

IMAGENS DIGITAIS NO ESTUDO DO ARMAZENAMENTO DO



ISSN: 1984-3151

QUEIJO MINAS FRESCAL: UM ESTUDO COMPARATIVO SOBRE DIFERENTES EMBALAGENS

DIGITAL IMAGES IN THE STUDY OF STORAGE OF MINAS FRESH CHEESE: A COMPARATIVE STUDY ABOUT DIFFERENT PACKAGES

**Amanda Ribeiro de Jesus¹; Ana Clara Vidotti¹; Angela Maria Fernandes¹; Demétrius Dias
Caldas Lopes¹; Fernanda Maria Vitor Silva¹; Janice dos Santos Graciano¹; Khenya
Miranda Strumia¹; Bruno Gonçalves Botelho², Cristina Fantini Miranda³**

- 1 Graduandos em Engenharia de Alimentos. Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. Belo Horizonte, MG. k.strumia@gmail.com.
- 2 Doutor em Química pela UFMG 2014. Belo Horizonte, MG. bruno.botelho@prof.unibh.br.
- 3 Mestre em Ciências de Alimentos pela UFV 1999. Belo Horizonte, MG. cristina.miranda@prof.unibh.br.

Recebido em: 10/08/2015 - Aprovado em: 28/05/2016 - Disponibilizado em: 31/05/2016

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de sacos plásticos de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e embalagens a vácuo sobre a cor, a qualidade físico-química e microbiológica do queijo Minas frescal. Foram avaliados 10 queijos provenientes de 5 produtores artesanais da cidade de Belo Horizonte, adquiridos 2 dias após a fabricação. Os queijos foram divididos em dois grupos, cada qual com 15 unidades (três pedaços de cinco queijos), e acondicionados em geladeira a temperatura de 6 °C até o momento dos testes. As análises de pH, teor de umidade, teor de gordura, microbiológicas e o estudo da cor foram feitos nos dias 0, 10 e 20, tanto da parte interna, quanto da parte externa do produto. O uso de ferramentas quimiométricas, como o Image Principal Componente Analysis (PCA de imagens), permitiu evidenciar alterações de cor das amostras no período de observação e correlacioná-las com os dois tipos de embalagens utilizados e com os valores obtidos nas análises físico-químicas. Os resultados apontaram que as características das embalagens relacionadas à permeabilidade a gases e vapor d'água propiciaram alterações físico-químicas e microbiológicas nas amostras, resultando em diferentes tonalidades de amarelo perfeitamente evidenciadas pelo PCA, sendo que a embalagem a vácuo se demonstrou mais eficaz na conservação das propriedades avaliadas. A contaminação microbiológica das amostras ressaltou a importância das boas práticas de fabricação (BPF) na qualidade do queijo Minas frescal.
PALAVRAS-CHAVE: PCA. Queijo Minas Frescal. Cor. Embalagem

ABSTRACT: The purpose of this paper was to evaluate the influence of Low Density Polyethylene plastic bags (LDPE) and vacuum packaging on the color, physicochemical and microbiological quality of Minas fresh cheese. 10 cheeses from 5 artisan producers from the city of Belo Horizonte were acquired two days after fabrication. The cheeses were divided into two groups, each one with 15 units (three pieces of five chesses), and stored in a refrigerator at 6 °C until the day of analysis. The analysis of pH, humidity content, fat content, microbiological and the study of color were made on days 0, 10 and 20, both in the inner and the outer part of the product. The use of chemometric tools, such as Principal Component Image Analysis (Image PCA), was able to detect the color changes of the samples during the observation period and correlate them with the two types of packaging and the variations on the physical chemical parameters. The results showed that the characteristics of the packages related to gases and water vapor permeability have provided physical, chemical and microbiological changes in the samples, resulting in different shades of yellow, perfectly highlighted by the PCA. Microbiological contamination of the samples stressed the importance of good manufacturing practices (GMP) on the quality of Minas fresh cheese.
KEYWORDS: PCA. Minas Fresch Cheese. Color. Package

1 INTRODUÇÃO

O queijo Minas frescal é um dos queijos mais populares do País. É um produto de massa crua, com alto teor de umidade (46 a 55%), não maturado, obtido por coagulação enzimática do leite com coalho e outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não com ação de bactérias lácticas específicas. Apresenta consistência macia com ou sem olhaduras mecânicas, cor esbranquiçada, sem crosta e sabor suave. Sua forma é cilíndrica e possui peso entre 0,5 e 3 kg. O queijo Minas frescal não é padronizado e sua composição de gorduras e proteínas pode variar de 18,5 a 29,22% e de 12 a 18% respectivamente (BRASIL, 1996).

O processo de produção do queijo Minas frescal inicia com a pasteurização do leite, responsável pela redução de sua microbiota. Para obter a coagulação da caseína, são adicionadas culturas lácticas capazes de fermentar a lactose, propiciando a formação de ácido láctico que, por sua vez, diminui o pH e beneficia a ação da renina, enzima proteolítica. Na fabricação do Minas frescal é permitida também a aplicação direta do ácido láctico. A ação das bactérias lácticas causa transformações bioquímicas de lipídios e proteínas, aumentando a proteólise e lipólise. Após a coagulação, a coalhada obtida deve ser trabalhada sob agitação, colocada em uma forma cilíndrica e submetida ao processo de salga, o qual contribui para o desenvolvimento do sabor, controle da umidade e conservação do queijo (SANGALETTI *et al.*, 2009).

