

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

AMANDA CARNEIRO FITZTUM

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DENOMINAÇÕES COM BASE NAS PRINCIPAIS
CARACTERÍSTICAS DE QUEIJOS SEMIDUROS TRADICIONAIS BRASILEIROS:
UMA ABORDAGEM QUIMIOMÉTRICA

PONTA GROSSA
2022

AMANDA CARNEIRO FITZTUM

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DENOMINAÇÕES COM BASE NAS PRINCIPAIS
CARACTERÍSTICAS DE QUEIJOS SEMIDUROS TRADICIONAIS BRASILEIROS:
UMA ABORDAGEM QUIMIOMÉTRICA

Dissertação apresentada para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia Alimentos na
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Nogueira.

PONTA GROSSA
2022

F563 Fitztum, Amanda Carneiro
Estudo comparativo entre denominações com base nas principais características de queijos semiduros tradicionais brasileiros: uma abordagem quimiométrica / Amanda Carneiro Fitztum. Ponta Grossa, 2022.
56f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Nogueira.

1. Análise multivariada. 2. Classificação. 3. Agrupamento. 4. DD-SIMCA. 5. PLS-DA. I. Nogueira, Alessandro. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ciências e Tecnologia de Alimentos. III.T.

CDD: 637.3

TERMO DE APROVAÇÃO

AMANDA CARNEIRO FITZTUM

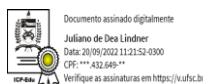
“Estudo comparativo entre denominações com base nas principais características de queijos semiduros tradicionais brasileiros: uma abordagem quimiométrica”.

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Nogueira



Prof. Dr. Alessandro Nogueira - UEPG - PR - Presidente





Prof^ª. Dra. Aline Alberti – UEPG – PR – Membro Titular Interno



Prof^ª. Dra. Renata Dinnies Santos Salem – UEPG – PR - Membro Titular Interno

Ponta Grossa, 20 de setembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ser meu sustento e amor, e por me conceder o dom da resiliência.

À minha Família, por me apoiar em meus sonhos e me incentivar nos estudos. Agradeço a minha Mãe, Elisabete Carneiro Fitztum, por todas as vezes em que me abraçou e me deu forças para prosseguir, que sempre batalhou para oferecer a melhor educação e ensino para mim, e que me mostrou a força e determinação que uma mulher pode ter, ela é o maior exemplo da minha vida. Agradeço ao meu Pai, Marcelo de Jesus Fitztum, que sempre esteve presente me ajudando e investindo para que parte deste sonho se tornasse realidade, me educou e ajudou a moldar a mulher que me tornei hoje. Agradeço ao meu irmão, Samuel Carneiro Fitztum, que em todos os momentos de estresse e nervosismo me mostrou a beleza e pureza da vida, e me ensina todos os dias ainda mais sobre o amor.

Ao meu Orientador, professor Doutor Alessandro Nogueira, que confiou e investiu em meu trabalho e em parte deste sonho, agradeço a todos os ensinamentos e por me guiar sempre ao melhor caminho, ele é um exemplo de profissional para mim. E sem dúvidas o melhor professor e orientador que tive na vida!

Aos Profissionais, primeiramente a Larissa Siqueira Lima, por contribuir com esse estudo; a toda a equipe do Grupo de Trabalho sobre a Maçã (GTM); a Escola Tecnológica de Leite e Queijos dos Campos Gerais (ETLQueijos); e a professora Dr^a Aline Alberti por todas as dicas e ajuda fornecida.

Aos Amigos que estiveram torcendo por mim e me apoiando nesse período, Luana Cristina, Thalia Augusto, João Paulo Gauron, Leonardo Malaquias e Maiari Scheibel. Todos foram essenciais e colaboraram de alguma forma.

Aos Mestres, que me transmitiram todo o conhecimento e suporte necessário para esse trabalho e a toda a Estrutura e Laboratórios da UEPG, para que fosse possível a realização deste trabalho, principalmente a ETLQueijos. Agradeço aos órgãos financiadores (CNPq, pelas bolsas de Iniciação Científica) pelo Programa de Pós-Graduação, que sem dúvida contribuem para a ciência e avanço tecnológico e para o sonho de muitos pesquisadores.

À todos o meu muito obrigada!

RESUMO

No Brasil, queijos tradicionalmente consumidos como Minas Artesanal, Colonial, Minas Padrão e Meia Cura, possuem elevado valor econômico e comumente produzidos em pequena escala, seguindo métodos artesanais de fabricação. No entanto, algumas indústrias alimentícias não conseguem manter a padronização desses produtos, o que pode interferir em sua qualidade final e em seu custo benefício, resultando em insatisfação do consumidor. Algumas ferramentas estatísticas são utilizadas para agrupar queijos, com relação as suas diferenças e similaridades, outras são utilizadas para classificar e também identificar possíveis fraudes ou falsas denominações de queijos. Baseado nisso, o objetivo deste estudo foi determinar as relações entre as denominações e características dos quatro principais queijos semiduros tradicionais brasileiros, para estabelecer suas diferenças e classificar as amostras estatisticamente. Foram avaliadas 56 amostras dos queijos Minas Artesanal ($n=13$), Colonial ($n=16$), Minas Padrão ($n=17$) e Meia Cura ($n=10$), onde pode-se obter informações de rotulagem como denominação, origem, Serviço de Inspeção, tratamento térmico do leite e tipo de inóculo utilizado. Foram coletados também dados de peso de peça (kg), altura (cm), diâmetro (cm), preço por kg em US\$ e validade. Foram realizadas as análises de cor e perfil de textura, teor de umidade, pH, lipídeos, proteína, teor de cinzas, teor de sódio e cloreto de sódio, teor de tirosina, e análise cromatográfica para identificar ácido láctico e teor de lactose. Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente, através dos métodos de Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Agrupamento Hierárquico (AHC), Modelagem Independe Flexível por Analogia de Classes, Modelagem Independe Flexível por analogia de Classes Orientada aos Dados e Análise Discriminante de Mínimos Quadrados Parciais. Todos os parâmetros avaliados apresentaram alta variabilidade. Das amostras de queijos Minas Padrão e Colonial, 63,0 e 37,5% respectivamente, foram classificados como queijos macios. O processo de maturação teve grande variabilidade entre os tipos de queijos estudados. A análise estatística de ACP e HCA confirmou dois grupos com alta similaridade: Colonial e Minas Padrão; e Minas Artesanal e Meia Cura. Dentre esses queijos, apenas o Colonial e o Minas Artesanal foram os que melhor se enquadraram em suas respectivas classes, de acordo com os métodos supervisionados abordados neste estudo. O método DD-SIMCA foi o que, em média, melhor classificou os queijos (83%). Os resultados sugerem a necessidade de padronização dos protocolos de fabricação dos queijos Colonial (AC), Minas Artesanal (MA), Minas Padrão (MP) e Meia Cura (MC). Além disso, deve-se implementar uma melhor inspeção ou controle desses produtos.

Palavras-chave: Análise multivariada. Classificação. Agrupamento. DD-SIMCA. PLS-DA.

ABSTRACT

In Brazil, cheeses traditionally consumed as Minas Artisanal, Colonial, Minas Padrão and Meia Cura, have high economic value and are commonly produced on a small scale, following artisanal manufacturing methods. However, some food industries cannot maintain the standardization of these products, which can interfere with its final quality and cost-effectiveness, resulting in consumer dissatisfaction. Some statistical tools are used to group cheeses, regarding their differences and similarities, others are used to classify and also identify possible frauds or false names of cheeses. Based on this, the objective of this study was to determine the relationships between the denominations and characteristics of the four main traditional Brazilian semi-hard cheeses, to establish their differences and classify the samples statistically. Fifty-six samples of Minas Artisanal ($n=13$), Colonial ($n=16$), Minas Padrão ($n=17$), and Meia Cura ($n=10$) cheeses were evaluated, where labeling information such as denomination, origin, Inspection Service, heat treatment of milk and type of inoculum used. Data on piece weight (kg), height (cm), diameter (cm), price per kg in US\$ and validity were also collected. Analyzes of color and texture profile, moisture content, pH, lipids, protein, ash content, sodium and sodium chloride content, tyrosine content, and chromatographic analysis were performed to identify lactic acid and lactose content. The results were statistically evaluated using Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA), Flexible Independent Modeling by Class Analogy (SIMCA), Flexible Independent Modeling by Data-Oriented Analogy (DD)-SIMCA) and Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA). All the evaluated parameters showed high variability. Of the samples of Minas Padrão and Colonial cheeses, 63.0 and 37.5% respectively, were classified as soft cheeses. The ripening process was big variability between the types of cheeses studied. The analysis confirmed two groups with high similarity: Colonial and Minas Padrão; and Minas Artisanal and Meia Cura. Among these cheeses, only Colonial and Minas Artisanal were the ones that best belonged to their respective classes, according to the supervised methods addressed in this study. The DD-SIMCA method was the one that, on average, best classified the cheeses (83%). The results suggest the need to standardize the manufacturing protocols of Colonial (AC), Minas Artesanal (MA), Minas Padrão (MP) and Meia Cura (MC) cheeses. In addition, better inspection or control of these products should be implemented.

Keywords: Multivariate analysis. Classification. Grouping. DD-SIMCA. PLS-DA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma simplificado de queijos artesanais brasileiros	21
Figura 2 - Distribuição das amostras de queijo quanto aos seguintes parâmetros: umidade (A); umidade em uma base desengordurada (B); índice de maturação por teor de tirosina (C) e do teor de cloreto de sódio (D)	37
Figura 3 - (A) Análise de componentes principais (ACP) e (B) análise de agrupamento hierárquico (AHC) obtida a partir de parâmetros físico-químicos de queijos semiduros tradicionais brasileiros	43
Quadro 1 - Métodos Modelagens Independente por Analogia de Classes (SIMCA), Modelagem Independente por Analogia de Classes Orientada aos Dados (DD- SIMCA) e Análise Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PSL-DA) em queijos, leite e outros produtos lácteos	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos queijos	12
Tabela 2 - Características das amostras codificadas de queijos semiduros.....	30
Tabela 3 - Dados de caracterização das amostras de queijos semiduros.....	34
Tabela 4 - Parâmetros de cor e perfil de textura dos queijos semiduros	40
Tabela 5 - Parâmetros de cor e perfil de textura dos queijos semiduros	41
Tabela 6 - Habilidades preditivas de classificação para os modelos PLS-DA, DD-SIMCA e SIMCA nos queijos Colonial (AC), Minas Artesanal (MA), Minas Padrão (MP) e Meia Cura (MC).	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 BREVE HISTÓRICO E DADOS DE PRODUÇÃO DE QUEIJOS TÍPICAMENTE BRASILEIROS	11
3.2 CLASSIFICAÇÃO E QUALIDADE DE QUEIJOS.....	11
3.3 DENOMINAÇÕES DE QUEIJOS SEMIDUROS	13
3.3.1 Queijo Minas Artesanal	13
3.3.2 Queijo Colonial	14
3.3.3 Queijo Minas Padrão	14
3.3.4 Queijo Meia Cura	15
3.4 DENOMINAÇÃO DE ORIGEM PROTEGIDA E IDENTIFICAÇÃO GEOGRÁFICA PROTEGIDA.....	15
3.5 MATÉRIA PRIMA	16
3.6 PROCESSAMENTO DE QUEIJOS SEMIDUROS	17
3.6.1 Ingredientes	18
3.6.2 Protocolo de Fabricação e Descrição Simplificada das Etapas	20
3.6.3 Maturação dos Queijos	23
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA.....	24
3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 MATERIAIS	29
4.2 MÉTODOS	29
4.2.1 Caracterização da Amostra	29
4.2.2 Análises Físico-químicas	31
4.2.3 Análise Cromatográfica.....	31
4.2.4 Análise de Cor.....	32
4.2.5 Análise do Perfil de Textura	32
4.2.6 Análise Estatística	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS QUEIJOS SEMIDUROS.....	34
5.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	35
5.3 PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS E DE TEXTURA.....	40
5.4 MÉTODOS NÃO SUPERVISIONADOS.....	42
5.5 MÉTODOS SUPERVISIONADOS.....	44
6 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A qualidade de queijos tradicionais produzidos no Brasil está diretamente relacionada ao seu registro nos serviços de inspeção Serviço de Inspeção Federal (SIF), Serviço de Inspeção Estadual (SIE/SIP), ou Serviço de Inspeção Municipal (SIM), os quais são indicadores de alimentos aptos ao consumo, sendo de relevância para a economia nacional e sustentabilidade das propriedades rurais. Dados estatísticos comprovam que a produção e o consumo de queijos inspecionados aumentaram com o passar dos anos, no entanto, para queijos artesanais esse percentual ainda está baixo. Esse valor poderia ser maior, uma vez que, boa parte destes produtos ainda são produzidos e comercializados na ilegalidade.

Queijos de diferentes denominações de rótulo como Minas Artesanal, Minas Padrão, Colonial e Meia Cura, de acordo com a inspeção federal, devem ter em comum a etapa de maturação, onde as condições de tempo e temperatura variam de acordo com cada queijo. Esta etapa de processamento influencia na composição físico-química e principalmente no parâmetro de umidade desses produtos. Desta forma, resulta em uma diversidade de protocolos de fabricação.

No Brasil, queijos tradicionalmente consumidos possuem elevado valor econômico, e as denominações possuem precificação/kg variadas. A diversidade de protocolos de fabricação corresponde a uma despadronização de processo, o que pode interferir em sua qualidade final e em seu custo benefício, resultando em insatisfação do consumidor.

Entre os estados produtores, destaca-se o estado de Minas Gerais, devido a produção de leite e derivados em escala industrial e artesanal, com algumas regiões que possuem registro de denominação de origem e que seguem práticas tradicionais como a utilização de leite cru e soro fermentado do dia anterior (pingo), como inóculo. Os queijos Minas Padrão, Meia Cura e Minas Artesanal são amplamente produzidos em todo o estado.

Estudos que tratam das diferenças de composição físico-química e instrumental de queijos tipicamente brasileiros ainda são escassos. Visto que os queijos semiduros são amplamente produzidos e consumidos em todo território nacional, o objetivo do presente estudo foi avaliar a composição físico-química, instrumental e as informações de rotulagem dos queijos denominados Minas Artesanal, Colonial, Minas Padrão e Meia Cura, com o intuito de agrupá-los e classificá-los quanto as suas denominações, através de ferramentas quimiométricas, e assim identificar possíveis fraudes de denominação de venda.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- *Avaliar* diferentes denominações de queijos semiduros tradicionais do Brasil utilizando ferramentas quimiométricas para agrupar e classificar com relação as suas características físico-químicas, instrumentais e as informações de rotulagem, e assim identificar possíveis fraudes de denominação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Avaliar* informações de rotulagem e as dimensões físicas de queijos nacionais semiduros inspecionados e artesanais produzidos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil;
- *Avaliar* os parâmetros físico-químicos, de cor e textura dos queijos nacionais semiduros;
- *Verificar* diferenças e similaridades de composição físico-química e características instrumentais entre os grupos de queijos nacionais semiduros: Colonial, Minas Artesanal, Minas Padrão e Meia Cura, através de análises multivariadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PRODUÇÃO DE QUEIJOS TIPICAMENTE BRASILEIROS

No Brasil, os queijos artesanais são considerados um patrimônio nacional e um bem cultural. A produção destes queijos iniciou no século XVIII, com a colonização dos portugueses no estado de Minas Gerais (CABRAL; BEATO, 2017). Entretanto, a produção em larga escala teve início no final século XIX a partir da imigração de Europeus não ibéricos no estado de Minas Gerais. A partir do século XX, com a chegada dos Dinamarqueses foi evidenciado a implantação de quesitos de qualidade para estes produtos (AMARANTE, 2015).

Com o passar dos anos houve um aumento na comercialização e consumo dos queijos. Dados estatísticos apontam que a produção de queijos no Brasil referente ao ano de 2021 foi de 760.000 toneladas, sendo que o consumo anual per capita foi de 5,5 kg. Desse total, a maior parte da comercialização está concentrada nos queijos Mussarela, Prato e Semiduros, o que totalizam em 70%. Esses dados motivaram produtores no investimento e valorização comercial desses queijos (USDA, 2022).

O estado de Minas Gerais tem como destaque na produção de leite e derivados lácteos em âmbito nacional, sendo que o queijo Minas é de grande valor econômico para as indústrias queijeiras (SANT'ANNA et al., 2019).

