões Canastra, Cerrado, Campo das Vertentes, Triângulo Mineiro e Serra do Salitre (MINAS GERAIS, 2013).

As amostras de queijo das regiões Canastra, Serro e Triângulo Mineiro foram coletadas em concursos regionais promovidos pelo Governo de Minas por meio da EMATER-MG e do IMA, nos quais um quarto de queijo de cada produtor participante foi coletado, acondicionado individualmente em embalagem plástica de polietileno atóxica e estéril, identificado externamente por meio de etiqueta adesiva e transportado em caixa isotérmica com gelo. As amostras das demais regiões foram obtidas através da colaboração dos produtores, que foram instruídos a coletar um queijo inteiro de seu lote de produção no primeiro dia correspondente ao tempo mínimo de maturação indicado para cada região. As amostras foram acondicionadas em embalagem própria correspondente a cada produtor, coletadas e enviadas por colaboradores da EMATER-MG para o Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras – DMV/UFLA em caixa isotérmica com gelo. Imediatamente ao recebimento das amostras, estas foram transferidas individualmente para embalagem plástica de polietileno atóxica e estéril, sendo identificadas externamente por meio de etiqueta adesiva.

A variação do total de amostras coletadas por região, conforme apresentado na Tabela 1, foi decorrente da quantidade de produtores participantes em cada concurso regional (Canastra, Serro e Triângulo Mineiro) e da colaboração dos produtores de cada região em disponibilizar uma amostra de queijo para a condução da pesquisa (Araxá, Cerrado, Campo das Vertentes e Serra do Salitre).

**Tabela 1**

Total de amostras coletadas nas sete regiões certificadas para produção do queijo Minas artesanal

	Regiões						
	ARAXÁ	CANASTRA	CERRADO	VERTENTES	SERRO	SALITRE	TRIÂNGULO
<b>Total de amostras</b>	04	19	10	03	25	06	11

ARAXÁ – Araxá; CANASTRA – Serra da Canastra; CERRADO – Cerrado; VERTENTES – Campo das Vertentes; SERRO – Serro; SALITRE – Serra do Salitre; TRIÂNGULO – Triângulo Mineiro.

### 2.2 Preparo das amostras

A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal de Lavras-UFLA. Após a coleta, as amostras foram trituradas individualmente em processador, homogeneizadas, acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno atóxica e estéril, identificadas e armazenadas em freezer a 18 °C negativos para posteriores análises em duplicata. Para análise do perfil de ácidos graxos as amostras foram previamente preparadas no laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras -

DMV/UFLA, seguindo-se a metodologia de extração proposta por Folch et al. (1957), seguido pelo processo de preparação dos ésteres metílicos, pelo método descrito por Hartman e Lago (1973).

### 2.3 Análise de composição centesimal

Para as análises de composição centesimal, avaliou-se em duplicata os seguintes parâmetros de acordo com as metodologias oficiais: Umidade (AOAC 926.08); Cinzas (AOAC 935.42); Cloretos - %NaCl (AOAC 935.43); Compostos nitrogenados segundo método de Kjeldahl (AOAC 2001.14); Gordura (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 1989); Gordura no extrato seco - GES (BRASIL, 2006); Sal na umidade (BRASIL, 2006); Proteína determinada multiplicando-se o percentual de nitrogênio total (NT) pelo fator de correção 6,38 (BRASIL, 2006); Índices de extensão e profundidade da maturação (DA SILVA, 1997).

### 2.4 Análise físico-química

Os seguintes parâmetros foram avaliados em duplicata na análise físico-química, segundo metodologias oficiais: potencial hidrogeniônico (pH) com medidor de pH digital, marca QUIMIS, modelo Q400AS, segundo metodologia descrita por AOAC (1997); Oxidação lipídica por análise de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico-TBARs, segundo Kang et al. (2001).

### 1.5 Análise do perfil lipídico

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 de corrida foi de 60 minutos, cuja temperatura da coluna iniciou-se a 140 °C permanecendo por 5 minutos. Posteriormente, a temperatura foi aumentada a 4°C/min., chegando à 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<sup>®</sup>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 em porcentagem de área, correspondente aos picos identificados no cromatograma.

### 2.6 Análise estatística

Para estatística foi realizada a análise de variância (ANOVA) a fim de determinar possíveis diferenças na composição dos queijos Minas artesanais entre as regiões estudadas, com uso do teste de médias Tukey ao nível de 5% de significância através do uso de pacote computacional SAS<sup>®</sup> (SAS INSTITUTE, 1990). Para a avaliação do comportamento das variáveis em relação às regiões, realizou-se a análise de componentes principais (PCA) no ambiente R (TEAM, R. 2019) com uso do pacote FactoMineR (LE, S. et al. 2008).

### 3 Resultados

#### Caracterização físico-química e composição centesimal

Os resultados referentes às mensurações físicas, tempo de maturação, composição centesimal e físico-química das amostras de queijos analisados das diferentes regiões estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2**

Resultados dos parâmetros físicos, tempo de maturação e constituintes composicionais do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção

Variáveis	Regiões							CV%	P Valor
	ARA (n=04)	CAN (n=19)	CER (n=10)	VER (n=03)	SER (n=25)	SAL (n=06)	TMI (n=11)		
<b>Altura (cm)</b>	4,5 ± 0,5	-*	4,7 ± 1,2	4,0 ± 0,5	-*	5,6 ± 0,4	-*	-	-
<b>Diâmetro (cm)</b>	13,3 ± 0,3	-*	13,5 ± 1,0	14,5 ± 1,0	-*	14,0 ± 1,0	-*	-	-
<b>Maturação (dias)</b>	14-22**	22-30	22	22	17-30	22-60***	22-30	-	-
<b>%NT</b>	3,14	3,22	3,02	3,27	3,16	3,06	3,10	6,54	0,231
<b>%PB</b>	20,05	20,54	19,28	20,84	20,13	19,51	19,80	6,54	0,231
<b>%NNP</b>	0,57ab	0,37b	0,59ab	0,63a	0,37b	0,40ab	0,55ab	28,91	<b>&lt;0.0001</b>
<b>%NS</b>	0,40ab	0,28b	0,46ab	0,49a	0,31b	0,28b	0,38ab	32,64	<b>0,0001</b>
<b>%Umidade</b>	33,56	37,43	33,92	36,50	33,29	36,59	33,49	16,61	0,167
<b>%ES</b>	66,44	62,57	66,08	63,50	66,71	63,41	66,51	8,84	0,167
<b>%Cinzas</b>	4,65ab	4,41ab	5,14a	3,85b	4,01b	4,95ab	4,90ab	22,54	<b>0,003</b>
<b>%NaCl</b>	1,09	1,15	0,83	0,43	1,09	1,41	1,74	63,77	0,070
<b>%NaCl/Umíd</b>	3,46	3,17	2,58	1,20	3,50	3,95	5,46	71,27	0,204
<b>%Gordura</b>	30,50ab	29,06ab	32,56ab	23,47b	29,28ab	25,83ab	33,09a	18,57	<b>0,023</b>
<b>%GES</b>	46,08	46,58	49,19	36,99	43,99	41,02	50,40	17,95	0,054
<b>Oxidação</b>	2,68bc	2,71c	2,49c	2,99abc	2,89bc	3,72a	3,39ab	20,58	<b>0,0001</b>
<b>pH</b>	5,23abc	5,09c	5,26ab	5,43a	5,04c	4,76d	5,14bc	3,79	<b>&lt;0.0001</b>
<b>%EM</b>	12,58abc	8,85c	15,24a	15,09ab	9,96bc	9,17bc	12,16ab	33,76	<b>&lt;0.0001</b>
<b>%PM</b>	18,30abc	11,59c	19,51a	19,40ab	11,88c	13,14bc	17,72ab	30,06	<b>&lt;0.0001</b>

Resultados referentes à média da duplicata das amostras analisadas. Valores seguidos de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ARA – Araxá; CAN – Canastra; CER – Cerrado; VER – Campo das Vertentes; SER – Serro; SAL – Serra do Salitre; TMI – Triângulo Mineiro; %NT – Nitrogênio Total; %PB – Proteína Bruta; %NNP – Nitrogênio Solúvel em TCA 12%; %NS – Nitrogênio Solúvel em pH 4,6; %ES – Extrato Seco; %NaCl – Cloreto de Sódio; %NaCl/Umíd – Relação entre NaCl e Umidade; %GES – Gordura no Extrato Seco; %EM – índice de extensão da maturação; %PM – índice de profundidade da maturação; \*Regiões cujas amostras foram coletadas em concurso regional e não foi possível realizar a mensuração das variáveis; \*\*Apenas uma amostra apresentou 14 dias de maturação; \*\*\*Apenas uma amostra apresentou 60 dias de maturação.

A análise de variância revelou diferença entre os queijos das diferentes regiões para as variáveis Nitrogênio Solúvel em TCA 12% (%NNP), Nitrogênio Solúvel em pH 4,6 (%NS), cinzas, oxidação, gordura, pH e índices de extensão e profundidade de maturação (%EM; %PM), (Tabela 2). Os maiores teores médios de nitrogênio solúvel em pH 4,6 (%NS) e nitrogênio solúvel em TCA 12% (%NNP) foram observados nos queijos da região de Campo das Vertentes e, menores para as amostras das regiões da Serra da Canastra e Serro, bem como a região Serra do Salitre. Para o teor de

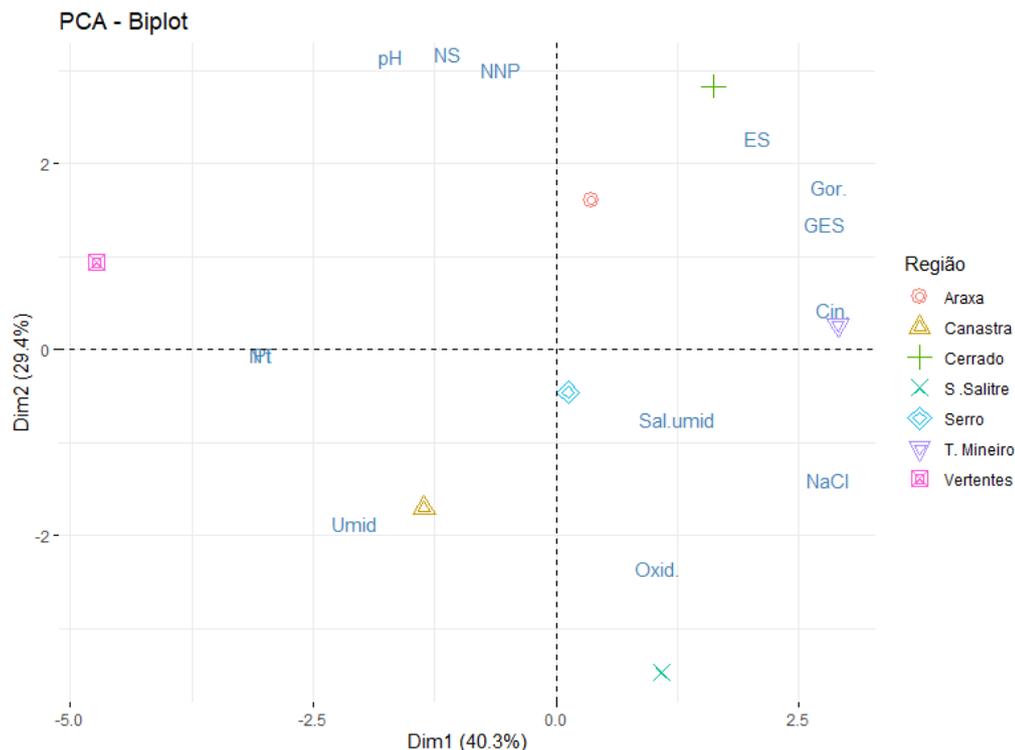
cinzas, maiores valores foram verificados para os queijos da região do Cerrado e menores na região do Campo das Vertentes e Serro, enquanto nas demais regiões foram verificados valores semelhantes (Tabela 2).

Na determinação da oxidação lipídica, maiores valores foram encontrados nos queijos da região da Serra do Salitre, sendo semelhantes os resultados em relação à Campo das Vertentes e Triângulo Mineiro (Tabela 2). Os maiores teores de gordura nos queijos foram verificados na região do Triângulo Mineiro e menores no Campo das Vertentes (Tabela 2). As demais regiões não apresentaram diferença significativa. Os valores para gordura no extrato seco (GES) não apresentaram diferença estatística entre as regiões. Em relação ao pH, o maior valor pôde ser observado na região do Campo das Vertentes e o menor para os queijos da região da Serra do Salitre (Tabela 2).

Os teores de nitrogênio total (%NT) e proteína bruta (%PB) foram semelhantes ( $p > 0,05$ ) para os queijos das diferentes regiões neste estudo (Tabela 2). Em relação ao índice de extensão da maturação (%EM), maiores valores foram verificados para os queijos da região do Cerrado e menores para Canastra e Serro (Tabela 2). A região de Araxá foi semelhante a todas as regiões avaliadas. O índice de profundidade de maturação (%PM) apresentou resultado similar ao índice de extensão, exceto pela região do Serro que diferiu de Cerrado, Campo das Vertentes e Triângulo Mineiro que, em relação ao índice de extensão, foi diferente apenas do Cerrado.

Na Figura 1 é possível observar que a análise de componentes principais (PCA) realizada a fim de se obter uma visão geral a respeito do comportamento das regiões em relação aos parâmetros avaliados, representou 69,7% da informação total das diferenças obtidas para composição físico-química e centesimal dos queijos Minas artesanais e suas regiões de origem.

As variáveis cinzas (Cin), gordura (Gor), gordura no extrato seco (GES) e cloretos (NaCl) foram as que mais influenciaram o comportamento das regiões em relação ao eixo Dim1. Os queijos oriundos das regiões Cerrado, Araxá e Triângulo Mineiro revelaram características semelhantes em relação aos parâmetros cinzas, gordura, gordura no extrato seco e extrato seco (ES). Enquanto os queijos da região do Triângulo mineiro revelaram comportamento relacionado ao teor de cinzas (Cin), os do Cerrado foram em relação ao extrato seco. Esse comportamento pode ser justificado pelos maiores valores apresentados pelos queijos destas regiões para estes parâmetros (Tabela 2). Os queijos da região de Araxá, apesar de apresentar relação com as variáveis citadas acima, também apresentaram comportamento influenciado pelo potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio solúvel em pH 4,6 (NS) e nitrogênio solúvel em TCA 12% (NNP).



NT – Nitrogênio Total; PB – Proteína Bruta; NNP – Nitrogênio Solúvel em TCA 12%; NS – Nitrogênio Solúvel em pH 4,6; ES – Extrato Seco; NaCl – Cloreto de Sódio; Sal.umid – Relação entre NaCl e Umidade; GES – Gordura no Extrato Seco; Umid – Umidade; Gor – Gordura; Cin – Cinzas; Oxid – Oxidação.

**Figura 1.** Análise dos componentes principais da caracterização físico-química e composição centesimal do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção

Os queijos da região da Canastra se mostraram diferentes em relação à todas as outras regiões destacando-se no que diz respeito à umidade (Umid). Da mesma forma, os queijos da região de Campo das Vertentes demonstraram ser diferentes das demais e se comportaram sob influência das variáveis pH, NS e NNP. Além disso, seu posicionamento também está relacionado às variáveis cinzas (Cin), gordura (Gor), gordura no extrato seco (GES) e cloretos (NaCl), uma vez que os queijos de Campo das Vertentes apresentaram os menores valores para estes parâmetros (Tabela 2), que mais influenciaram o eixo Dim1, explicando seu posicionamento no quadrante esquerdo do mesmo eixo.

Os queijos das regiões do Serro e Serra do Salitre se mostraram semelhantes. O comportamento das duas regiões sofreu influência da relação sal na umidade (Sal.umid), bem como do teor de cloretos (NaCl). Além disso, o posicionamento da região de Serra do Salitre no gráfico tem relação com o maior teor de oxidação apresentado pelos queijos desta região em relação às demais (Tabela 2).

#### Perfil lipídico

Conforme pode ser observado na Tabela 3, foi identificado um total de 32 ácidos graxos, sendo o perfil influenciado pela região de origem dos queijos, incluindo seus somatórios e relações.

**Tabela 3**

Perfil de ácidos graxos do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção

ÁCIDOS GRAXOS	REGIÕES							EPM	P Valor
	ARA	CAN	CER	VER	SER	SAL	TMI		
<b>C4:0</b>	0,02b	0,13a	0,02b	0,01b	0,13a	0,03b	0,01b	0,038	<b>&lt;0,0001</b>
<b>C6:0</b>	0,00b	0,13ab	0,00b	0,00b	0,02b	0,46a	0,10ab	0,133	<b>0,024</b>
<b>C8:0</b>	0,17ab	0,68a	0,10b	0,10ab	0,30ab	0,68a	0,48ab	0,213	<b>0,003</b>
<b>C10:0</b>	2,58abc	3,28a	2,19abc	0,75c	1,85bc	2,85ab	2,46abc	0,618	<b>0,0001</b>
<b>C11:0</b>	0,34ab	0,51a	0,31ab	0,09b	0,32b	0,43ab	0,35ab	0,103	<b>0,002</b>
<b>C12:0</b>	4,68ab	4,33a	4,67a	1,68c	3,38bc	4,23ab	3,45abc	0,553	<b>&lt;0,0001</b>
<b>C13:0</b>	0,13ab	0,07bc	0,18a	0,07bc	0,06c	0,12ab	0,10abc	0,034	<b>&lt;0,0001</b>
<b>C14:0</b>	13,81ab	13,01ab	14,11a	11,22b	12,42ab	12,81ab	12,05ab	0,970	<b>0,042</b>
<b>C14:1</b>	1,47ab	1,67ab	1,51ab	0,93b	1,79a	1,54ab	1,28b	0,244	<b>0,006</b>
<b>C15:0</b>	1,20	1,24	1,37	1,19	1,35	1,18	1,21	0,109	0,067
<b>C16:0</b>	35,53ab	33,56ab	35,78ab	38,04a	33,50ab	32,75b	35,98ab	1,533	<b>0,006</b>
<b>C16:1</b>	2,15	2,36	2,23	1,91	2,43	2,17	2,24	0,180	0,076
<b>C17:0</b>	0,62abc	0,63c	0,76ab	0,97a	0,68abc	0,68abc	0,66bc	0,075	<b>0,004</b>
<b>C17:1</b>	0,25b	0,26ab	0,25ab	0,27ab	0,33a	0,24ab	0,29ab	0,049	<b>0,041</b>
<b>C18:0</b>	11,61ab	11,11b	10,98b	15,09a	12,48ab	11,96ab	11,36b	1,051	<b>0,009</b>
<b>C18:1N9T</b>	0,46	0,43	0,43	0,49	0,49	0,56	0,47	0,070	0,772
<b>C18:1N9C</b>	21,86ab	23,05ab	21,75b	23,54ab	25,65a	23,72ab	24,10ab	1,651	<b>0,010</b>
<b>C18:2N6C</b>	2,18ab	2,25ab	2,36ab	2,24ab	1,56b	2,52a	2,39ab	0,595	<b>&lt;0,0001</b>
<b>C18:3N6</b>	0,15	0,18	0,16	0,23	0,20	0,17	0,19	0,041	0,380
<b>C20:0</b>	0,02ab	0,02ab	0,03ab	0,06a	0,01b	0,02ab	0,02ab	0,010	<b>0,004</b>
<b>C18:3N3</b>	0,24c	0,48a	0,31bc	0,57a	0,38ab	0,34abc	0,25c	0,067	<b>&lt;0,0001</b>
<b>C21:0</b>	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,02	0,03	0,049	0,310
<b>C20:2</b>	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,018	0,083
<b>C22:0</b>	0,05	0,05	0,05	0,10	0,09	0,06	0,07	0,047	0,603
<b>C20:3N6</b>	0,07	0,06	0,09	0,10	0,08	0,08	0,09	0,042	0,117
<b>C20:4N6</b>	0,14ab	0,17ab	0,19a	0,14ab	0,13b	0,17ab	0,18a	0,045	<b>0,002</b>
<b>C23:0</b>	0,14	0,17	0,19	0,14	0,13	0,17	0,18	0,045	0,084
<b>C22:2</b>	0,00b	0,01b	0,00b	0,00b	0,05a	0,00b	0,00b	0,022	<b>&lt;0,0001</b>
<b>C24:0</b>	0,03abc	0,07ab	0,05abc	0,08a	0,03abc	0,05abc	0,01c	0,021	<b>0,001</b>
<b>C20:5N3</b>	0,02ab	0,04ab	0,02ab	0,05ab	0,01b	0,02ab	0,07a	0,019	<b>&lt;0,0001</b>
<b>C24:1</b>	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,027	0,125
<b>C22:6N3</b>	0,02	0,02	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,063	0,206
<b>Somatório</b>									
<b>SAT</b>	70,92a	68,90ab	70,66a	69,52ab	66,77b	68,41ab	68,40ab	1,935	<b>0,049</b>
<b>INS</b>	29,07b	31,09ab	29,33b	30,48ab	33,22a	31,60ab	31,59ab	1,368	<b>0,049</b>
<b>POL</b>	2,85ab	3,28a	3,15a	3,34ab	2,53b	3,34a	3,21a	0,676	<b>0,001</b>
<b>MON</b>	26,22ab	27,81b	26,17b	27,14ab	30,69a	28,24ab	28,38ab	1,664	<b>0,001</b>
<b>ω6</b>	2,55ab	2,67a	2,80a	2,71ab	1,98b	2,93a	2,84a	0,629	<b>&lt;0,0001</b>
<b>ω3</b>	0,27c	0,55a	0,33bc	0,62a	0,47ab	0,38abc	0,33bc	0,088	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Relações/Índices</b>									

<b>POL/SAT</b>	0,04ab	0,04ab	0,04ab	0,04ab	0,04b	0,05a	0,05a	0,012	<b>0,003</b>
<b>SAT/POL</b>	24,97ab	23,87ab	23,19ab	21,12ab	29,78a	21,26b	22,22b	3,917	<b>0,003</b>
<b><math>\omega 6/\omega 3</math></b>	11,39a	5,04bc	8,81a	4,43abc	4,45c	8,00ab	8,81a	1,370	<b>&lt;0.0001</b>
<b><math>\omega 3/\omega 6</math></b>	0,11c	0,24ab	0,12c	0,23abc	0,25a	0,13bc	0,12c	0,039	<b>&lt;0.0001</b>
<b>ATERO</b>	1,22	1,18	1,25	1,14	1,20	1,17	1,18	0,046	0,094
<b>TROMBO</b>	4,08ab	3,39ab	4,00a	3,81ab	3,28b	3,43ab	3,61ab	0,294	<b>0,012</b>
<b>HIPO/HIPER</b>	0,47	0,52	0,47	0,54	0,59	0,56	0,55	0,067	0,096

Valores seguidos de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ARA – Araxá; CAN – Canastra; CER – Cerrado; VER – Campo das Vertentes; SER – Serro; SAL – Serra do Salitre; TMI – Triângulo Mineiro; SAT – somatório de ácidos graxos saturados; INS – somatório de ácidos graxos insaturados; POL – somatório de ácidos graxos poli-insaturados; MON – somatório de ácidos graxos monoinsaturados;  $\omega 6$  – somatório de ácidos graxos  $\omega 6$ ;  $\omega 3$  – somatório de ácidos graxos  $\omega 3$ . POL/SAT - relação de ácidos graxos poliinsaturados/ácidos graxos saturados; SAT/POL - relação de ácidos graxos saturados/poliinsaturados;  $\omega 6/\omega 3$  - relação entre ácidos graxos  $\omega 6$  e  $\omega 3$ ;  $\omega 3/\omega 6$  - relação entre ácidos graxos  $\omega 3$  e  $\omega 6$ ; ATERO - índice de aterogenicidade; TROMBO - índice de trombogenicidade; HIPO/HIPER – relação entre ácidos graxos hipo/hipercolesterolêmicos.