O acondicionamento do queijo Minas frescal deve ser feito em embalagem bromatologicamente apta, normalmente de material plástico, e mantido a uma temperatura não superior a 8 °C por, no máximo, 20 dias (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2006). A presença de soro na embalagem é comum, decorrente do alto teor de umidade do queijo.

Devido à elevada perecibilidade, a escolha da embalagem é de suma importância para preservação da sanidade do produto, evitando a perda de umidade e a contaminação microbiana. Normalmente, produtores artesanais acondicionam o queijo em sacos plásticos de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), com 30 a 40 µm de espessura, amarrados com arame. O PEBD é flexível, leve, transparente, inerte, possui baixa permeabilidade a gases e umidade e apresenta densidades de 0,912-0,925 g.cm⁻³, esforço de ruptura equivalente a 8,0-10 N.mm⁻² e 20% de alongação à ruptura (COUTINHO *et al.*, 2003), sendo uma embalagem de baixo custo e fácil disponibilidade. O fechamento com arame não é hermético, o que facilita a contaminação microbiana e o vazamento do soro. Uma alternativa é o uso da embalagem a vácuo constituída de 3 a 7 camadas de poliamida (PA) e PEBD, com 75-85 µm de espessura, que permite o fechamento hermético por termosoldagem. O conjunto PEBD/PA tem maior resistência mecânica, menor permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água, aumentando a vida de prateleira, sem alterar o sabor do produto (ALVES *et al.*, 1994).

Os queijos de massa mole com pH levemente ácido e umidade elevada são altamente perecíveis, pois permitem o desenvolvimento de muitos micro-organismos. A contaminação microbiológica pode ocorrer durante qualquer etapa da fabricação, transporte e armazenamento do queijo Minas frescal. As boas práticas de fabricação e as medidas de sanitização durante todo o processo são cruciais para a garantia de um produto de qualidade. As contaminações, aliadas às alterações bioquímicas, podem, em poucos dias, tornar o queijo inaceitável ou até mesmo impróprio para o consumo (ROSSI *et al.*, 2010).

De acordo com os Padrões Microbiológicos estabelecidos na RDC nº 12 de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), as

amostras de queijo Minas frescal devem apresentar tolerância máxima para coliformes a 45 °C.g⁻¹ equivalente a 5x10² Número Mais Provável (NMP), 5x10² Unidade Formadora de Colônia (UFC) de estafilococos coagulase positiva/g e ausência de *Salmonella sp* e *Listeria monocytogenes* em 25 g (BRASIL, 2001).

Diversos relatos indicam que queijos Minas frescal comercializados no Brasil são amplamente contaminados. A proteólise, lipólise e pH são úteis para avaliar quantitativamente a deterioração do alimento e estão relacionados ao seu período de conservação. O pH é um dos principais fatores que influenciam o crescimento de micro-organismos no alimento. No queijo Minas frescal, os valores de pH decrescem com o tempo de conservação, variando, entre o 1° e 21° dia, de 6,66 a 6,31 quando conservado a 4 °C e de 6,16 a 5,38 a 8 °C. Os micro-organismos produzem proteases e lipases que degradam proteínas e lipídeos, respectivamente, liberando subprodutos que alteram aroma, sabor e textura do queijo. A proteólise é caracterizada pela quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis expressas como porcentagem de nitrogênio total, normalmente determinada pela precipitação da caseína até seu ponto isoelétrico. A lipólise dos triacilgliceróis libera glicerol e ácidos graxos como o butírico, capróico, caprílico, cáprico e láurico (SANGALETTI *et al*, 2009).

A maturação é um sistema dinâmico que acontece no envelhecimento do queijo, envolvendo reações químicas, bioquímicas e microbiológicas. A cor branco-amarelada opaca do produto fresco está diretamente ligada ao percentual de gordura, pois deriva da dispersão da luz pelas micelas de caseína. A cor amarelada que surge no armazenamento é devida a substâncias lipossolúveis como riboflavina e substâncias carotenóides alteradas durante o envelhecimento do queijo. A cor dos carotenóides é resultado de um sistema de duplas ligações

conjugadas e, para que a coloração amarela apareça, são necessárias, no mínimo, sete ligações conjugadas (VIEIRA, 2010).

A variabilidade da cor pode ser analisada por ferramentas quimiométricas como o *Image Principal Component Analysis (PCA* de imagens). O PCA é método exploratório de análise multivariada que auxilia na elaboração de hipóteses gerais a partir dos dados coletados. Seu objetivo é extrair informações relevantes de dados complexos, reduzindo a dimensionalidade do conjunto de dados através da representação em um novo sistema de eixos, denominados componentes principais (PC). Cada amostra passa a ser representada como um ponto no espaço multidimensional, no qual é possível extrair informações capazes de agrupá-las em classes com características semelhantes, permitindo uma correlação entre variáveis independentes (MATOS *et al.*, 2003).