Os estados da região Sul do País (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), segundo dados estatísticos do IBGE no ano de 2019, foram responsáveis por 33,4% da produção leiteira do Brasil, e para o ano de 2022 formam uma aliança láctea sul brasileira, com o intuito de aumentar a exportação e a competitividade internacional (ABIQ, 2022). Entre os estados da região sul, destaca-se o estado de Paraná que no ano de 2017, o município de Castro recebeu o título de Capital Nacional do Leite (BRASIL, 2017). No ano de 2021 houve uma queda de 2,2% da captação do leite, quando comparado ao ano de 2020, no entanto, entre os principais estados produtores, Rio grande do Sul e Paraná foram os que mantiveram mais próximos a estabilidade (ABIQ, 2022).

3.2 CLASSIFICAÇÃO E QUALIDADE DE QUEIJOS

Alguns queijos ainda são produzidos e comercializados ilegalmente (DA SILVA et al., 2016), com isso, a busca de melhorias na qualidade principalmente de queijos artesanais deve

ser constante para que se possa mudar este cenário. Este é um setor estratégico e de relevância para a economia e sustentabilidade das propriedades rurais (CAMPAGNOLLO et al., 2018). A qualidade destes produtos está associada a serviços de inspeção, os quais são indicadores de alimento apto ao consumo. Os queijos denominados inspecionados são aqueles comercializados embalados e com registro no Serviço de Inspeção Federal (SIF), Serviço de Inspeção Estadual (SIE/SIP), ou Serviço de Inspeção Municipal (SIM) (CRUZ; HESPANHOL, 2018).

No Brasil existe um padrão de identidade e qualidade que define os queijos como:

[...] 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 bactérias específicas, de ácidos 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. Entende-se por queijo fresco o que está pronto para o consumo logo após sua fabricação. Entende-se por queijo maturado o que teve as trocas bioquímicas e físicas necessárias e características da variedade do queijo. A denominação QUEIJO está reservada aos produtos em que a base láctea não contenha gordura e/ou proteínas de origem não láctea (BRASIL, 1996).

Os queijos podem ser classificados quanto ao teor de gordura e umidade presente em sua composição (BRASIL, 1996), e a mesma classificação é aplicada em outros países, como no Código Alimentar Argentino (Artículo 605 - Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 33/2006 y N° 563/2006) e na Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos (FDA). A classificação internacional dada por Bylund (2015) leva em consideração a umidade em base desengordurada e gordura em base seca. Na Tabela 1 pode ser observada a classificação dos queijos com base nos teores de gordura e umidade, bem como, a classificação Internacional desses queijos.

Tabela 1 - Classificação dos queijos

(continua)

Parâmetros Analíticos	Classificação	(g/100g)
Gordura ^{1*}	Extra gordo ou duplo creme	Mínimo de 60,0
	Gordo	Entre 45,0 e 59,9
	Semigordo	Entre 25,0 e 44,9
	Magro	Entre 10,0 e 24,9
	Desnatado	Menos de 10,0

Tabela 1 - Classificação dos queijos

(conclusão)

Parâmetros Analíticos	Classificação	(g/100g)
Umidade ¹	Queijo de baixa umidade	Até 35,9
	Queijo de média umidade / semiduros	Entre 36,0 e 45,9
	Queijo de alta umidade	Entre 46,0 e 54,9
	Queijo de muita alta umidade	Não inferior a 55,0
GBS ²	Extra gordo	Mínimo de 60,0
	Médio teor de Gordura	Entre 25,0 e 45,0
	Baixo teor de Gordura	Entre 10,0 e 25,0
	Desnatado	Menos de 10,0
UBD ²	Extra duro	Menos de 41,0
	Duro	Entre 49,0 e 56,0
	Semi-duro	Entre 54,0 e 63,0
	Semi-macio	Entre 61,0 e 69,0
	Macio	Mínimo de 67,0

Fonte: ¹Brasil (1996); ²Bylun (2015) (adaptado).

Nota: * no extrato seco; GBS: gordura em base seca; UBD: umidade em base desengordurada.

Queijos de diferentes denominações como Minas Artesanal, Minas Padrão, Colonial e Meia Cura, de acordo com a inspeção federal, devem ter em comum a etapa de maturação, onde as condições de tempo e temperatura variam de acordo com cada queijo. Esta etapa de processamento influencia nas características de umidade e demais parâmetros físico-químicos (DO VALE et al., 2018). Variações no processo de fabricação podem afetar diretamente a qualidade do produto final e resultar em uma falta de padronização, bem como, estar irregular com os parâmetros regulatórios do Brasil (KAMIMURA et al., 2019; CARVALHO et al., 2019).

3.3 DENOMINAÇÕES DE QUEIJOS SEMIDUROS

3.3.1 Queijo Minas Artesanal

Esses queijos são a principal renda de pequenos produtores. A fabricação do queijo artesanal segue práticas tradicionais em que na maioria dos processos utilizam como matéria prima o leite bovino cru e o “pingo” como cultura iniciadora (CARDOSO et al., 2015).

A produção desses queijos está relacionada com a tradição de consumo, considerados pelos consumidores mais saborosos e naturais, no entanto, geralmente esses produtos são comercializados em estabelecimentos a beira de estradas (ZAFFARI et al., 2007).

No estado de Minas Gerais foi elaborada uma regulamentação técnica para Padrão de Identidade e Qualidade para queijo Minas Artesanal, que atribui ao queijo obrigatoriamente a utilização do leite cru, hígido, integral, de produção própria, desde que, a fabricação tenha

início em até noventa minutos após o começo da ordenha. Utilização de soro fermento (pingo), coalho, sal, e que o produto final apresente consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, isenta de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas, e a salga a seca. O tempo mínimo de maturação deve ser de 22 dias, com exceção das regiões de Araxá (14 dias) e Serro (17 dias) (MINAS GERAIS, 2020).

3.3.2 Queijo Colonial

Além do estado de Minas Gerais os estados do Sul do País produzem queijos semiduros de forma artesanal, no entanto, recebem a denominação de queijos Coloniais (CARVALHO; LINDNER; FARIÑA, 2015).

Produtos coloniais remetem a uma tradição de processamento, consumo familiar e atributos culturais ligados a técnicas de fabricação (DORIGON; RENK, 2011). O queijocolonial possui importância econômica no meio rural, é um produto amplamente consumido, principalmente no estado do Paraná, que surgiu a partir de uma alternativa para aumento de renda de pequenos produtores que agregaram valor ao leite (DOS SANTOS-KOELLN et al., 2009; LUCAS et al., 2012).

No queijo feito em fazenda é empregado soro fermentado (de uma batelada anterior) “pingo” em sua formulação, e como o fermento varia de acordo com cada região, acaba variando as características do queijo (MACHADO et al., 2004). A importância socioeconômica e fatores que influenciam na qualidade desse queijo artesanal produzido na região Sul é abordado por Júnior et al.(2012).

Entretanto, o estado de Santa Catarina emitiu a Lei Estadual 18.250/2021 para Padrão de Identidade e Qualidade dos queijos Coloniais, que atribui ao queijo obrigatoriamente a utilização do leite cru, fresco ou não, integral ou parcialmente desnatado, por meio de coalho ou outras enzimas coagulantes, complementada ou não pela adição de fermento lácteo específico e/ou alimento/substância alimentícia, e cloreto de sódio. O queijo deve possuir consistência macia, firme ou dura e textura elástica, amanteigada ou quebradiça, cor amarelo palha a amarelo ouro, sabor ligeiramente ácido ou amendoado e odor lácteo, formato redondo, quadrado ou retangular e peso variável de 0,4 kg a 8 kg. O período de maturação deve ser no mínimo de 5 dias, desde que haja um controle de rastreabilidade, e análises microbiológicas para garantir a inocuidade dos queijos para a saúde do consumidor (SANTA CATARINA, 2021).

3.3.3 Queijo Minas Padrão

Além do queijo artesanal o queijo Minas Padrão também é considerado um queijo tradicional brasileiro, trata-se de um produto maturado e com sabor característico (COSTA et al., 2019). Sua produção iniciou no século XIX pelos colonos portugueses e espanhóis no estado de Minas Gerais e ao contrário dos queijos produzidos de forma artesanal o Minas Padrão tem produção industrial (ABREU, 2005), pois surgiu através de manuseio tecnológico, com o intuito de atribuir um padrão às variedades existentes de queijos artesanais (ALVES et al., 2009).

A legislação determina que o queijo Minas Padrão deve ser obtido por coagulação do leite pasteurizado, por meio de coalho, outras enzimas coagulantes apropriadas, ou com ambos, complementada pela ação de bactérias lácticas específicas. Trata-se de um queijo maturado, de massa crua ou semi-cozida, dessorada, prensada e salgada. Possui por característica formato cilíndrico, podendo ou não apresentar casca, a qual, se existente, deve ser fina, de cor branco creme, lisa e sem trincas. Deve ter como ingredientes obrigatórios cloreto de sódio, coalho ou outras enzimas coagulantes, bactérias lácticas e leite ou leite reconstituído, isolado ou em combinação, padronizados ou não em seu teor de gordura, proteína ou ambos. O tempo de maturação é de no mínimo 20 dias. Alguns dos ingredientes opcionais são: cloreto de cálcio, creme de leite, soro fermento (BRASIL, 2020a).

3.3.4 Queijo Meia Cura

Queijo Minas Meia Cura é produzido na região Sul de Minas Gerais. Cabe ressaltar, que 90% do mercado consumidor desses queijos, opta pelo Meia Cura. O queijo leva essa denominação devido ao seu tempo reduzido de maturação de 10 dias, enquanto que um queijo maturado é no mínimo 20 dias (MARINHO et al., 2017).

De acordo com a regulamentação técnica de Padrão de Qualidade e Identidade, o queijo Minas Meia Cura possui características semelhantes ao queijo Minas Padrão, ou seja, na fabricação é utilizado leite pasteurizado, e possui os mesmos ingredientes obrigatórios, e quase todos os mesmos opcionais, acrescentando apenas bebidas alcoólicas para fins de maturação, e para este queijo, o período de maturação deve ser mínimo de 10 dias (MOITA, 2012; BRASIL 2020b).

3.4 DENOMINAÇÃO DE ORIGEM PROTEGIDA E IDENTIFICAÇÃO GEOGRÁFICA PROTEGIDA

Os queijos são produtos que recebem suas denominações conforme os métodos de fabricação que são aplicados, os ingredientes utilizados, e também de acordo com a região em que são fabricados, cada qual com sua particularidade e suas características únicas e tradicionais, sendo que, alguns queijos possuem denominação de origem protegida (DOP) e indicação geográfica protegida (IGP) (AGRIMONTI et al., 2015; SEMJON et al., 2018).

Queijos que possuem DOP só podem ser reproduzidos na região de origem seguindo os métodos tradicionais de fabricação, caso contrário, a denominação do queijo não pode ser a mesma. Esses queijos possuem elevado valor econômico devido aos seus métodos tradicionais, por exemplo, uma raça específica da vaca e o uso do leite sem o tratamento térmico inicial (leite cru) (PINTO et al., 2019).

Os queijos que possuem indicação geográfica protegida (IGP) são aqueles que só podem receber a denominação quando produzidos naquela região de origem. Sendo assim, os interferentes seriam, por exemplo, o clima específico dessa região, ou as condições de manejo e alimentação dos bovinos (SEMJON et al., 2018).

3.5 MATÉRIA-PRIMA

Segundo o Art. 2º da Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018, entende-se por leite cru refrigerado o leite produzido em propriedades rurais, refrigerado e destinado aos estabelecimentos de leite derivados sob serviço de inspeção oficial (BRASIL, 2018).

O controle da qualidade do leite é fundamental para assegurar a qualidade de produtos derivados, sendo principalmente influenciada por condições zootécnicas e aquelas relacionadas com a obtenção do produto (ALMEIDA et al., 2016). Nas condições zootécnicas tem-se o manejo, a sanidade, a alimentação e o potencial genético dos animais (KROLOW et al., 2012). A boa adequação de equipamentos e higiene no manuseio evita microrganismos patogênicos, que são responsáveis por mastite no rebanho (ALMEIDA et al., 2016).

O leite tem grande importância para a economia brasileira, sendo que sua qualidade é baseada nos teores de sólidos, contagem bacteriana total e contagem de células somáticas (WINCK et al., 2012). Estudos são realizados com a finalidade de avaliar a influência da raça sobre o teor de proteína do leite, e as propriedades do leite na fabricação de queijos (CARROLL et al., 2006).

O leite cru deve possuir teores mínimos de 3,0g/100g de gordura, 2,8g/100g de proteína total, 4,3g/100g de lactose, 8,4g/100g de sólidos não gordurosos, 11,4g/100g de sólidos totais e entre 0,14 e 0,18 de acidez titulável expresso em gramas de ácido láctico/100mL (BRASIL, 2018).

A água está presente no leite na forma livre (em maior proporção, aproximadamente 87%) e ligada (água de hidratação das proteínas); ela realiza a locomoção das proteínas, lactose e alguns minerais presentes no leite, que constituem assim o soro. A água irá proporcionar ao processo a umidade necessária para o desenvolvimento de alguns microrganismos, o desenvolvimento de reações bioquímicas e auxilia na formação da textura do produto do queijo. Além do que, a umidade irá influenciar nos parâmetros de cor, quando o mesmo se apresentar mais claro, é consequência de uma maior umidade, e vice versa (ABREU, 2005).

A gordura (mínimo de 3% no leite bovino) influencia principalmente na textura e sabor do queijo, além dos parâmetros de cor e aspectos nutricionais. Quando o leite não é padronizado e possui maior ou menor teor de gordura, a textura final apontará as consequências. Quanto maior o teor de gordura presente no leite, mais lento o tempo de coagulação da massa, e maior a maciez, sendo menor o tempo de maturação que terá o produto final, enquanto que, se menor o teor de gordura no leite, mais rígida será a textura do queijo, e maior será o período de maturação (MCSWEENEY; FOX, 2004; ABREU, 2005).

As proteínas (mínimo de 2,8% no leite bovino) presentes no leite são as lactoalbuminas, lactoglobulinas e as caseínas. Na produção dos queijos as lactoalbuminas e lactoglobulinas são eliminadas junto com o soro de leite na etapa da dessoragem. As caseínas atuam na composição da massa, após sua hidrólise que ocorre com a ação do coalho, elas se ligam aos íons de cálcio para formação da rede protéica. Além da textura do queijo, as proteínas influenciam no aprisionamento de um pouco do soro e glóbulos de gordura. Atuam durante o período de maturação, em que ocorre a proteólise e formação da textura e do sabor característico (JUDACEWSKI et al., 2016; MCSWEENEY; FOX, 2004).

A lactose (mínimo de 4,3% no leite bovino) está presente em maior quantidade apenas no início da fabricação do queijo, pois a principal função é servir como fonte de substrato para os microrganismos no período de fermentação, resultando na formação do ácido láctico. Após a coagulação o restante da lactose vai para o soro do leite, e apenas 0,3% é mantido na massa, nas primeiras horas de maturação (ABREU, 2005).

A quantidade de sais presente no leite é pequena (aproximadamente 0,9%), mas extremamente importante para a produção de queijo, sendo a maior parte sais de cálcio. O

cálcio participa diretamente na ligação com as caseínas do leite para formação do coágulo. Porém, esses sais são termicamente instáveis, em temperatura de pasteurização, por exemplo, (média de 72 °C), eles passam de solúveis a insolúveis e precipitam. Fator indesejável para a coagulação, visto que há o rompimento da ligação fosfo-caseinato de cálcio (ABREU, 2005).

3.6 PROCESSAMENTO DE QUEIJOS SEMIDUROS

3.6.1 Ingredientes

A microbiota de queijos pode ser dividida em bactérias lácticas iniciadoras (BLI) e microrganismos secundários (PERRY, 2004). Sendo que, para os queijos artesanais semiduros apenas as bactérias iniciadoras são utilizadas. Essa cultura primária ou cultura “starter” é essencial na fabricação de queijos, pois é ela quem vai promover a acidificação necessária para o início da coagulação e a formação de aroma e sabor durante a maturação (SUZUKI et al., 2019). Algumas das bactérias que são adicionadas podem produzir compostos voláteis, como o diacetil, um dos responsáveis pelo sabor do queijo fresco, e também gás carbônico (CO₂) (SPINLER; GRIPON, 2004).

Diversos estudos relataram bactérias ácido lácticas isoladas em queijos artesanais brasileiros fabricados com leite cru (CAMPAGNOLLO et al., 2017; CASTRO et al., 2016; DE SANT’ANNA et al., 2017; DE OLIVEIRA, 2018; LUIZ et al., 2017). Essas bactérias são responsáveis por converter a lactose a ácido láctico, promovendo a acidificação que atua como inibidor do crescimento de bactérias patogênicas e contribuem para o desenvolvimento de sabor (YOON, 2016; BASSI, PUGLISI; COCCONCELLI, 2015).