O ácido graxo palmítico (C16:0) apresentou o maior valor em todas as regiões avaliadas, em relação aos ácidos graxos saturados identificados (Tabela 3). Para o C16:0 a principal diferença encontrada foi para os queijos da região do Campo das Vertentes, que apresentou um teor 16% superior aos da Serra do Salitre, enquanto nas demais regiões os resultados foram semelhantes entre si. O ácido cáprico (C10:0) apresentou maiores teores nos queijos da Canastra e menores no Campo Vertentes. Os queijos das regiões Canastra e Cerrado apresentaram os maiores valores para o ácido láurico (C12:0), bem como os queijos do Cerrado para o ácido mirístico (C14:0). Os queijos de Campo das Vertentes apresentaram maiores teores do ácido esteárico (C18:0), diferindo daqueles da Canastra, Cerrado e Triângulo Mineiro.

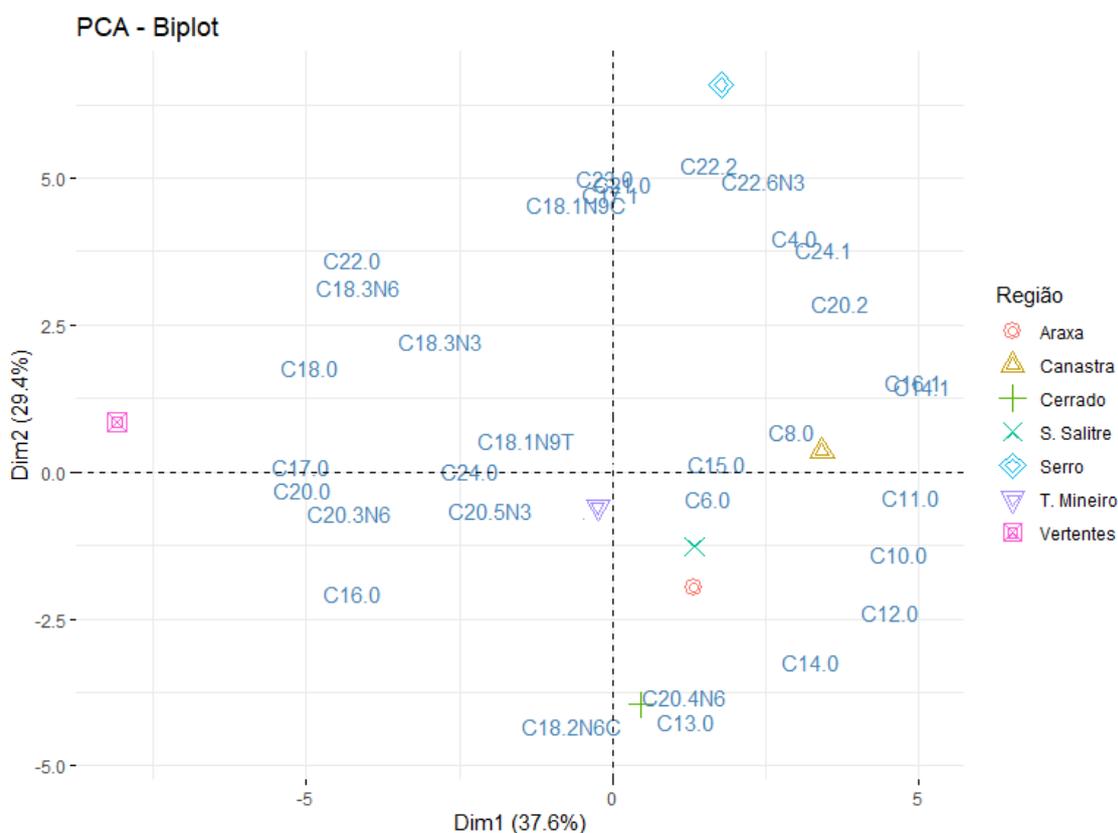
Em relação aos compostos monoinsaturados, o ácido oléico (C18:1N9C) foi o mais representativo e, seu alto valor percentual influenciou significativamente o somatório de ácidos graxos insaturados. Houve diferença significativa deste composto entre as regiões do Serro e Cerrado, sendo semelhante nas demais (Tabela 3). No grupo dos ácidos graxos poli-insaturados, foi verificada diferença na composição dos queijos para o ácido linoléico (C18:2N6C), com maior valor para os queijos da região da Serra do Salitre e menor para o Serro, não havendo diferença estatística entre as demais (Tabela 3).

Foi possível observar que não houve efeito da região sobre o índice de aterogenicidade e a relação entre hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HIPO/HIPER) (Tabela 3). Em contrapartida, as relações entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados (POL/SAT; SAT/POL), ômega 3 e 6 ( $\omega 6/\omega 3$ ;  $\omega 3/\omega 6$ ), bem como índice de trombogenicidade sofreram influência significativa em relação à região de origem das amostras. O maior valor da relação POL/SAT pôde ser observado nas regiões do Triângulo Mineiro e da Serra do Salitre. O oposto pode ser observado na relação entre ácidos graxos saturados e poli-insaturados para SAT/POL onde a região do Serro apresentou maior valor, diferindo das regiões Serra do Salitre e Triângulo Mineiro.

Avaliando as relações entre os compostos ômega 6 e ômega 3 ( $\omega 6/\omega 3$ ;  $\omega 3/\omega 6$ ) é possível verificar que nos queijos das regiões de Araxá, Cerrado e Triângulo Mineiro houve maior valor na relação  $\omega 6/\omega 3$  justificado principalmente pelos maiores teores do ácido linoleico (C18:2N6C) nas mesmas regiões. O oposto pôde ser observado na relação  $\omega 3/\omega 6$ , sendo mais significativa na região do Serro em comparação às demais e, neste caso, o ácido alfa-linolênico (C18:3N3) foi o composto que mais contribuiu para o somatório do grupo ômega 3.

O índice de trombogenicidade é determinado pela razão entre os ácidos graxos saturados mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), considerados pró-trombogênicos, e os ácidos graxos insaturados. Dentre esses, conceituados como potenciais anti-trombogênicos, o grupo do ômega 3 é o mais efetivo (COSTA et al., 2018). De acordo com o evidenciado na Tabela 3, houve diferença significativa para este parâmetro com maiores valores para os queijos da região do Cerrado e menores para o Serro. Este comportamento pode ser compreendido ao se observar os maiores teores dos ácidos graxos monoinsaturados, que mais contribuíram para o somatório do grupo de insaturados, associado aos menores teores de C14:0 e C16:0 para os queijos da região do Serro.

A análise de componentes principais (PCA), evidenciada na Figura 2, indica o comportamento dos queijos das diferentes regiões em relação ao perfil de ácidos graxos, a qual o gráfico explicou 67% da variação total das diferenças obtidas para essas informações.



C4:0 - ácido butírico; C6:0 - ácido capríco; C8:0 - ácido caprílico; C10:0 - ácido cáprico; C11:0 - ácido undecanóico; C12:0 - ácido láurico; C13:0 - ácido tridecanóico; C14:0 - ácido mirístico; C14:1 - ácido miristoléico; C15:0 - ácido pentadecanóico; C15:1 - ácido pentadecenóico; C16:0 - ácido palmítico; C16:1 - ácido palmitoléico; C17:0 - ácido margárico; C17:1 - ácido margaroléico; C18:0 - ácido esteárico; C18:1N9T - ácido oleico; C18:1N9C - ácido elaídico; C18:2N6T - ácido linolelaídico; C18:2N6C - ácido linoleico; C20:0 - ácido araquídico; C18:3N6 - ácido linolênico; C20:1 - ácido gadoléico; C18:3N3 - ácido alfa-linolênico; C21:0 - ácido heicosanóico; C20:2 - ácido eicosadienóico; C22:0 - ácido behênico; C20:3N6 - dihomogama-linolênico; C22:1N9 - ácido erúico; C20:3N3 - dihomogama-linolênico; C20:4N6 - ácido araquidônico; C23:0 - ácidotricosanóico; C22:2 - ácido docosadienóico; C20:5N3 - ácido eicosapentaenóico EPA; C24:0 - ácido lignocérico; C24:1 - nervonato de metila; C22:6N3 - ácido docosahexaenóico DHA.

**Figura 2.** Análise dos componentes principais do perfil de ácidos graxos do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

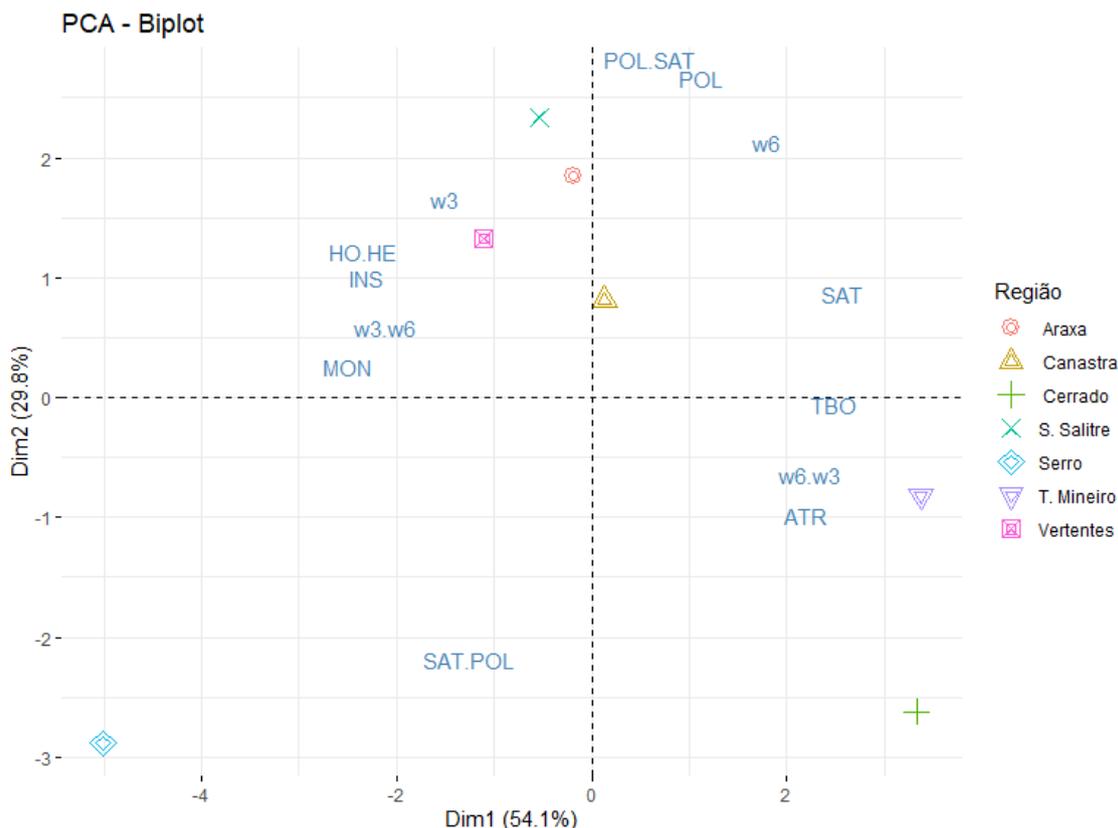
Foi possível verificar que os queijos obtidos da região da Canastra e do Serro apresentaram comportamento semelhante (Figura 2). Para os queijos oriundos da região Canastra esse comportamento foi relacionado principalmente à presença do ácido caprílico (C8:0), enquanto para os queijos da região do Serro houve maior relação com os ácidos graxos docosadienóico (C22:2) e docosahexanóico (C22:6N3). Contudo, ainda contribuíram para esse comportamento os ácidos graxos butírico (C4:0), nervonato de metila (C24:1), eicosadienóico (C20:2), miristoléico (C14:1), palmitoléico (C16:1) e pentadecanóico (C15:0).

.As amostras de queijo das regiões de Serra do Salitre, Araxá e Cerrado mostraram comportamento semelhante em relação ao perfil geral de ácidos graxos, apesar dos queijos de Serra do Salitre estarem mais relacionados ao ácido caprílico (C6:0) e os de Araxá e Cerrado apresentarem maior relação com o araquidônico (C20:4N6) e tridecanóico (C13:0). Ainda, os ácidos graxos cáprico (C10:0), undecanóico (C11:0), láurico (C12:0) e mirístico (C14:0) também contribuíram para o comportamento destas regiões, conforme pode ser observado também na Tabela 3.

A composição do perfil lipídico dos queijos da região do Triângulo Mineiro se mostrou diferente, estando negativamente relacionado à composição dos demais queijos, sendo esse comportamento associado ao ácido graxo eicosapentaenoico (C20:5N3). O perfil de ácidos graxos dos queijos da região do Campo das Vertentes não apresentou semelhança com os das demais regiões estudadas, sendo esse comportamento influenciado pelos ácidos graxos margárico (C17:0), esteárico (C18:0) e araquídico (C20:0).

Na Figura 3 esta apresentada a análise de PCA para o comportamento das regiões em relação aos somatórios, relações e índices calculados em função do perfil de ácidos graxos determinados nos queijos das diferentes regiões estudadas, com 83,9% da variação dos dados sendo explicada pela representação gráfica.

O eixo Dim1 foi representado principalmente pelos compostos saturados (SAT), índice de trombogenicidade (TBO) ácidos graxos insaturados (INS) e pela relação entre compostos hipo e hipercolesterolêmicos (HO/HE). As variáveis mais importantes que representaram o posicionamento das regiões em relação ao eixo Dim2 foram as relações de compostos poliinsaturados e saturados (POL/SAT; SAT/POL) e o grupo dos compostos poliinsaturados (POL).



**Figura 3.** Análise dos componentes principais do perfil de ácidos graxos agrupados por classificação química (saturados – SAT; insaturados – INS; monoinsaturados – MON; poliinsaturados – POL), somatório de ácidos graxos  $\omega_6$  ( $\omega_6$ ), somatório de ácidos graxos  $\omega_3$  ( $\omega_3$ ), relação de ácidos graxos poliinsaturados/ácidos graxos saturados (POL/SAT), relação de ácidos graxos saturados/poliinsaturados (SAT/POL), relação  $\omega_6/\omega_3$  ( $\omega_6.\omega_3$ ) e  $\omega_3/\omega_6$  ( $\omega_3.\omega_6$ ), índice de aterogenicidade (ATR), índice de trombogenicidade (TBO) e relação hipo/hipercolesterolêmicos (HO/HE) do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

Os queijos das regiões de Serra do Salitre, Araxá e Campo das Vertentes apresentaram comportamento similar em função do somatório dos ácidos graxos poli-insaturados (POL) e a razão entre poli-insaturados e saturados (POL/SAT). Apesar dos queijos destas regiões apresentarem semelhança estatística para estas variáveis, os maiores teores foram observados nos queijos da Serra do Salitre (Tabela 3). Ainda, os queijos do Campo das Vertentes sofreram influência do grupo ômega 3 ( $\omega_3$ ), semelhante à Serra do Salitre (Tabela 3). Os somatórios de ácidos graxos insaturados (INS) e monoinsaturados (MON), bem como a relação  $\omega_3/\omega_6$  ( $\omega_3.\omega_6$ ), contribuíram para o comportamento dos queijos das três regiões em questão, uma vez que estas foram estatisticamente semelhantes (Tabela 3). A relação entre os ácidos graxos hipo/hipercolesterolêmicos (HO/HE), por sua vez, apresentou maiores valores nos queijos do Campo das Vertentes e Serra do Salitre em relação à Araxá, apesar deste parâmetro não ter demonstrado diferença significativa entre as regiões (Tabela 3).

A composição do perfil lipídico dos queijos da região do Serro se mostrou negativamente relacionado ao das demais regiões estudadas, sendo esse comportamento associado à relação de ácidos graxos saturados e poli-insaturados (SAT/POL), justificado pelo maior teor desta relação para os queijos da mesma região (Tabela 3). Os queijos da Canastra apresentaram comportamento divergente àqueles das demais regiões assim como os do Serro, porém o comportamento da Canastra se manifestou em função da relação entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados

(POL/SAT) e os somatórios de poli-insaturados (POL), ômega 6 ( $\omega_6$ ) e saturados (SAT).

Os queijos das regiões do Triângulo Mineiro e Cerrado foram similares em função da relação  $\omega_6/\omega_3$  ( $\omega_6.\omega_3$ ) e dos índices de trombogenicidade (TBO) e aterogenicidade (ATR). Ao observar a Tabela 3, verifica-se que estas regiões foram semelhantes no que diz respeito às variáveis em questão, exceto em relação ao índice de aterogenicidade para o qual os queijos do Cerrado apresentaram maiores teores, mas não houve diferença significativa entre as regiões.

## 4 Discussão

### Caracterização físico-química e composição centesimal

As diferenças observadas para os teores de nitrogênio solúvel em pH 4,6 (%NS), nitrogênio solúvel em TCA (%NNP) e índices de extensão (%EM) e profundidade de maturação (%PM) entre os queijos das regiões avaliadas podem ser entendidas uma vez que estes parâmetros apresentam relação direta com a concentração de caseína na massa do queijo, quantidade e concentração do agente coagulante utilizado na fabricação, composição microbiológica do “pingo”, além do tempo e condições de maturação (McSWEENEY, 2004; PEREIRA, 2019). A fração nitrogenada solúvel em pH 4,6 (%NS) é derivada principalmente da ação de enzimas do agente coagulante, que degrada a caseína em peptídeos de alto peso molecular. O nitrogênio solúvel em TCA (%NNP), por sua vez, resulta da degradação dos peptídeos de alto peso molecular em peptídeos de cadeia curta e aminoácidos por ação de enzimas microbianas e aminopeptidases oriundas do leite, bem como de enzimas microbianas presentes no “pingo”. Estes parâmetros estão relacionados às proteólises primária e secundária representadas pelos índices de extensão e profundidade de maturação, respectivamente, que ocorrem durante o processo de maturação dos queijos (FOX & McSWEENEY, 1998; McSWEENEY, 2004; MARTINS, 2006; PEREIRA, 2019).

Assim, os maiores valores de %NS e %NNP observados na região de Campo das Vertentes apresentam relação com a maior concentração de proteína observada nos queijos desta região (Tabela 2). As regiões Canastra e Serro também apresentaram altos teores de proteína e, os menores valores de %NS e %NNP para os queijos destas regiões pode ser decorrente do uso de menores quantidades e/ou concentrações tanto do agente coagulante quanto do “pingo” na fabricação dos queijos, além de diferenças na composição microbiológica do “pingo”, assim como para os valores de extensão (%EM) e profundidade (%PM) da maturação. Ainda, os menores teores de %NS e %NNP, bem como para %EM e %PM observados nos queijos do Serro podem ser decorrentes do menor tempo de maturação preconizado para esta região, sendo de 17 dias, uma vez que os valores dos parâmetros em questão tendem a aumentar proporcionalmente ao tempo de maturação (PEREIRA, 2019). Apesar dos queijos da região de Araxá apresentarem o menor tempo de maturação estabelecido legalmente (MINAS GERAIS, 2013), a mesma região não apresentou os menores valores para %NS, %NNP, %EM e %PM como esperado, sugerindo o uso de maiores quantidades de coalho e “pingo” na produção dos queijos. Os maiores valores de %EM e %PM identificados nos queijos do Cerrado também sugerem o uso de maiores quantidades do agente coagulante e “pingo”, além de diferenças na composição microbiológica do “pingo”.

A variação de temperatura média anual entre as regiões de Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado e Serro é similar (KAMIMURA, 2019) e, assim, não pode ter exercido influência considerável sobre o processo proteolítico, no qual temperaturas mais baixas no ambiente de maturação comprometem o desenvolvimento de bactérias proteolíticas e a atuação de suas enzimas (SOUSA, 2001; DORES, 2013; FOX & McSWEENEY, 1998).

O comportamento das regiões de Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Serro e Araxá no gráfico de PCA (Figura 1) foi influenciado pelas variáveis %NS e %NNP, uma vez que Campo das Vertentes, Araxá e Cerrado se posicionaram no quadrante positivo de Dim2, mais próximas a estas variáveis. Canastra e Serro, por sua vez, apresentaram posicionamento no eixo negativo de Dm2, distante das variáveis em questão, sendo diferentes entre as regiões citadas.

Dores (2013), ao avaliar o queijo Minas artesanal da Canastra em diferentes estações do ano, observou variações entre 0,6 e 05% para %NS e 0,42 e 0,45% para %NNP aos 22 dias de maturação. De acordo com o autor, a variação observada foi decorrente da variação de temperatura no ambiente de maturação, associada à diferentes teores de proteína identificados. Guimarães et al. (2011), ao avaliarem a variação dos parâmetros físico-químicos do queijo Canastra em duas épocas do ano, observaram menores valores para %EM e %PM na época das secas, ou inverno. Segundo os autores, os menores valores na época das secas pode ser atribuído principalmente à temperaturas mais baixas que inibem a ação das enzimas do coalho e da microbiota do “pingo”, em comparação à época das chuvas.

Machado et al. (2004), ao estudarem o queijo Minas artesanal produzido no Serro, encontraram valor médio de 0,27% de NNP e 9,18% para profundidade de maturação, abaixo do observado neste estudo para esta região. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de as amostras coletadas por estes pesquisadores terem sido avaliadas com variação de três a seis dias após sua fabricação, sendo um tempo reduzido para o desenvolvimento de considerável atividade proteolítica secundária nos queijos. Por outro lado, Brumano (2016), ao analisar o queijo Minas artesanal do Serro entre 8 e 29 dias de maturação, encontrou valores entre 7,95% e 20,47% para a profundidade de maturação, ambos considerando o uso do “pingo” na fabricação dos queijos, demonstrando que este índice tende a aumentar ao longo do tempo de maturação. Chaves et al. (2016), ao avaliarem a influência do período de maturação nas características físico-químicas do queijo Minas artesanal, observaram valores de NNP entre 0,188% e 0,611% e, segundo os autores, a variação observada foi decorrente do tempo de maturação, no qual a proteólise secundária ocorre de forma gradativa (DORES, 2013; LAW; TAMIME, 2010).