As imagens digitais podem ser adquiridas através de equipamentos eletrônicos, como câmera fotográfica, celular ou *scanner*. Para analisá-las com o PCA de imagens, primeiramente devem ser decompostas em um sistema de cores como o RGB (*Red Green Blue*), que usa a combinação do vermelho, verde e azul para formar as variedades de cores. Cada pixel é formado pela combinação dessas 3 cores e sua intensidade é medida em canais, podendo variar de 0 a 255, ou seja, da ausência à máxima intensidade da cor, respectivamente. As combinações dos canais formam 256³ cores diferentes. A união dessas frequências constitui um histograma, o qual é transformado em objetos da matriz de dados, podendo ser utilizado para desenvolver modelos quimiométricos (BOTELHO; ASSIS; SENA, 2014).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de sacos plásticos de PEBD e embalagem a vácuo sobre a cor, a qualidade físico-química e microbiológica do queijo Minas frescal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS

O estudo foi conduzido nos laboratórios de Bromatologia, Microbiologia e Planta Piloto do Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBH), Belo Horizonte, Minas Gerais. Foram avaliados 10 queijos Minas frescal, com aproximadamente 1 kg cada, adquiridos 2 dias após a produção e provenientes de 5 produtores artesanais localizados na cidade de Belo Horizonte.

Após a higienização do ambiente e dos instrumentos utilizados com cloro (4,96 % m/m) e álcool 70 % v/v, cada peça de queijo foi fracionada em três partes de aproximadamente 330 g, totalizando 30 cortes.

As amostras foram embaladas individualmente, devidamente identificadas e divididas em dois grupos, cada um constituído por 15 unidades. Para as peças do grupo A, utilizaram-se sacos de PEBD e fechamento com arame, enquanto as do grupo B foram embaladas a vácuo, em sacos plásticos multicamada PEBD/PA e seladas em seladora a vácuo manual (Orved, Mod.-18).

As amostras foram armazenadas em geladeira a 6 °C (Electrolux, R310), por um período de 20 dias. As análises foram realizadas nos dias 0 (data de aquisição do queijo), 10 e 20 após o início do estudo. Nesses dias, foram analisadas uma peça de cada queijo do grupo A e outra do grupo B, totalizando 10 amostras por período.

2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises foram realizadas em triplicata, nos dias de observação 0, 10 e 20, com amostras provenientes da parte interna e externa do queijo. Os parâmetros mensurados foram pH, umidade e teor de gordura.

2.2.1 ANÁLISES DE UMIDADE

A análise de umidade consiste na perda da umidade e voláteis por dessecação e pesagem do resíduo assim obtido. O teor de extrato seco total do queijo foi determinado de acordo com metodologia estabelecida pela Instrução Normativa nº 68 de 2006, utilizando a técnica de secagem em estufa (BRASIL, 2006).

2.2.2 ANÁLISES DE PH

O pH exprime a concentração de íons de hidrogênio livres na amostra (BRASIL, 2006). Foi determinado a partir de uma pasta homogênea contendo 1 g do produto e 10 mL de água destilada, utilizando um pHmetro digital (Analion, CGC).

2.2.3 ANÁLISES DO TEOR DE GORDURA

A determinação do teor de gordura foi feita nos dias 0, 10 e 20 pelo método de *Bligh-Dyer*, de acordo com as diretrizes do Instituto Adolf Lutz (2008).

2.3 ANÁLISE DAS IMAGENS

Nos dias 0, 10 e 20, as amostras foram desembaladas e retiradas duas fatias de aproximadamente 0,6 cm de espessura, uma da parte externa e outra da parte interna do produto. Em seguida, foram acondicionadas em placa de petri de plástico (9 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura), encaixadas em um isopor pintado de preto para evitar a interferência da luz externa e escaneadas com uma resolução de 1200 dpi (Impressora Multifuncional Epson Stylus Office, TX300F). As imagens obtidas foram tratadas utilizando o programa Matlab, versão 7.13 (*The MathWorks, Natick, MA, USA*) e a análise de PCA foi feita com o programa *PLS Toolbox*, versão 6.5 (*Eigenvector Technologies, Manson, WA, USA*).

Evidenciou-se uma área de 1000 x 1000 pixel da parte central da amostra e a conversão da imagem em histogramas RGB foi feita pelo Matlab. A área selecionada foi tratada com um filtro digital (*unsharp*) para reduzir os ruídos. Obteve-se um histograma com 768 canais por amostra (256 para cada cor RGB), o qual foi usado para construir o modelo PCA. Nesse, foi possível relacionar as alterações de cor com as classes de dias de armazenamento, tipo de embalagem, parte interna e externa das amostras. As frequências RGB são os *loadings*, enquanto as classes relacionadas aos dias de armazenamento e a posição da amostra são os *scores*.

2.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas foram feitas nos dias 0, 10 e 20. As amostras foram pesadas (25 g), transferidas para frascos contendo 225 mL de Água Peptonada Tamponada (APT) 0,1 % e incubadas em estufa a 37 °C por 24 horas. Após esse período, foram feitas 4 diluições em água destilada estéril e as duas últimas foram inoculadas em Agar PCA (*Plate Count Agar*),

utilizando a técnica de espalhamento em superfície (*spread-plate*). O Agar PCA é um meio rico e não seletivo que proporciona o crescimento de bactérias. É ideal para a contagem de placas de micro-organismo em alimentos. As placas inoculadas foram incubadas a 37 °C por 24 horas. Em seguida, fez-se a contagem das colônias e os resultados expressos em UFC. mL⁻¹.