Para produção de queijos os microrganismos podem ser classificados em mesófilos e termófilos (SPINLER; GRIPON, 2004). Os mesófilos se adaptam bem a uma temperatura de 32 °C, mas podem crescer entre 10 e 45 °C, já os termófilos são capazes de sobreviver a condições de pasteurização. Como bactéria láctica iniciadora (BLI), dentre os gêneros mais comuns tem-se *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* e *Enterococcus*. Para a produção de queijos industriais pode-se usar uma cultura definida ou cultura mista de cepas conhecidas (PERRY, 2004; LINDNER, 2017).

As culturas mesofílicas podem ser divididas em homofermentativas que compreende *Lactococcus* e heterofermentativas são compostas principalmente por *Leuconostoc* e *Lactobacillus*, sendo *L. lactis*. A diferença entre as bactérias homo e heterofermentativas está relacionada principalmente à produção de etanol, acetato e dióxido de carbono, bem como a

capacidade de produzir ácido láctico. As bactérias termofílicas comuns são constituídas de *Streptococcus thermophilus* e bacilos lácticos como *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lb. Delbrueckii* ssp. *Lactis* (PEDERSEN, VOGENSEN, ARDO, 2016; ZHENG et al., 2020).

Alguns produtores de queijos artesanais utilizam como fermento o “pingo” (soro fermentado de uma batelada anterior) em sua formulação. Quando não há a pasteurização do leite e as condições de temperatura do ambiente são mais baixas, como o inverno, eles aumentam a concentração de pingo no leite para que se tenha uma maior acidificação e assim compensar a baixa temperatura do leite no momento da coagulação. Isso irá proporcionar melhor coagulação e dessoragem da massa, como no estudo relatado por Guimarães et al. (2011), em que se obteve como resultado que a utilização do “pingo” melhorou a atuação do coalho e proporcionou maior teor de ácido láctico nas análises realizadas em queijos artesanais. Isso impactou também na proteólise, pois os microrganismos endógenos presentes no soro fermentado fazem com que haja uma melhor atuação entre enzimas de coalho e caseína, durante a maturação dos queijos. No entanto, os resultados do estudo apresentam elevados coeficientes de variação, mostrando assim que não há um padrão de fabricação com a utilização dessa cultura, por se tratar de uma microbiota diversificada (SOBRAL et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2011).

A composição de microrganismos presentes no “pingo” pode variar conforme a região de processamento, conforme o tratamento térmico do leite, ou no caso do uso de leite cru a microbiota pode variar conforme a procedência e condições higiênico-sanitárias da coleta, bem como as boas práticas de fabricação que são aplicadas no processo. No estudo conduzido por Luiz et al. (2017), os autores avaliaram as bactérias presentes em queijos artesanais, que foram processados com o uso de leite cru e cultura endógena. Os gêneros de bactérias encontrados no estudo foram: *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* e *Lactococcus* (LUIZ et al., 2017).

O uso de uma cultura diversificada e desconhecida pode resultar em defeitos na aparência dos queijos por conta de uma maior acidificação das bactérias, como trincas, olhaduras indesejáveis por conta de formação de gás, estufamento precoce e tardio (SOBRAL et al., 2017). A cultura desconhecida é abordada também em um estudo conduzido por Costa et al. (2013), em que os autores relatam os problemas voltados a segurança dos alimentos, visto que uma cultura desconhecida no queijo pode conter microrganismos deteriorantes e patógenos, que causam riscos à saúde do consumidor.

Nos queijos produzidos com leite pasteurizado deve ser realizada a adição do cálcio solúvel na forma de cloreto de cálcio a 50%, que vai ajudar a firmar o coágulo, pois aumenta o teor de íons Ca^{2+} no leite de forma proporcional a velocidade de coagulação da caseína, evitando baixos rendimentos no processo de coagulação (PERRY, 2004).

O coalho é uma enzima fundamental na produção de queijos e tem por objetivo a coagulação da caseína presente no leite. Tradicionalmente a quimosina ou renina e pepsina são obtidas de estômago de bezerro, sendo a quimosina mais encontrada no animal jovem e a pepsina no animal adulto, no entanto, alguns estudos trazem alternativas que resultem em um coagulante com melhor atividade de coagulação e baixa atividade proteolítica, para promover o correto rendimento, sabor e aroma do queijo (AUGUSTO, 2003; DA SILVA, 2017). A quimosina também pode ser obtida por via fermentativa e possui uma boa atividade proteolítica, bem como, rendimento, pureza e qualidade. Este produto apresenta boa atuação em condições de temperatura em torno de 40 °C, isso quando deseja-se que a massa seja mais consistente, caso contrário o ideal é uma temperatura em torno de 35 °C (PERRY, 2004).

Na fabricação dos queijos é feita a adição do cloreto de sódio, que além de proporcionar ao queijo o sabor característico auxilia em sua conservação. Os métodos de salga podem ser realizados em salmoura, em que é feita a submersão dos queijos em tempo variável (AMARAL et al., 1992); na massa; no leite; ou a seco, sendo que a seco o sal é adicionado nas duas superfícies planas do queijo, e o tempo de absorção desse sal é mais lento (DO VALE et al., 2018).

Em queijos artesanais, por exemplo, a escolha da maioria dos produtores é pela salga realizada a seco. Esta operação retém a umidade do queijo, pois a maturação em temperatura ambiente pode acabar deixando a massa muito seca. No entanto, esse método acaba implicando em uma oscilação do padrão de qualidade de um mesmo lote, pois, à medida de sal adicionado não é exata, além do que, um excesso de sal pode inibir microrganismos desejáveis no queijo (SOBRAL et al., 2017).

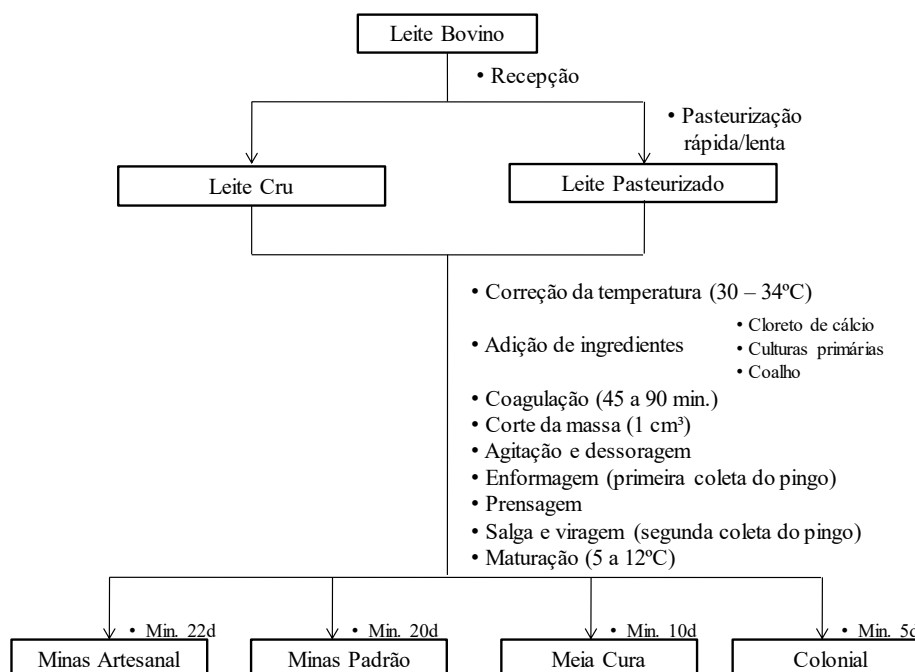
3.6.2 Protocolo de Fabricação e Descrição Simplificada das Etapas

Após a ordenha o leite cru bovino pode ou não ser submetido à etapa de pasteurização. Para produção de alguns queijos como o Minas Padrão e Meia Cura, por exemplo, o leite passa por processo de pasteurização, de forma rápida ou lenta (sendo na rápida “High Temperature Short Time” (HTST) em uma temperatura de 72 °C durante 15 segundos e na lenta “Low Temperature Long Time” (LTLT), tipo batelada, uma temperatura entre 62 e 63

°C em um tempo de 30 a 35 minutos). A etapa de pasteurização visa a redução de microrganismos indesejáveis e perde-se cerca de 1/3 do cálcio solúvel, que auxilia na formação da massa. Portanto, é necessário recompor com cloreto de cálcio (LEITE et al., 2006).

Nos queijos artesanais, além da regulamentação técnica, os produtores também optam pela utilização do leite cru (Figura 1), pois a baixa temperatura de processo faz com que se mantenha a atividade enzimática do leite ativa (GUIMARÃES et al., 2011), como por exemplo a lipólise, que é um importante evento da maturação responsável pelo sabor característico do queijo. No entanto, a falta da pasteurização pode comprometer o seu padrão microbiológico, colocando em risco a saúde do consumidor (SOBRAL et al., 2017).

Figura 1 - Fluxograma simplificado de queijos artesanais brasileiros



Fonte: a autora; o orientador

Em queijos que passam pela etapa de pasteurização, como o Minas Padrão, por exemplo (Figura 1), a pasteurização vai evitar que haja fontes de contaminantes microbiológicos na massa do queijo proveniente da matéria-prima e assim garantir um tratamento adequado para sua fabricação (KNIGHT et al., 2004).

Após a pasteurização e o resfriamento do leite até aproximadamente 32-34 °C, é inoculada a cultura primária que vai acidificar o leite. Podem ser usados microrganismos mesofílicos de espécie homofermentativa ou heterofermentativa, termofílicos, sendo que, queijos produzidos industrialmente recebem aproximadamente 95% de *Lactococcus lactis*

ssp. lactis e 5% de *Lactococcus lactis ssp. cremoris*. No caso de queijos artesanais, ou queijo colonial (Figura1), pode ser feita a adição do “pingo”, que a quantidade e diversidade microbiana varia conforme as condições climáticas e de manuseio dessa cultura. Posteriormente é feita a adição do cloreto de cálcio (comumente a concentração em relação ao volume de leite é de 0,2%, mas varia conforme o fabricante) (SPINLER; GRIPON, 2004; OLIVEIRA et al., 2020). No estudo conduzido por Magalhães et al. (2009), os autores avaliam concentrações de 0,2 e 0,4% de adição do pingo para 100 litros de leite, concentrações que trouxeram bons resultados para o estudo.

Quando ocorre a acidificação do leite/redução do pH para 6,6, pode ser adicionado ou não o cloreto de cálcio. Na sequência é realizada a adição do coalho (a qual varia conforme o fabricante, mas a concentração é ao redor de 0,04%). Há uma ligação entre íons de cálcio e as caseínas α_{s1} , α_{s2} e β através de interações intermoleculares por força de Van der Waals (com o rompimento das micelas de caseínas há a liberação dos aminoácidos fenilalanina 105 e metionina 106), após um tempo entre 45 até 90 minutos ocorre a formação da coalhada (HORNE; BANKS, 2004).

Posteriormente, realiza-se o corte da massa no tempo e ponto certo, o tempo aproximado para o corte seria de 45 minutos após a adição do coalho, e o ponto de corte seria a leve consistência do coágulo e facilidade na liberação do soro, pois se passar disso a massa ficará dura dificultando a saída do soro e se o corte for realizado antes ocorrerá perda de caseína e gordura (SILVA, 2005). O corte normalmente é feito com o auxílio de liras, que irá formar assim os grânulos com volume de acordo com a forma em que é realizado o corte. Quando se deseja queijos de massa mais consistente, como queijos semiduros, o corte é realizado de modo que o volume dos grânulos seja de um tamanho menor, aproximadamente 1 cm³. Em seguida é realizada a mexedura, dessoragem, enformagem, prensagem, desenformagem e a salga (DIAS et al., 2012).

Nos meses com temperaturas mais baixas é mais difícil a dessoragem, pois a mesma é realizada mais lentamente, devido ao maior teor de gordura no leite. Na etapa de dessoragem em alguns casos é feita a adição de água a 70 °C para lavagem da massa, que serve para facilitar na remoção da lactose evitando a acidificação excessiva, e possíveis defeitos na textura do queijo, essa etapa é recomendada em queijos com o maior tempo de maturação. Em queijos artesanais a prensagem é realizada manualmente, realiza-se uma pré prensagem, em que a pressão exercida sobre a massa corresponde de 10 a 15 vezes o peso da coalhada, utiliza-se de um tecido para haja a melhor liberação do soro. Posteriormente, as formas são sobrepostas, sendo assim, a pressão exercida sobre a massa corresponde ao seu próprio peso,

diferente de queijos industriais, por exemplo, em que a prensagem é realizada de forma mecânica (SOBRAL et al., 2017; OLIVEIRA, 2009).

A salga realizada é comumente feita a seco com o sal grosso ou refinado por um tempo de 6 a 8 horas na casca do queijo; após esse tempo o queijo passa novamente pela salga na outra face e permanece no processo por mais um período, após isso realiza-se a lavagem para retirada de excesso, a concentração de sal em salmoura para os queijos pode variar entre 20 e 22 °Brix (SOBRAL et al., 2017).

O período de maturação varia de acordo com a fabricação e denominação de cada queijo. Durante essa etapa alguns eventos secundários são importantes e afetam principalmente a textura do queijo devido a ação de proteínas. O queijo adquire a textura desejada devido a hidrólise da proteína (proteólise), alteração do pH e condições de umidade no processo. Em um nível mais elevado de cálcio e fosfato, a baixa proteólise pode causar defeitos na textura do queijo (MISTRY, 2001).

3.6.3 Maturação dos Queijos

Durante o período de maturação ocorrem reações bioquímicas e microbiológicas, que irão fornecer as características sensoriais aos queijos, como aroma, sabor e textura (MUKDSI et al., 2014).

As mudanças bioquímicas durante a maturação são agrupadas em eventos primários (lipólise, proteólise e metabolismo de lactose residual) e eventos secundários, que são importantes para o desenvolvimento de compostos aromáticos voláteis e incluem o metabolismo dos ácidos graxos e dos aminoácidos (MCSWEENEY; FOX, 2004).

A fermentação da lactose residual a lactato durante a maturação é realizada por meio de bactérias lácticas. A diminuição do pH é importante para definir quais microrganismos irão se desenvolver e a atividade enzimática que resulta na formação de aromas (MCSWEENEY; FOX, 2004; HASSAN; ABD EL-GAWAD; ENAB, 2013).

O lactato é um importante componente para uma série de reações que ocorrem durante a maturação incluindo racemização, oxidação e metabolismo microbiano. Outro componente importante é o citrato naturalmente presente no leite, os produtos do metabolismo são principalmente gás carbônico (CO₂), responsável pelas pequenas olhaduras e diacetil que contribui para a formação de sabor (MCSWEENEY; FOX, 2004).

A lipólise ocorre por meio agentes lipolíticos que geralmente se originam do leite cru, do coagulante e da flora microbiana do queijo (OLIVECRONA et al., 2003). A hidrólise de

triglicerídeos resulta na formação de ácidos graxos livres que contribuem para o aroma do queijo (SINGH; DRAKE; CADWALLADER, 2003).

A proteólise é considerada uma das mais importantes reações bioquímicas que ocorrem durante a maturação (PIRAINO et al., 2007). Na proteólise ocorrem modificações de textura devido a hidrólise da caseína e diminuição da atividade de água devido a interação de grupos amino e caseína. Este evento bioquímico influencia no sabor por meio da produção de aminoácidos, que participam de vias metabólicas que geram aroma e sabor. As proteinases e peptidases que catalisam a proteólise são oriundas do leite (plasmina), coagulante residual, culturas primárias e secundárias (MCSWEENEY; FOX, 2004).

De modo geral a proteólise ocorre por meio da ação das enzimas residuais do coalho no início da maturação, onde os peptídeos de cadeia média liberados resultam em um sabor residual amargo, mas os compostos do metabolismo secundário destes peptídeos são responsáveis por originar sabor ao queijo maturado (MCSWEENEY; FOX, 2004; SINGH; DRAKE; CADWALLADER, 2003). Enzimas secretadas pelas culturas primárias degradam os peptídeos de tamanho intermediário gerando aminoácidos livres (HASSAN; ABD EL-GAWAD; ENAB, 2013). A tirosina, aminoácido presente em queijos maturados por meio da proteólise é utilizada como parâmetro de índice de maturação em queijos, esta é quantificada por meio de análise de espectroscopia no ultravioleta (VAKALERIS; PRINCE, 1959).

3.7 ANÁLISE MULTIVARIADA

As análises multivariadas são métodos quimiométricos utilizados quando há uma complexidade de dados, trata-se de uma ferramenta estatística com a capacidade de quantificar ou classificar amostras. Dentre esses métodos têm-se aqueles não supervisionados e os supervisionados (FERREIRA, 2015).