A variação no teor de cinzas dos queijos poderia estar relacionada com a quantidade de sal (%NaCl) adicionada aos produtos, bem como o tipo de salga utilizada (JÚNIOR et al., 2014; PEREIRA, 2019). Contudo apesar de haver variação de 0,43 a 1,74% para %NaCl, não houve diferença entre as regiões. Assim, a diferença observada no teor de cinzas para os queijos das regiões do Cerrado, Campo das Vertentes e Serro pode estar relacionada à composição da alimentação do rebanho e suplementação mineral, influenciando diretamente na composição do leite, além de outros fatores como estágio de lactação dos animais, estações do ano, bem como o tempo de maturação que, quanto maior, há redução do teor de umidade e aumento da porcentagem de extrato seco total, com conseqüente aumento do teor de cinzas (SOBRAL et al., 2013; IMA, 2013, JÚNIOR et al., 2014). O menor teor de cinzas observado nos queijos do Serro pode ser relacionado ao menor tempo de maturação indicado para esta região (17 dias), refletindo em menores perdas de umidade e concentração de sólidos totais. O mesmo fator não pôde ser associado aos queijos de Araxá, que também apresentam tempo de maturação reduzido, além do teor de sal observado nesta região ser semelhante àquele da região do Serro. Assim, o valor encontrado para o teor de cinzas nos queijos de Araxá pode ser relacionado aos mesmos fatores mencionados para as regiões do Cerrado, Campo das Vertentes e Serro, exceto pelo tempo de maturação.

O posicionamento da região do Triângulo Mineiro no gráfico de PCA (Figura 1) apresenta forte relação com a variável cinzas. Contudo, os queijos desta região não apresentaram o maior valor para teor de cinzas (Tabela 2), sendo o seu comportamento influenciado conjuntamente pelas variáveis gordura (Gor), gordura no extrato seco (GES) e teor de cloretos (NaCl), que mais influenciaram o eixo positivo de Dim1 e apresentaram os maiores valores para os queijos do Triângulo Mineiro, apesar das variáveis GES e NaCl não terem demonstrado diferença significativa na análise de

variância. O comportamento da região de Campo das Vertentes também pode ser explicado por estas variáveis que influenciaram o eixo Dim1, uma vez que os queijos desta região apresentaram os menores teores para elas (Tabela 2). Além disso, a semelhança entre as regiões do Triângulo Mineiro, Araxá e Cerrado está relacionada aos altos teores das variáveis cinzas, gordura, GES e extrato seco (ES) apresentados para estas regiões (Tabela 2), podendo ser influenciadas por fatores nutricionais dos animais (cinzas e gordura) e perda de umidade durante o período de maturação (GES e ES).

Em estudo para avaliação de queijos Minas artesanais da região de Campo das Vertentes realizado por Júnior et al. (2019), foi encontrado um teor médio de 3,98% para cinzas aos 20 dias de maturação, valor que foi semelhante ao observado no presente estudo para esta região. Entretanto, para queijos da mesma região em um estudo conduzido por Júnior et al. (2014), verificou-se valores superiores de cinzas com média de 5,5% durante o período seco e, de 5,3% no chuvoso, sendo essa variação atribuída pelos autores como consequência de maior suplementação mineral fornecida ao rebanho no período seco.

Em relação à oxidação lipídica, o malonaldeído é o principal produto da oxidação secundária resultante da decomposição dos peróxidos, que reage com o ácido tiobarbitúrico e sua leitura é feita por espectrofotometria (KUBO et al., 2013; LIMA; ABDALLA, 2001). Os principais fatores que influenciam a oxidação lipídica envolvem temperatura, composição lipídica do alimento e tempo de exposição à luz e ao oxigênio que, em queijos maturados sem embalagem como o Minas artesanal, está relacionado ao tempo de maturação (VELASCO; DOBARGANES; MÁRQUEZ-RUIZ, 2010; BUCCIONI et al., 2012). Além disso, em relação à composição lipídica dos alimentos, os ácidos graxos insaturados são mais suscetíveis ao processo de oxidação por apresentarem maior instabilidade em suas ligações (BARBOSA et al., 2016). Assim, o maior teor de oxidação observado nas amostras de queijos da Serra do Salitre podem ter relação com o maior tempo de exposição à luz e ao oxigênio, correspondente ao maior tempo de maturação de uma das amostras obtidas para essa região, que foi de 60 dias, podendo ter influenciado o resultado apresentado para a mesma, assim como justificou o comportamento desta região no gráfico de PCA (Figura 1). O contrário foi observado nos queijos das regiões de Araxá e Serro, que apresentaram valores reduzidos para oxidação, em concordância com os menores tempos de maturação preconizados para estas regiões. O menor teor de oxidação observado nos queijos do Cerrado pode estar relacionado ao menor valor apresentado pelos queijos desta região para o grupo de ácidos graxos insaturados (Tabela 3), uma vez que o tempo de maturação dos queijos coletados desta região foi semelhante àquele dos queijos de Serra do Salitre.

Buccioni et al. (2012), ao avaliarem o queijo Pecorino Toscano, encontraram valores entre 2,0 e 2,1 mg de malonaldeído/Kg ao longo de 60 dias de maturação. Segundo os autores, a reduzida variação no teor de oxidação do início ao final da maturação pode estar associada à baixa concentração de oxigênio na matriz de queijos, refletindo em pouca atividade oxidativa dos ácidos graxos insaturados. Taticchi et al (2017), analisando as características físico-químicas de mussarela de búfala, encontraram valores entre 2,5 e 3,0 mg MDA/Kg e, segundo os autores, houve aumento gradativo nos resultados observados para TBARs durante a maturação decorrente da transformação de peróxidos em compostos secundários da oxidação como o malonaldeído.

Os maiores teores de gordura nos queijos do Triângulo Mineiro e menores no Campo das Vertentes (Tabela 2) podem ser justificados por diversos fatores que influenciam a composição de gordura do leite, como tipo de alimentação e raça do rebanho, estágio de lactação e saúde dos animais, além de fatores envolvidos na

maturação dos queijos, como a perda de umidade (PEREIRA, 2019; DORES, 2013; DORES; FERREIRA, 2012). De maneira geral, a composição do leite tem influência direta nas características físico-químicas do queijo, além de variações nas condições e técnicas de fabricação do produto (PEREIRA, 2019).

Na literatura, alguns autores verificaram valores semelhantes ao teor de gordura aos do presente estudo para queijos da região da Canastra (27,59% a 28,51%) e do Serro (28,00% a 30,67%) (GUIMARÃES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2018). Por outro lado, os valores de gordura dos queijos da região do Cerrado no presente estudo, foram superiores ao relatados por De Oliveira (2017), podendo essa diferença estar relacionada aos maiores teores de umidade encontrados por este autor, justificando essa variação em queijos de uma mesma região (PEREIRA, 2019; FIGUEIREDO, 2015). Júnior et al. (2019) avaliaram o queijo Minas artesanal de Campo das Vertentes e observaram valores entre 32,45% e 40,27% ao longo de 60 dias de maturação, maiores que aquele encontrado no presente estudo para a mesma região, associando o aumento gradativo dos percentuais de gordura à perda de umidade e consequente concentração de sólidos totais, entre eles a gordura. Além disso, os autores justificaram as variações observadas nos teores de gordura encontrados por eles na mesma região às diferenças raciais e nutricionais dos rebanhos.

Apesar de não ter sido verificada diferença significativa no teor de gordura no extrato seco (GES) entre os queijos das regiões avaliadas, de acordo com a Portaria nº 146 do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 1996), os queijos das regiões de Araxá, Canastra, Cerrado e Triângulo Mineiro se enquadrariam na classificação “gordos”, uma vez que apresentaram valores entre 45,0% e 59,9% para gordura no extrato seco (GES). Os queijos das regiões de Campo das Vertentes, Serro e Serra do Salitre, segundo a mesma normativa, seriam classificados como “semi-gordos”, de acordo com os valores observados no presente estudo.

Os valores de pH são influenciados pelo processo de fabricação no que diz respeito à prensagem da massa, uma vez que quanto maior a umidade inicial da massa, maior a concentração de lactose e sua conversão em ácido láctico pela ação das bactérias ácido lácticas, reduzindo o pH de forma mais intensa em um estágio inicial de maturação, mas ocorrendo ao longo de todo o processo de maturação (MARTINS, 2006; JÚNIOR et al., 2014). As diferentes composições microbiológicas e quantidades do “pingo” utilizado pelos produtores também influenciam o valor de pH, relacionado à concentração e diversidade de bactérias lácticas atuantes na fermentação da lactose. Além disso, proteases presentes no leite e no “pingo” utilizados para produção dos queijos degradam proteínas em compostos nitrogenados de caráter alcalino ao longo do processo de maturação, contribuindo para aumento gradativo do pH (DORES, 2013; BÜCHL; SEILER, 2011; FIGUEIREDO, 2015). Assim, o maior valor de pH identificado nos queijos de Campo das Vertentes não apresentou relação com o teor de umidade dessa região, que apresentou alto teor, podendo ser associado à menor quantidade e ou variações na composição do “pingo” utilizado pelos produtores. Por sua vez, o menor valor de pH observado nos queijos da Serra do Salitre pode ser justificado pelo alto teor de umidade dos queijos dessa região em relação às demais, com maior disponibilidade de lactose e consequente conversão em ácido láctico, apresentando menor valor de pH em comparação às demais regiões.

Ao avaliarem a composição físico-química dos queijos de Campo das Vertentes, Júnior et al. (2019) observaram redução no valor de pH de 5,15 para 4,98 entre o segundo e o vigésimo dias de maturação, justificado pelos autores como reflexo da conversão mais intensa da lactose em ácido láctico durante este período. Pereira (2019) por sua vez, ao avaliar o queijo Minas artesanal da mesma região,

observou aumento do pH de 5,03 para 5,12 entre o sétimo e vigésimo primeiro dias de maturação que, segundo o mesmo autor, foi decorrente da formação de compostos alcalinos resultantes da proteólise, estabilizando a queda de pH causada pelo ácido láctico. Ambos os autores ainda associaram as variações de pH observadas na mesma região às diferentes composições e quantidades de “pingo” utilizado na fabricação de queijos, que varia entre os produtores e regiões.

Teores de pH semelhantes aos encontrados nesse estudo para queijos da região do Campo das Vertentes foram observados por Júnior et al. (2014), com valores entre 5,0 e 5,3, assim como De Oliveira (2017), ao avaliar as características físico-químicas da região do Cerrado, que encontrou valores de pH variando de 5,0 a 5,26 ao longo do tempo de maturação. Machado et al. (2004), por sua vez, encontraram valores médios de pH de 6,04 e 4,98 para as regiões de Campo das Vertentes e Serro, respectivamente. De acordo com Monteiro e Da Mata (2018), os queijos Minas artesanais são classificados como ligeiramente ácidos e, os valores de pH entre 4,76 e 5,43 observados no presente estudo estão de acordo com esta classificação.

Em relação aos teores de nitrogênio total (%NT) e proteína bruta (%PB) para os quais não houve diferença significativa, na literatura os resultados relatados pelos autores são variados para as distintas regiões. Silva, Tunes e Cunha (2012) avaliando queijos Minas artesanais da região do Triângulo Mineiro, observaram valores de 3,73% para NT e 26,09% para PB. Em queijos artesanais da região do Campo das Vertentes, Júnior et al. (2019) observaram valores entre 19,70% e 27,26% de PB entre dois e 60 dias de maturação. As variações observadas nos teores de NT em queijo Minas artesanal são decorrentes, principalmente, da quantidade e concentração do agente coagulante e do “pingo” utilizado na fabricação, uma vez que enzima do agente coagulante (quimosina), bem como as proteinases e peptidases de micro-organismos presentes no leite e no “pingo”, têm influência direta sobre a degradação da caseína e a conversão de peptídeos em aminoácidos, refletindo sobre os valores de NT (SCOTT, 2002; LAW; TAMIME, 2010). Os teores de PB, por sua vez, sofrem influência da alimentação e de fatores envolvidos na fabricação, como temperatura ambiente e mexedura irregular da massa. Além disso, com o aumento do tempo de maturação e perda de umidade há concentração de sólidos totais, dentre eles os teores de PB e compostos nitrogenados (SILVA; TUNES; CUNHA, 2012; JÚNIOR et al., 2019).

Apesar de não haver diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os teores de umidade dos queijos das diferentes regiões neste estudo, vale ressaltar que todas as regiões atenderam ao Decreto Nº 44.864, de 1º de agosto de 2008, que estabelece uma umidade máxima de até 45,9% (MINAS GERAIS, 2008), uma vez que apresentaram valores de umidade entre 33% e 37% (Tabela 3). A umidade em queijos sofre influência do tempo de maturação, da temperatura e umidade ambientes, variando conforme a estação do ano na qual os queijos são produzidos, além de fatores relacionados à forma de produção, como o tamanho de corte dos grãos, mexedura, sinérese e prensagem da massa (OLIVEIRA, 2014; SILVA et al., 2011). Ainda, a redução do teor de umidade em queijos durante a maturação está relacionada à diminuição da atividade de água disponível na matriz dos queijos, limitando o crescimento e desenvolvimento de micro-organismos patogênicos (PEREIRA, 2019).

O comportamento da região da Canastra no gráfico de PCA (Figura 1) apresentou forte relação com o teor de umidade, uma vez que nos queijos desta região foi observado o maior valor para esta variável (Tabela 2) que não demonstrou ter sido em decorrência do tempo de maturação, uma vez que nesta região o tempo estabelecido para maturação é de 22 a 30 dias, semelhante às demais regiões, exceto para Araxá e Serro. Assim, é possível inferir que o alto teor de umidade nos queijos da

Canastra tenha relação com o processo de fabricação no que diz respeito ao corte e prensagem da massa (COSTA JÚNIOR et al., 2014), ou ainda seja decorrente de condições de temperatura e umidade durante a maturação (PEREIRA, 2019).

O teor de cloretos (%NaCl), bem como a relação sal na umidade (%NaCl/Umid), não diferiram entre os queijos das diferentes regiões ( $p > 0,05$ ) estudadas (Tabela 2). A adição de sal, além de contribuir para o sabor dos queijos, é importante para a prevenção do desenvolvimento de micro-organismos patogênicos, uma vez que esses apresentam tolerância variada a ele. Em geral, o crescimento de micro-organismos patogênicos é inibido em concentrações de sal de 10 a 100g/kg de queijo (PEREIRA, 2019). No presente estudo, foram observados valores entre 4,3 a 17,4g/kg, sendo os menores teores de sal encontrados nas regiões Cerrado (8,3g/kg) e Campo das Vertentes (4,3g/kg) (Tabela 2). Ainda, o sal reduz a atividade da água na matriz dos queijos e, conseqüentemente, exerce controle sobre as atividades enzimáticas, crescimento microbiano e eventos bioquímicos durante a maturação (GUINEE; SUTHERLAND, 2011; PEREIRA, 2019). O desenvolvimento de culturas lácticas desejáveis na fabricação de queijos, como as bactérias mesofílicas do gênero *Lactococcus*, é estimulado em concentrações de sal na umidade entre 2% a 3% e inibido em concentrações maiores que 5% (PEREIRA, 2019). Os teores de sal na umidade observados no presente estudo foram favoráveis ao crescimento de microrganismos desejáveis, exceto nos queijos do Triângulo Mineiro que apresentaram teor médio maior que 5%.

Em geral, a quantidade de sal empregada no processo de salga varia entre produtores e regiões, bem como o tempo de salga, contribuindo para variações finais quando se avalia o teor de cloretos e a relação sal na umidade dos queijos Minas artesanais (PEREIRA, 2019). Ao avaliar queijos da região de Campo das Vertentes, Júnior et al. (2014) observaram uma grande variação no teor de cloretos e na relação sal na umidade entre diferentes produtores e entre queijos dos mesmos produtores.

#### Perfil lipídico

Os altos teores de ácido cáprico (C10:0), ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0) e ácido esteárico (C18:0) nos queijos de todas as regiões pode ser justificado pelo fato de que os ácidos graxos saturados representam a maior parte do total de graxos da gordura do leite e queijo de ruminantes e, destes, os mais abundantes são o palmítico e o esteárico (GERMAN; DILLARD, 2006; ARAÚJO, 2008).

A variação nos teores de ácidos graxos de cadeia curta (C4:0 a C8:0) e média (C10:0 a C14:0) observada entre os queijos das diferentes regiões apresenta relação direta com características individuais dos animais como a síntese *de novo* na glândula mamária e estágio de lactação das vacas, associadas a fatores nutricionais. A concentração do ácido graxo palmítico, por sua vez, tanto sofre influência da síntese de gordura na glândula mamária quanto é derivada do processo de bio-hidrogenação ruminal com liberação de ácidos graxos na corrente sanguínea e incorporação no leite, diferentemente do que ocorre para o ácido esteárico, o qual provém exclusivamente do processo de bio-hidrogenação ruminal dos ácidos graxos poli-insaturados com 18 carbonos, oriundos da alimentação animal (PALMQUIST et al., 1993; BAUMAN et al., 2003).

Chion et al. (2010) encontraram a maior prevalência do ácido graxo palmítico, seguido pelo mirístico, ao avaliarem a variação no perfil de ácidos graxos e terpenos de queijo "Toma Piemontese" produzido em diferentes estações do ano. De acordo com os autores, houve variação no perfil de ácidos graxos dos queijos avaliados em relação à estação do ano, decorrente principalmente do manejo alimentar e

características individuais dos animais, disponibilidade de nutrientes à pasto, microbiota nativa do leite e do ambiente, além de diferentes condições e tempo de maturação ao quais os queijos são submetidos. Tornambé et al. (2007) avaliaram o efeito da diversidade botânica da pastagem sobre o perfil de ácidos graxos do leite de vacas e observaram que na pastagem que apresentava maior diversidade de gramíneas e leguminosas, houve níveis maiores do ácido palmítico (C16:0) e de ácidos graxos insaturados no leite.

A prevalência dos ácidos graxos oléico (C18:1N9C) e linoléico (C18:2N6C) no grupo dos mono-insaturados e poli-insaturados, respectivamente, nos queijos de todas as regiões pode ter relação com a maior disponibilidade destes compostos na alimentação animal. Segundo Chilliard et al. (2007) e Ferlay et al. (2008), animais criados em sistema de produção extensiva alimentados com pastagem natural, como ocorre para a produção do queijo Minas artesanal, apresentam maior concentração de ácidos graxos insaturados em seu leite e produtos derivados, principalmente o grupo de poli-insaturados, em relação ao leite e derivados oriundos de animais criados em sistemas intensivo e semi-intensivo, que aumenta proporcionalmente ao volume de forragem fresca ingerido. O aumento na concentração destes ácidos graxos oriundos da alimentação faz com que o processo de bio-hidrogenação ruminal não seja completo, o que promove a absorção destes compostos sem serem transformados em ácido esteárico (PALMQUIST et al., 1993; BAUMAN et al., 2003).

Lima et al. (2019) avaliaram a influência da época do ano e do local de produção sobre o perfil de ácidos graxos de queijos da Serra da Estrela e identificaram a mesma relação de ácidos graxos predominantes em cada grupo observadas no presente estudo, sendo o ácido palmítico (C16:0) no grupo dos saturados e os ácidos oléico (C18:1N9C) e linoléico (C18:2N6C) nos grupos de monoinsaturados e poli-insaturados, respectivamente. Segundo os autores, a influência do local de produção e época do ano sobre o perfil e os teores de ácidos graxos encontrados foi decorrente da composição lipídica do leite utilizado, uma vez que os ácidos graxos nos queijos são provenientes do processo de lipólise de triglicerídeos presentes no leite. Além disso, a composição do perfil de ácidos graxos em queijos depende de fatores individuais dos animais, como processo de bio-hidrogenação ruminal e fase de lactação, bem como da microbiota natural do leite, do fermento e do ambiente, atuante no processo de lipólise com consequente liberação de ácidos livres nos queijos (LUCAS et al., 2008; CHION et al., 2010; LIMA et al., 2019; PEREIRA et al., 2019)

Diversos estudos avaliaram os efeitos da pastagem e da composição nutricional dos alimentos fornecidos aos ruminantes sobre o perfil lipídico do leite e do queijo oriundo desses animais, uma vez que tem sido observado que a alimentação animal exerce influência sobre a composição dos produtos de origem animal, principalmente no que diz respeito ao perfil de ácidos graxos, além das características individuais dos animais (CHION et al., 2010; COPPA et al., 2011; PAJOR et al., 2012; BONANNO et al., 2013).

Na análise de PCA, o posicionamento da região do Triângulo Mineiro mostrou que os queijos desta região são diferentes das demais (Figura 2), principalmente influenciado pelo ácido eicosapentaenoico (C20:5N3) para o qual esta região apresentou maior valor (Tabela 3). A presença deste ácido graxo é desejável na alimentação humana, uma vez que ele está relacionado à prevenção de doenças cardiovasculares e circulatórias (ALOTHMAN et al., 2019). Contudo, ao avaliar o gráfico de PCA referente aos ácidos graxos agrupados, seus índices e somatórios, foi possível perceber que os queijos do Triângulo Mineiro e Cerrado foram semelhantes e associados à maiores teores para os índices de trombogenicidade, aterogenicidade e relação  $\omega 6/\omega 3$  (Figura 3). Maiores teores dos índices citados significam que há maiores teores de ácidos graxos saturados, em relação aos insaturados e compostos

dos grupos ômega 6 e 3, não sendo favorável à saúde humana por estarem relacionados ao aumento do colesterol (ALOTHMAN et al., 2019). Da mesma forma, os queijos da região do Serro apresentaram maior influência da relação entre compostos saturados e poli-insaturados (SAT.POL), sendo diferentes daqueles das demais regiões.

O comportamento de Araxá e Serra do Salitre indicou que os queijos destas regiões foram semelhantes, tanto em relação ao perfil geral de ácidos graxos (Figura 2), ao qual as duas regiões apresentaram maior relação com o ácido graxo caprício (C6:0), quanto em relação aos ácidos graxos agrupados, seus somatórios e índices (Figura 3), para o qual também houve semelhança para os queijos de Campo das Vertentes. Os queijos de Araxá e Serra do Salitre apresentaram maior influência do somatório de ácidos graxos poli-insaturados (POL) e da relação entre poli-insaturados e saturados (POL.SAT) (Figura 3).

É importante ressaltar que, além da influência dos fatores citados no que se refere ao perfil de ácidos graxos de leite e derivados, o processo de produção dos queijos está intimamente relacionado às características do produto final, principalmente no que diz respeito às alterações bioquímicas que ocorrem durante a maturação, bem como a influência das condições edafoclimáticas do *terroir* no qual os queijos são produzidos (QUEIROGA et al. 2009; MCSWEENEY P.; SOUSA M. 2000; COSTA et al. 2009; GUIMARÃES et al. 2011). As diferentes composições microbiológicas do “pingo” e do leite utilizados no fabrico dos queijos, além da diversidade edafoclimática e dos processos produtivos observadas entre produtores e regiões, contribuem para a diferenciação do produto final (KAMIMURA, 2019; PEREIRA, 2019). Tais informações corroboram para a interpretação e explicação da variação na composição centesimal, físico-química e no perfil de ácidos graxos observadas no presente estudo.