2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado para avaliação dos resultados obtidos, com três repetições para a caracterização do teor de umidade, pH e percentual de lipídios do queijo. Os resultados obtidos foram apresentados como média e desvio padrão e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

3 RESULTADO E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com as análises físico químicas estão descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1

Média dos teores de umidade, pH e gordura de queijos Minas frescal artesanais embalados em PEDB (grupo A).

Amostra	Percentual de umidade (%)				pH				Teor de gordura (%)
	Parte interna		Parte externa		Parte interna		Parte externa		
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
1	52,86 ^a	50,93 ^a	51,95 ^a	50,12 ^a	4,79 ^a	4,62 ^a	5,45 ^a	5,24 ^a	23,43
2	56,70 ^a	54,50 ^a	52,73 ^a	50,51 ^b	5,29 ^a	4,93 ^a	5,80 ^a	5,66 ^a	18,64
3	50,10 ^a	48,34 ^a	49,41 ^a	46,26 ^a	6,12 ^a	5,70 ^a	5,75 ^a	5,66 ^a	22,19
4	48,32 ^a	46,35 ^a	44,75 ^a	38,81 ^b	6,40 ^a	6,13 ^a	6,72 ^a	6,44 ^a	20,86
5	50,17 ^a	47,74 ^a	48,79 ^a	46,67 ^a	5,83 ^a	5,79 ^a	6,61 ^a	5,54 ^a	23,74

*Valores médios de triplicata de cada amostra.

a,b – letras minúsculas iguais demonstram que não há diferença estatística no nível de 5% de significância entre as amostras

Fonte - Próprio autor

Tabela 2

Média dos teores de umidade, pH e gordura de queijos Minas frescal artesanais embalados a vácuo (grupo B).

Amostra	Percentual de umidade (%)				pH				Teor de gordura (%)
	Parte interna		Parte externa		Parte interna		Parte externa		Inicial
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
1	50,27 ^a	49,51 ^a	47,48 ^a	46,63 ^a	5,32 ^a	5,03 ^a	5,35 ^a	5,28 ^b	23,88
2	53,44 ^a	52,71 ^a	53,66 ^a	52,21 ^a	5,52 ^a	4,20 ^a	5,62 ^a	5,14 ^b	21,93
3	49,34 ^a	48,61 ^a	45,51 ^a	44,80 ^b	5,50 ^a	5,39 ^a	5,62 ^a	5,41 ^a	22,03
4	50,07 ^a	49,05 ^a	49,45 ^a	48,86 ^a	5,30 ^a	5,13 ^a	5,44 ^a	5,23 ^a	24,73
5	49,14 ^a	48,53 ^a	46,59 ^a	45,78 ^a	6,47 ^a	6,01 ^a	6,91 ^a	5,44 ^a	23,04

*Valores médios de triplicata de cada amostra.

a,b – letras minúsculas iguais demonstram que não há diferença estatística no nível de 5% de significância entre as amostras

Fonte - Próprio autor

Considerando o dia 0 e 20, a umidade média nas amostras do grupo A variou de 51,63 a 49,57% na parte interna e de 49,49 a 46,47% na parte externa. No mesmo período, os valores para as amostras do grupo B foram de 50,45 a 49,68% para a parte interna e de 48,53 a 47,66 para a parte externa. Segundo o teste de Tukey, as amostras 1 e 5 não apresentaram diferença significativa entre as médias, seja na comparação entre os grupos, seja entre a parte interna e externa. As amostras 2 e 4 do grupo A e a amostra 3 do grupo B apresentaram diferença significativa entre as médias da parte interna e externa. As amostras 3 e 4 da parte externa e 4 da parte interna apresentaram diferença significativa entre os dois tipos de embalagem.

No período de armazenamento, o pH médio das amostras do grupo A variou de 5,69 para 5,43 na parte interna e de 6,07 para 5,71 na parte externa. Nas amostras do grupo B, os valores variaram de 5,62 a 5,15 para a parte interna e de 5,79 a 5,30 para a parte externa. Em todos os grupos, observou-se um declínio ao longo do período de observação. Porém, o resultado foi estatisticamente significativo entre a parte interna e externa das amostras 1 e 2 embaladas a

vácuo e, comparando os dois tipos de embalagem, houve uma diferença significativa entre a parte interna da amostra 2 e entre a parte externa das amostras 1 e 4.

No que tange ao teor de gordura, o percentual médio foi de 21,77 e 23,12% para as amostras do grupo A e B, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os grupos.

Segundo Ricardo *et al.* (2011), graças à falta de padronização do queijo Minas frescal artesanal, os valores de umidade, pH e gordura podem variar sensivelmente. Os valores encontrados no presente trabalho condizem com faixa de variação descrita na literatura.

Os histogramas de frequência RGB apresentam distribuição bem diferente entre os grupos A e B (Figura 1). Como a cor predominante do queijo é o branco, todos os canais apresentam frequências elevadas, uma vez que o branco é formado pela confluência de todos eles. Os canais mais frequentes foram o 207, 456 e 696 para o grupo A e 210, 460 e 696 para o B. Com o envelhecimento, o queijo do grupo A assumiu uma coloração amarelada, o que

justifica um segundo pico de frequência dos canais na região do vermelho (68), verde (326) e azul (584).