Métodos não supervisionados diferem-se dos métodos supervisionados por apresentar as diferenças e as semelhanças em um agrupamento de amostras, em que, características comuns são identificadas, sem que precise de um conhecimento prévio das mesmas. Os métodos comumente utilizados para esse fim analítico são Análise de Componentes Principais (PCA) e a Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA) (FERREIRA, 2015; SANTANA et al., 2020).

As ferramentas analíticas de PCA e HCA foram aplicadas em um estudo conduzido por Jaster et al. (2014), que teve por objetivo avaliar a qualidade físico-química, reológica e microbiológica de queijos comerciais do tipo Parmesão disponíveis no mercado brasileiro por

meio desses métodos. A partir dos resultados obtidos os autores concluem no estudo científico a efetividade dos métodos para classificar as amostras de queijo. Com o PCA houve a distribuição dos parâmetros analisados em um gráfico, que isolou amostras estatisticamente diferentes e semelhantes. Com o uso do HCA as amostras foram agrupadas, possibilitando identificar os produtos com as características desejáveis. Os métodos serviram para comprovar heterogeneidade dos produtos dessa denominação que foram analisados, o que implica na qualidade e padronização dos mesmos.

Houve a aplicação do método não supervisionado PCA em queijos, em um estudo conduzido por Kim et al. (2014), que utilizou o método para discriminar queijo mussarela de falsos substitutos. Com os resultados obtidos no estudo três (3) grupos foram classificados em um gráfico, de acordo com as análises realizadas para as amostras de queijos, o que permitiu a identificação e diferença de queijos mussarela de queijos com a falsa denominação. No entanto, os autores concluem que com apenas essa ferramenta estatística foi difícil distinguir os queijos que eram processados e os queijos que eram mistos, o que necessitaria de mais pesquisas para a identificação completa das classes de queijos estudadas. Nesse caso, para continuação do estudo, novas ferramentas estatísticas poderiam ser abordadas, como as pertencentes aos métodos supervisionados.

Métodos supervisionados são utilizados para classificar um grupamento de amostras com características previamente conhecidas, ou seja, as amostras são alocadas em diferentes classes, conforme suas variáveis. Alguns dos principais métodos supervisionados são: Modelagem Independente e Flexível por Analogia de Classes (SIMCA), Modelagem Independente e Flexível por Analogia de Classes Orientado aos Dados (DD-SIMCA), Análise Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA). Alguns estudos mostram que tais modelos analíticos apresentam confiabilidade superior a 90%, e uma interessante consistência no quesito de classificação. Sendo assim, pode-se ter um ponto positivo quando abordado esses métodos na área de alimentos, a fim de posicionar diferentes classes de forma correta estatisticamente, e até mesmo determinar possíveis fraudes ou denominações errôneas conforme as características físicas e químicas de cada amostra de produto (SANTANA et al., 2020; FREITAS, 2017).

A Tabela 2 exemplifica a aplicação dos métodos estatísticos supervisionados SIMCA, DD-SIMCA e PLS-DA em alguns tipos de queijos, leite e produtos lácteos. As ferramentas aplicadas separam amostras quanto suas características previamente conhecidas em diferentes classes ou através de um valor limite entre uma classificação e outra. A grande maioria dos estudos voltados para queijos aplicam os métodos quimiométricos para comprovar

estatisticamente fraudes e irregularidades no produto final, que, na teoria deveriam seguir padrões específicos de identidade e qualidade. Essas irregularidades também incluem produtos que possuem falsas imitações de denominação de origem protegida, ou, identificação geográfica protegida, são aqueles denominados que não condizem com a origem de produção ou que são irregulares quanto ao processo de produção no geral. O Quadro 1 apresenta ambos os métodos e suas características específicas de aplicação, o objetivo de cada estudo científico com o uso das ferramentas, e os resultados desses estudos obtidos para cada análise estatística aplicada.

Quadro 1 - Métodos Modelagens Independente por Analogia de Classes (SIMCA), Modelagem Independente por Analogia de Classes Orientada aos Dados (DD-SIMCA) e Análise Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PSL-DA) em queijos, leite e outros produtos lácteos

MÉTODOS	CARACTERÍSTICA	OBJETIVO	RESULTADOS	REFERÊNCIA
SIMCA	Nesse método há uma distância de classe, discriminação e poder de modelagem, pois, cada categoria é modelada de maneira independente, com a finalidade de atribuir as amostras conforme a classe que se encaixam melhor.	Utilizar o método estatístico juntamente com outras técnicas analíticas para discriminar queijo Parmigiano Reggiano Ralado de Origem Protegida (OP) do queijo Parmegiano Reggiano não conforme de concorrentes.	Utilizando o método SIMCA houve a precisão dos resultados quanto à classificação entre as amostras com Origem Protegida e as amostras não conformes dos concorrentes.	Cevoli et al., 2013
		Utilizar a ferramenta quimiométrica junto com outros métodos estatísticos para verificar a origem e a autenticidade do queijo polonês Oscypek de Denominação de Origem Protegida, e suas falsas imitações.	Os autores apontam que utilizando o método SIMCA houve a total eficácia do mesmo, no que diz respeito a identificação e confirmação da autenticidade do queijo de Denominação de Origem Protegida, a partir da fácil separação e classificação das amostras.	Majcher et al., 2015
		Determinar se o método quimiométrico junto a outras ferramentas estatísticas classifica as amostras de queijo Ragusano produzido a partir do leite de vacas alimentadas com pasto, entre, o leite de vacas alimentadas com ração mista.	De acordo com os resultados obtidos o método SIMCA classificou com sucesso as amostras de queijo nas duas classes de alimentação das vacas.	Carpino et al., 2002
DD-SIMCA	Nesse método o princípio é o mesmo trabalhado no SIMCA, há uma distância de classe e cada categoria é modelada de maneira independente, no entanto, há uma abordagem matemática diferente do calculado no SIMCA convencional. Os limites de confiança são calculados a partir da Análise de Componentes Principais (PCA)	Utilizar um dispositivo Raman portátil para construir modelos de classes, sendo uma delas o método DD-SIMCA, com o intuito de evitar fraudes e práticas enganosas na comercialização de queijo Parmigiano Reggiano.	De acordo com os resultados obtidos no estudo pode-se dizer que todos os métodos quimiométricos obtiveram boa previsibilidade, sendo que o método DD-SIMCA apresentou uma especificidade superior, que correspondeu a 82%.	Vigni et al., 2020
		Avaliar a utilização de espectrômetros infravermelhos (NIR) portáteis combinado com análises multivariadas, sendo uma delas o método DD-SIMCA, com o intuito de detectar adulterantes no leite de vaca.	De acordo com os resultados obtidos o modelo DD-SIMCA obteve uma classificação satisfatória, pois, separou com confiabilidade as classes de leite puro do leite adulterado, sendo assim, o método reconheceu os objetos estranhos.	Musa e Yang, 2020
		Avaliar a combinação dos métodos de espectrômetros infravermelhos (NIR) e o método DD-SIMCA para identificar adulteração em bebida láctea, a partir da adição de soro de leite bovino.	Os autores afirmam que com a utilização do método DD-SIMCA houve uma classificação satisfatória. Com os resultados obtidos foi possível uma classificação 100% correta para as amostras.	Teixeira et al., 2021
PSL-DA	Nesse método é utilizado uma modelagem matemática através de equação, com a finalidade de obter um valor limite para agrupar amostras estatisticamente.	Utilizar o método estatístico com outras técnicas analíticas para classificar amostras de queijos em adulteradas e não adulteradas em relação à presença de amido.	Utilizando o método PSL-DA houve o valor do cálculo do limite, que classificou as amostras de queijos quanto adulteradas ou não, sendo o limite de 0,59. As amostras que continham valores acima do limite obtiveram a presença do amido.	De Sá Oliveira et al., 2016
		Identificar e determinar adulteração em queijo Halloumi e discriminar amostras de leite desenvolvendo e utilizando métodos quimiométricos como o PSL-DA ortogonal.	Os autores afirmam que o uso do método quimiométrico trouxe resultados confiáveis na diferenciação e classificação dos produtos, e que, tal ferramenta é interessante na caracterização de derivados lácteos.	Tarapoulouzi et al., 2020
		Utilizar a ferramenta estatística para identificar o tipo de gorduras estranhas (óleo de milho, óleo de palma e margarina) em queijos brancos ultra filtrados.	Os resultados do estudo mostram que o uso da ferramenta, junto com outros métodos analíticos há discriminação da gordura e a quantificação da adulteração nas amostras de queijos.	Genis et al., 2021

3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os queijos tradicionais semiduros brasileiros possuem características diferentes de processamento, o que pode impactar diretamente em sua composição físico-química, e também em seu valor comercial. Visto que, são produtos com importante valor econômico e que sustentam propriedades rurais. A qualidade dos queijos está diretamente ligada ao seu processamento, manuseio e a qualidade da matéria prima utilizada. O leite deve estar com sua composição adequada para que não haja problemas tecnológicos no queijo, assim como, o queijo deve passar pelo período de maturação estabelecido pela legislação correspondente, para que sua qualidade não seja prejudicada.

Os órgãos de inspeção que fiscalizam cada estabelecimento de fabricação dos queijos semiduros, devem assegurar que o produto comercializado seja apto para o consumo, e corresponda ao padrão de identidade e qualidade estabelecido por legislação. Atos fraudulentos e ilegais devem ser repreendidos, afim de assegurar a saúde e bem estar do consumidor.

As ferramentas estatísticas multivariadas que servem para agrupamento e a classificação dos queijos facilitam na comprovação das denominações de queijos semiduros, através de análises químicas e instrumentais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Foram adquiridas cinquenta e seis (56) amostras de queijos semiduros brasileiros, classificadas conforme denominação na embalagem em Colonial ($n = 16$), Minas Artesanal ($n = 13$), Minas Padrão ($n = 17$) e Meia Cura ($n = 10$), provenientes dos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. Os reagentes utilizados nas análises foram de grau analítico.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da Amostra

As amostras foram caracterizadas quanto as informações de rotulagem como denominação, origem, Serviço de Inspeção, tratamento térmico do leite e tipo de inóculo utilizado, bem como outras especificações sobre estes queijos (Tabela 3). Os queijos foram cortados e de imediato algumas análises como parâmetros de cor e textura foram realizadas. As amostras foram em seguida trituradas em processador de alimentos (Philips Walita, modelo RI 7620, Brasil), homogeneizadas e então congeladas a uma temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para análises posteriores. Os dados de peso da peça (kg), altura (cm), diâmetro (cm), preço por kg em U\$ e validade foram coletados.

Tabela 2 - Características das amostras codificadas de queijos semiduros

Código	Denominação	Inspeção	Origem	Leite	Cultura primária	Especificações
AC01	Colonial	SIM	PR	LC	ND	Queijo artesanal produzido no Sul do Brasil. O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dita que o queijo obtém-se a partir da coagulação de leite bovino cru, fresco ou não, integral ou parcialmente desnatado, por meio de coalho ou outras enzimas coagulantes, complementada ou não pela adição de fermento lácteo, a salga a seco ou por submersão em salmoura, e maturação mínima de 5 dias, desde que a inocuidade do produto não seja comprometida. (SANTA CATARINA, 2021)
AC02	Colonial	SIF	PR	LP	FL	
AC03	Colonial	SIF	SC	LP	FL	
AC04	Colonial	SIP/POA	PR	LP	FL	
AC05	Colonial	SIF	PR	LP	FL	
AC06	Colonial	SIF	RS	LP	FL	
AC07	Colonial	SIF	PR	LP	FL	
AC08	Colonial	SIE	SC	LP	FL	
AC09	Colonial	SIM	PR	LC	ND	
AC10	Colonial	SIP/POA	PR	LP	FL	
AC11	Colonial	SIM	PR	LP	FL	
AC12	Colonial	*	PR	ND	ND	
AC13	Colonial	SIE	SC	LP	FL	
AC14	Colonial	SIF	PR	LP	ND	
AC15	Colonial	SIP/POA	PR	LP	FL	
AC16	Colonial	SIE	SC	LP	FL	
MA01	Minas Artesanal	IMA	MG	LC	Pingo	Produzido no estado de Minas Gerais a partir do leite cru, hígido, integral, de produção própria, desde que, o processamento inicie até 90 minutos após o início da ordenha, com utilização de soro fermento (pingo). Tempo mínimo de maturação de 22 dias, com exceção das regiões de Araxá (14 dias) e Serro (17 dias). O queijo possui cor e sabor únicos, consistência firme, massa uniforme, olhos mecânicos presentes ou não, salga a seca (MINAS GERAIS, 2020).
MA02	Minas Artesanal	SIF	MG	LC	Pingo	
MA03	Minas Artesanal	SIF	MG	LC	Pingo	
MA04	Minas Artesanal	IMA	MG	LC	Pingo	
MA05	Minas Artesanal	SIF	MG	LC	Pingo	
MA06	Minas Artesanal	IMA	MG	LC	Pingo	
MA07	Minas Artesanal	SIF	MG	LP	FL	
MA08	Minas Artesanal	IMA	MG	LC	Pingo	
MA09	Minas Artesanal	SIF	MG	LC	Pingo	
MA10	Minas Artesanal	*	MG	LP	FL	
MA11	Minas Artesanal	*	MG	LP	FL	
MA12	Minas Artesanal	*	MG	LP	Pingo	
MA13	Minas Artesanal	*	MG	LP	FL	
MP01	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	O queijo Minas Padrão é obtido por coagulação do leite pasteurizado, por meio de coalho, outras enzimas coagulantes apropriadas, ou com ambos, complementada pela ação de bactérias lácticas específicas. A massa crua ou semicozida, dessorada, prensada e salgada. O tempo de maturação é de 20 dias. Alguns dos ingredientes opcionais são: cloreto de cálcio, creme de leite, soro fermento (BRASIL, 2020a).
MP02	Minas Padrão	SIF	PR	LP	FL	
MP03	Minas Padrão	SIF	PR	LP	FL	
MP04	Minas Padrão**	SIF	RS	LP	FL	
MP05	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MP06	Minas Padrão**	SIF	MG	LP	FL	
MP07	Minas Padrão***	SIF	MG	LP	FL	
MP08	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MP09	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MP10	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MP11	Minas Padrão	SIF	MG	LP	ND	
MP12	Minas Padrão	SIF	PR	LP	FL	
MP13	Minas Padrão	SIF	PR	LP	FL	
MP14	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MP15	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MP16	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MP17	Minas Padrão	SIF	MG	LP	FL	
MC01	Meia Cura	*	PR	ND	ND	Meia Cura é obtido utiliza-se leite pasteurizado, coalho, outras enzimas coagulantes apropriadas, ou com ambos, complementada pela ação de bactérias lácticas específicas. A massa crua ou semicozida, dessorada, prensada e salgada. Tempo de maturação é de 10 dias. Sendo opcional cloreto de cálcio, creme de leite e soro fermento (BRASIL, 2020b).
MC02	Meia Cura	SIP/POA	PR	LP	FL	
MC03	Meia Cura	SIF	MG	LP	FL	
MC04	Meia Cura	SIM	MG	LC	Pingo	
MC05	Meia Cura	*	MG	LC	Pingo	
MC06	Meia Cura	*	MG	LC	Pingo	
MC07	Meia Cura	*	MG	LC	Pingo	
MC08	Meia Cura	*	MG	LC	Pingo	
MC09	Meia Cura	*	MG	LC	Pingo	
MC10	Meia Cura	*	MG	LC	Pingo	

Nota: SIM: Serviço de Inspeção Municipal; SIF: Serviço de Inspeção Federal; SIP/POA: Serviço de Inspeção do Paraná; SIE: Serviço de Inspeção Estadual; IMA: Instituto Mineiro de Agropecuária; ND: não declarado; LP: leite pasteurizado; LC: leite cru; FL: fermento lácteo; * Não possui selo de inspeção, **light, *** zero lactose.

4.2.2 Análises Físico-químicas

O teor de umidade foi determinado por gravimetria em estufa a 105 °C até peso constante (IAL, 2008). O pH foi aferido por meio de potenciômetro de bancada (pH 21, Hanna, Cotia, Brasil). A acidez, expressa em ácido láctico, foi determinada por meio de titulação (IAL, 2008). O teor de lipídeos foi aferido em butirômetro de Gerber especial para queijos. Os valores de umidade em base desengordurada (UBD) e gordura em base seca (GBS) foram calculados com base nos teores de umidade (Equação 1) e gordura (Equação 2), seguindo as equações descritas por Bylund (2015). O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl, com fator de conversão para proteínas de 6,38 (AOAC, 2016). O teor de cinzas dos queijos foi determinado por método gravimétrico e incineração em mufla a 550 °C (IAL, 2008). O teor de sódio e cloreto de sódio foram quantificados segundo o método de Volhard modificado por Barbano (1991). O teor de tirosina foi determinado por meio do método descrito por Vakaleris e Prince (1959).

$$MFFB = \frac{PU}{PT - PG} \times 100 \quad (1)$$

MFFB: Umidade em Base Desengordurada
 FDS: Gordura em Base Seca
 PU: Peso da Umidade no queijo
 PT: Peso Total do queijo
 PG: Peso de Gordura no queijo
 TG: Teor de Gordura no queijo

$$FDS = \frac{TG}{PT - PU} \times 100 \quad (2)$$

4.2.3 Análise Cromatográfica

Os teores de ácido láctico e lactose foram quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). As amostras foram maceradas e diluídas em água destilada (70 °C) com agitação por 5 minutos seguindo metodologia descrita por Farias (2015). Os extratos foram filtrados em filtro qualitativo e em seguida em filtro de nylon 0,45 µm (Waters).