## **5 Conclusão**

Existe diferença na composição físico-química, centesimal e no perfil lipídico entre o queijo Minas artesanal oriundo das distintas regiões em relação às variáveis avaliadas neste estudo, exceto para os queijos de Araxá e Serra do Salitre os quais apresentaram comportamento similar nas análises de componentes principais referentes ao perfil lipídico. Os queijos oriundos de Campo das Vertentes se mostraram diferentes daqueles das demais regiões, tanto em relação à análise de componentes principais para as variáveis físico-químicas e de composição centesimal, quanto para aquela referente ao perfil lipídico identificado neste estudo.

## **6 Agradecimentos**

À equipe da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - EMATER-MG, pelo apoio na coleta de amostras e contato com os produtores; ao Laboratório de Leite e Produtos Lácteos do departamento de Ciência dos Alimentos-DCA/UFLA, pela disponibilidade em apoiar e auxiliar a realização de parte das análises; ao Laboratório de Análises e Prospecção Química do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras - DQI/UFLA, parceiro na realização da análise cromatográfica; ao Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras - DMV/UFLA, por fornecer o apoio, a estrutura e os reagentes necessários para realização do presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, CFC et al. Caracterização da Região do Serro como Produtora de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte:[sn]. Disponível em: [http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/QUEIJO\\_HISTORICO/dossi% C3% AA do serro def2. pdf](http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/QUEIJO_HISTORICO/dossi%20C3%AA%20do%20serro%20def2.pdf), 2002.
- ALOTHMAN, Mohammad et al. The “grass-fed” milk story: understanding the impact of pasture feeding on the composition and quality of bovine milk. *Foods*, v. 8, n. 8, p. 350, 2019.
- ARAUJO, J. M. A. Química de Alimentos: teoria e prática. 4ª ed, Minas Gerais: Editora Viçosa, 2008.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16th ed. Gaithersburg, 1997.
- BARBOSA, Júnia H. Porto et al. A determinação dos produtos avançados de glicação (AGES) e de lipoxidação (ALES) em alimentos e em sistemas biológicos: Avanços, desafios e perspectivas. *Química Nova*, v. 39, n. 5, p. 608-620, 2016.
- BAUMAN, Dale E.; GRINARI, J. Mikko. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual review of nutrition*, v. 23, n. 1, p. 203-227, 2003.
- BEZERRA, Taliana Kênia Alves et al. Proteólise em queijo de coalho de cabra suplementado com bactéria ácido láctica probiótica. *Food Chemistry*, v. 196, p. 359-366, 2016.
- BONANNO, A. et al. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 1, p. 710-724, 2013.
- BONANNO, A. et al. I prodotti caseari di qualità della Provincia di Palermo. I formaggi tradizionali (Cheese of high quality in the Province of Palermo. The traditional cheese). Pages 151–288 in *Mangio sicuro mangio meglio, qualità alimentare è qualità della vita*. Provincia Regionale di Palermo, Assessorato Agricoltura, Caccia e pesca, 2006.
- BRAGAGNOLO, Neura; DANIELSEN, Bente; SKIBSTED, Leif H. Effect of rosemary on lipid oxidation in pressure-processed, minced chicken breast during refrigerated storage and subsequent heat treatment. *European Food Research and Technology*, v. 221, n. 5, p. 610-615, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos Analíticos Oficiais Físico Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. *Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1*, página 8, de 14 de dezembro de 2006.
- BRASIL. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 11 de mar. 1996, Seção 1, Página 3977. Brasília/DF, 1996.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Determination of fat content of milk and milk products (Gerber Method). 1989.

BRUMANO, ÉRIKA CARLA DA COSTA. Impacto do tipo de fermentoendógeno 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. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2016.

BUCCIONI, Arianna 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, n. 4, p. e75, 2012.

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

CHAVES, A. C. S. D. et al. Características físicas e químicas de queijo minas do Serro com diferentes períodos de maturação. In: *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*, 25.; *CIGR SESSION 6 INTERNATIONAL TECHNICAL SYMPOSIUM*, 10., 2016, Gramado. Alimentação: árvore que sustenta a vida. Anais. Gramado: SBCTA Regional, 2016., 2016.

CHILLIARD, Y. et al. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 109, n. 8, p. 828-855, 2007.

CHION, A. R. et al. Variation of fatty acid and terpene profiles in mountain milk and "Toma piemontese" cheese as affected by diet composition in different seasons. *Food Chemistry*, v. 121, n. 2, p. 393-399, 2010.

COPPA, M. et al. Effect of a hay-based diet or different upland grazing systems on milk volatile compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 9, p. 4947-4954, 2011.

COSTA JÚNIOR, L. C. G. et al. Maturação do queijo Minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora*, v. 69, n. 2, p. 111, 2014.

DA SILVA, P. H. F. *Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos*. Grafica, 1997.

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*, p. 1-13, 2020.

DE OLIVEIRA, A. L. et al. Caracterização do queijo minas artesanal do cerrado mineiro da região do Alto Paranaíba. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 3, n. 6, p. 0824-0828, 2017.

DE SOUZA, V. M. et al. Efeito de níveis crescentes de ureia na alimentação de vacas sobre o rendimento, composição, perfil de ácidos graxos e sensorial do queijo minas frescal. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 22, n. 2, 2015.

DESCALZO, A. M. et al. Differential characteristics of milk produced in grazing systems and their impact on dairy products. *Milk production. Advanced genetic traits, cellular mechanism, animal management and health*. IntechOpen, London, UK, p. 339-368, 2012.

DORES, Milene Therezinha das; NOBREGA, Juliana Escarião da; FERREIRA, Célia Lucia de Lucas Fortes. Room temperature aging to guarantee microbiological safety of

Brazilian artisan Canastra cheese. *Food Science and Technology*, v. 33, n. 1, p. 180-185, 2013.

DORES, Milene Therezinha; FERREIRA, Célia Lucia de Luces Fortes. Queijo minas artesanal, tradição centenária: ameaças e desafios. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 2, n. 2, 2012.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Caracterização da Microrregião da Canastra como Produtora Tradicional de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2004.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Caracterização da Microrregião do Cerrado (Alto Paranaíba) como Produtora Tradicional de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2003a.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Caracterização da Microrregião de Campo das Vertentes como Produtora Tradicional de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2009.

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Programa Queijo Minas Artesanal. Disponível em: [http://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site\\_tpl\\_queijo&id=3299](http://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site_tpl_queijo&id=3299). Acesso em: 17 out. 2019.

ENGEL, E. et al. Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding of the cow. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 22, p. 9099-9108, 2007.

JÚNIOR, Luiz Carlos Gonçalves Costa et al. Evaluation of an alternative for manufacture of artisanal Minas cheese from micro-region of Campo das Vertentes, using pasteurized milk and industrial dairy cultures. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 74, n. 3, p. 171-184, 2019.

FERLAY, A. et al. Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *Dairy Science & Technology*, v. 88, n. 2, p. 193-215, 2008.

FERRAZ, W. M. Queijo Minas Artesanal da Serra da Canastra: Influência do ambiente sobre a maturação. Dissertação (Mestrado) Mestrado Profissional Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia em Alimentos - Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba. Rio Pomba - MG, 2016. Disponível em: [https://mpcta.riopomba.ifsudestemg.edu.br/pdf/dissertacoes/2016/376476235\\_Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_final\\_Wallas.pdf](https://mpcta.riopomba.ifsudestemg.edu.br/pdf/dissertacoes/2016/376476235_Disserta%C3%A7%C3%A3o_final_Wallas.pdf) ; Acesso em: 09 jul. 2020.

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

FOLCH, Jordi; LEES, M.; STANLEY, GH Sloane. 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, 1957.

FOX, P.F.; McSWEENEY, P.L.H. Chemistry and Biochemistry of Cheese and Fermented Milks. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic & Professional, 1998. Cap.10, p. 403-418.

GERMAN, J. Bruce; DILLARD, Cora 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, 2006.

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, R.; SAYAGO, A.; FERNÁNDEZ-RECAMALES, Á. Fatty Acid Profiling for the Authentication of Iberian Hams According to the Feeding Regime. *Foods*, v. 9, n. 2, p. 149, 2020.

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

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

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

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS – IEPHA-MG. Decreto nº 42. 505, de 15 de abril de 2002. Registro de bens culturais de natureza imaterial ou intangível que constituem patrimônio cultural de Minas Gerais. *Diário oficial*, Belo Horizonte, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Acesso em: 01 ago. 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Parecer n. 006/2006. Processo n. 01450.012192/2006-65, referente ao registro dos queijos artesanais de Minas no Livro de Registro dos Saberes. Brasília, 2006b.

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, n. 5, p. 1636-1657, 2019.

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, 2001.

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

LÊ, Sébastien et al. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of statistical software*, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.

LIMA, E. S.; ABDALLA, Dulcineia Saes Parra. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 37, n. 3, p. 293-303, 2001.

LIMA, M. J. R. et al. Fatty acids profile of Serra da Estrela PDO cheeses and respective atherogenic and thrombogenic indices. *Nutrition & Food Science*, 2019.

LUCAS, A. et al. Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheeses. *Small Ruminant Research*, v. 74, n. 1-3, p. 243-248, 2008.

MACHADO, Eduardo C. et al. Características físico-químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal produzido na região do Serro, Minas Gerais. *Food Science and Technology*, v. 24, n. 4, p. 516-521, 2004.

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.

KUBO, Mirian Tiaki Kaneiwa et al. Transference of lutein during cheese making, color stability, and sensory acceptance of Prato cheese. *Food Science and Technology*, v. 33, p. 82-88, 2013.

MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, Huntingdon, v. 27, n. 2/3, p. 127-144, May/Aug. 2004.

MCSWEENEY, P. LH; SOUSA, Maria José. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, v. 80, n. 3, p. 293-324, 2000.

MENESES, José Newton Coelho. Queijo Artesanal de Minas: Patrimônio Cultural do Brasil. Volume I, dossiê interpretativo. Belo Horizonte: IPHAN, MINC, 2006.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2002.

MINAS GERAIS. Decreto nº 44.864, de 1º de agosto de 2008. Altera o Regulamento da Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. 2008.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria 1305, de 30 de abril de 2013. Estabelece diretrizes para produção do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2013.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 591, de 26 de maio de 2003. Identifica a Microrregião do Serro. Belo Horizonte, 26 de maio de 2003a.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 694, de 17 de novembro de 2004. Identifica a Microrregião da Canastra. Belo Horizonte, 17 de novembro de 2004.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 619, de 01 de dezembro de 2003. Identifica a Microrregião do Alto Paranaíba. Belo Horizonte, 01 de dezembro de 2003b.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 594, de 10 de maio de 2003. Identifica a Microrregião de Araxá. Belo Horizonte, 10 de maio de 2003c.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 874, de 02 de outubro de 2007. Altera a denominação da Microrregião do Alto Paranaíba como produtora do queijo minas artesanal. Belo Horizonte, 02 de outubro de 2007.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1428, de 29 de agosto de 2014. Identifica a Microrregião da Serra do Salitre como produtora de queijo minas artesanal. Belo Horizonte, 29 de agosto de 2014.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1022, de 03 de novembro de 2009. Identifica a Microrregião do Campo das Vertentes. Belo Horizonte, 03 de novembro de 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1397, de 13 de fevereiro de 2014. Identifica a Microrregião do Triângulo Mineiro como produtora de Queijo Minas Artesanal.

MONTEIRO, R. P.; DA MATTA, V. M. Queijo Minas artesanal: valorizando a agroindústria familiar. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Livro técnico (INFOTECA-E), 2018.

JÚNIOR, Luiz Carlos Gonçalves Costa et al. Maturação do queijo minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 69, n. 2, p. 111-120, 2014.

NORO G. Síntese e Secreção do Leite. Seminário de Pós-graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS. Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/sintese\\_leite.pdf](https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/sintese_leite.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2020.

NUDDA, A. et al. Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 43, n. 8, p. 445-456, 2014.

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

OTTAVIAN, M. et al. Near-infrared spectroscopy to assist authentication and labeling of Asiago d'allevato cheese. Journal of Food Engineering, v. 113, n. 2, p. 289-298, 2012.

PAJOR, F.; STEIBER, O.; TASI, J. Influence of extensive grazing on cheese composition, yield and fatty acids content of goats. Bulgarian Journal of Agricultural Science, v. 18, n. 4, p. 487-492, 2012.

PALMQUIST, D. L.; BEAULIEU, A. Denise; BARBANO, D. M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. Journal of dairy science, v. 76, n. 6, p. 1753-1771, 1993.

PEREIRA, D. A. Efeito de diferentes condições de maturação nas características do Queijo Minas artesanal. 2019. 100 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

SAMKOVÁ, E. et al. Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. South African Journal of Animal Science, v. 42, n. 2, p. 83-100, 2012.

SANTOS, F. A. A.; LAMOUNIER,; DE CARVALHO T. N. Produção Do Queijo Minas Artesanal No Serro Production Of Handmade Mills Cheese In The Serro. Revista Pensar Gastronomia, v. 3, n. 2, 2017.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT user's guide: version 6. SAS institute Incorporated, 1990.

SCOTT, R. Fabricación de queso. 2 ed., Zaragoza, Espanha, 2002.

SEGATO, Severino et al. Identification of lipid biomarkers to discriminate between the different production systems for Asiago PDO cheese. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 65, n. 45, p. 9887-9892, 2017.

SILVA, N. C.; TUNES, R. M. M.; CUNHA, M. F. Avaliação química de queijos Minas artesanais frescos e curados em Uberaba, MG. *PUBVET*, v. 6, p. Art. 1357-1362, 2012.

SOBRAL, Denise et al. Efeito da nisina na contagem de *Lactococcus* e *Lactobacillus* em queijo Minas artesanal da região de Araxá-MG. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 68, n. 391, p. 5-10, 2013.

SOUSA, M. J.; ARDÖ, Ylva; MCSWEENEY, P. L. H. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, v. 11, n. 4-7, p. 327-345, 2001.

Taticchi, A., Bartocci, S., Servili, M., Di Giovanni, S., Pauselli, M., Mourvaki, E., Meo Zilio, D., & Terramoccia, S. (2017). Effect on quanti-quality milk and mozzarella cheese characteristics with further increasing the level of dried stoned olive pomace in diet for lactating buffalo. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 30(11), 1605-1611.

TEAM, R. Core. R: a language and environment for statistical computing, version 3.0.2. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2013. 2019.

TORNAMBÉ, G. et al. Comparing quality characteristics of “Caciocavallo Palermitano” cheese from traditional and intensive production systems. In: *Proc. 15th Meeting of the FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network, Les Diablerets, Switzerland*. 2009. p. 153-156.

TORNAMBÉ, G. et al. Effect of production systems on sensory characteristics of PDO Cantal cheese. *Italian Journal of Animal Science*, v. 4, n. sup2, p. 248-250, 2005.

TORNAMBÉ, G. et al. Effet de la diversité floristique des pâturages de montagne sur le profil en acides gras et les caractéristiques sensorielles des laits. *Proc. 14th Nat. Meet.on Ruminants Research, Paris, France*, v. 14, p. 333-336, 2007.

VARGAS-BELLO-PÉREZ, E. et al. Authentication of retail cheeses based on fatty acid composition and multivariate data analysis. *International Dairy Journal*, v. 85, p. 280-284, 2018.

VELASCO, J.; DOBARGANES, C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. Oxidative rancidity in foods and food quality. In: *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*. Woodhead Publishing, 2010. p. 3-32.

WALKER, G. P.; DUNSHEA, F. R.; DOYLE, P. T. Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 55, n. 10, p. 1009-1028, 2004.

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

### **CAPÍTULO 3 Caracterização do perfil de compostos voláteis de queijos Minas artesanais**

*Journal of Dairy Science* (versão preliminar)

#### **RESUMO**

O Queijo Minas Artesanal (QMA) é um produto com grande valor econômico, histórico e cultural, além de apresentar características finais influenciadas por fatores edafoclimáticos do local de produção (*terroir*). O presente estudo teve como objetivo avaliar o perfil de compostos voláteis dos queijos das sete regiões produtoras certificadas de Minas Gerais, Brasil, a fim de caracterizar os compostos voláteis de acordo com sua origem. Foram obtidas 78 amostras provenientes de produtores cadastrados junto ao órgão de certificação sanitária (Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA), atendendo às exigências sanitárias, tempo mínimo de maturação e métodos de produção característicos dos queijos de cada região. Em geral, foram identificados um total de 166 compostos divididos entre os grupos químicos de aldeídos (20), cetonas (17), ácidos carboxílicos (20), terpenos (6), ésteres (57), hidrocarbonetos (15) e álcoois (31). Os terpenos  $\alpha$ -pinene e caryophyllene-oxide demonstraram ser possíveis marcadores vegetais para os queijos das regiões Canastra e Serro, uma vez que estes compostos não foram identificados nas demais regiões. Para os queijos das diferentes regiões foram verificadas interações entre alguns compostos relacionados à origem, o que pode auxiliar em estabelecer diretrizes sobre padrões de compostos químicos para os diferentes locais de produção.

Palavras-chave: rastreabilidade; voláteis; caracterização química

## ABSTRACT

Artisanal Minas cheese is a product with great economic, historical and cultural value, in addition to presenting final characteristics influenced by edaphoclimatic factors of the place of production (terroir). The present study aimed to evaluate the profile of volatile compounds in cheeses from the seven certified producing regions in order to chemically characterize their composition according to their production location. 78 samples were obtained from producers registered with the Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, meeting the sanitary requirements, minimum ripening time and production methods, characterized from the cheeses of each region. From the volatile profile obtained, 166 compounds was identified among the aldehyde chemical groups (20), ketone (17), carboxylic acid (20), terpene (6), ester (57), hydrocarbon (15) and alcohol (31). The  $\alpha$ -pinene and caryophyllene-oxide terpenes proved to be possible vegetable markers for cheeses from the Canastra and Serro regions, since these compounds were not identified in the other regions. The results found in the present study allow us to conclude that, although similar interactions are observed between some compounds and regions, many of them differ in relation to the origin of the cheeses and, therefore, can provide guidelines on patterns of chemical compounds in different production sites.

Keywords: traceability; volatile; chemical characterization

## INTRODUÇÃO

O queijo Minas artesanal é definido como aquele elaborado na propriedade de origem do leite, fabricado a partir do leite cru, segundo as determinações do artigo 1º da Lei Estadual nº 14.185 de 31 de janeiro de 2002 (MINAS GERAIS, 2002). Possui grande valor histórico e cultural associado à tradição secular transmitida por gerações, fundamentando a sobrevivência de famílias e comunidades rurais envolvidas na atividade queijeira, além de fomentar a economia de diversas cidades e regiões de Minas Gerais, Estado mais expressivo na produção de queijos.

A produção do queijo Minas artesanal encontra-se distribuída por sete regiões certificadas e reconhecidas pelo Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA, com respaldo em estudos que avaliaram fatores ambientais e geográficos, culturais, históricos, econômicos e sociais acerca destas regiões, sendo elas: Serra da Canastra, Serro, Cerrado (antigo Alto Paranaíba), Serra do Salitre, Araxá, Campos das Vertentes e Triângulo Mineiro (MINAS GERAIS, 2004, 2003a, 2003b, 2007, 2014, 2003c, 2009, 2014). Uma vez que se trata de um produto artesanal e, sem caracterização ainda definida legalmente, encontra-se no mercado produtos desuniformes mesmo quando são oriundos de uma mesma região. Além disso, as características finais do produto são influenciadas por fatores físicos associados ao local de produção dos queijos (*terroir*), como microbiota endógena do leite, umidade e altitude, tipo de pastagem fornecida ao rebanho, entre outros (KAMIMURA, 2019). A Tabela 1 apresenta as características do queijo Minas artesanal das distintas regiões, do seu modo de produção e das regiões certificadas para sua produção.

**Tabela 1.** Características do queijo Minas artesanal de diferentes regiões certificadas para sua produção

	REGIÃO						
	ARAXÁ	CANASTRA	CERRADO	VERTENTES	SERRO	SALITRE	TRIÂNGULO
<b>Altitude média*</b>	1134,5 m	1060,5 m	974,5 m	850 m	900 m	1200 m	900 m
<b>Pastagem*</b>	Nativa de campos de altitude; Mellinis minutiflora; Hyparrhenia rufa; Brachiaria	Nativa de campos de altitude; Mellinis minutiflora; Hyparrhenia rufa; Brachiaria	Nativa do cerrado; Mellinis minutiflora; Hyparrhenia rufa; Brachiaria; Panicum	Nativa de campos de altitude; Mellinis minutiflora; Hyparrhenia rufa; Brachiaria	Nativa de campos de altitude; Mellinis minutiflora; Hyparrhenia rufa; Brachiaria	Nativa do cerrado; Mellinis minutiflora; Hyparrhenia rufa; Brachiaria; Panicum	Mellinis minutiflora; Hyparrhenia rufa; Brachiaria
<b>Temperatura (média/ano)*</b>	17-24 °C	16,7-27,6 °C	16,4-27,6 °C	17,4-27,5 °C	14-27,5 °C	17,2-21,4 °C	19,1-27,4 °C
<b>Umidade (média/ano)*</b>	75,9%	62,5%	60%	67,5%	70%	62,5%	62,5%
<b>Prensagem da massa*</b>	Manual, com tecido sintético	Manual, com tecido sintético	Manual, com tecido sintético	Manual, com tecido sintético	Manual	Manual	Manual
<b>Maturação**</b>	Mín. 14 dias 4-6 cm	Mín. 22 dias 4-6 cm	Mín. 22 dias 4-6 cm	Mín. 22 dias 5-7 cm	Mín. 17 dias 4-6 cm	Mín. 22 dias 4-6 cm altura;	Mín. 22 dias 4-6 cm
<b>Dimensões*</b>	altura; 13-15 cm diâmetro	altura; 15-17 cm diâmetro	altura; 15-17 cm diâmetro	altura; 13-15 cm diâmetro	altura; 13-15 cm diâmetro	15-17 cm diâmetro	altura; 13-15 cm diâmetro
<b>Umidade máx. queijo***</b>	45,9%	45,9%	45,9%	45,9%	45,9%	45,9%	45,9%

ARAXÁ – Araxá; CANASTRA – Serra da Canastra; CERRADO – Cerrado; VERTENTES – Campo das Vertentes; SERRO – Serro; SALITRE – Serra do Salitre; TRIANGULO – Triângulo Mineiro; \*(ABREU et al., 2002; MENESES, 2006; EMATER-MG, 2003a; 2004; 2009; KAMIMURA, 2019; PEREIRA, 2019 INMET, 2020); \*\*(MINAS GERAIS, 2013); \*\*\*(MINAS GERAIS, 2008)

O Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado de Minas Gerais - IEPHA-MG registrou em 2002 o processo de fabricação do queijo Minas

artesanal do Serro como “Patrimônio Imaterial do Estado de Minas Gerais” (IEPHA-MG, 2002). Posteriormente, no ano de 2008, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN aprovou o registro do Modo Artesanal de Fazer o Queijo de Minas como Patrimônio Imaterial Brasileiro, solicitado em 2006, reconhecendo o “saber fazer” como título de patrimônio cultural nacional (IPHAN, 2006b).