Do ponto de vista estatístico, o histograma de uma imagem digital representa a função de distribuição de probabilidade dos canais na imagem. Além disso, é capaz de dar uma ideia de luminosidade média e homogeneidade da imagem. Médias baixas se referem a imagens escuras, enquanto médias altas

àquelas mais claras. Histogramas com desvio padrão baixo significam maior homogeneidade e pouca variabilidade (REIS, 2011). No grupo A, o histograma apresenta um comportamento heterogêneo, com pico de frequência em canais distintos, resultando em tons de amarelo. Por outro lado, o histograma do grupo B apresenta distribuição homogênea, mantendo a cor branca.

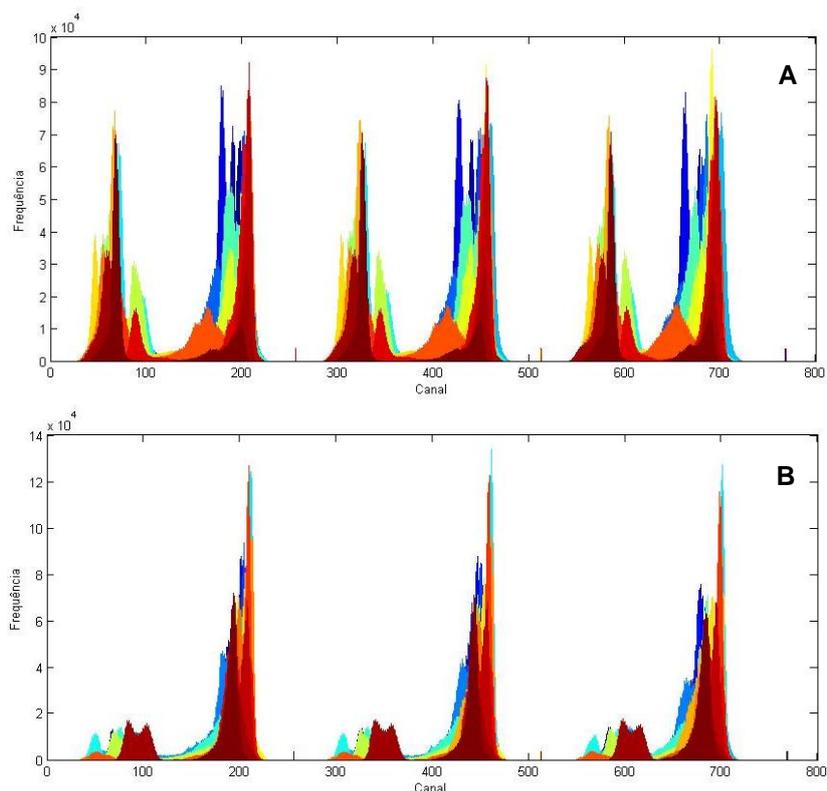


Figura 1 - Histograma de frequência do grupo A (a); Histograma de frequência do grupo B (b)

Fonte - Próprio autor

As imagens digitalizadas foram centradas na média e analisadas após a aplicação do filtro dos mínimos quadrados generalizados (GLS), o qual permite o tratamento de modelos com erros de observação autocorrelacionados. Construiu-se um modelo com 3 PCs que explica 83,33% da variância dos dados. Os *loadings*, ou pesos, permitem evidenciar a importância de cada canal para a previsão do modelo, considerando cada uma das *PCs* (MATOS *et al.*, 2003). Assim sendo, a análise do gráfico de *loadings*

em *PC1*, *PC2* e *PC3* evidenciou uma distribuição heterogênea dos canais, indício de uma participação de todos eles na formação da cor (Figura 2). Os *loadings* em *PC1* permitiram a divisão entre os grupos A e B, ou seja, entre amostras embaladas em PEBD e a vácuo. Os canais com maior influência positiva foram 208, 447 e 695, permitindo a identificação das amostras do grupo B. Os canais com influência negativa foram 207, 430 e 697, identificando as tonalidades características das amostras do grupo A.

Em *PC2*, a influência positiva foi dada, principalmente, pelos canais 210, 444 e 597. Já a influência negativa foi dada pelos canais 215, 456 e 665. Em *PC3*, a distribuição foi ainda mais heterogênea. Os principais canais com influência positiva foram 199, 444 e 681, enquanto os com influência negativa foram 202, 446 e

677. Os *loadings* de *PC2* e *PC3* permitiram separar as tonalidades encontradas entre as amostras internas e externas dentro do grupo A e B. Nesse caso, as amostras internas e externas são identificadas pelos canais positivos e negativos, respectivamente.