Foi utilizado o sistema cromatográfico de CLAE do modelo Alliance 2695 (Waters, Milford, USA), coluna Bio-Rad HPX 87H (300 x 7,8 mm), detector de índice de refração (Waters, RI 2414, Milford, USA) e temperatura do teste de 30 °C. A fase móvel utilizada foi de ácido sulfúrico 6 mmol/L preparada com água ultrapura (MilliQ, Millipore, São Paulo, Brasil), eluição isocrática com fluxo de 0,5 mL/min e volume de injeção de 10 µL. A quantificação foi realizada por meio de curva padrão de lactose e ácido láctico, utilizando

padrões (Sigma-Aldrich). As equações 3 e 4 representam o ajuste linear para cada composto e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) (FARIAS, 2015).

$$\text{Curva padrão da lactose: } y = 9258100,06 x + 10073,64; (R^2 = 0,999) \quad (3)$$

$$\text{Curva padrão do ácido láctico: } y = 6761345,24 x + 262427,55; (R^2 = 0,998) \quad (4)$$

4.2.4 Análise de Cor

Os parâmetros de cor tanto da superfície quanto do centro das peças de queijos foram coletados em triplicata, por meio da reflectância das amostras utilizando colorímetro (Minolta CM-5, MinoltaCo. Ltd., Osaka, Japão). Os valores de L^* , a^* e b^* foram registrados e os resultados foram expressos em Hue, angulação no espectro de cores CIELab através da equação 5 e Croma, intensidade de cor no espectro de cores CIELab por meio da equação 6, equações descritas por Ramírez-Navas e Stouvenel (2012).

$$\text{Hue} = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (5)$$

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (6)$$

4.2.5 Análise do Perfil de Textura

O Perfil de Textura foi realizado utilizando texturômetro modelo *TA.XTPlus Texture Analyser* (Stable Micro Systems, UK) com célula de carga de 5 kg. As amostras foram cortadas em cilindros de 20 mm de altura e 20 mm de diâmetro (JASTER et al., 2018). As amostras passaram por compressão dupla, que foi de 30% da altura inicial, com velocidade de teste de 0,8 mm/s, com probe cilíndrico de alumínio de 36 mm de diâmetro, a 25°C (MARINHO et al., 2015). As análises foram realizadas em sextuplicatas para os parâmetros dureza, adesividade, elasticidade, coesividade e mastigabilidade.

4.2.6 Análise Estatística

Os dados dos queijos Colonial, Minas Artesanal, Minas Padrão e Meia Cura foram apresentados com média, desvio padrão ($\pm DP$) e valor mínimo e máximo. Em seguida realizou-se teste de homogeneidade de variância (Cochran), os dados foram submetidos à Análise de Variância fator único (ANOVA). As diferenças entre os grupos foram verificadas

por teste de diferença de médias de Fischer (LSD), considerando nível de significância menor que 0,05.

Foram utilizados métodos quimiométricos para agrupar e classificar estatisticamente as amostras analisadas. A análise de componentes principais (ACP) foi utilizada para analisar as inter-relações entre os parâmetros relevantes, e a análise de agrupamento hierárquico (AHC) utilizada para agrupar as amostras com características estatísticas semelhantes. Essas análises estatísticas foram realizadas com o pacote do software R (Core Team, 2021), onde uma matriz de dados foi construída baseada nos parâmetros instrumentais e físico-químicos analisados, em que as semelhanças entre as amostras foram calculadas e clusters definidos por método de agrupamento hierárquico. A análise de Modelagem Independente e Flexível por Analogia de Classes orientada aos dados (DD-SIMCA) foi utilizada para agrupar as amostras com características estatísticas semelhantes, previamente conhecidas, bem como, a Análise Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA) que utilizou uma modelagem matemática para obter um valor limite para agrupar amostras estatisticamente. As variáveis foram autoescaladas e divididas em conjunto de treinamento (70%) e conjunto de teste (30%) para montar o modelo, utilizando Robust SIMCA (definição do pacote rrcovHD para DD-SIMCA) o número de componentes principais (CPs) selecionados para a análise foi de 2. O desempenho dos modelos foi avaliado pelas métricas de Acurácia, Sensibilidade, Especificidade e Eficiência. A modelagem DD-SIMCA e SIMCA foi utilizada com a implementação do pacote rrcovHD (TODOROV, 2021) e o método PLS-DA foi implementado via pacote mdatools (KUCHERYAVSKIY, 2020) ambos pacotes do software R (Core Team, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS QUEIJOS SEMIDUROS

As características específicas dos queijos AC, MC, MP e MA apresentadas na Tabela 2 são escassas na literatura. Os parâmetros de peso da peça e altura dos queijos não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) (Tabela 3).

O diâmetro da peça foi maior nos queijos MA e MC, onde a maioria (91%) das amostras foram fabricadas no mesmo estado, Minas Gerais. Os queijos AC fabricados nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul apresentaram maior variabilidade nos parâmetros de peso da peça, altura e diâmetro, com 42, 23 e 28% respectivamente (Tabela 3). A variabilidade destes parâmetros está ligada principalmente as dimensões dos moldes (fôrmas), ao processo de padronização de enchimento das fôrmas, as condições de prensagem na fabricação e a perda de umidade desses queijos. Essa falta de padronização reflete diretamente ao preço dos queijos, que variaram de US\$ 5,31 a 20,21. Os queijos que apresentaram maior média foram os de denominação MA (Tabela 3). O estado de Minas Gerais possui regiões (Canastra e Serro) produtoras de queijo MA, com registro de indicação geográfica que garante aos produtores organização produtiva e valorização dos produtos (INPI, 2015; FOX et al., 2017, DE SOUZA, 2017, EMBRAPA 2019; KAMIMURA et al., 2019). Os queijos AC até recentemente não tinham padrão de identidade e qualidade pré-estabelecidos (MONTEL et al., 2014), o que acabou refletindo em seu menor preço por quilograma (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados de caracterização das amostras de queijos semiduros

(continua)

Parâmetros Analíticos	Colonial (n = 16)	Minas Artesanal (n = 13)	Minas Padrão (n = 17)	Meia Cura (n = 10)
Peso da peça (kg)	0,84 ± 0,35 <i>0,29 – 1,46</i>	1,08 ± 0,26 <i>0,64 – 1,57</i>	0,86 ± 0,22 <i>0,33 – 1,08</i>	1,00 ± 0,09 <i>0,81 – 1,12</i>
Altura (cm)	5,80 ± 1,65 <i>3,10 – 9,00</i>	5,28 ± 0,70 <i>4,00 – 6,50</i>	5,16 ± 0,38 <i>4,20 – 5,70</i>	4,96 ± 0,48 <i>4,41 – 5,70</i>
Diâmetro (cm)	13,39^b ± 3,12 <i>10,00 – 22,00</i>	15,18^a ± 1,42 <i>12,40 – 17,00</i>	13,39^b ± 1,66 <i>9,30 – 15,00</i>	15,62^a ± 0,96 <i>13,50 – 16,40</i>

Tabela 3 - Dados de caracterização das amostras de queijos semiduros

Parâmetros Analíticos	(conclusão)			
	Colonial (n = 16)	Minas Artesanal (n = 13)	Minas Padrão (n = 17)	Meia Cura (n = 10)
Preço (US\$/kg)*	8,22^b ± 1,91 5,31 – 10,28	13,26^a ± 6,96 8,34 – 20,21	9,09^b ± 2,02 6,95 – 12,65	8,81^b ± 1,06 7,75 – 9,70
Validade (dias)	114,08^{ab} ± 91,88 14,00 – 360,00	144,1^a ± 24,47 120,00 – 180,00	148,41^a ± 43,63 87,00 – 270,00	99,33^b ± 16,17 90,00 – 118,00

Nota: ^{abc}letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras (Teste de Fischer p < 0,05); * R\$ 1,00 = US\$ 0,19 (na data de 30 de agosto de 2022);

O prazo de validade em média foi entre 100 e 150 dias (Tabela 3). As amostras de queijos AC com vida de prateleira de 14 dias são realmente processadas como queijo fresco e foram rotuladas como queijo colonial, o que não é incomum. A vida de prateleira de queijos é definida por meio do crescimento de bactérias indesejáveis no produto. O desenvolvimento desses microrganismos está ligado principalmente à qualidade do leite, mas também às tecnologias empregadas na fabricação (pasteurização, maturação e manuseio) e aos fatores físico-químicos que mais afetam o desenvolvimento destes microrganismos (umidade, acidez e concentração de cloreto de sódio) (D' AMICO, 2017; DONNELLY, 2017).

De acordo com as normas regulatórias brasileiras, para os queijos Colonial e Minas Artesanal que possuem leite cru na composição, o período de maturação deve ser no mínimo de 5 e 21 dias, respectivamente, desde que não haja o comprometimento da segurança e da qualidade microbiológica do produto (SANTA CATARINA, 2021; MINAS GERAIS, 2020). No entanto, a realidade da produção artesanal dificulta o controle desse fator, gerando dúvidas sobre como se estabelece a vida útil dos queijos. Portanto, são necessários estudos para avaliar o destino de patógenos zoonóticos e de origem alimentar durante a maturação, bem como o potencial de crescimento (especificamente de patógenos de origem alimentar) durante a vida de prateleira (KAMIMURA et al., 2019).

5.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Na Tabela 4 podem ser observados os valores médios de umidade que classificaram os queijos como semiduros (36,0 a 45,9%) (BRASIL, 1996). Porém, a Figura 2A mostra que 63,0 e 37,5% das amostras de queijos MP e AC, respectivamente, foram classificados como macios, com alto teor de umidade (entre 46,0 e 54,9%) (BRASIL, 1996). No entanto, esses

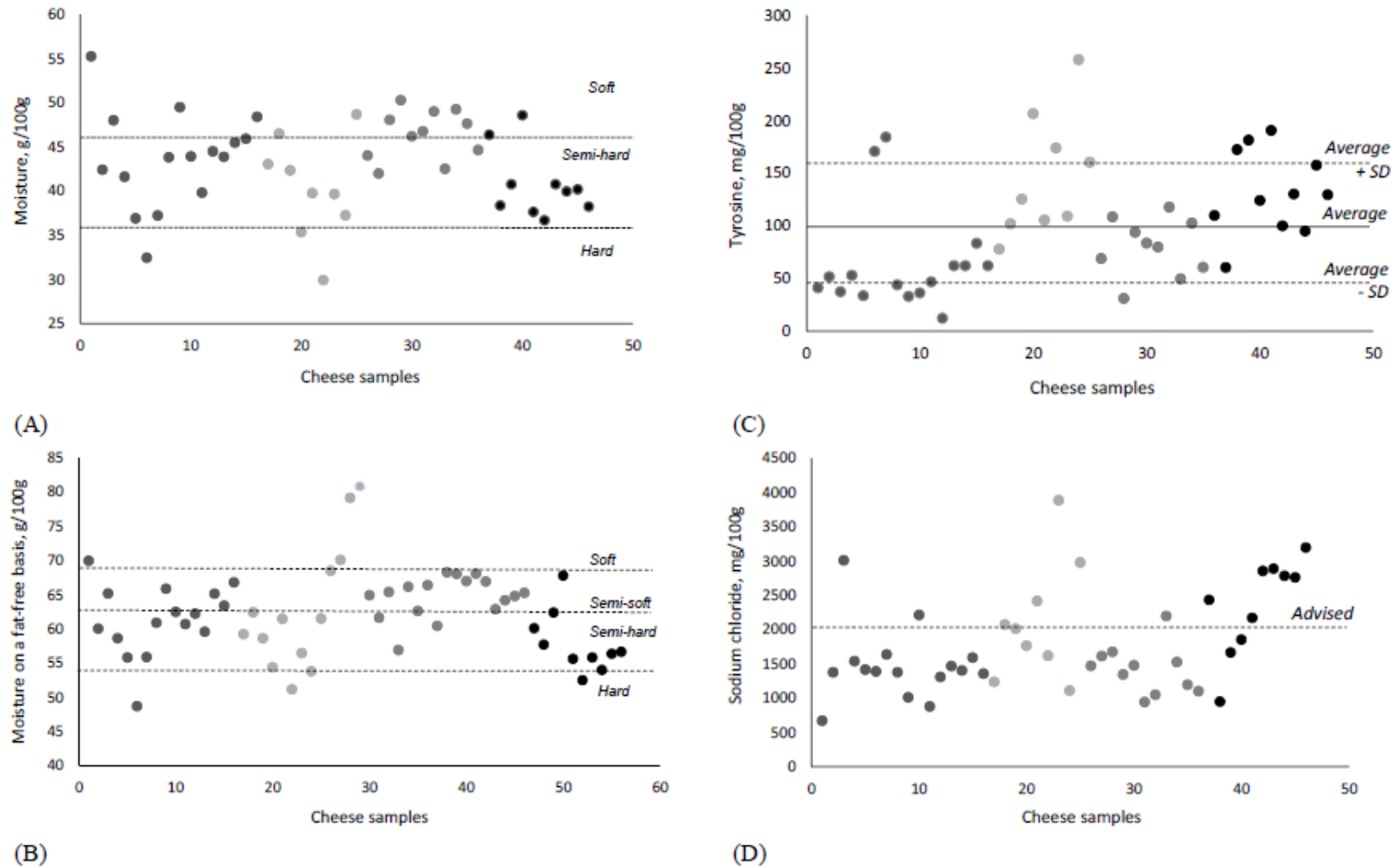
queijos apresentavam baixos teores de tirosina (Figura 2C). O aminoácido tirosina (Tyr) é considerado um bom indicador de maturação de queijos e, portanto, indica que se tratava de queijos possivelmente frescos, vendidos sob as denominações de AC e MP, que podem agregar 200-300% ao seu preço, e a maioria dos consumidores desconhecem as características destes queijos.

Tabela 4 - Composição físico-química dos queijos semiduros.

Parâmetros Analíticos	Colonial (n = 16)	Minas Artesanal (n = 13)	Minas Padrão (n = 17)	Meia Cura (n = 10)
Umidade (g/100g)	43,70 ± 5,49 32,46 – 55,25	42,90 ± 6,50 29,92 – 53,28	45,72 ± 2,48 42,00 – 50,27	40,75 ± 3,83 36,67 – 48,57
UBD (g/100g)	61,32^{ab} ± 5,12 48,69 – 69,94	62,90^a ± 9,32 51,41 – 80,94	64,69^a ± 3,03 56,91 – 68,26	57,89^b ± 4,48 52,51 – 67,78
pH	5,40^a ± 0,27 4,80 – 5,82	5,12^b ± 0,27 4,53 – 5,50	5,22^{ab} ± 0,25 4,93 – 5,71	5,10^b ± 0,27 4,76 – 5,68
Acidez Total* (g/100g)	0,44^c ± 0,21 0,17 – 0,86	0,92^a ± 0,28 0,51 – 1,63	0,71^b ± 0,20 0,37 – 5,71	0,60^{bc} ± 0,18 0,40 – 0,89
Ácido Láctico (g/100g)	1,62 ± 0,44 0,88 – 2,32	2,03 ± 0,46 1,31 – 2,60	2,04 ± 0,42 1,40 – 2,55	1,77 ± 0,56 0,92 – 2,59
Lactose (mg/100g)	158,89 ± 268,13 <LOQ- 850,41	<LOQ	34,63 ± 105,26 <LOQ – 351,45	<LOQ
Gordura (g/100g)	28,96 ± 3,62 21,00 – 34,67	31,68 ± 5,24 20,83 – 41,50	29,15 ± 5,41 11,67 – 36,33	29,60 ± 3,73 22,83 – 34,67
GBS (g/100g)	51,35 ± 2,87 46,93 – 57,61	55,52 ± 9,48 40,60 – 73,14	53,53 ± 8,83 23,46 – 63,91	49,94 ± 5,34 42,57 – 58,51
Proteínas (g/100g)	23,19 ± 1,85 20,12 – 27,97	22,84 ± 2,39 19,44 – 27,92	23,30 ± 2,83 19,05 – 31,02	25,20 ± 1,76 22,45 – 27,49
Cinzas (g/100g)	3,89 ± 0,65 2,71 – 5,25	3,87 ± 0,93 2,79 – 6,16	3,92 ± 0,42 3,44 – 4,79	4,52 ± 0,75 3,32 – 5,28
Cloreto de sódio (mg/100g)	1477,13^b ± 532,16 669,73 – 3011,07	2120,98^a ± 875,61 1108,71 – 3885,60	1416,87^b ± 352,86 942,55 – 2196,28	2354,31^a ± 693,77 948,97 – 3195,16
Sódio (mg/100g)	590,85^b ± 212,86 267,89 – 1204,43	848,39^a ± 330,21 443,48 – 1554,24	566,75^b ± 141,14 377,02 – 878,51	941,72^a ± 277,51 379,59 – 1278,06
Atividade de Água	0,97^a ± 0,01 0,95 – 0,99	0,95^b ± 0,02 0,92 – 0,97	0,98^a ± 0,01 0,96 – 0,99	0,95^b ± 0,01 0,93 – 0,97
Tirosina (mg/100g)	104,66 ± 199,79 12,34 – 842,45	165,99 ± 82,12 78,05 – 357,83	121,17 ± 63,17 31,27 – 258,83	134,23 ± 41,74 60,64 – 190,68

Nota: ^{abc}letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa em as amostras (Teste de Fischer p < 0,05); *expressa em ácido láctico; UBD: umidade em base desengordurada; GBS: Gordura em base seca; LOQ: limite de quantificação (lactose: 0,01%; ácido láctico: 0,01%).