O reconhecimento das tradições e do modo de produção é de suma importância para o fortalecimento deste produto, suas regiões e das famílias envolvidas na atividade. Em contrapartida, a valorização do Queijo Minas Artesanal (QMA) pode estimular a utilização do nome das regiões certificadas para sua produção como forma de agregar valor ao queijo, sendo encontrados produtos descaracterizados que circulam pelo comércio sem período de maturação adequado e com indicação geográfica de mais de uma região. Contudo, apesar da tecnologia de fabricação para obtenção do QMA ser bem definida, a variação no processo produtivo existente entre os produtores, além de diferentes composições microbiológicas do “pingo” associada à influências edafoclimáticas das regiões sobre as características finais dos queijos, faz com que se encontre variações no produto final gerando entraves para o processo de caracterização, regulamentação e certificação dos queijos artesanais.

Embora o processo de fabricação dos queijos Minas artesanais, bem como a composição físico-química do leite utilizado para sua produção, influenciem as características do produto final, os fatores climáticos também são de suma importância para a identidade do queijo de cada região, uma vez que favorecem o desenvolvimento de diferentes espécies de micro-organismos durante a produção e a maturação dos queijos (KAMIMURA, 2019). Os tipos de micro-organismos presentes no leite cru e no fermento láctico (“pingo”) são em geral do grupo dos *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus* e têm papel fundamental na formação de compostos responsáveis pelas características de aroma, sabor e textura dos queijos nas diferentes regiões (BANK, 1998; MONTEL et al., 2014; LUIZ et al., 2017; KAMIMURA et al., 2019; PEREIRA, 2019)

Dessa forma, em vista da influência de fatores edafoclimáticos e microbiológicos sobre a característica final dos queijos em cada região, a avaliação de componentes voláteis pode ser uma forma de estabelecer padrões para identificação da origem. Compostos presentes nas pastagens podem ser transferidos aos produtos de origem animal, diferenciando-os em relação ao tipo de alimentação animal e sistemas de produção, bem como podem fornecer diretrizes do local onde o leite e seus derivados foram produzidos, conceito base na rotulagem de produtos com Denominação de Origem Controlada, como ocorre na Europa (ENGEL et al., 2007; BONNANO et al., 2013).

Sabendo-se que o queijo Minas artesanal apresenta características finais influenciadas por fatores regionais, o presente estudo teve como objetivo avaliar o perfil de compostos voláteis dos queijos das sete regiões produtoras, a fim de identificar a existência de compostos que possam ser utilizados para caracterizar e identificar os queijos em relação seu local de produção, auxiliando o processo de certificação de origem.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 78 amostras (Serro - 25; Canastra - 19; Triângulo Mineiro - 11; Cerrado - 10; Serra do Salitre - 6; Araxá - 4; Campo das Vertentes - 3) de queijo Minas artesanal de produtores das sete regiões reconhecidas e certificadas para sua produção, entre os meses de maio a novembro de 2019, com o auxílio da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER-MG). Objetivou-se a coleta de amostras proveniente de produtores cadastrados junto ao Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, com o intuito de garantir que os queijos atendessem às exigências sanitárias, além de apresentarem características próprias de produção e o tempo mínimo de maturação indicado para cada região, sendo de no mínimo 14 dias para a região de Araxá, 17 dias para o Serro e 22 dias para as demais regiões (MINAS GERAIS, 2013).

As amostras de queijo das regiões Canastra, Serro e Triângulo Mineiro foram obtidas em concursos regionais promovidos pelo Governo de Minas através da EMATER-MG e do IMA, nos quais foi coletado um quarto de queijo de cada produtor inscrito, sendo acondicionado individualmente em embalagem plástica de polietileno atóxica e estéril, identificado externamente por meio de etiqueta adesiva e transportado em caixa isotérmica com gelo. Em relação às demais regiões, contou-se com a colaboração dos produtores em fornecer as amostras, que foram instruídos a coletar um queijo inteiro de seu lote de produção no primeiro dia correspondente ao tempo mínimo de maturação indicado para cada região. As amostras foram acondicionadas em embalagem própria correspondente a cada produtor, coletadas e enviadas por colaboradores da EMATER-MG para o Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras - DMV/UFLA em caixa isotérmica contendo gelo. Logo ao recebimento das amostras, estas foram transferidas individualmente para embalagem plástica de polietileno atóxica e estéril, sendo identificadas externamente por meio de etiqueta adesiva.

A variação observada no total de amostras coletadas de acordo com a região de origem foi decorrente do número de produtores participantes em cada concurso regional (Canastra, Serro e Triângulo Mineiro) e da colaboração dos produtores de cada região em disponibilizar uma amostra de queijo para a condução da pesquisa (Araxá, Cerrado, Campo das Vertentes e Serra do Salitre).

As amostras coletadas foram mantidas íntegras para avaliação de compostos voláteis, acondicionadas em embalagem de polietileno atóxica e estéril, de forma individual, e mantidas em *freezer* à temperatura de 18 °C negativos, sendo posteriormente descongeladas e fracionadas apenas no momento da preparação para a análise.

Para a determinação dos compostos voláteis, foram retiradas alíquotas de cinco gramas de cada amostra, envolvendo a casca e o interior dos queijos, que posteriormente foram fracionadas em pequenas porções e colocadas em vial de 20mL. Utilizou-se a técnica 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, apresentando 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 foi à 40°C e 230°C, respectivamente. Utilizou-se o Hélio como gás de arraste com vazão de dois mL/min.

O resultado da análise foi expresso em porcentagens 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).

As médias dos dados obtidos do perfil de compostos voláteis dos queijos de cada região foram utilizados para avaliação do comportamento das variáveis em relação às regiões com uso da análise de componentes principais (PCA) no ambiente R (TEAM, R. 2019) e, ainda, utilizou-se o pacote FactoMineR (LE, S. et al. 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta o total de amostras coletadas por região, bem como seus respectivos parâmetros físicos e tempos de maturação.

**Tabela 2.** Total de amostras coletadas, parâmetros físicos e tempo de maturação do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção

	Regiões						
	ARAXÁ	CANASTRA	CERRADO	VERTENTES	SERRO	SALITRE	TRIÂNGULO
<b>Total de amostras</b>	04	19	10	03	25	06	11
<b>Altura (cm)</b>	4,5 ± 0,5	-*	4,7 ± 1,2	4,0 ± 0,5	-*	5,6 ± 0,4	-*
<b>Diâmetro (cm)</b>	13,3 ± 0,3	-*	13,5 ± 1,0	14,5 ± 1,0	-*	14,0 ± 1,0	-*
<b>Maturação (dias)</b>	14-22**	22-30	22	22	17-30	22-60***	22-30

ARAXÁ – Araxá; CANASTRA – Serra da Canastra; CERRADO – Cerrado; VERTENTES – Campo das Vertentes; SERRO – Serro; SALITRE – Serra do Salitre; TRIÂNGULO – Triângulo Mineiro; \*Regiões cujas amostras foram coletadas em concurso regional e não foi possível realizar a mensuração das variáveis; \*\*Apenas uma amostra apresentou 14 dias de maturação; \*\*\*Apenas uma amostra apresentou 60 dias de maturação.

A Tabela 3 apresenta o perfil de compostos voláteis identificado nas amostras de queijo Minas artesanal analisadas. Do total de compostos voláteis, foram identificados para os grupos químicos 20 aldeídos, 17 cetonas, 20 ácidos carboxílicos, seis terpenos, 57 ésteres, 15 hidrocarbonetos (benzeno, cicleno, alceno e alceno) e 31 álcoois.

**Tabela 3.** Perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

Compostos	Regiões							EPM
	ARA (n=4)	CAN (n=19)	CER (n=10)	VER (n=3)	SER (n=25)	SAL (n=6)	TMI (n=11)	
<b>Aldeído</b>								
(E)-2-hexenal	-*	0,42 ±0,93	-	-	0,25 ±0,49	0,24 ±0,54	-	0,031
1,3-p-menthadien-7-al	-	0,07 ±0,27	0,01 ±0,01	0,15 ±0,21	0,40 ±1,77	0,09 ±0,19	-	0,119
2,4-hexadienal	2,18 ±3,07	0,57 ±0,97	3,50 ±6,42	0,03 ±0,04	0,20 ±0,59	-	0,29 ±0,91	0,039
2,4-octadienal	-	0,07 ±0,20	-	-	0,06 ±0,26	-	-	0,102
2,6-nonadienal	-	-	-	-	0,02 ±0,04	0,04 ±0,08	-	0,177
2-methyl-2-(methylthio)propanal	-	0,01 ±0,06	-	-	0,51 ±1,41	-	0,16 ±0,49	0,140
2-octenal	-	2,55 ±7,81	0,97 ±1,93	-	1,57 ±3,16	0,03 ±0,07	0,03 ±0,09	0,148
3-hexenal	-	0,08 ±0,24	-	-	0,09 ±0,42	-	-	0,143
3-nonenal	-	0,07 ±0,17	1,85 ±4,10	0,10 ±0,13	1,13 ±2,34	-	0,86 ±2,70	0,306
6-decenal	-	5,08 ±5,15	-	-	0,87 ±2,68	-	0,15 ±0,48	0,312
benzaldehyde	-	-	-	-	0,01 ±0,03	0,08 ±0,18	0,15 ±0,33	0,075
benzeneacetaldehyde	-	2,54 ±8,93	2,18 ±2,75	6,26 ±8,85	1,33 ±2,42	0,91 ±1,98	-	0,206
decadienal	-	0,30 ±0,82	-	-	0,03 ±0,04	-	0,05 ±0,16	0,226

heptanal	-	0,15 ±0,43	2,90 ±8,65	-	0,08 ±0,22	-	0,47 ±0,70	0,164
Hexanal	-	0,57 ±1,13	-	1,65 ±2,33	0,27 ±0,95	0,63 ±1,40	-	0,157
methional	-	0,29 ±0,53	2,29 ±4,68	0,34 ±0,47	0,29 ±0,49	-	0,14 ±0,31	0,029
Nonanal	-	0,10 ±0,17	0,04 ±0,09	0,13 ±0,17	0,06 ±0,15	-	-	0,058
perilla aldehyde	-	-	-	-	0,83 ±3,98	0,01 ±0,02	-	0,023
tridecanal	-	-	-	0,44 ±0,34	0,02 ±0,07	0,01 ±0,02	-	0,034
undecanaldehyde	-	0,70 ±1,39	-	0,04 ±0,05	0,59 ±2,76	-	-	0,059
<b>Álcool</b>								
(E,Z)-3,6-nonadien-1-ol	-	4,51 ±2,98	3,77 ±4,75	7,36 ±1,85	2,18 ±2,97	-	2,06 ±4,37	0,065
(Z)-3-hexenol	-	1,94 ±2,86	0,19 ±0,21	-	0,41 ±1,45	-	-	0,036
2,3-butanediol	-	-	-	-	0,17 ±0,59	-	-	0,085
2-hexenol	-	0,01 ±0,02	-	-	0,07 ±0,17	-	0,19 ±0,59	0,006
2-nonanol	-	-	-	-	0,11 ±0,40	1,15 ±2,57	1,41 ±3,81	0,006
2-pentanol	-	0,02 ±0,07	-	-	0,02 ±0,05	-	-	0,021
2-phenylethyl alcohol	1,70 ±2,94	0,16 ±0,40	0,36 ±1,07	-	0,56 ±1,26	0,45 ±1,00	1,04 ±1,83	0,017
3-cyclohexen-1-ol,1-methyl	-	0,91 ±0,03	0,26 ±0,12	-	0,43 ±0,20	-	-	0,015
4-methylhexanol	-	-	-	-	0,07 ±0,23	-	-	0,011
4-penten-1-ol	-	0,57 ±2,40	-	-	0,33 ±1,11	-	-	0,013
5-propylpentan-5-olide	-	-	-	-	0,25 ±0,88	0,23 ±0,50	-	0,109
benzyl alcohol	-	-	0,30 ±0,75	-	0,23 ±0,69	-	0,29 ±0,93	0,179
bornyl formate	-	-	0,02 ±0,05	-	0,10 ±0,35	0,15 ±0,34	0,01 ±0,04	0,014
butanediol	0,62 ±1,07	1,37 ±2,15	0,01 ±0,03	-	0,50 ±0,83	0,02 ±0,04	-	0,025
caprylate isoamyl	-	-	0,02 ±0,01	-	0,25 ±	0,06 ±0,01	0,02 ±0,01	0,194
carveol	6,61 ±1,87	0,18 ±0,49	0,25 ±0,53	-	1,05 ±1,76	4,57 ±4,41	1,02 ±1,61	0,227
decanol	-	0,01 ±0,03	-	-	0,41 ±1,05	-	-	0,185
dihydrocarveol	-	-	0,14 ±0,28	-	0,64 ±1,29	1,97 ±4,39	1,59 ±3,85	0,050
ethylphenol	-	-	0,01 ±0,01	-	0,01 ±0,02	-	-	0,135
fufuryl mercaptan	-	0,11 ±0,46	-	-	0,47 ±2,15	-	0,51 ±1,62	0,140
guaiacol	-	-	0,15 ±0,36	-	0,98 ±3,28	-	0,02 ±0,06	0,125
heptanol	-	-	-	-	0,04 ±0,16	-	0,11 ±0,21	0,156
hexanethiol	-	0,03 ±0,06	-	-	0,04 ±0,10	-	-	0,241
hexanol 2-ethyl	-	-	-	3,86 ±1,93	0,69 ±0,02	0,17 ±0,02	-	0,279
methoxymethylbutanethio l	-	-	0,49 ±1,47	-	0,07 ±0,19	-	0,10 ±0,31	0,173
methylidihydrofuranthiol	-	0,33 ±0,90	-	-	0,16 ±0,56	-	-	0,107

methyltetrahydrofuranthiol	-	0,09 ±0,26	0,15 ±0,31	-	1,66 ±4,93	-	0,16 ±0,35	0,158
methyl-thiophenethiol	-	-	-	-	0,23 ±0,75	3,60 ±6,95	0,66 ±2,08	0,077
nonan-2-ol	2,5 ±1,35	0,03 ±0,13	0,25 ±0,25	-	0,33 ±1,42	0,16 ±0,27	0,72 ±0,45	0,069
norfuraneol	2,60 ±4,49	2,05 ±3,83	2,00 ±2,59	-	1,66 ±2,54	2,78 ±6,21	2,42 ±3,77	0,233
phenethyl alcohol	2,68 ±3,10	-	0,48 ±0,57	0,15 ±0,21	1,48 ±2,97	9,19 ±10,43	0,22 ±0,50	0,408
<b>Terpeno</b>								
camphene	-	0,09 ±0,29	-	-	0,07 ±0,18	-	-	0,042
caryophyllene oxide	-	0,28 ±0,33	-	-	0,04 ±0,08	-	-	0,005
limonene	0,28 ±0,49	-	0,40 ±0,41	-	0,54 ±0,98	0,92 ±1,91	1,32 ±1,68	0,021
α-picoline	-	0,04 ±0,12	0,13 ±0,38	-	0,07 ±0,22	-	0,03 ±0,08	0,007
α-pinene	-	0,46 ±1,35	-	-	0,16 ±0,51	-	-	0,008
α-xylene	-	-	-	-	0,16 ±0,52	-	-	0,012
<b>Cetona</b>								
1,5-octadienone	-	0,02 ±0,06	0,02 ±0,07	0,61 ±0,86	0,41 ±1,62	0,14 ±0,29	0,07 ±0,11	0,225
1-cyclohexen-3-one	-	0,02 ±0,07	-	-	0,12 ±0,47	-	0,06 ±0,18	0,367
2-hexanone	-	0,50 ±0,1	0,01 ±0,02	-	0,05 ± 0,02	-	-	0,411
8-nonen-2-one	-	-	2,84 ±6,60	-	0,42 ±0,81	-	0,29 ±0,55	0,341
benzothieno[2,3-C]quinolin-6(5H)-one,2-methoxy	-	1,61 ±3,76	0,25 ±0,17	-	0,22 ±1,05	-	0,41 ±0,83	0,350
butanodione	-	-	-	-	0,57 ±0,2	-	-	0,494
decalactone delta	-	-	0,17 ±0,18	-	0,04 ±0,15	0,08 ±0,17	0,31 ±0,63	0,271
dimethyl sulfone	-	0,31 ±1,32	-	-	0,10 ±0,23	-	-	0,286
ethylfuranone	-	-	1,12 ±3,33	-	1,12 ±3,09	0,49 ±0,45	0,10 ±0,23	0,026
heptanone	-	0,99 ±4,05	9,10 ±10,36	-	2,02 ±5,60	-	0,08 ±0,20	0,006
hydroxypentanone	-	0,62 ±0,84	0,20 ±0,27	0,35 ±0,26	0,55 ±0,80	0,48 ±0,87	0,18 ±0,38	0,000
mercaptopentanone	-	0,01 ±0,03	0,57 ±1,15	0,39 ±0,55	0,37 ±1,49	-	3,39 ±7,34	0,063
methylbutanone	-	1,01 ±2,85	0,01 ±0,02	-	0,77 ±2,33	-	-	0,071
nonanone	2,11 ±1,15	-	-	-	0,08 ±0,24	-	0,65 ±1,33	0,008
nonyl methyl ketone	-	0,10 ±0,24	-	-	0,02 ±0,04	-	-	0,133
octenone	-	0,02 ±0,07	-	0,29 ±0,41	0,02 ±0,05	-	0,07 ±0,10	0,261
undecanone	-	0,02 ±0,06	0,08 ±0,08	-	0,02 ±0,06	0,02 ±0,03	0,08 ±0,15	0,008
<b>Ácido Carboxílico</b>								
2-hydroxy-3-methylbutanoic acid	-	-	1,73 ±2,24	-	1,34 ±3,47	-	3,61 ±11,43	0,236
4-methylhexanoic acid	-	2,60 ±8,20	0,74 ±1,39	-	0,63 ±2,09	-	-	0,250
9-octadecenoic acid (Z)	-	0,17 ±0,20	-	-	0,02 ±0,05	0,07 ±0,22	-	0,016

benzoic acid	-	-	1,00 ±3,01	0,01	1,18 ±3,60	-	-	0,182
benzoic acid hexahydro	-	0,02 ±0,08	-	-	0,04 ±0,1	0,02 ±0,14	-	0,098
butanoic acid, 3-methyl	-	0,15 ±0,43	0,02 ±0,06	-	0,13 ±0,24	-	0,05 ±0,15	0,008
butyric acid	-	0,08 ±0,28	0,10 ±0,28	-	0,63 ±1,71	-	2,57 ±6,41	0,015
caprylic acid	-	1,12 ±1,61	1,08 ±2,21	1,75	1,32 ±3,29	0,01 ±0,13	2,33 ±5,05	0,077
decanoic acid	14,98 ±6,55	-	2,32 ±4,01	-	0,07 ±1,47	5,89 ±9,40	4,53 ±1,75	0,198
hexanoic acid	-	1,03 ±4,24	2,38 ±3,72	-	0,70 ±2,27	-	0,07 ±0,22	0,003
hexanoic acid, 2-methylpropyl	-	-	0,03 ±0,04	-	0,02 ±0,08	-	-	0,058
isobutyric acid	-	1,13 ±3,28	0,89 ±2,56	0,01	1,16 ±2,65	-	1,57 ±4,98	0,033
lauric acid	-	0,02 ±0,06	-	0,15	0,19 ±0,35	0,28 ±2,21	-	0,013
methyl octanoic acid	-	-	-	-	0,14 ±0,02	-	-	0,061
methylbutyric acid	-	1,26 ±2,70	0,10 ±0,22	-	-	-	-	0,106
nonanoic acid	-	-	-	-	0,04 ±0,02	0,02 ±0,03	-	0,039
nonanoic acid, 5-hydroxy-	-	-	-	-	0,13 ±0,40	-	-	0,002
octanoic acid	1,49 ±2,58	0,28 ±0,88	0,46 ±1,38	4,28	0,42 ±1,15	-	1,53 ±3,09	0,031
pelargonic acid	-	-	0,08 ±0,13	0,04	0,28 ±0,76	0,01 ±0,2	0,04 ±0,13	0,119
propanoic acid, 2-methyl-3-methylbutyl	-	-	1,96 ±2,38	-	1,17 ±3,67	3,98 ±0,46	-	0,039