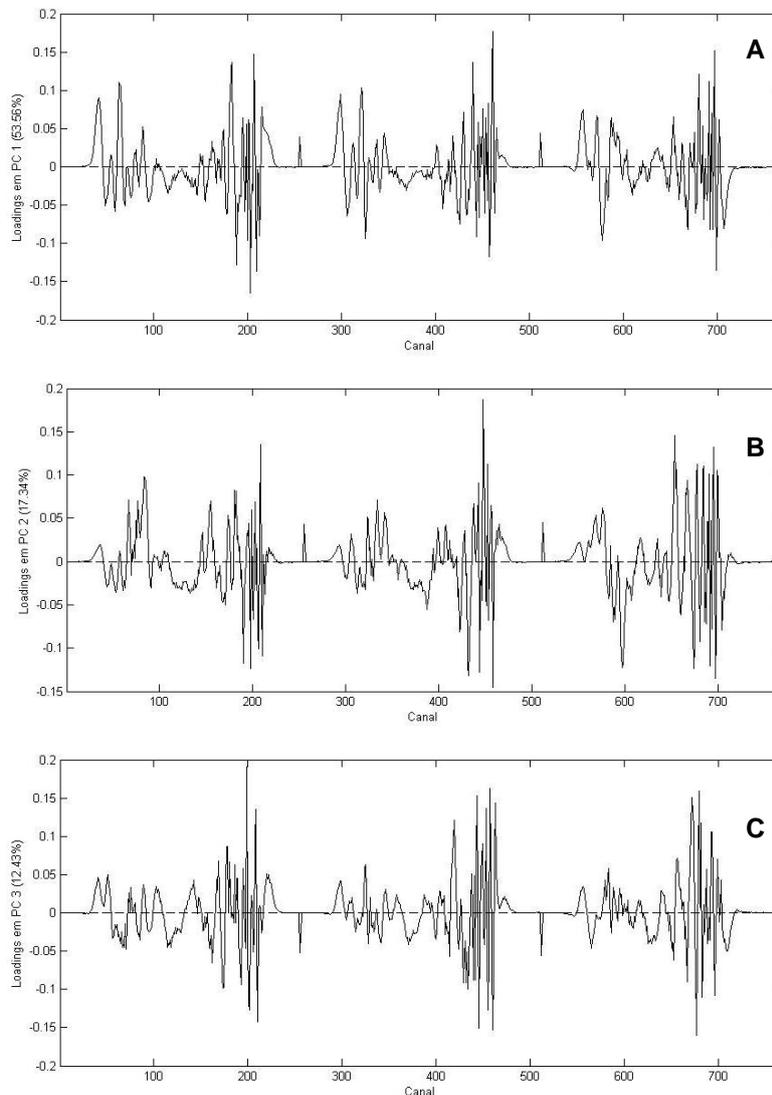


Figura 2 - Gráfico dos *loadings* em *PC1* (a); *PC2* (b) e em *PC3* (c)

Fonte - Próprio autor

O agrupamento das amostras considerando os *scores* em *PC1* e *PC2* apresentou distribuição distinta no espaço e uma completa separação dos grupos A e B (Figura 3). Como a única distinção entre os grupos é a

permeabilidade da embalagem a gases e ao vapor d'água, é clara a interferência da concentração de oxigênio e do teor de umidade na cor do queijo. Em uma análise mais aprofundada empregando os *scores*

nas 3 PCs, é possível estabelecer uma diferença evidente entre a parte interna e externa dentro dos grupos A e B (Figura 4). Esses dados enfatizam a importância da concentração de oxigênio e teor de

umidade na formação da cor, principalmente considerando a diferença da relação volume x superfície entre as amostras da parte interna e externa do queijo.

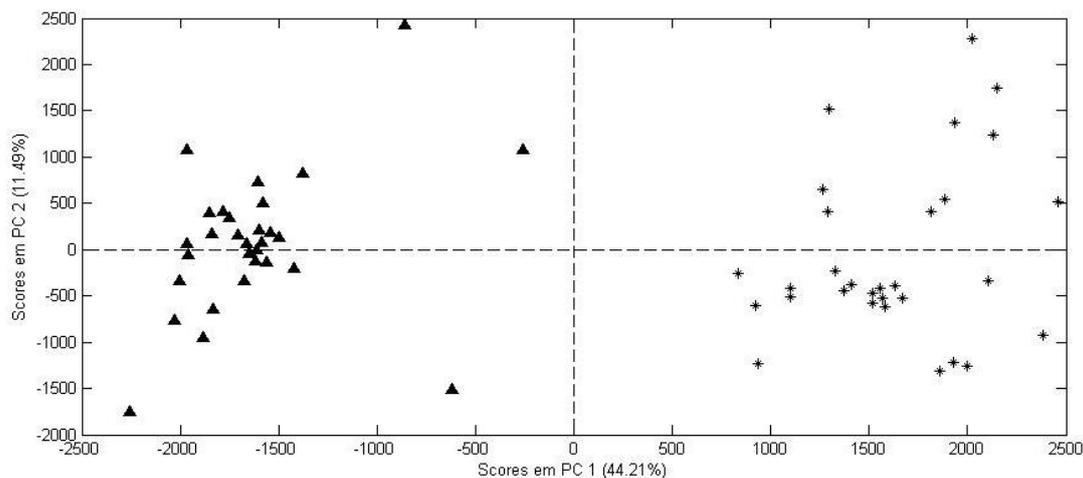


Figura 3 - Gráfico dos scores PC1 versus PC2. Grupo A (▲) e B (*)