Figura 2 - Distribuição das amostras de queijo quanto aos seguintes parâmetros: umidade (A); umidade em uma base desengordurada (B); índice de maturação por teor de tirosina (C) e do teor de cloreto de sódio (D)



Por outro lado, os queijos MA e MC apresentaram maior uniformidade no teor de umidade (semiduros) e alto teor de tirosina (Figuras 2A e 2C). Bylund (2015) classifica os queijos de acordo com o teor de umidade em base desengordurada (UBD), sendo assim, as amostras foram classificadas como semiduras (MFFB: 54-63%) ou semimoles (MFFB: 63-69%). Das amostras de queijos MP, 83% foram classificadas como semimoles (Figura 2B). Estes resultados indicam que os queijos MP não podem ser classificados como queijos semiduros, ressaltando que esses queijos possuem o Selo de Inspeção de Federal (SIF), sendo assim, devem seguir o padrão de identidade e qualidade estabelecido pela Instrução Normativa nº 66, de 21 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em que consta que esses queijos devem ser semiduros (BRASIL, 2020a).

Os queijos MA e MC apresentaram os menores valores de pH e por consequência os maiores teores de acidez (Tabela 4). Estes queijos foram predominantemente fabricados com leite cru e soro fermentado (pingo) (Tabela 2), o que confere sabor, aroma e textura característicos devido a ação de bactérias lácticas endógenas (BORELLI et al., 2006). No entanto, a maioria dos queijos não estava coerente com a legislação vigente, para padrão de identidade e qualidade de queijos Meia Cura, em que diz que os queijos devem ser feitos a partir de leite pasteurizado (BRASIL, 2020). Nestes queijos o teor de lactose foi menor que o limite de quantificação (0,01%) (Tabela 4). Isso pode confirmar que os queijos foram maturados.

Nos queijos onde o leite passa por tratamento térmico prévio (pasteurização), como é o caso da maioria dos Coloniais e Minas Padrão analisados (Tabela 2), são adicionadas bactérias lácticas selecionadas ao leite (MCSWEENEY; FOX, 2004), nestes queijos o teor de lactose em média foi maior e não foi observado diferença significativa entre eles.

Foi observado que os teores de ácido láctico foram maiores em relação aos de acidez total expressa em ácido láctico. A acidez total é obtida por meio de titulação ácido-base e o queijo é uma matriz complexa rica em proteínas, lipídeos e mineiras, uma hipótese para esse resultado é a ação tamponante dos produtos lácteos. Segundo Salaün, Mietton e Gaucheron (2005) a ação tamponante de produtos lácteos corresponde à capacidade do produto ser acidificado ou alcalinizado, esta depende de inúmeros fatores de composição como as proteínas do leite e do soro, assim como de constituintes traços como fosfato inorgânico, citrato e ácidos orgânicos Terpou et al. (2017) realizaram análises de acidez titulável e de ácido láctico por cromatografia líquida de alta eficiência em queijos Feta, e algumas amostras apresentaram menor teor de acidez e maior teor de ácido láctico.

Os teores de gordura em base seca (GBS) e úmida, não apresentaram diferenças significativas entre as amostras, em média os queijos foram classificados como gordos (45 a 59,9% FDM) de acordo com a legislação vigente de 1996 (BRASIL, 2019). Porém a variação (mín-máx) foi de 20,67 a 41,50% (Tabela 4). O queijo MP foi o que apresentou maior discrepância entre os valores de mínimo e máximo de lipídeos, devido a algumas amostras apresentarem reduzido teor de gordura (light), o que ocasionou uma maior porcentagem de proteína nestas amostras, justificando o valor máximo de proteína para os queijos Minas Padrão. Os valores médios de proteína total não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), porém a variação (mín-máx) foi de 19,0 a 31,0% (Tabela 4). A irregularidade no conteúdo de gordura e proteína pode estar relacionada a vários fatores, como a qualidade do leite, a estação do ano, o tipo de ração animal, fatores genéticos como tamanho do animal, peso e produção, idade do animal e período de lactação (BELL et al., 2006; MAROTTA et al., 2007). Além disso, o creme pode ter sido produzido na sessão de ordenha da tarde. Esse leite parcialmente desengordurado é mantido refrigerado até o dia seguinte, misturado ao leite da manhã e utilizado na produção de queijos (CARVALHO et al., 2019).

Em média os queijos Minas Artesanal e Meia Cura obtiveram teor de sódio superior a 600 mg/100g que segundo a ANVISA (IN 75/2020) são classificados como alimentos com alto teor de sódio (Tabela 4). O cloreto de sódio apresenta várias funções específicas na qualidade de queijos como sabor, textura e aumento da validade (CRUZ et al., 2011). A adição de sal também está ligada a segurança alimentar, a redução do teor de sal afeta a estabilidade microbiológica e facilita a sobrevivência de patógenos se as boas práticas de fabricação não forem seguidas rigorosamente (SHRESTHA et al., 2011).

O conteúdo de cloreto de sódio (NaCl) apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tipos de queijo (Tabela 4). Tais valores foram superiores aos encontrados por Mattera et al. (2018) em queijo MP (300 a 827 mg/100g). A Fig. 2D mostra a variabilidade de NaCl nos queijos. Essa variação está relacionada ao processo de salga não ser padronizado (EL-BAKRY, 2012). Os queijos com maior teor de NaCl apresentaram os menores valores de atividade de água (Tabela 4). As diferenças no teor de cloreto de sódio não afetaram significativamente ($p < 0,05$) o teor médio de cinzas entre os queijos analisados; no entanto, a variabilidade (mín-máx) foi elevada (Tabela 4).

Considerando o valor de sódio, recomendado diariamente pela ANVISA, que corresponde a 2000 mg/dia de sódio, uma porção de 30g do queijo que apresentou o valor máximo (MA) corresponde a 78% da ingestão diária recomendada. Segundo Felício (2013) a ingestão diária de sódio a partir de queijos é preocupante do ponto de vista da saúde pública,

pois a quantidade do produto consumida varia entre os consumidores e a diminuição do teor de sódio em queijos é um desafio global. Dentre as diferentes tecnologias, a substituição parcial do NaCl por KCl é considerada a forma mais eficaz de diminuir os níveis de NaCl sem prejudicar a qualidade e segurança dos queijos (BANSAL; MISHRA,2020).

O teor de tirosina, indicador do índice de maturação, não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os queijos analisados (Tabela 4). No entanto os queijos denominados Coloniais apresentaram elevado coeficiente de variação (191%), mostrando que esses queijos possuem diferença na população de microrganismos e nas condições de maturação empregadas.

5.3 PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS E DE TEXTURA

O croma (C^*) está diretamente relacionado à concentração do elemento corante e representa um atributo quantitativo em relação à intensidade. Quanto maior o valor de croma, maior a cromaticidade das cores que podem ser percebidas pelos humanos (PATHAREET et al., 2013). Os valores de cromaticidade (C^*) na casca e no centro apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Os queijos AC e MP, que estavam menos maturados (Fig. 2C), apresentaram os maiores valores de C^* (Tabela 5). Rohm e Jaros (1996) também observaram esse efeito nos queijos Emmental. Em todas as amostras de queijo, não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para os valores do ângulo hue tanto na casca quanto no centro (Tabela 5). Os valores da casca e do centro foram semelhantes (73° a 85°), indicando uma cor amarelada.

Tabela 4 - Parâmetros de cor e perfil de textura dos queijos semiduros

(continua)

Parâmetros Analíticos	Colonial (n = 16)	Minas Artesanal (n = 13)	Minas Padrão (n = 17)	Meia Cura (n = 10)
Chroma centro	30,44^a ± 4,23 20,71 – 37,88	21,57^b ± 4,41 17,46 – 32,71	27,49^a ± 4,49 17,91 – 35,16	23,15^b ± 5,53 16,89 – 36,70
Chroma casca	34,64^a ± 11,15 20,28 – 70,61	23,60^c ± 3,17 15,55 – 27,44	23,60^b ± 3,17 15,55 – 27,44	30,08^{ab} ± 4,73 21,54 – 39,99
Hue centro	80,82 ± 2,30 73,84 – 84,83	81,59 ± 3,36 73,10 – 85,11	81,59 ± 3,36 73,10 – 85,11	81,42 ± 1,40 79,65 – 84,12
Hue casca	80,30 ± 2,78 72,82 – 84,61	81,36 ± 1,68 77,79 – 83,98	81,36 ± 1,68 77,79 – 83,98	80,68 ± 2,34 76,12 – 83,58

Tabela 5 - Parâmetros de cor e perfil de textura dos queijos semiduros

Parâmetros Analíticos	(conclusão)			
	Colonial (n = 16)	Minas Artesanal (n = 13)	Minas Padrão (n = 17)	Meia Cura (n = 10)
Dureza (N)	12,26^c± 11,76 3,21 – 50,53	30,34^b± 19,28 3,01 – 75,43	9,82^c± 4,66 2,45 – 21,49	54,50^a± 27,96 4,18 – 88,41
Adesividade (N.s)	-0,11^{ab}± 0,08 -0,23 – -0,01	-0,15^b± 0,13 -0,42 – -0,01	-0,17^b± 0,15 -0,71 – -0,04	-0,03^a± 0,04 -0,13 – 0,00
Elasticidade	0,88^a± 0,03 0,84 – 0,95	0,74^b± 0,11 0,51 – 0,85	0,87^a± 0,04 0,77 – 0,91	0,84^a± 0,07 0,69 – 0,90
Coesividade	0,82^a± 0,05 0,69 – 0,89	0,56^c± 0,14 0,34 – 0,76	0,81^a± 0,04 0,73 – 0,86	0,69^b± 0,07 0,56 – 0,78
Mastigabilidade (N)	10,14^b± 7,73 2,28 – 33,30	12,27^b± 9,55 1,80 – 32,21	6,83^b± 3,06 1,37 – 14,38	32,02^a± 18,53 2,77 – 56,03

Nota: ^{abc}letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa em as amostras (Teste de Fischer $p < 0,05$).

Entre os parâmetros de textura a dureza é definida como a força necessária para promover deformação (SZCZESNIAK, 2002). A dureza dos queijos apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) e grande variabilidade (2,45 a 88,41 N) e foi maior (Tabela 5) nos queijos Meia Cura e Minas Artesanal, que obtiveram o maior índice de maturação (Fig. 2C). Os queijos MA e MP não diferiram entre si para adesividade, já os queijos mais elásticos e coesos foram os AC e MP, sendo a coesividade dada pela medida da força de ligação entre as proteínas (TUNICK, 2000). A mastigabilidade em média foi maior para o queijo Meia Cura, e indica a força utilizada para mastigar o queijo até que fique homogêneo para engolir (BERTOLINO et al., 2011).

5.4 MÉTODOS NÃO SUPERVISIONADOS

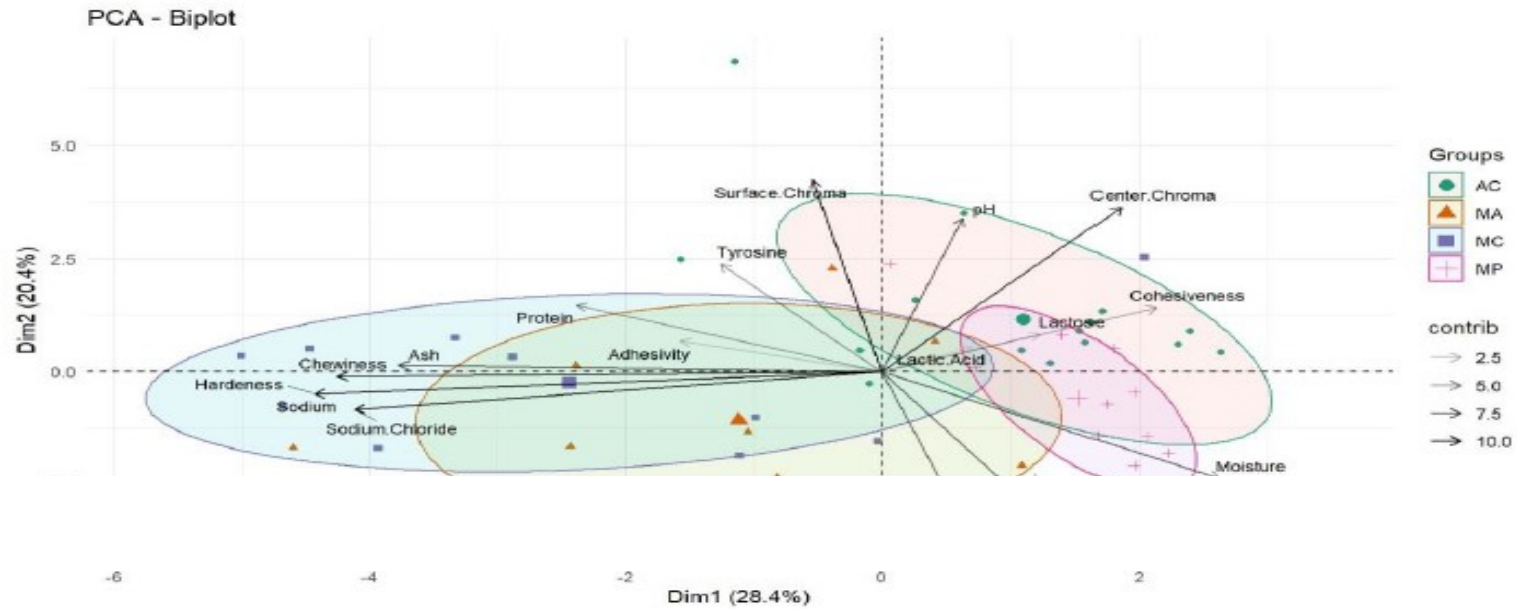
A análise de componentes principais (ACP) (Figura 3) foi realizada para verificar a relação dos queijos com a análise físico-química (Tabelas 4 e 5). Os dois primeiros componentes principais (PCs) explicaram 48,80% da variância total; PC1 explicou até 28,4% e PC2 20,4%. Além da ACP, as amostras tiveram sua similaridade avaliada por análise de agrupamento hierárquico (AHC), sendo sugeridos 4 agrupamentos, desses 4 grupos, dois continham maior similaridade. No exame dos gráficos de ACP (Figuras 3A e 3B), os clusters

azul e laranja sugerido pelo AHC estava situado no lado esquerdo do gráfico de dispersão de ACP e está formado principalmente por queijos do tipo MA (78%) e MC (80%). Esses queijos apresentaram a maior contribuição nos parâmetros de dureza, mastigabilidade, cloreto de sódio e sódio. Os clusters verde e rosa, do lado direito, continha principalmente queijos do tipo AC (69%) e MP (90%); as principais variáveis responsáveis pela separação foram maiores valores de umidade, croma casca e centro, ângulo hue casca e centro, e pH.