### Éster

(Z)-3-hexenyl butanoate	-	-	0,01 ±0,02	-	0,09 ±0,01	-	-	0,034
(Z)-3-hexenyl-2-methylbutanoate	-	0,52 ±0,03	0,32 ±0,12	1,51 ±0,23	0,82 ±1,02	0,52 ±0,32	1,39 ±1,02	0,059
2-methylpropyl octanoate	-	-	-	-	0,01 ±0,04	-	-	0,420
2-phenylethyl propanoate	-	-	-	-	0,04 ±0,09	-	-	0,703
4-(5,7-dichloro-1,3-benzoxazol-2-yl)sulfanyl-methylphenyl 1,1,2,2-tetrafluoroethyl ester	-	-	0,29 ±0,39	-	-	-	0,14 ±0,29	0,681
acetic acid, 2-phenylethyl ester	-	0,03 ±0,10	-	-	0,46 ±2,01	-	-	0,356
benzyl acetate	-	-	0,69 ±0,34	-	0,13 ±0,06	0,02 ±0,01	-	0,330
butanoic acid, 2-ethyl-, 1,2,3-propanetriyl ester	-	0,43 ±1,83	2,89 ±5,80	-	1,02 ±3,13	-	2,59 ±8,20	0,371
butanoic acid, ethyl ester	-	-	0,20 ±0,34	0,96 ±1,35	0,25 ±0,83	-	0,19 ±0,40	0,031
butanoic acid, propyl ester	-	-	-	-	0,06 ±0,17	-	-	0,063
butyl acetate	2,77 ±4,79	0,48 ±2,02	0,63 ±1,20	-	0,18 ±0,73	3,96 ±6,67	0,27 ±0,67	0,212
butyl isothiocyanate	-	0,05 ±0,09	-	-	0,02 ±0,03	-	-	0,313
butyl octanoate	-	-	-	-	0,02 ±0,05	-	-	0,015
caproate isoamyl	-	-	-	-	0,02 ±0,06	-	0,03 ±0,08	0,160
caproate propyl	-	0,36 ±0,67	0,03 ±0,08	0,25 ±0,34	0,77 ±2,58	-	-	0,032

capronate ethyl	-	3,02 ±2,78	0,50 ±1,27	1,28 ±0,94	0,81 ±1,30	-	0,19 ±0,61	0,065
carbamic acid, ethyl ester	-	1,56 ±4,72	0,76 ±0,74	-	0,20 ±0,53	-	-	0,034
decanoate ethyl	-	-	-	-	0,33 ±1,48	-	0,06 ±0,15	0,072
decanoic acid, ethyl ester	-	-	-	-	0,07 ±0,19	-	0,10 ±0,20	0,008
diethyl succinate	-	2,15 ±0,20	1,13 ±0,30	-	1,09 ±0,79	0,01 ±0,02	-	0,077
ethyl 3-hydroxybutanoate	-	0,47 ±1,42	-	-	0,27 ±0,64	-	-	0,049
ethyl 3-methylbutanoate	-	0,11 ±0,04	-	-	0,29 ±0,03	-	-	0,093
ethyl butyrate	3,30 ±5,70	0,07 ±0,24	0,27 ±0,33	-	0,10 ±0,25	0,67 ±1,27	0,45 ±0,64	0,179
ethyl heptylate	-	-	-	-	0,02 ±0,01	-	-	0,065
ethyl hydroxybutanoate	-	0,31 ±0,74	-	-	0,12 ±0,59	-	0,71 ±2,02	0,036
ethyl isohexanoate	-	0,01 ±0,08	0,32 ±0,51	0,07 ±0,05	0,05 ±0,03	0,30 ±0,38	0,51 ±0,21	0,006
ethyl mercaptopropionate	-	0,08 ±0,21	0,05 ±0,10	-	0,26 ±0,44	-	-	0,006
ethyl octenoate	-	1,54 ±3,61	0,29 ±0,60	-	1,92 ±4,38	0,92 ±1,70	0,74 ±1,44	0,017
ethylhydroxyhexanoate	-	0,02 ±0,01	-	-	-	-	-	0,015
hexadecanoic acid, ethyl ester	-	-	0,01 ±0,01	-	0,30 ±1,40	0,03 ±0,07	0,04 ±0,09	0,011
hexanoate isobutyl	-	-	-	0,11 ±0,12	0,12 ±0,30	-	0,02 ±0,05	0,109
hexyl octanoate	1,59 ±1,08	-	0,54 ±0,26	-	0,03 ±0,11	-	0,27 ±0,26	0,023
iso amyl n-butyrate	-	1,19 ±5,06	1,40 ±2,25	-	1,08 ±2,94	0,93 ±1,20	2,77 ±6,45	0,025
isobutyl decanoate	-	-	-	-	0,01 ±0,03	-	-	0,194
isobutyrate<isopropyl->	0,51 ±0,46	1,34 ±1,11	0,09 ±0,08	-	0,13 ±0,35	0,06 ±0,08	0,05 ±0,12	0,185
isobutyrate isoamyl	0,94 ±1,63	-	-	-	-	-	0,14 ±0,29	0,050
isopentyl2-methylbutanoate	-	-	-	-	0,05 ±0,15	-	0,02 ±0,07	0,033
isopropyl hexanoate	2,27 ±3,93	0,40 ±1,07	-	-	0,55 ±1,37	-	-	0,140
isopropyl octanoate	-	-	2,24 ±6,68	-	-	-	-	0,125
methyl benzoate	-	0,06 ±0,17	-	-	0,02 ±0,07	-	-	0,156
methyl cyclohexanecarboxylate	-	-	-	-	-	0,01 ±0,03	-	0,241
methyl laurate	-	0,64 ±0,23	-	0,55 ±0,76	0,08 ±0,15	-	-	0,279
methyl nonanoate	-	1,06 ±0,13	0,17 ±0,32	-	0,17 ±0,03	1,77 ±1,00	0,07 ±0,23	0,173
methyl octanoate	-	0,33 ±0,97	0,41 ±0,76	-	0,29 ±0,65	-	-	0,107
methyl-2-(methylthio)acetate	-	0,19 ±0,76	0,68 ±2,00	0,07 ±0,09	4,32 ±8,30	-	4,05 ±8,96	0,158
octyl acetate	-	-	-	-	0,16 ±0,12	-	0,08 ±0,01	0,077
pentyl butanoate	-	-	2,84 ±2,63	-	0,03 ±0,09	0,35 ±0,37	1,21 ±2,11	0,069
pentyl methylbutyrate	-	0,03 ±0,10	-	-	0,01 ±0,04	-	-	0,233
phenethyl2-	-	0,01	-	0,10	0,03	-	0,01	0,408

methylpropanoate		±0,02		±0,14	±0,09		±0,04	
phenethyl acetate <2->	-	-	-	-	0,04 ±0,12	-	-	0,265
propane, 1,2-dimethoxy	-	-	0,13 ±0,24	0,89 ±1,25	0,24 ±0,70	2,31 ±3,22	0,46 ±0,96	0,375
propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	-	-	-	-	0,03 ±0,09	-	-	0,503
propyl butyrate	-	0,02 ±0,04	0,03 ±0,10	-	0,30 ±0,85	0,02 ±0,03	0,11 ±0,24	0,595
propyl decanoate	1,97 ±0,74	-	0,13 ±0,17	-	-	0,45 ±0,35	0,41 ±0,36	0,402
propyl propanoate	-	0,33 ±0,86	0,34 ±1,00	-	0,66 ±1,38	2,17 ±2,18	0,04 ±0,11	0,107
S-(2-furfuryl)-ethanethioate	-	0,02 ±0,05	0,04 ±0,01	-	0,01 ±0,01	-	0,17 ±0,03	0,329
β-phenethyl acetate	-	-	-	-	0,34 ±0,92	-	0,02 ±0,07	0,563
<b>Hidrocarboneto</b>								
benzene ethenyl	-	0,04 ±0,15	0,18 ±0,55	-	0,35 ±0,76	0,14 ±0,31	-	0,005
bicyclo[7,2,0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-, (Z)-(1R,9S)	-	0,02 ±0,07	-	-	0,01 ±0,02	-	-	0,015
cyclopentane	-	0,03 ±0,43	-	-	0,48 ±1,59	0,08 ±0,01	-	0,000
docosane	-	0,02 ±1,01	-	-	0,03 ±0,01	-	-	0,004
dodecane	0,68 ±0,32	-	1,47 ±1,16	4,04 ±3,01	0,18 ±0,20	0,84 ±0,29	-	0,003
eicosane	-	0,89 ±0,82	0,29 ±0,14	1,30 ±0,48	0,45 ±0,08	-	1,17 ±1,14	0,001
hexadecane	-	0,02 ±0,11	0,01 ±0,02	0,09 ±0,12	0,31 ±0,20	0,01 ±0,02	-	0,006
methane	-	-	-	-	0,13 ±0,11	-	0,02 ±0,01	0,000
methylthiofurane	-	1,42 ±1,01	0,68 ±0,54	-	0,41 ±0,03	1,39 ±1,05	0,69 ±0,40	0,496
nitro-phenylethane	-	0,10 ±0,14	1,95 ±1,05	0,17 ±0,21	0,68 ±0,23	0,11 ±0,16	0,37 ±0,20	0,420
pentadecane	4,59 ±2,01	0,25 ±0,11	-	-	0,15 ±0,43	-	-	0,236
styrene	6,61 ±6,35	0,60 ±0,61	1,72 ±4,43	0,66 ±0,90	1,05 ±1,60	0,40 ±0,60	4,19 ±4,90	0,250
tetradecane	-	0,52 ±2,21	0,19 ±0,60	0,03 ±0,04	0,73 ±1,96	-	-	0,016
trans-sabinene hydrate	-	0,01 ±0,03	0,15 ±0,14	0,03 ±0,05	0,56 ±2,16	0,14 ±0,30	0,47 ±1,09	0,182
tridecane	-	0,01 ±0,04	-	-	0,04 ±0,06	-	-	0,098

Resultados referentes à área do pico em percentual das amostras analisadas; ARA – Araxá; CAN – Canastra; CER – Cerrado; VER – Campo das Vertentes; SER – Serro; SAL – Serra do Salitre; TMI – Triângulo Mineiro; \*-Compostos não identificados ou em concentração abaixo de 0,005%.

O grupamento aldeído apresentou os compostos benzeneacetaldehyde e 6-decenal como os de percentuais mais expressivos. O benzeneacetaldehyde apresentou maior valor nos queijos da região de Campo das Vertentes em relação às demais. Nas regiões de Araxá e Triângulo Mineiro o mesmo composto não foi identificado. O composto 6-decenal, por sua vez, apresentou maior valor na Canastra e, em relação às demais regiões, foi identificado apenas no Serro e Triângulo Mineiro.

Os aldeídos são compostos resultantes principalmente do processo proteolítico, no qual os aminoácidos derivados da quebra de grandes peptídeos pela ação enzimática do agente coagulante são catabolizados por proteinases e peptidases de bactérias lácticas à aldeídos e outros compostos como álcoois, amins, ácidos

carboxílicos, entre outros (McSweeney; Sousa, 2000). Segundo Curioni e Bosset (2002), os aldeídos são compostos transitórios em queijos, uma vez que são reduzidos à álcoois primários ou oxidados em ácidos carboxílicos, o que pode explicar a ausência dos compostos benzeneacetaldehyde e 6-decenal em algumas das regiões avaliadas neste estudo, além dos baixos percentuais apresentados para os compostos deste grupo em geral, dentro das regiões.

A região de Araxá apresentou maiores valores para o grupamento álcool em relação aos compostos nonan-2-ol e carveol em comparação às demais regiões. O composto phenethyl alcohol apresentou maior teor na região de Serra do Salitre e não foi identificado nos queijos da Canastra (Tabela 3). O composto hexanol 2-ethyl foi verificado em maior quantidade nos queijos da região do Campo das Vertentes, não sendo encontrado nos queijos das regiões de Araxá, Canastra, Cerrado e Triângulo Mineiro (Tabela 03). A região de Serra do Salitre se diferenciou das demais em relação ao composto methyl-thiophenethiol, para o qual os queijos desta região apresentaram maior valor, sendo identificado apenas nos queijos das regiões do Serro, Serra do Salitre e Triângulo Mineiro. Campo das Vertentes, por sua vez, apresentou maior valor percentual em comparação às demais regiões no que se refere ao composto (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol, o qual também foi identificado nas regiões Canastra, Cerrado e Serro, não sendo observado nas regiões de Araxá e Serra do Salitre. O composto 5-propylpentan-5-olide foi identificado apenas nos queijos das regiões do Serro e Serra do Salitre.

Os compostos pertencentes ao grupo químico álcool são formados pelo processo de proteólise, assim como ocorre para aldeídos, sendo ainda derivados desses pelo processo de redução ou originados pela degradação de ácidos graxos livres no processo de lipólise. A lipólise, assim como a proteólise secundária, é realizada por enzimas de bactérias lácticas presentes no leite e ou no “pingo” e, a ação dessas enzimas sobre os ácidos graxos livres, desencadeiam reações que dão origem a álcoois secundários como o nonan-2-ol (MCSWEENEY; SOUSA, 2000; DRANSFIELD, 2008). Assim, a variação observada nos compostos pertencentes ao grupo álcool entre os queijos das regiões avaliadas pode ser reflexo principalmente da atividade enzimática das bactérias lácticas durante o processo de maturação, influenciada pela composição microbiológica do “pingo” e/ou por condições mais favoráveis para a atuação destas enzimas durante o processo de maturação (DELGADO et al., 2010; PEREIRA, 2019).

Neste estudo, foram identificados seis compostos pertencentes ao grupo de terpenos (Tabela 3). Os compostos camphene, caryophyllene-oxide e  $\alpha$ -pinene foram identificados apenas nos queijos da Canastra e Serro, podendo ser possíveis marcadores vegetais para os queijos destas regiões, assim como o composto  $\alpha$ -xylene para os queijos do Serro, uma vez que este não foi identificado nas demais regiões. Já em relação ao limonene, composto que apresentou os maiores valores no grupo de terpenos, os queijos do Triângulo Mineiro apresentaram o maior percentual e o mesmo não foi observado nas regiões da Canastra e Campo das Vertentes.

Os terpenos são compostos voláteis oriundos do metabolismo de plantas disponíveis na pastagem, principalmente dicotiledôneas, e têm sido utilizados como marcadores vegetais para a rastreabilidade da origem de produtos com Denominação de Origem Protegida (DOP) ou Indicação Geográfica (IG), uma vez que sua presença em produtos de origem animal permite a identificação do tipo de alimento ingerido pelo animal (KALAC, 2011). Além disso, Bosset et al. (1994), ao comparar 14 tipos de queijo *Gruyère* produzidos com leite de vacas criadas em campos de altitude com 20 tipos do mesmo queijo feito com leite de vacas criadas em campos de planície, observaram que o produto oriundo dos campos de altitude apresentaram maior

concentração e variedade de terpenos. Tal informação é importante quando se pretende avaliar a origem geográfica de queijos.

A região da Canastra apresenta variações de altitude que chegam a 1.485 metros (KAMIMURA, 2019), a maior dentre as sete regiões avaliadas no presente estudo, o que pode contribuir para a explicação da presença dos compostos camphene, caryophyllene-oxide e  $\alpha$ -pinene nos queijos desta região, que foram ausentes nas demais, com exceção do Serro. A presença destes compostos nos queijos do Serro pode estar relacionada a uma maior biodiversidade das pastagens nativas, bem como uma maior presença de dicotiledôneas nas mesmas, uma vez que a altitude média desta região é inferior à da Canastra e outras regiões como Araxá, Cerrado e Serra do Salitre (Tabela 1), assim como pode ser explicada a maior porcentagem do composto limonene observada nos queijos do Triângulo Mineiro. Em contrapartida, os queijos de Campo das Vertentes não apresentaram compostos terpênicos identificados no presente estudo e esta ausência pode estar relacionada a composição da pastagem, além da região apresentar a menor média de altitude, que varia de 400 a 1300 metros (KAMIMURA, 2019) (Tabela 1).

Os compostos cetônicos de maior expressividade neste estudo foram o 8-nonen-2-one e o nonanone. O composto 8-nonen-2-one apresentou maior valor no Cerrado e, além desta região, foi observado apenas no Serro e Triângulo Mineiro. O nonanone, por sua vez, apresentou maior percentual na região de Araxá e também foi identificado nos queijos do Serro e Triângulo Mineiro, sendo ausente nas demais regiões. Ainda, o composto butanodione só foi observado nos queijos da região do Serro.

As cetonas são compostos oriundos da descarboxilação dos ácidos graxos livres durante o processo de lipólise causado pelas bactérias lácticas, como mencionado anteriormente. A quantidade de compostos cetônicos em queijos depende principalmente da concentração de ácidos graxos disponíveis na matriz do queijo (MCSWEENEY; SOUSA, 2000) e, a maior presença dos compostos 8-nonen-2-one e nonanone nos queijos das regiões do Cerrado e Araxá, respectivamente, sugere que os produtos destas regiões apresentaram maior concentração de ácidos graxos em relação às outras. Carpino et al. (2004), ao comparar os compostos aromáticos de queijo *Ragusano* oriundo de vacas alimentadas a pasto e de vacas alimentadas com rações mistas, observaram que o queijo dos animais alimentados em pasto nativo apresentaram maiores concentrações de ácidos graxos e, conseqüentemente, de compostos cetônicos.

Dentre os ácidos carboxílicos identificados neste estudo, o decanoic acid (ácido decanóico) se destacou, apresentando maior percentual nos queijos da região de Araxá, não sendo observado na Canastra e Campo das Vertentes. Além do decanoic acid (ácido decanóico), os ácidos carboxílicos hexanoic acid (ácido caprótico), 2-hydroxy-3-methylbutanoic acid (ácido butírico) e octanoic acid (ácido caprílico) foram os que apresentaram maiores porcentagens de área. O hexanoic acid (ácido caprótico) apresentou maior percentual nos queijos do Cerrado, o 2-hydroxy-3-methylbutanoic acid (ácido butírico) foi mais prevalente nos queijos do Triângulo Mineiro e Cerrado e o octanoic acid (ácido caprílico) foi identificado em maior porcentagem nos queijos de Campo das Vertentes. É válido ressaltar que os compostos do grupo dos ácidos carboxílicos aqui mencionados, quando presentes em altas concentrações, são associados ao sabor de ranço em produtos de origem animal como a carne e o queijo e, quando em quantidades desejáveis, são responsáveis pelo aroma característico de alguns queijos como o provolone e *roquefort*, por exemplo (PERRY, 2004; COSTA et al., 2009; DONADEL, 2013). O composto nonanoic acid 5-hydroxy apenas foi identificado nos queijos do Serro. A presença de ácidos graxos em queijos é

decorrente principalmente do processo de lipólise dos triglicerídeos, por ação de enzimas lipolíticas de bactérias lácticas presentes no “pingo” e no leite, e suas concentrações são diretamente relacionadas ao teor de gordura e sua composição presente no leite (PEREIRA, 2019; MCSWEENEY; SOUSA, 2000).

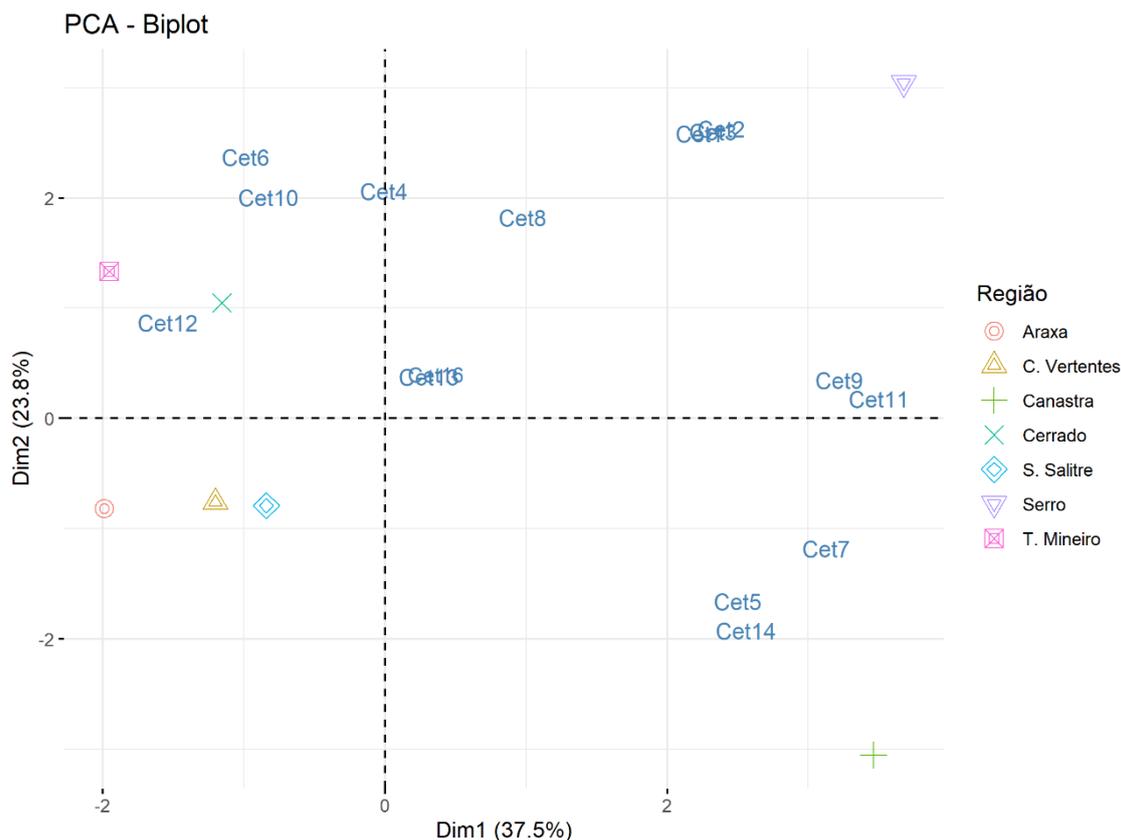
Em relação ao grupamento éster, os principais compostos observados foram capronate ethyl, iso amyl n-butyrate, pentyl butanoate e carbamic acid ethyl ester. O composto capronate ethyl apresentou maior percentual para os queijos da Canastra em comparação às demais regiões. O composto iso amyl n-butyrate apresentou maior valor percentual no Triângulo Mineiro e não foi identificado nas regiões de Araxá e Campo das Vertentes. O composto pentyl butanoate apresentou valor mais expressivo nos queijos do Cerrado e não foi identificado nos queijos de Araxá, Canastra e Campo das Vertentes. Para o carbamic acid ethyl ester, observou-se que os queijos da Canastra e do Cerrado apresentaram maior percentual, diferenciando-se das demais regiões nas quais apenas os queijos do Serro apresentaram o mesmo composto. Ainda, os compostos 2-phenylethyl propanoate e butanoic acid propyl ester foram identificados apenas nos queijos do Serro, assim como o ethylhydroxyhexanoate para os queijos da Canastra e o isopropyl octanoate para aqueles do Cerrado.

Os ésteres são os compostos voláteis mais identificados em queijos, formados por reações de esterificação entre ácidos graxos de cadeia média e curta, e álcoois primários e secundários oriundos dos processos de glicólise e proteólise que ocorrem durante a maturação, sendo a disponibilidade de álcoois um fator limitante para a produção de ésteres (MARILLEY E CASEY, 2004; MCSWEENEY; SOUSA, 2000). Os maiores percentuais de compostos do grupo químico éster nos queijos das regiões da Canastra, Triângulo Mineiro e Cerrado podem ser associados à menor presença ou mesmo à ausência de alguns compostos do grupo álcool observados neste estudo para os queijos das mesmas regiões, uma vez que estes participam do processo de esterificação, refletindo em uma maior concentração de ésteres e menor concentração de álcoois nos queijos destas regiões. Delgado et al. (2010) analisaram o perfil de compostos voláteis de queijos espanhóis elaborados com leite cru e observaram um aumento considerável de compostos do grupo éster ao longo da maturação, associado à diminuição de compostos dos grupos álcool e ácido carboxílico, assim como observado para os queijos da Canastra, Triângulo Mineiro e Cerrado no presente estudo, indicando um processo de maturação mais avançado nestas regiões.

Em relação aos hidrocarbonetos, os compostos styrene e dodecane foram identificados em maior percentual nos queijos das regiões avaliadas. O styrene apresentou os maiores valores nos queijos das regiões de Araxá e do Triângulo Mineiro. O composto dodecane foi identificado em maior concentração nos queijos de Campo das Vertentes, não sendo identificado na Canastra e no Triângulo Mineiro. Ainda, foi possível observar que o composto methane apenas foi identificado na região do Serro e o nitro-phenylethane foi identificado em todas as regiões avaliadas, exceto nos queijos oriundos de Araxá. Os hidrocarbonetos são precursores para a formação de outros compostos voláteis e, em geral, não apresentam considerável influência na formação do aroma em queijos, sendo provenientes da alimentação animal ou produtos da auto-oxidação de lipídeos (BONTINIS et al., 2012).