Fonte - Próprio autor

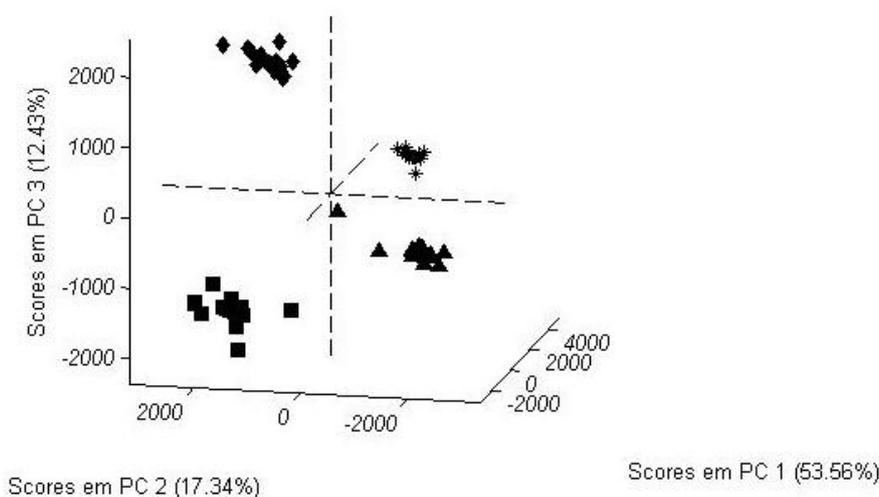


Figura 4 - Gráfico dos scores PC1 versus PC2 versus PC3. Grupo A externo (▲), grupo A interno (*), grupo B interno (◆), grupo B externo (■)

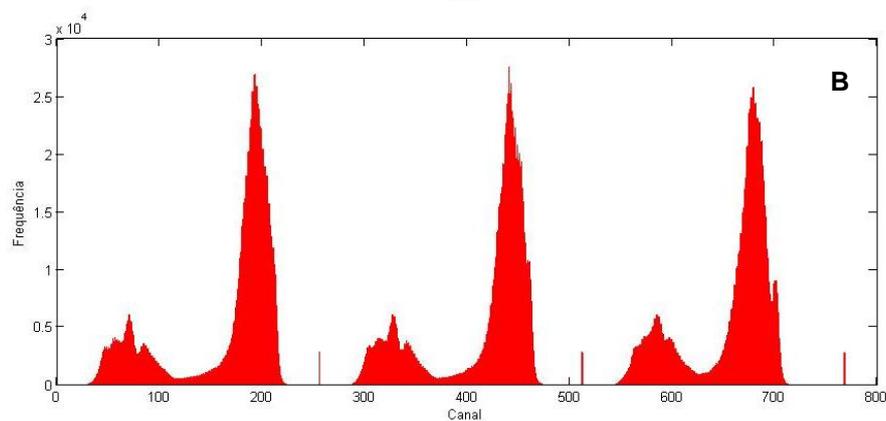
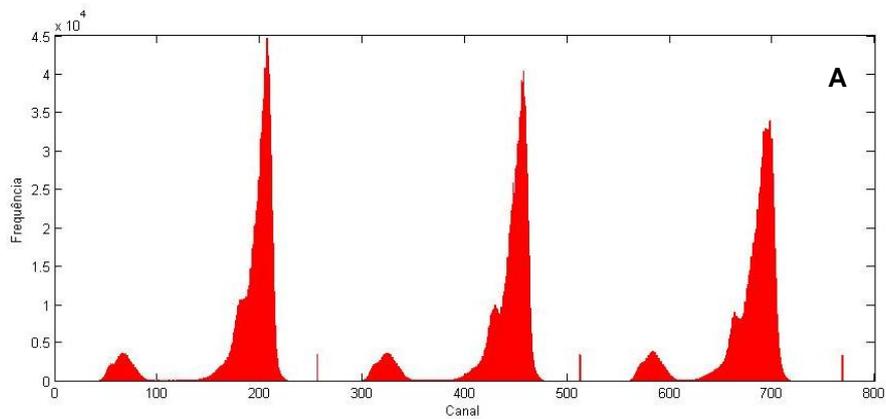
Fonte - Próprio autor

Comparando o histograma de médias diárias com o gráfico do teor de umidade, observa-se uma alteração dos canais à medida que o percentual de umidade decresce (Figura 5). No dia 0, o percentual de umidade médio encontrado foi de 50,03% e os picos

de frequência foram 207, 457 e 697. No dia 10, com uma umidade média de 49,18%, os picos de frequência foram 193, 441 e 679. Já no dia 20, diante de um percentual de umidade médio de 48,35%, os canais com maior frequência foram 197, 447 e 685.

Apesar de não encontrar respaldo na literatura e com base nesses valores, estima-se que houve uma interferência da umidade, mais precisamente da água livre, na alteração da cor. Ao mesmo tempo,

macromoléculas foram perdidas juntamente com o soro, aumentando a concentração de sólidos e sua exposição à ação de agentes oxidantes e enzimas.