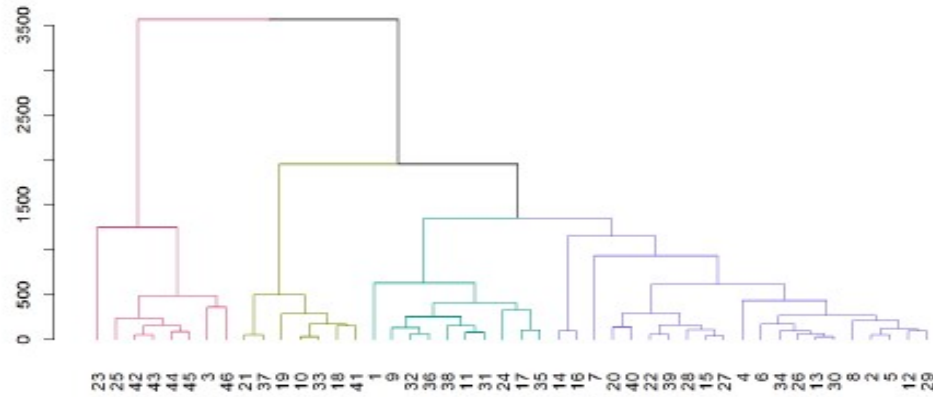
A ACP confirmou o que foi observado na análise individual. Os quatro tipos de queijo formaram dois grupos. No primeiro grupo as amostras apresentaram características semelhantes aos queijos Colonial (AC) e Minas Padrão (MP). Fazendo uma correlação entre os dados de caracterização com o número das amostras (Tabela 2) e o gráfico de AHC, é possível observar que as duas amostras de queijo AC que ficaram fora do agrupamento, continham selo de inspeção (amostra 3: SIP/POA e amostra 10: SIF). No entanto, para o queijo MP apenas uma amostra que também continha o selo de inspeção ficou fora do agrupamento (amostra 8: SIF).

No segundo grupo as amostras foram parcialmente semelhantes aos queijos Minas Artesanal (MA) e Meia Cura (MC). Parte das amostras de queijos MA não foram bem classificadas pelo método, sendo assim, as amostras ficaram espalhadas para todas as classes. Dessas amostras de queijos analisadas, 9 continham selo de inspeção e 4 não continham. Para o queijo MC, 3 amostras ficaram fora do agrupamento, o que correspondiam em 100% das amostras que continham selo de inspeção (amostra 2, 3 e 4).

Figura 3 - (A) Análise de componentes principais (ACP) e (B) análise de agrupamento hierárquico (AHC) obtida a partir de parâmetros físico-químicos de queijos semiduros tradicionais brasileiros. *Nota: AC 1 ao 16; MA 17 ao 25; MP 26 ao 36; MC 37 ao 46



(A)



(B)*

5.5 MÉTODOS SUPERVISIONADOS

As análises de ACP e AHC tratam-se de métodos exploratórios em que há um agrupamento das amostras conforme suas semelhanças estatísticas (ZIELINSKI et al., 2014), no entanto, por se tratar de método exploratório não há uma classificação entre as amostras, sendo assim, é de relevância que os métodos SIMCA, DD-SIMCA e PLS-DA também sejam abordados, para que se tenha a classificação correta dos queijos.

A Tabela 6 aborda a classificação das amostras avaliadas. Sendo que 70% das amostras foram avaliadas para fins de treino e 30% para o conjunto de teste. Dos modelos desenvolvidos o DD-SIMCA em média classificou os queijos com a acurácia média maior, valor de 83%, sendo superior a acurácia média dos métodos PLS-DA (81%) e do SIMCA (78%) na predição da classificação dos tipos de queijos. No estudo conduzido por Gan et al., (2016), os autores utilizaram o método PLS-DA para classificação na maturação de queijo Cheddar, que obtiveram uma classificação correta de 70%, valor abaixo do obtido nesse estudo. No conjunto de treino, fase de aprendizado dos modelos, a acurácia foi de 72% para o método PLS-DA, 78% para DD-SIMCA e 77% para o método de SIMCA. As maiores probabilidades de acerto (Sensibilidade) estão concentradas nas duas primeiras classes, Colonial e Minas Artesanal (AC e MA), pois quando comparada aos queijos Minas Padrão e Meia Cura (MP e MC) os valores são mais próximos a 100%.

Tabela 6 - Habilidades preditivas de classificação para os modelos PLS-DA, DD-SIMCA e SIMCA nos queijos Colonial (AC), Minas Artesanal (MA), Minas Padrão (MP) e Meia Cura (MC).

Habilidades Preditivas	Dados de Treino				Dados de Teste				
	AC	MA	MP	MC	AC	MA	MP	MC	
PLS – DA (%)	Acurácia	69,20	73,10	73,10	73,10	76,00	92,00	80,00	76,00
	Sensibilidade	0	0	0	0	25,00	33,33	0	55,60
	Especificidade	100	95,00	95,00	95,00	100	100	100	87,50
	Eficiência	50	47,50	47,50	47,50	62,50	66,66	50,00	71,55
DD-SIMCA (%)	Acurácia	67,39	80,00	80,00	86,95	77,77	83,33	89,47	83,33
	Sensibilidade	48,38	16,67	2,77	10,0	42,85	20,00	5,88	13,13
	Especificidade	94,11	83,33	79,54	85,71	72,72	85,71	94,12	100,00
	Eficiência	71,25	50,00	41,16	47,85	57,79	52,85	50,00	56,66
SIMCA (%)	Acurácia	60,00	82,22	77,77	86,66	71,87	75,00	84,37	81,25
	Sensibilidade	59,25	10,81	0,00	10,25	52,17	16,66	3,70	3,84
	Especificidade	37,93	91,66	100	100,00	55,00	80,00	100,00	100,00
	Eficiência	48,60	51,23	50,00	55,12	53,58	48,33	51,85	51,92

Os métodos abordados nesse estudo conseguiram classificar as amostras de queijo semiduros. Estudos trazem esses métodos para classificação quanto à adulteração e fraudes em amostras de queijos (MAJCHER et al., 2015; DE SÁ OLIVEIRA et al., 2016). Por outro lado, entre os métodos supervisionados estudados, comprovou-se estatisticamente que o método DD-SIMCA foi o que melhor classificou as amostras. Sendo assim, o método se torna interessante para este fim, visto que os poucos estudos recentes que utilizam desse método para classificação em produtos lácteos, não são para classificação de queijos (VIGNI et al., 2020; MUSA E YANG, 2020; TEIXEIRA et al., 2021).

6 CONCLUSÃO

Esse estudo descreveu as características específicas e a composição físico-química dos principais queijos semiduros tradicionais produzidos no Brasil. A alta variabilidade dos dados encontrados indica que as práticas de processamento podem variar significativamente entre os produtores. A análise individual e a ACP mostrou que das quatro classes abordadas, formou dois grupos com alta similaridade, com relação às variáveis. Os métodos supervisionados SIMCA, DD-SIMCA e PLS-DA classificaram os queijos, sendo que o método DD-SIMCA foi o que em média melhor classificou (83%). Entre as classes avaliadas, os queijos Colonial e Minas Artesanal foram os queijos com maior probabilidade de acerto, ou seja, estatisticamente os que melhor pertenciam a suas respectivas classes, somente para o método PLS-DA a probabilidade de acerto foi maior para o queijo Meia Cura. A classificação do queijo Minas Padrão foi insatisfatória com relação aos métodos abordados. Portanto, os resultados sugerem a necessidade de padronização dos protocolos de fabricação dos queijos Colonial, Minas Artesanal, Minas Padrão e Meia Cura. Além disso, deve-se implementar uma melhor inspeção ou controle desses produtos.

REFERÊNCIAS

- ABIQ. Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. IBGE confirma queda na captação de leite. 2022. Disponível em: <https://www.abiq.com.br/noticias_ler.asp?codigo=2435&codigo_categoria=6&codigo_subcategoria=6>. Acesso em: 07 jun. 2022.
- ABIQ. Associação Brasileira da Indústria de Queijos. Aliança láctea juntam esforços para aumentar competitividade internacional. 2022. Disponível em: <https://www.abiq.com.br/noticias_ler.asp?codigo=2457&codigo_categoria=6&codigo_subcategoria=6>. Acesso em: 07 jun. 2022.
- ABREU, L. R. **Processamento do Leite e Tecnologia de Produtos Lácteos**. 194p. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.
- AGRIMONTI, C.; PIRONDINI, A.; MARMIROLI, M.; MARMIROLI, N. A quadruplex PCR (qPCR) assay for adulteration in dairy products. **Food Chemistry**, v. 187, p. 58-64, 2015.
- ALMEIDA, A. C.; SANTOS, C. A.; MENEZES, I. R.; TEIXEIRA, L. M.; COSTA, J. P. R.; SOUZA, R. M. Perfil sanitário de unidades agrícolas familiares produtoras de leite cru e adequação à legislação vigente. **Ciência Animal Brasileira**, v.17, 2016.
- ALVES, L. M. C.; DO AMARAL, L. A.; CORRÊA, M. R.; SALES, S. S. Qualidade microbiológica do leite cru e de queijo de coalho comercializados informalmente na cidade de São Luís-MA. **Pesquisa em Foco**, v. 17, n. 2, 2009.
- AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; LARIA, S. T.; FERRO, J. A. Variação das características físico-químicas e microbiológicas das salmouras empregadas na salga de queijos tipo mussarela durante o período de sua utilização. **Revista Saúde Pública**, v. 26, 1992.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 20 ed. Arlington: AOAC, 2016.
- AUGUSTO, M. M. M. Influência do tipo de coagulante e do aquecimento no cozimento da massa na composição, rendimento, proteólise e características sensoriais do queijo prato. **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas - SP. Tese (doutorado). 190 p. 2003. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255804>>. Acesso em: 24 abr. 2021.
- BANDALOS, D. L.; BOEHM-KAUFMAN, M. R. Four Common Misconceptions in Exploratory Factor Analysis. In **Statistical and Methodological Myths and Urban Legends**. p. 61–87. 2010.
- BANSAL, V.; MISHRA S K. Reduced-sodium cheeses: Implications of reducing sodium chloride on cheese quality and safety. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. p.733-758. 2020.
- BARBANO, D. M. Procedure of salt analysis in Cheddar cheese. **Cornell University**. 1991.

BELL, J. A.; GRINARI, J. M.; KENNELLY, J.J. Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin, and vitamin E on concentration of conjugated linoleic acid in bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.733-748, 2006.

BORELLI, B. M.; FERREIRA, E. G.; LACERDA, I. C. A.; SANTOS, D. A.; CARMO, L. S.; DIAS, R. S. SILVA, M. C. C.; ROSA C. A. Enterotoxigenic *Staphylococcus* spp. and other microbial contaminants during production of Canastra cheese, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, n. 4, p. 545-550, 2006.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. **Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, que disciplina a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**, instituídas pela Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e pela Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989. **Diário Oficial da União**. DF. Brasília, 29 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Instrução Normativa nº 04 de 01 de março de 2004. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Minas Frescal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 66, de 21 de julho de 2020. Dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade que deve apresentar o produto denominado queijo minas padrão. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 21 jul, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 74, de 24 de julho de 2020. Dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade que deve apresentar o produto denominado queijo minas meia cura. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 24 jul, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Cru Refrigerado. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 26 nov. 2018.

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

BRASIL, Resolução nº360 de 12 de dezembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. 12 dez. 2003.

BRASIL. Resolução nº54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF 12 nov. 2012.

BYLUND, G. **Dairy Processing Handbook**. Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden, p 486. 2015.

CABRAL, B.; BEATO, M. Queijos brasileiros à mesa com cachaça, vinho e cerveja. **Senac São Paulo**, 1ªed, p.170. 2017.

CAMPAGNOLLO, F. B.; GONZALES-BARRON, U.; CADAVEZ, V. A. P.; SANT'ANA, A. S.; SCHAFFNER, D. W. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in traditional Minas cheeses: The cases of artisanal semi-hard and fresh soft cheeses. **Food Control**, v. 92, p. 370-379, 2018.

CARDOSO, V. M.; BORELLI, B. M.; LARA, C. A.; SOARES, M. A.; PATARO, C.; BODEVAN, E. C.; ROSA, C. A. The influence of seasons and ripening time on yeast communities of a traditional Brazilian cheese. **Food Research International**, v. 69, p. 331-340, 2015.

CARPINO, S.; ACREE, T. E.; BARBANO, D. M.; LICITRA, G.; SIEBERT, K. J. Chemometric analysis of Ragusano cheese flavor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 5, p. 1143-1149, 2002.

CARROLL, S. M.; PETERS, E. J.; TAYLOR, S. J.; ROSENBERG, M.; PEREZ-MONTI, H.; CAPPS, V. A. Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, p. 451-473. 2006.

CARVALHO, M. D. M.; FARIÑA, L. O.; STRONGIN, D.; FERREIRA, C. L. L.; LINDNER, J. D. D. Traditional Colonial-type cheese from the south of Brazil: A case to support the new Brazilian laws for artisanal cheese production from raw milk. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 11, p. 9711-9720, 2019.

CARVALHO, M. D. M.; LINDNER, J. D. D.; FARIÑA, L. O. A produção de queijo colonial artesanal no município de seara, estado de Santa Catarina, frente à legislação brasileira. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, n. 5, p. 253-261, 2015.

CEVOLI, C.; GORI, A.; NOCETTI, M.; CUIBUS, L.; CABONI, M. F.; FABBRI, A. FT-NIR and FT-MIR spectroscopy to discriminate competitors, non compliance and compliance grated Parmigiano Reggiano cheese. **Food Research International**, v. 52, n. 1, p. 214-220, 2013.

COMREY, A. L.; LEE, H. B. Interpretation and application off actor analyt icresults. **Comrey AL, Lee HB. A first course in factor analysis**, v. 2, p. 1992, 1992.

COSTA, H. H. S.; SOUZA, M. R.; ACÚRCIO, L. B.; CUNHA, A. F.; RESENDE, M. F. S.; NUNES, A. C. Potencial probiótico in vitro de bactérias ácido-láticas isoladas de queijo-de-minas artesanal da Serra da Canastra, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1858-1866, 2013.

COSTA, R. G. B.; JUNIOR, A. C.; DA CRUZ, A. G.; SOBRAL, D.; JÚNIOR, L. C. G. C.; DE PAULA, J. C. J.; MOREIRA, G. M. M.; TEODORO, V. A. M. Effect of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride on the characteristics of Minas Padrão cheese. **International Dairy Journal**, v. 91, p. 48-54, 2019.

- CRUZ, B. E. V. D.; HESPANHOL, R. A. M. Indicação geográfica e queijos artesanais: marco legal e desafios a uma política para este segmento no Brasil. **Confins. Revue Franco-brésilienne De Géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018.
- DA SILVA, F.; DA SILVA, G.; TONIAL, I. B.; DE CASTRO-CISLAGHI, F. P. Qualidade microbiológica e físico-química de queijos coloniais com e sem inspeção, comercializados no sudoeste do Paraná. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 33, n. 2, p. 31-42, 2016.
- DA SILVA, R.; DINI, C. M.; GOMES, E. **Aplicação de protease microbiana no processo de fabricação de queijo**. Patente. Universidade Estadual Paulista (UNESP). 2017.
- DE SÁ OLIVEIRA, K.; DE SOUZA, L. C.; STEPHANI, R.; ALMEIDA, M. R.; DE OLIVEIRA, L. F. C. Analysis of spreadable cheese by Raman spectroscopy and chemometric tools. **Food Chemistry**, v. 194, p. 441-446, 2016.
- DIAS, G.; TAVARES, G. M.; CARVALHO, A. F., FURTADO, M. M. Influência do uso de cultura adjunta nas características físico-químicas e sensoriais do queijo tipo Camembert. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. p. 500-6, 2012.
- DI PINTO, A.; MOTTOLA, A.; MARCHETTI, P.; SAVARINO, A.; TANTILLO, G. Fraudulent species substitution in e-commerce of protected denomination origin (PDO) products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 79, p. 143-147, 2019.
- DO AMARANTE, J. O. A. **Queijos do Brasil e do mundo para iniciantes e apreciadores**. Mescla Editorial, 1ª ed. p. 352. 2015.
- DO VALE, R. C.; RODRIGUES, M. P. J.; MARTINS, J. M. Influência do tipo de fermento nas características físico-químicas de queijo Minas artesanal do serro–Minas Gerais, maturado em condições controladas. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 2, p. 82-90, 2018.
- DORIGON, C.; RENK, A. Técnicas e métodos tradicionais de processamento de produtos coloniais: de “miudezas de colonos pobres” aos mercados de qualidade diferenciada. **Revista de Economia Agrícola**, v. 58, n. 1, 2011.
- DOS SANTOS-KOELLN, F. T.; MATTANA, A.; HERMES, E. Avaliação microbiológica do queijo tipo mussarela e queijo colonial comercializado na região oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 2, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Anuário leite 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094149/anuario-leite-2018-indicadores-tendencias-e-oportunidades-para-quem-vive-no-setor-leiteiro>>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- FARIAS, F. O.; ALBERTI, A.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Mixture design applied to the study of bioethanol production from cheese whey and corn steep liquor. **Brazilian Journal of Food Research**. v.7. p.150-172, 2016.
- FERREIRA, M. M. C. **Quimiometria: Conceitos, Métodos e Aplicações**. 1 ed. Editora da Unicamp: Campinas, SP, Brasil, 2015.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. In **Fundamentals of Cheese Science**, 2nd ed., New York: Springer US, p.799. 2017.