A análise de componentes principais (PCA) para o grupo de compostos cetônicos está evidenciada na Figura 1. A região do Serro se diferenciou das demais no que diz respeito aos compostos hydroxypentanone (Cet9) e methylbutanone (Cet11) no eixo Dim1 no quadrante positivo, além do composto 1-cyclohexen-3-one (Cet2) que correspondeu à maior influência no eixo Dim2, também no quadrante positivo (Figura 1). A região do Serro destacou-se por apresentar os maiores teores destes compostos (Tabela 3). Os queijos da região do Triângulo Mineiro e Cerrado se

comportaram de maneira similar em relação ao composto nonanone (Cet12). Os queijos de Araxá, Campo das Vertentes e Serra do Salitre foram semelhantes em relação ao quadrante negativo do eixo Dim2 e não apresentaram relação específica com nenhum dos compostos cetônicos identificados neste estudo. Os queijos da Canastra mostraram relação com os compostos 2-hexanone (Cet14), benzothieno[2,3-C]quinolin-6(5H)-one,2-methoxy (Cet5) e dimethyl-sulfone (Cet7), que se relacionaram positivamente com o eixo Dim1, o que está relacionado aos maiores valores destes compostos (Tabela 3).

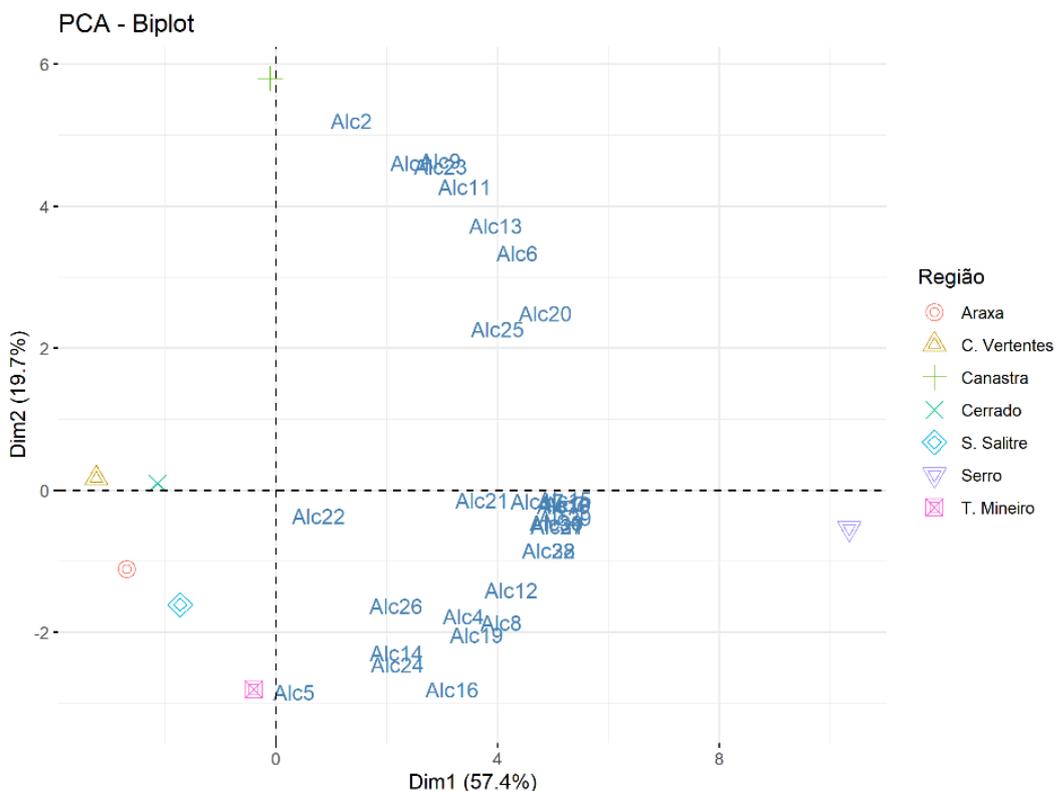


Cet – Cetona; Cet1 - 1-5-octadienone; Cet2 - 1-ciclohexen-3-one; Cet3 – undecanone; cet4 - 8-nonen-2-one; Cet5 – benzothieno2-3-cquinolin-65h-one-2-methoxy; Cet6 – butanodione; Cet7 - dimethyl-sulfone; Cet8 – heptanone; Cet9 – hydroxypentanone; Cet10 – mercaptopentanone; Cet11 – methylbutanone; Cet12 – nonanone; Cet13 – octenone; Cet14 – 2-hexanone; Cet15 – ethylfuranone; Cet16 - nonyl-methyl-ketone; Cet17 - decalactone delta

**Figura 1.** Análise dos componentes principais do grupamento cetona referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

Em relação aos álcoois (Figura 2), foi possível observar que os queijos da região do Serro se comportaram de maneira diferente às demais regiões em função das maiores quantidades dos compostos 2-3-butanediol (Alc3), 2-pentanol (Alc7), 4-methylhexanol (Alc10), decanol (Alc15) e guaiacol (Alc18), em relação às demais regiões (Tabela 3). A região da Canastra também se mostrou diferente das outras regiões, principalmente influenciada pelo composto Z-3-hexenol (Alc2)(Figura 2 e Tabela 3). As regiões de Campo das Vertentes, Araxá, Cerrado e Serra do Salitre apresentaram comportamento semelhante ao avaliar o eixo negativo de Dim1, que pode ser devido a baixos teores dos compostos que influenciaram o mesmo eixo sendo, portanto, diferentes da região do Serro. Os queijos da região do Triângulo Mineiro, por sua vez, apresentaram maior relação com o composto 2-nonanol (Alc5). A maior similaridade dos queijos das regiões de Araxá e Serra do Salitre pode ser

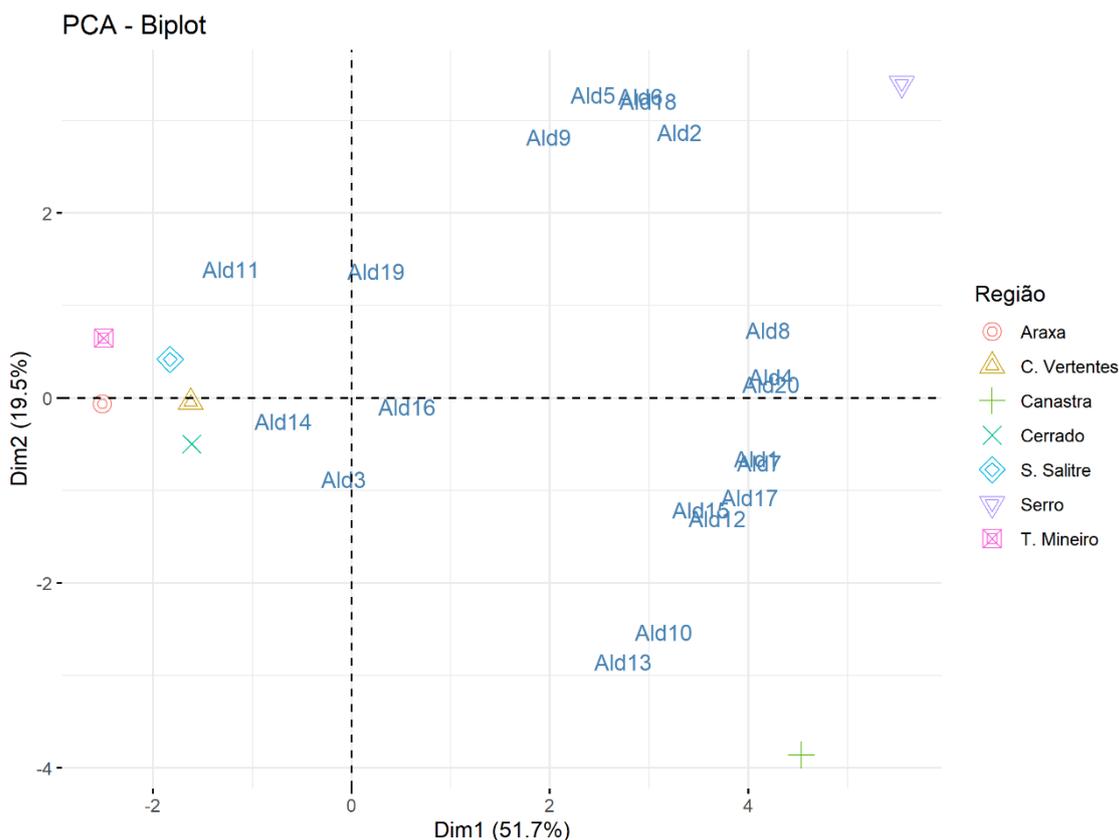
justificada pelos maiores teores dos compostos carveol e phenethyl alcohol apresentadas por essas regiões em comparação às demais, além da ausência do composto (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol em ambas (Tabela 3).



Alc – Álcool; Alc1 - E-Z-3-6-nonadien-1-ol; Alc2 - Z-3-hexenol; Alc3 - 2-3-butanediol; Alc4 - 2-hexenol; Alc5 - 2-nonanol; Alc6 - 2,3-butanediol; Alc7 - 2-pentanol; Alc8 - 2-phenylethyl-alcohol; Alc9 - 3-cyclohexen-1-ol-1-methyl; Alc10 - 4-methylhexanol; Alc11 - 4-penten-1-ol; Alc12 - benzyl-alcohol; Alc13 – butanediol; Alc14 – carveol; Alc15 – decanol; Alc16 – dihydrocarveol; Alc17 – ethylphenol; Alc18 – guaiacol; Alc19 – heptanol; Alc20 – hexanethiol; Alc21 - hexanol-2-ethyl; Alc22 – methoxymethylbutanethiol; Alc23 – methyl-dihydrofuranthiol; Alc24 - nonan-2-ol; Alc25 - norfuranol; Alc26 - phenethyl-alcohol; Alc27- 5-propylpentan-5-olide; Alc28 - bornyl-formate; Alc29 - caprylate-isoamyl; Alc30 - fufuryl-mercaptan; Alc31 - methyltetrahydrofuranthiol

**Figura 2.** Análise dos componentes principais do grupamento álcool referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

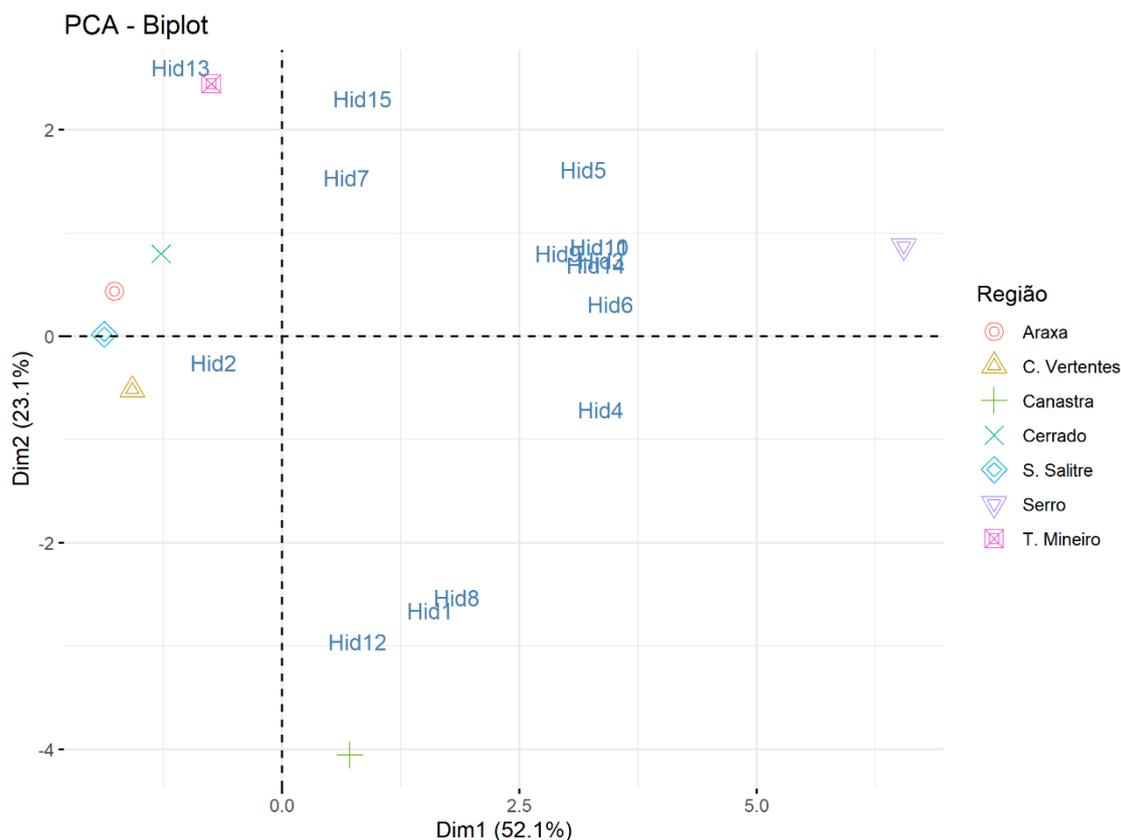
Os queijos das regiões de Araxá, Campo das Vertentes, Triângulo Mineiro, Serra do Salitre e Cerrado demonstraram comportamento semelhante em relação ao grupo dos aldeídos (Figura 3). A similaridade entre estas regiões pode ser entendida pelo baixo percentual ou mesmo pela ausência de compostos deste grupo químico apresentados nos queijos das regiões avaliadas no presente estudo. A reduzida incidência de aldeídos nos queijos maturados se deve ao fato de que estes compostos serem rapidamente reduzidos à álcoois ou oxidados em ácidos carboxílicos (CURIONI; BOSSET, 2002). Os queijos da região do Serro e da Canastra se comportaram de maneira divergente ao se avaliar o eixo Dim2, influenciado expressivamente pelos compostos 2-6-nonadienal (Ald5), 2-methyl-2-methyl-dithiopropanal (Ald6) e perilla-aldehyde (Ald18), que apresentaram maior relação com a região do Serro, além dos compostos 6-decenal (Ald10) e decadienal (Ald13), relacionados à região da Canastra.



Ald – Aldeído; Ald1 - E-2-hexenal; Ald2 - 1-3-p-menthadien-7-al; Ald3 - 2-4-hexadienal; Ald4 - 2-4-octadienal; Ald5 - 2-6-nonadienal; Ald6 - 2-methyl-2-methyldithiopropenal; Ald7 - 2-octenal; Ald8 - 3-hexenal; Ald9 - 3-nonenal; Ald10 - 6-decenal; Ald11 – benzaldehyde; Ald12 – benzeneacetaldehyde; Ald13 – decadienal; Ald14 – heptanal; Ald15 – hexanal; Ald16 – methional; Ald17 – nonanal; Ald18 - perilla-aldehyde; Ald19 – tridecanal; Ald20 – undecanaldehyde

**Figura 3.** Análise dos componentes principais do grupamento aldeído referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

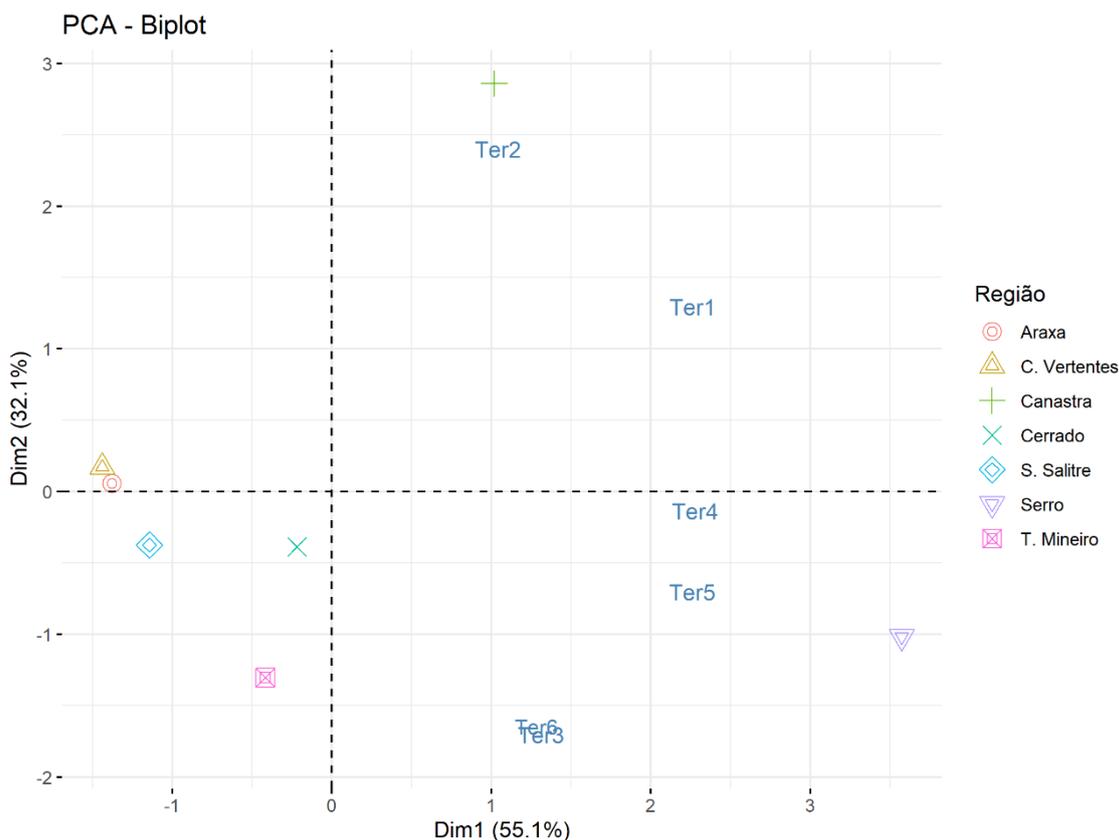
As amostras de queijo oriundas das regiões do Cerrado, Araxá, Serra do Salitre e Campo das Vertentes se apresentaram de maneira semelhante, principalmente em relação ao eixo negativo de Dim1, relacionadas ao composto dodecane (Hid2) (Figura 4). Dentre estas regiões, os queijos de Campo das Vertentes mostraram maior relação com o composto dodecane (Hid2) devido a maior percentual encontrado (Tabela 3). Os queijos das regiões Canastra e Serro também se comportaram de forma divergente em relação aos grupos químicos de hidrocarbonetos, assim como para o grupo dos aldeídos. Os queijos da Canastra apresentaram maior relação com o composto styrene (Hid12) no quadrante negativo de Dim2, enquanto os queijos do Serro se foram influenciados pelos compostos pentadecane (Hid3), tetradecane (Hid4), tridecane (Hid6), cyclopentane (Hid10) e eicosane (Hid11), no que se refere ao quadrante positivo de Dim1. Os queijos da região do Triângulo Mineiro também se mostraram diferentes das demais e foram fortemente relacionados pelo composto docosane (Hid13). A variação no comportamento das regiões em relação aos hidrocarbonetos pode ser reflexo principalmente da variabilidade e concentração dos compostos deste grupo disponíveis na pastagem, além do processo de auto-oxidação lipídica (BONTINIS et al., 2012).



Hid – Hidrocarboneto; Hid1 - bicyclo7-2-0undec-4-ene-4-11-11-trimethyl-8-methylene--Z-1R-9S; Hid2 – dodecane; Hid3 – pentadecane; Hid4 – tetradecane; Hid5 - trans-sabinene-hydrate; Hid6 – tridecane; Hid7 – hexadecane; Hid8 – methane; Hid9 - methyldithiofurane; Hid10 – cyclopentane; Hid11 – eicosane; Hid12 – styrene; Hid13 – docosane; Hid14 - benzene-hethenyl; Hid15 - nitro-phenylethane

**Figura 4.** Análise dos componentes principais do grupamento hidrocarboneto referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

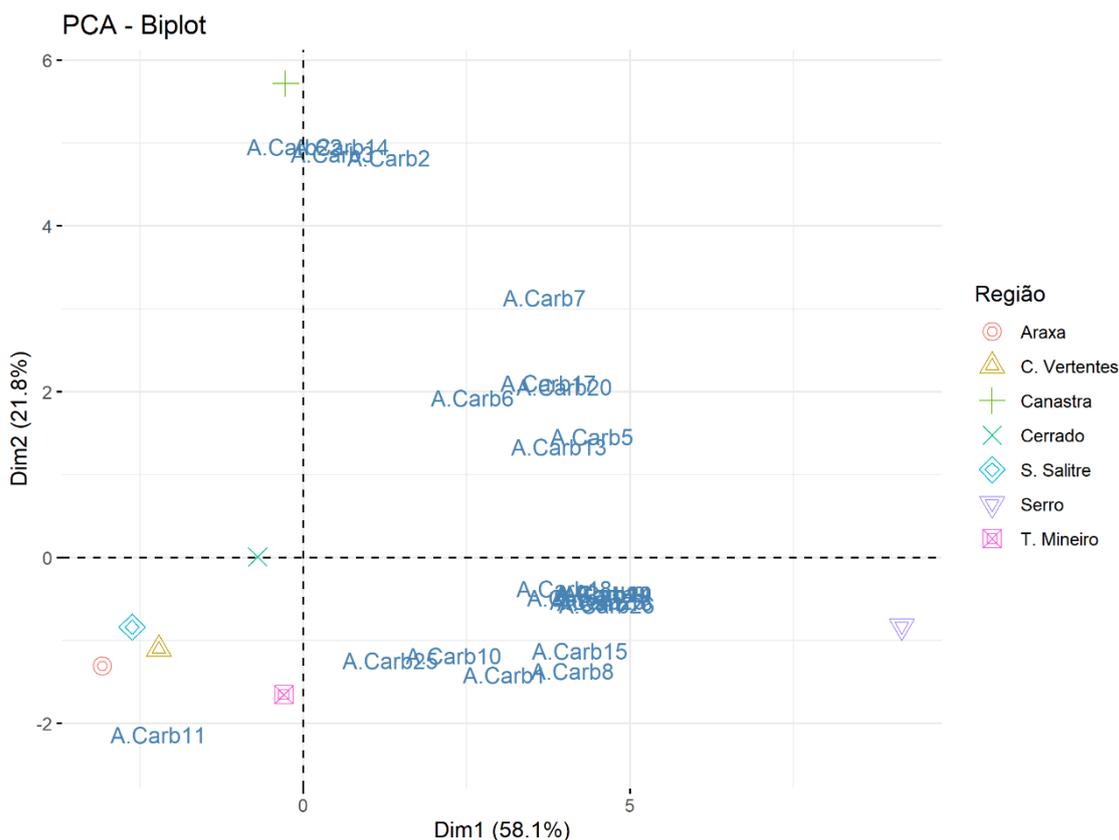
Os terpenos limonene (Ter3) e  $\alpha$ -pinene (Ter6) foram os compostos que explicaram o posicionamento das regiões no quadrante negativo de Dim2, os quais apresentaram maior relação com os queijos de Serra do Salitre, Cerrado e Triângulo Mineiro, que se mostraram semelhantes (Figura 5). Foi possível observar que houve comportamento divergente entre compostos presentes nos queijos das regiões do Serro e Canastra em relação às demais. No Serro, os queijos destacaram-se em função dos compostos  $\alpha$ -picoline (Ter4),  $\alpha$ -xylene (Ter5), limonene (Ter3) e  $\alpha$ -pinene (Ter6). Os queijos da região da Canastra mostraram-se diferentes das demais regiões em função do composto caryophyllene-oxide (Ter2). Os queijos de Araxá e Campo das Vertentes não sofreram influência de nenhum dos compostos terpênicos, uma vez que, estes não foram identificados nos queijos destas regiões, ou estavam em baixas concentrações (Tabela 3). Tal comportamento pode ser justificado por menores médias de altitude destas regiões em relação às demais, principalmente na região de Campo das Vertentes, que influencia diretamente a variedade e concentração de terpenos na pastagem.