FREITAS, V. A. M. **Estudos SAR e QSAR-2D de derivados de N-benzoil-2hidroxibenzamidas ativos contra Plasmodium falciparum**. Universidade Federal da Paraíba - Dissertação. 2017.

GALLO, C. R.; OLIVEIRA, A. J.; CARUSO, J. G. B. A microflora de derivados do leite como índice de qualidade: I. Queijos. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 40, n. 1, p. 345-360, 1983.

GAN, H. H.; YAN, B.; LINFORTH, R. S.; FISK, I. D. Development and validation of an APCI-MS/GC-MS approach for the classification and prediction of Cheddar cheese maturity. **Food Chemistry**, v. 190, p. 442-447, 2016.

GUIMARÃES, J.; DE ABREU, L. R.; MAGALHÃES, F. A. R.; PICCOLI, R. H.; FERREIRA, E. B. Características físico-químicas do queijo Minas artesanal da Canastra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, n. 380, p. 16-22, 2011.

GENIS, D. O.; SEZER, B.; DURNA, S.; BOYACI, I. H. Determination of milk fat authenticity in ultra-filtered white cheese by using Raman spectroscopy with multivariate data analysis. **Food Chemistry**, v. 336, p. 127-699, 2021.

HASSAN, F. A. M.; ABD EL-GAWAD, M. A. M.; ENAB, A. K. Flavour Compounds in Cheese (Review). **International Journal of Academic Research**, v. 4, n. 5, p. 15 - 30, 2013.

HORNE, D. S., BANKS, J. M. Rennet-induced Coagulation of Milk In: Fox, P.F.; MCSWEENEY, P. L. H.; COGAN, T. M.; GUINEE, T. P. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology – General Aspects**. 3 ed. London: Chapman & Hall, 2004.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JASTER, H.; CAMPOS, A. C. L. P.; AUER, L. B.; LOS, F. G. B.; SALEM, R. D. S.; ESMERINO, L. A.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Quality evaluation of parmesan-type cheese: a chemometric approach. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 1, p. 181-188, 2014.

JASTER, H.; JUDACEWSKI, P.; RIBEIRO, J. C.; ZIELINSKI, A. A. F.; DEMIATE, I.M.; LOS, P.R.; ALBERTI, A.; NOGUEIRA, A. Quality assessment of the manufacture of new ripened soft cheese by *Geotrichum candidum*: physico-chemical and technological properties. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 50-58, 2018.

JUDACEWSKI, P.; LOS, P. R.; BENVENUTTI, L.; ALBERTI, A.; SIMÕES, D. R.; NOGUEIRA, A. Quality assessment of white mold-ripened cheeses manufactured with different lactic cultures. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 96, n. 11, p. 3831-3837, 2016.

JÚNIOR, J. F. S.; DE OLIVEIRA, D. F.; BRAGHINI, F.; LOSS, E. M.; BRAVO, C. E.; TONIAL, I. B. Caracterização físico-química de queijos Coloniais produzidos em diferentes épocas do ano. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 386, p. 67-80, 2012.

KAMIMURA, B. A.; DE FILIPPIS, F.; SANT'ANA, A. S.; ERCOLINI, D. Large-scale mapping of microbial diversity in artisanal Brazilian cheeses. **Food Microbiology**, v. 80, p. 40-49, 2019.

KIM, N. S.; LEE, J. H.; HAN, K. M.; KIM, J. W.; CHO, S.; KIM, J. Discrimination of commercial cheeses from fatty acid profiles and phytosterol contents obtained by GC and PCA. **Food Chemistry**, v. 143, p. 40-47, 2014.

KNIGHT, G. C.; NICOL, R. S.; MCMEEKIN, T. A. Temperature step changes: a novel approach to control biofilms of *Streptococcus thermophilus* in a pilot plant-scale cheese-milk pasteurisation plant. **International Journal of Food Microbiology**, v. 93, n. 3, p. 305-318, 2004.

KROLOW, R. H.; SILVA, M. A.; PAIM, N. R.; MEDEIROS, R. B.; GONZALEZ, H. L. Composição do leite de vacas Holandesas em pastejo de azevém com a utilização do trevo branco como fonte protéica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, 2012.

LEITE, Z. T. C.; VAITSAMAN, D. S.; DUTRA, P. B. Leite e alguns de seus derivados da antiguidade à atualidade. **QuímicaNova**,v. 29, n. 4, p. 876-880, 2006.

LINDNER, J. D. D. **Characteristics and production of microbial cultures**. In: Fermented Foods of Latin America. CRC Press, 1ed. v. 1. p. 279-306, 2017.

LUCAS, S. D.; SCALCO, A.; FELDHAUS, S.; DRUNKLER, D. A.; COLLA, E. Padrão de identidade e qualidade de queijos colonial e prato, comercializados na cidade de Medianeira-PR. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 386, p. 38-44, 2012.

LUIZ, L. M. P.; CASTRO, R. D.; SANDES, S. H. C.; SILVA, J. G.; OLIVEIRA, L. G.; SALES, G. A.; NUNES, A. C.; SOUZA, M. R. Isolation and identification of lactic acid bacteria from Brazilian Minas artisanal cheese. **CyTA-Journal of Food**, v. 15, n. 1, p. 125-128, 2017.

MACHADO, E. C.; FERREIRA, C. L. L. F.; FONSECA, L. M.; SOARES, F. M.; JÚNIOR, F. N. P. Características físico-químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal produzido na região do Serro, Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 516-521, 2004.

MAGALHÃES, A. R.; JÚNIOR, L. C. G. C.; COSTA, R. G. B.; PEREIRA, D. A.; SAITO, M. M. Avaliação da viabilidade técnica do emprego de resina para tratamento da casca de queijos artesanais da Canastra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 370, p. 39-43, 2009.

- MAJCHER, M. A.; KACZMAREK, A.; PAWLIK, D. K.; PIKUL, J.; JELEŃ, H. H. SPME-MS-based electronicnose as a tool for determination of authenticity of PDO Cheese, Oscypek. **Food Analytical Methods**, v. 8, n. 9, p. 2211-2217, 2015.
- MARINHO, J. F.; LIMA, D. L.; SANTOS, R. C. C.; NOBRE, J. W. Gastronomia e patrimônio imaterial: um estudo sobre o queijo Minas Artesanal na região da Serra da Canastra, Minas Gerais. **Revista Empreenda UniToledo Gestão, Tecnologia e Gastronomia**, v. 1, n. 1, 2017.
- MARINHO, M. T.; ZIELINSKI, A. A.; DEMIATE, I. M.; BERSOT, L. S.; GRANATO, D.; Nogueira, A. Ripened semihard cheese covered with lard and dehydrated rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) leaves: processing, characterization, and quality traits. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 9, 2015.
- MAROTTA, M. M.; DE ROSA, K. N.; KILCAWLEY, E. M.; SHEEHAN, C. M.; DELAHUNTY, T.; UNIACKE-LOWE FOX, P. F. Comparative study on Caciocavallo Campano cheese. **Italian Journal of Food Science**. v.19 p.263–278. 2007.
- MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. Metabolism of residual lactose and of lactate and citrate. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, v. 1, p. 361-371, 2004.
- MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. Application of membrane separation technology to cheese production. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, v. 1, p. 267, 2004.
- MINAS GERAIS. Portaria nº 1969, de 26 de março de 2020. **Dispõe sobre a produção de Queijo Minas Artesanal - QMA em queijarias e entrepostos localizados dentro de microrregiões definidas e para as demais regiões do Estado, caracterizadas ou não como produtora de Queijo Minas Artesanal - QMA**. Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA, 2020.
- MISTRY, V. V. Low fat cheese technology. **International Dairy Journal**. v.11, p. 413-422, 2001.
- MOITA, S. R. **Peptídeos biologicamente ativos extraídos de diferentes tipos de queijos e avaliados por meio de espectrometria de massa**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília. Brasília, 2012.
- MONTEL, M.C.; BUCHIN, S.; MALLET, A.; DELBES-PAUS, C.; VUITTON, D. A.; DESMASURES, N.; BERTHIER, F. Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. **International Journal of Food Microbiology**. v.177 p.136-154. 2014.
- MUKDSI, M. C. A.; FALENTIN, H.; MAILLARD, M. B.; CHUAT, V.; MEDINA, R. B.; PARAYRE, S.; THIERRY, A. The secreted esterase of *Propioni bacterium freudenreichii* has a major role in cheese lipolysis. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 80, n. 2, p. 751-756, 2014.
- MUSA, M. A.; YANG, S. Detection and quantification of cow Milk adulteration using portable near-infrared spectroscopy combined with chemometrics. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 2, p. 198-207, 2021.

OLIVECRONA, T.; VILARO, S.; OLIVECRONA, G. **Lipases in milk. In: Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins.** p. 473-494. Springer, Boston, MA, 2003.

OLIVEIRA, M. N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais.** São Paulo: Atheneu, 2009.

OLIVEIRA, S. P. P.; DO VALE, R. C.; SILVA, V. R. O.; NOGUEIRA, C. H.; DE OLIVEIRA MARTINS, A. D.; MARTINS, J. M. **Capítulo 4-queijo Minas Artesanal do Serro: maturação e segurança alimentar.** Contribuições para a Área de Alimentos: Experiências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campus Rio Pomba, 1ªed., v. 2, p. 72, 2020.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L. AL-SAID, F. A. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food Bioprocess Technology**6 36–60. 2013.

PEDERSEN, T. B.; VOGENSEN, F. K.; ARDÖ, Y. Effect of heterofermentative lactic acid bacteria of DL-starters in initial ripening of semi-hard cheese. **International Dairy Journal**, v. 57, p. 72-79, 2016.

PERRY, K. S. P. Queijos: Aspectos Químicos, Bioquímicos e Microbiológicos. **Química Nova.** v. 27, n. 2, p. 2993-300, 2004.

PIRAINO, P.; UPADHYAY, K. V.; ROSSANO, R.; RICCIO, P.; PARENTE, E.; KELLY, L. A.; McSWEENEY P. L. H. Use of mass spectrometry to characterize proteolysis in cheese. **Food Chemistry.** v. 101, p.964-972, 2007.

RAMÍREZ-NAVAS. J. S.; DE STOUVENEL, A.R. Characterization of Colombian quesillo cheese by spectrophotometry caracterizacion de quesillo colombiano por espectrofotometría. **Vitae – Revista de La Facultad de Química Farmaceutica**, v.19, n.2, 2012.

RAMIREZ-RIVERA,E.J.; DIAZ-RIVERA, P.; RAMON-CANUL, L. G.; JUAREZ-BARRIENTOS, J. M.; RODRIGUEZ-MIRANDA, J.; HERMAN-LARA, E.; PRINYAWIWATKUL, W.;HERRERA-CORREDOR, J. A. Comparison of performance and quantitative descriptive analysis sensory profiling and its relationship to consumer liking between the artisanal cheese producers panel and the descriptive trained panel. **Journal of Dairy Science.** v.101 p.5851-5864. 2018.

ROHM, H.; JAROS, D. Colour of hard cheese. **Z Lebensm Unters Forch** v.203 p.241–244.1996.

SALAÜN, F.; MIETTON, B.; GAUCHERON, F. Buffering capacity of dairy products. **International Dairy Journal.** v.15 95-109. 2005.

SANTA CATARINA. Decreto Lei nº 18250 de 10 de novembro de 2021. **Dispõe sobre os requisitos exigidos para elaboração do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Colonial Artesanal de Leite Cru e adota outras providências.** Assembléia Legislativa de Santa Catarina. 2021.

SANTANA, F. B. D.; SOUZA, A. M. D.; ALMEIDA, M. R.; BREITKREITZ, M. C.; FILGUEIRAS, P. R.; SENA, M. M.; POPPI, R. J. Experimento didático de quimiometria para classificação de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio

combinado com análise discriminante por mínimos quadrados parciais: Um tutorial, parte V. **Química Nova**, v. 43, n. 3, p. 371-381, 2020.

SANT'ANNA, F. M.; WETZELS, S. U.; CICCIO, S. S. H.; FIGUEIREDO, R. C.; VENDAS, G. A.; FIGUEIREDO, N. C.; NUNES, C. A.; SCHMITZ-ESSER, S.; MANN, E.; WAGNER, M.; SOUZA, M. R. Microbial shifts in Minas artisanal cheeses from the Serra do Salitre region of Minas Gerais, Brazil throughout ripening time. **Food Microbiology**, v. 82, p. 349-362, 2019.

SEMJON, B.; REITZNEROVÁ, A.; POLÁKOVÁ, Z.; VÝROSTKOVÁ, J.; MAĽOVÁ, J.; KORÉNEKOVÁ, B.; DUDRIKOVÁ, E.; LOVAYOVÁ, V. The effect of traditional production methods on microbial, physico-chemical and sensory properties of 'Slovenská bryndza' Protected Geographical Indication cheese. **International Journal of Dairy Technology**, v. 71, n. 3, p. 709-716, 2018.

SILVA, F. T. Queijo Minas frescal. **Coleção Agroindústria Familiar**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília – DF, 2005.

SINGH, T. K.; DRAKE, M. A.; CADWALLADER, K. R. Flavor of Cheddar cheese: a chemical and sensory perspective. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, n. 4, p. 166 - 189, 2003.

SOBRAL, D.; COSTA, R. G. B.; DE PAULA, J. C. J.; TEODORO, V. A. M.; MOREIRA, G. D. M. M.; PINTO, M. S. Principais defeitos em queijo Minas artesanal: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 2, p. 108-120, 2017.

SPINNLER, H. E.; GRIPON, J. C. Surface Mould-ripened Cheeses. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H.; COGAN, T. M.; GUINEE, T. P. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology** - Volume 1: General Aspects. 3 ed. London: Chapman & Hall, 2004.

SUZUKI, A.; GARCIA, B.; MORA, T. Indústria de Queijo Camembert. Disponível em: <https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/881623/mod_resource/content/1/Industria_de_queijo_Camembert.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.

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

TARAPOULOUZI, M.; KOKKINOFTA, R.; THEOCHARIS, C. R. Chemometric analysis combined with FTIR spectroscopy of Milk and Halloumi cheese samples according to species' origin. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 7, p. 3262-3273, 2020.

TEIXEIRA, J. L. D. P.; CARAMÊS, E. T. D. S.; BAPTISTA, D. P.; GIGANTE, M. L.; PALLONE, J. A. L. Adulteration Detection in Goat Dairy Beverage Through NIR Spectroscopy and DD-SIMCA. **Food Analytical Methods**, p. 1-9, 2021.

USDA. United States Department of Agriculture. Dairy and Products Annual. 2022. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/wp-content/uploads/2021/11/Dairy-and-Products-Annual_Brasilia_Brazil_10-15-2021.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

VAKALERIS, D. G.; PRINCE, W. V. A Rapid Spectrophotometric Method for Measuring

Cheese Ripening. **Journal of Dairy Science**, v. 42, p. 264 - 276, 1959.

VIGNI, M. L.; DURANTE, C.; MICHELINI, S.; NOCETTI, M.; COCCHI, M. Preliminary assessment of parmigiano reggiano authenticity by handheld Raman spectroscopy. **Foods**, v. 9, n. 11, p. 1563, 2020.

WINCK, C. A.; NETO, A. T. Perfil de propriedades leiteiras de Santa Catarina em relação à Instrução Normativa 51. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v. 12. p. 296-305, 2012.

ZAFFARI, C. B.; MELLO, J. F.; DA COSTA, M. Qualidade bacteriológica de queijos artesanais comercializados em estradas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, 2007.

ZHENG, J.; WITTOUCK, S.; SALVETTI, E.; FRANZ, C. M.; HARRIS, H. M.; MATTARELLI, P.; O'TOLLE, P. W.; POT, B.; VANDAMME, P.; WALTER, J.; WATANABE, K.; WUYTS, S.; FELIS, G. E.; GANZLE, M. G.; LEBEER, S. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v. 70, n. 4, p. 2782-2858, 2020.

ZIELINSKI, A. A.; HAMINIUK, C. W.; NUNES, C. A.; SCHNITZLER, E.; VAN RUTH, S. M.; GRANATO, D. Chemical composition, sensory properties, provenance, and bioactivity of fruit juices as assessed by chemometrics: a critical review and guideline. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 3, p. 300-316, 2014.