Ter – Terpeno; Ter1 – camphene; Ter2 - caryophyllene-oxide; Ter3 – limonene; Ter4 -  $\alpha$ -picoline; Ter5 -  $\alpha$ -xylene; Ter6 -  $\alpha$ -pinene

**Figura 5.** Análise dos componentes principais do grupamento terpeno referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção

Em relação aos ácidos carboxílicos (Figura 6), os queijos das regiões Serra do Salitre, Araxá, Campo das Vertentes e Triângulo mineiro apresentaram comportamento semelhantes que esteve relacionada a maiores concentrações do decanoic acid (A.Carb11) (Tabela 3), que podem ter apresentado baixos teores para os compostos que mais explicaram o eixo Dim1 justificando seu posicionamento. Os queijos da região do Serro mostraram alta relação com os compostos benzoic acid (A.Carb4), butanoic acid 3-methyl(A.Carb9), nonanoic acid (A.Carb12), hexanoic acid 2-methylpropyl (A.Carb16) e hexanoic acid (A.Carb19), enquanto os queijos da região da Canastra apresentaram comportamento influenciado principalmente pelos compostos lauric acid (A.Carb18), 9-octadecenoic acid-(Z) (A.Carb3), pelargonic acid (A.Carb14) e 4-methylhexanoic acid (A.Carb2) que obtiveram alto valor no eixo positivo de Dim2 e valor negativo para o eixo Dim1.



A.Carb – Ácido Carboxílico; A.Carb1 - 2-hydroxy-3-methylbutanoic acid; A.Carb2 - 4-methylhexanoic acid; A.Carb3 - 9-octadecenoic-acid-Z; A.Carb4 – benzoic acid; A.Carb5 - benzoic-acid-hexahydro; A.Carb6 - methyl octanoic acid; A.Carb7 - methylbutyric acid; A.Carb8 - nonanoic acid, 5-hydroxy; A.Carb9 - butanoic-acid-3-methyl; A.Carb10 - butyric-acid; A.Carb11 – decanoic acid; A.Carb12 – nonanoic acid; A.Carb13 – caprylic acid; A.Carb14 -pelargonic acid; A.Carb15 – octanoic acid; A.Carb16 – hexanoic acid,2-methylpropyl; A.Carb17 – propanoic acid, 2-methyl-3-methylbutyl; A.Carb18 - lauric-acid; A.Carb19 – hexanoic acid; A.Carb20 - isobutyric-acid

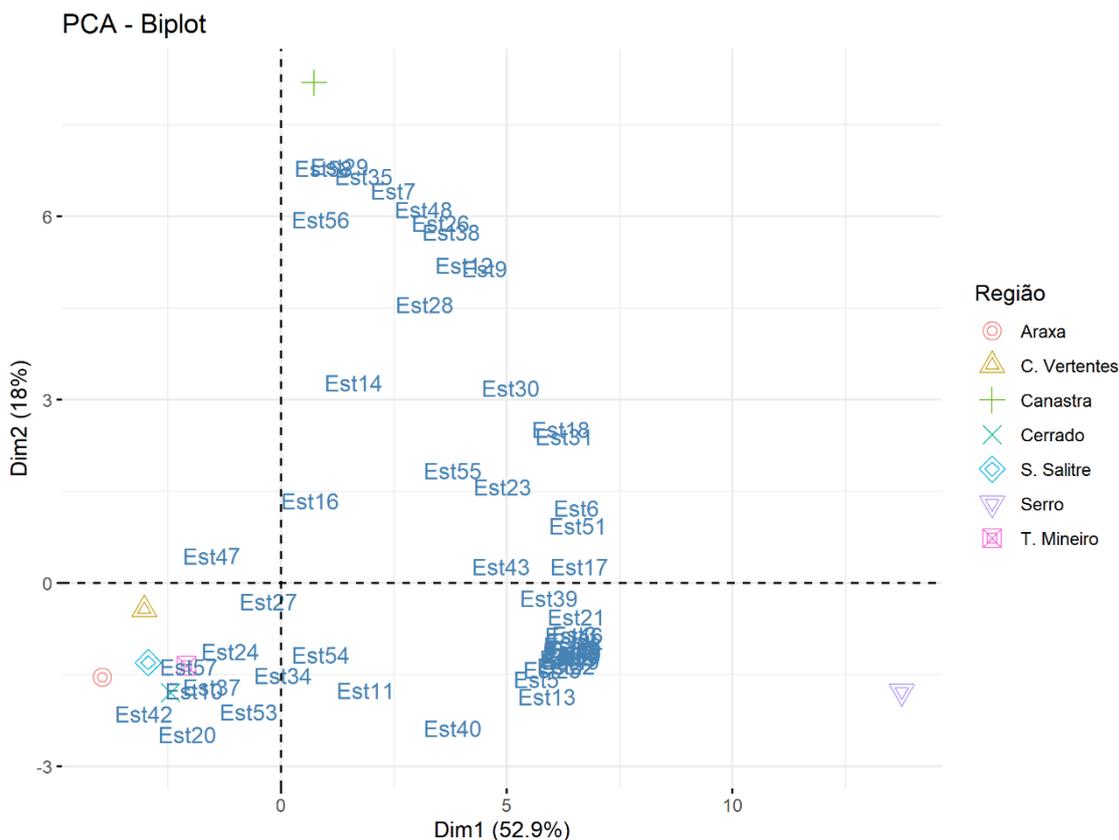
**Figura 6.** Análise dos componentes principais do grupamento ácido carboxílico referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

O grupamento éster foi o que apresentou o maior número de compostos voláteis identificados (Figura 7), correspondeu à explicação de 70,9% da variação das amostras de queijos das diferentes regiões em relação a estes compostos .

Os compostos ethyl-butyrate (Est10), hexyl-octanoate (Est20), propyl-decanoate (Est42) e Isobutyrate-isoamyl (Est57) influenciaram as regiões de Campo das Vertentes, Araxá, Serra do Salitre, Triângulo Mineiro e Cerrado, que apresentaram comportamento semelhante entre si. A similaridade destas regiões também tem relação com os compostos isopropyl-octanoate (Est24) e pentyl-butanoate (Est37) Os ésteres ethyl-butyrate, hexyl-octanoate, propyl-decanoate e pentyl-butanoate foram identificados nos queijos da maioria das regiões estudadas, enquanto o composto isopropyl-octanoate somente foi verificado na região do Cerrado e o Isobutyrate-isoamyl foi identificado nos queijos de Araxá e Triângulo Mineiro.

Os queijos das regiões do Serro e da Canastra apresentaram comportamento diferente entre si e as demais regiões. O comportamento dos queijos do Serro apresentou relação com os compostos caproate-propyl (Est6), ethyl-

mercaptopropionate (Est17), isobutyl-decanoate (Est21), hexyl octanoate (Est32) e isopropyl hexanoate (Est51), que mais explicaram o quadrante positivo do eixo Dim1, indicando que os queijos do Serro apresentaram maiores teores para estes compostos. O comportamento dos queijos da região da Canastra, por sua vez, demonstraram estar relacionados aos compostos methyl-laurate (Est29), pentyl-methylbutyrate (Est35) e isobutyrate-isopropyl (Est52), que apresentaram maior influência no comportamento das regiões em relação ao eixo positivo de Dim2 e, assim, é possível inferir que na Canastra houve maior percentual dos compostos em questão.



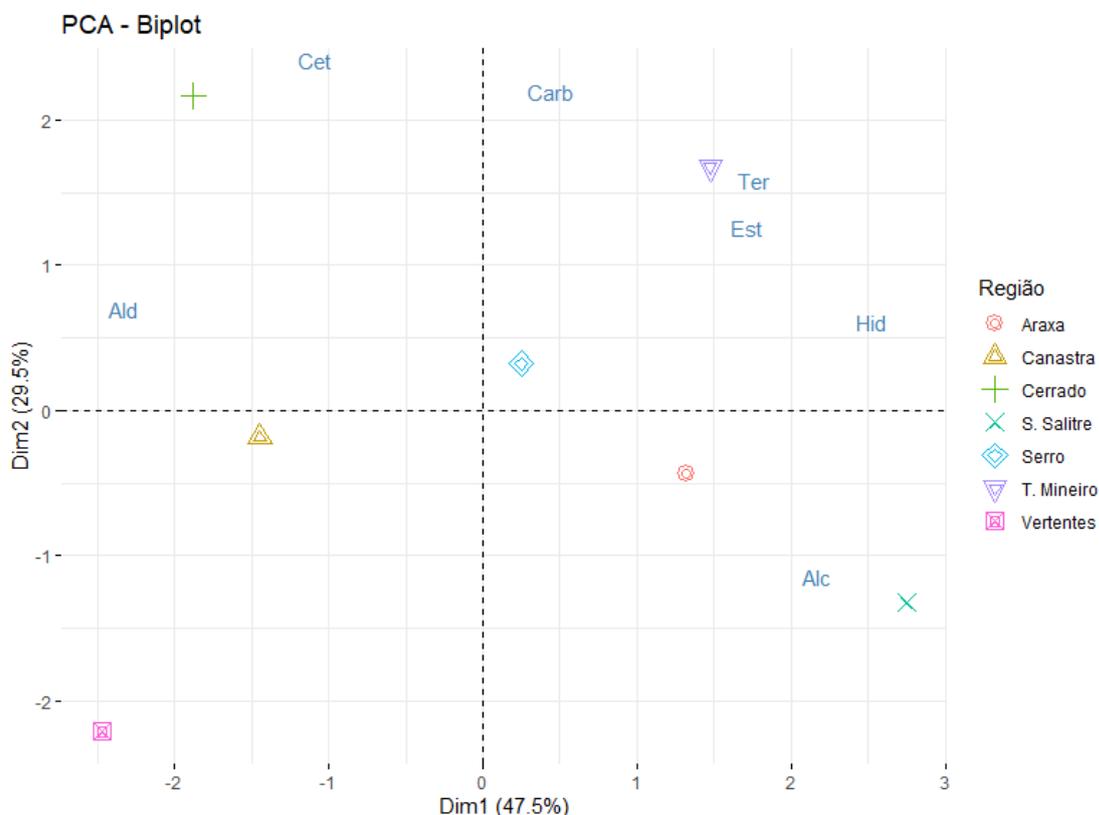
Est – Éster; Est1 - 2-methylpropyl-octanoate; Est2 - 2-phenylethyl-propanoate; Est3 – acetic acid-2-phenylethyl-ester; Est4 - butyl-octanoate; Est5 - caproate-isoamyl; Est6 - caproate-propyl; Est7 - capronate-ethyl; Est8 - decanoate-ethyl; Est9 - ethyl-3-hydroxybutanoate; Est10 - ethyl-butyrate; Est11 - butanoic-acid-2-ethyl-1-2-3-propanetriyl; Est12 – butanoic acid, ethyl ester; Est13 - butanoic acid, propyl ester; Est14 - ethyl-hydroxybutanoate; Est15 – ethylhydroxyhexanoate; Est16 - ethyl-isohexanoate; Est17 - ethyl-mercaptopropionate; Est18 - ethyl-octanoate; Est19 - hexanoate-isobutyl; Est20 - hexyl-octanoate; Est21 - isobutyl-decanoate; Est22 - isopentyl-2-methylbutanoate; Est23 - isopropyl-hexanoate; Est24 - isopropyl-octanoate; Est25 - methyl-2-methylthioacetate; Est26 - methyl-benzoate; Est27 – carbamic acid, ethyl ester; Est28 - hexadecanoic acid, ethyl ester; Est29 - methyl-laurate; Est30 - methyl-octanoate; Est31 - (Z)-3-hexenyl butanoate; Est32 - hexyl octanoate; Est33 - (Z)-3-hexenyl-2-methylbutanoate; Est34 - 4-(5,7-dichloro-1,3-benzoxazol-2-yl)sulfanyl-methylphenyl 1,1,2,2-tetrafluoroethyl ester; Est35 - pentyl-methylbutyrate; Est36 - benzyl acetate; Est37 - pentyl-butanoate; Est38 - decanoic acid, ethyl ester; Est39 - phenetyl-2-methylpropanoate; Est40 - diethyl succinate; Est41 – propanoic acid, 2-methyl-ethyl-ester; Est42 - propyl-decanoate; Est43 - propyl-propanoate; Est44 - ethyl 3-methylbutanoate; Est45 -  $\beta$ -phenethyl acetate; Est46 - ethyl heptylate; Est47 - butyl-acetate; Est48 - butyl-isothiocyanate; Est49 - methyl cyclohexanecarboxylate; Est50 - methyl nonanoate; Est51 - isopropyl hexanoate; Est52

- isobutyrate-isopropyl; Est53 - octyl acetate; Est54 - S-(2-furfuryl)-ethanethioate; Est55 - iso-amyl-N-butyrate; Est56 - propyl butyrate; Est57 - isobutyrate-isoamyl

**Figura 7.** Análise dos componentes principais do grupamento éster referente ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

Na Figura 8 está representada a análise de componentes principais (PCA) para as regiões e os grupos químicos de compostos voláteis identificados neste estudo, a qual explicou 77% da variação no comportamento das regiões. Foi possível observar que as regiões se apresentaram divergentes no que diz respeito aos grupos de compostos voláteis, uma vez que seus posicionamentos no gráfico de PCA encontram-se dispersos (Figura 8). As regiões Serra do Salitre e Araxá apresentaram comportamento fortemente influenciado pelo grupamento álcool (Alc), ao contrário da região do Cerrado que, por sua vez, sofreu maior influência do grupo dos aldeídos (Ald) e compostos cetônicos (Cet).

As amostras do Triângulo Mineiro e Serro se apresentaram semelhantes e relacionadas aos grupos de ácidos carboxílicos (Carb), hidrocarbonetos (Hid), terpenos (Ter) e ésteres (Est), comportamento inverso aos da região do Campo das Vertentes, sendo as amostras de queijo da região do Triângulo Mineiro mais relacionadas aos grupamentos de terpenos (Ter) e ésteres (Est) (Figura 8). Ainda, foi possível observar que as regiões Canastra, Serro e Araxá apresentaram comportamento semelhante no que se refere ao eixo Dim2 que foi influenciado principalmente pelos grupamentos cetona (Cet) e ácido carboxílico (Carb), e comportamento inverso em relação ao eixo Dim1, associado aos compostos dos grupos hidrocarboneto (Hid) e álcool (Alc).



Ald – Aldeído; Cet - Cetona; Carb – Ácido Carboxílico; Ter – Terpeno; Est – Éster; Hid – Hidrocarboneto; Alc – Álcool.

**Figura 8.** Análise dos componentes principais dos grupamentos químicos referentes ao perfil de compostos voláteis do queijo Minas artesanal de sete regiões certificadas para sua produção.

O estudo do perfil de compostos voláteis é uma ferramenta que pode fornecer diretrizes a respeito da caracterização química de queijos Minas artesanais, auxiliando não apenas no processo fiscalizatório, mas também certificador, facilitando a concessão do título de Indicação Geográfica uma vez que seja comprovada a influência do local de produção e suas particularidades (*terroir*) sobre os parâmetros químicos, físicos e sensoriais do produto final. Embora tenham sido observadas diferenças no perfil de compostos voláteis em relação aos queijos das regiões avaliadas neste estudo, pesquisas similares devem ser conduzidas, avaliando também a influência de fatores edafoclimáticos e microbiológicos, a fim de melhor elucidar como o perfil de compostos voláteis se manifesta dentro e entre cada região certificada para a produção do queijo Minas artesanal.

## CONCLUSÃO

Existe diferença entre o perfil de compostos voláteis e a região de origem dos queijos avaliados, mesmo que tenham sido observadas interações entre alguns compostos e regiões.

Os terpenos camphene, caryophyllene-oxide e  $\alpha$ -pinene demonstraram ser possíveis marcadores vegetais para os queijos das regiões da Canastra e Serro, bem como o terpeno  $\alpha$ -xylene para os queijos do Serro. A identificação de alguns compostos voláteis em queijos de apenas uma das regiões avaliadas, como o butanodione, nonanoic acid 5-hydroxy, 2-phenylethyl propanoate e butanoic acid propyl ester para os queijos da região do Serro, por exemplo, pode fornecer diretrizes à respeito de padrões de compostos químicos relacionados à diferentes regiões de produção. Ainda, os queijos das regiões Canastra e Serro apresentaram comportamento diferente tanto na análise de PCA para os grupos de compostos voláteis identificados, quanto para a PCA do perfil geral.

## **AGRADECIMENTOS**

À equipe da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - EMATER-MG, pelo apoio na coleta de amostras e contato com os produtores; ao Laboratório de Análises e Prospecção Química do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras - DQI/UFLA, parceiro na realização da análise cromatográfica; ao Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras - DMV/UFLA, por fornecer a estrutura e os reagentes necessários para preparação das amostras.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, CFC et al. Caracterização da Região do Serro como Produtora de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte:[sn]. Disponível em: [http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/QUEIJO\\_HISTORICO/dossi%C3%AA do serro def2.pdf](http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/QUEIJO_HISTORICO/dossi%C3%AA do serro def2.pdf), 2002.
- ADAMS, Robert P. et al. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Carol Stream, IL: Allured publishing corporation, 2007.
- BANK, J. M. Cheese. In: EARLY, R. (Ed.). The technology of dairy products. 2 nd ed. London: R. Early, 1998. chap. 3, p. 81-122.
- BONANNO, A. et al. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. *Journal of dairy science*, v. 96, n. 1, p. 710-724, 2013.
- 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, 2012.
- BOSSET, J. O. et al. Occurrence of terpenes and aliphatic hydrocarbons in Swiss Gruyere and Etivaz alpine cheese using dynamic headspace GC-MS analysis of their volatile flavour compounds. *Schweiz.Milchwirt.Forsch*, v. 23, p. 37-42, 1994.
- CARPINO, S. et al. Composition and aroma compounds of Ragusano cheese: native pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, v. 87, n. 4, p. 816-830, 2004.
- CORREA, Frederico Teixeira et al. Development of cheese wrapped in barks of reforestation trees. *Journal of Culinary Science & Technology*, v. 18, n. 2, p. 124-137, 2020.
- COSTA, R. G; QUEIROGA, R. de C. R. E; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. SPE, p. 307-321, 2009.
- 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.
- DELGADO, F. J. et al. Characterisation by SPME–GC–MS of the volatile profile of a Spanish soft cheese PDO Torta del Casar during ripening. *Food Chemistry*, v. 118, n. 1, p. 182-189, 2010.
- DOMINGOS, Lígia Dozena 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, 2019.
- DONADEL, J. Z. et al. Análise qualitativa de compostos voláteis do headspace de carne cozida de ovinos e caprinos. *Ciência Rural*, v. 43, n. 11, p. 2085-2092, 2013.
- DRANSFIELD, E. The taste of fat. *Meat Science*, v. 80, n. 1, p. 37-42, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174008001460> ; Acesso em: 15 jun. 2020.

ENGEL, Erwan et al. Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding of the cow. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 22, p. 9099-9108, 2007.

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS – IEPHA-MG. Decreto nº 42. 505, de 15 de abril de 2002. Registro de bens culturais de natureza imaterial ou intangível que constituem patrimônio cultural de Minas Gerais. Diário oficial, Belo Horizonte, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Acesso em: 01 ago. 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Parecer n. 006/2006. Processo n. 01450.012192/2006-65, referente ao registro dos queijos artesanais de Minas no Livro de Registro dos Saberes. Brasília, 2006b.

KALAČ, Pavel. The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chemistry*, v. 125, n. 2, p. 307-317, 2011.

KAMIMURA, Bruna 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, n. 5, p. 1636-1657, 2019.

LÊ, Sébastien et al. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of statistical software*, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.

LUIZ, L. M. P. et al. Isolation and identification of lactic acid bacteria from Brazilian Minas artisanal cheese. *CyTA-Journal of Food*, v. 15, n. 1, p. 125-128, 2017.

MARILLEY, L., CASEY, M.G. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains, *Int. Journal of Food Microbiology* 90, 139- 159, 2004.

MCSWEENEY, P. LH; 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.

MENESES, José Newton Coelho. Queijo Artesanal de Minas: Patrimônio Cultural do Brasil. Volume I, dossiê interpretativo. Belo Horizonte: IPHAN, MINC, 2006.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2002.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 591, de 26 de maio de 2003. Identifica a Microrregião do Serro. Belo Horizonte, 26 de maio de 2003a.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 694, de 17 de novembro de 2004. Identifica a Microrregião da Canastra. Belo Horizonte, 17 de novembro de 2004.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 619, de 01 de dezembro de 2003. Identifica a Microrregião do Alto Paranaíba. Belo Horizonte, 01 de dezembro de 2003b.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 594, de 10 de maio de 2003. Identifica a Microrregião de Araxá. Belo Horizonte, 10 de maio de 2003c.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 874, de 02 de outubro de 2007. Altera a denominação da Microrregião do Alto Paranaíba como produtora do queijo minas artesanal. Belo Horizonte, 02 de outubro de 2007.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1428, de 29 de agosto de 2014. Identifica a Microrregião da Serra do Salitre como produtora de queijo minas artesanal. Belo Horizonte, 29 de agosto de 2014.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1022, de 03 de novembro de 2009. Identifica a Microrregião do Campo das Vertentes. Belo Horizonte, 03 de novembro de 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1397, de 13 de fevereiro de 2014. Identifica a Microrregião do Triângulo Mineiro como produtora de Queijo Minas Artesanal.

MONTEL, M. C. et al. Traditional cheeses: rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v. 177, p. 136-154, 2014.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). NIST Chemistry WebBook. NIST, 1991. Disponível em: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>; Acesso em: 19 Mai. 2020

PEREIRA, D. A. Efeito de diferentes condições de maturação nas características do Queijo Minas artesanal. 2019.

PERRY, K. S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. *Química Nova*, v. 27, n. 2, p. 293-300, 2004.

TAVARIA, Freni K. et al. Contribution of coagulant and native microflora to the volatile-free fatty acid profile of an artisanal cheese. *International dairy journal*, v. 16, n. 8, p. 886-894, 2006.

TEAM, R. Core. R: a language and environment for statistical computing, version 3.0.2. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2013. 2019.