C

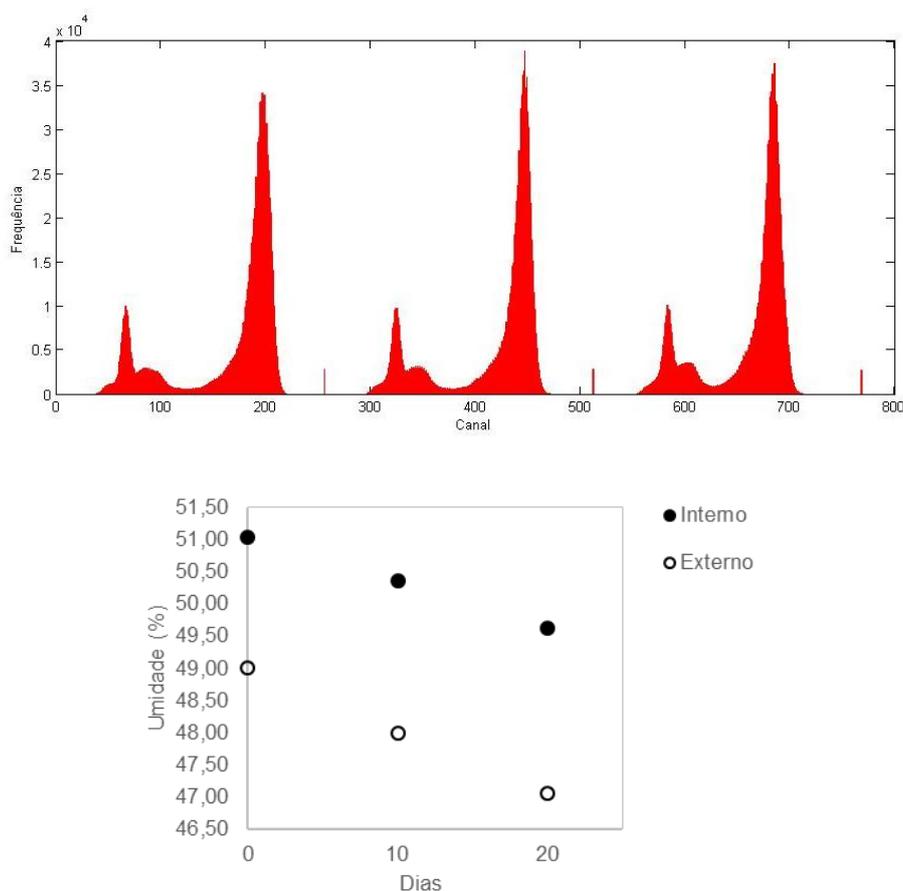


Figura 5 - Gráfico de comparação do histograma de frequência médio com o teor de umidade nos dias 0 (a), 10 (b) e 20 (c)
Fonte - Próprio autor

Dentro da embalagem plástica, a vácuo ou não, o queijo Minas frescal inicia o processo espontâneo de liberação do soro (CIÊNCIA DO LEITE; 2008). Esse é diretamente proporcional ao teor de umidade do queijo, além de ser influenciado pelas condições de transporte, acondicionamento e temperatura. Quanto maior a deficiência nas condições ideais de armazenamento, mais soro é liberado. A capacidade de retenção de água do queijo depende da integridade das macromoléculas, além do poder tamponante dos sais de cálcio (RICARDO *et al.*, 2011). Elementos que influenciam a degradação de proteínas e lipídios aceleram a exsudação do queijo e, conseqüentemente, sua deterioração. Nesse contexto, a permeabilidade da embalagem ao oxigênio e à

umidade é de fundamental importância para a conservação do produto.

Na fabricação do queijo Minas frescal artesanal, as bactérias lácticas produzem ácido láctico, cuja função é melhorar a atividade do coagulante, auxiliar na expulsão do soro da coalhada, reduzir a umidade e promover a prevenção do crescimento de bactérias indesejáveis. As bactérias psicrotróficas encontradas em produtos lácteos sintetizam proteases e lipases durante a fase log (alta atividade metabólica), resultando na degradação de seus componentes (LIMA *et al.*, 2012). As variações de pH estão diretamente ligadas à degradação da lactose residual do queijo Minas frescal, promovida pela microbiota resistente ao cozimento ou pelos micro-organismos contaminantes (FOX *et al.*, 2000).

Segundo Ribeiro *et al.* (2009), durante o período de estocagem do queijo Minas frescal, o alto teor de umidade e a redução de pH favorecem o desenvolvimento microbiano, aumentando o índice de proteólise e lipólise. As alterações da cor do queijo envolvem reações enzimáticas, sendo um indicador de alterações químicas e bioquímicas. As lipoxigenases são responsáveis pela oxidação lipídica enzimática. Catalisam a adição de oxigênio a ácidos graxos poli-insaturados, formando peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas, responsáveis pelas alterações sensoriais do alimento (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Os principais pigmentos responsáveis pela cor amarelada do queijo são a riboflavina e os carotenoides. A riboflavina é um composto hidrossolúvel de cor verde, enquanto os carotenoides são lipossolúveis, de cor amarelada e formados por lipoxidação durante a maturação do queijo. A proteólise da caseína por ação das enzimas do coalho e de proteases de origem bacteriana (psicotróficos) também influencia o amarelamento do queijo Minas frescal. Forma peptídeos de alto peso molecular, aldeídos e álcoois responsáveis pelas alterações físico-químicas do produto (CIÊNCIA DO LEITE, 2008).

A embalagem tem influência direta na qualidade do queijo. Sua propriedade de barreira está intimamente relacionada à estabilidade química, física, sensorial e microbiológica dos produtos. O polímero usado na embalagem a vácuo possui uma boa barreira ao oxigênio e ao vapor d'água. O PEBD apresenta certa permeabilidade a gases, óleos, gorduras e vapor d'água. O contato do oxigênio com determinados produtos pode causar alterações indesejáveis, tais como a rancificação de óleos e gorduras, escurecimento enzimático, diminuição do valor nutricional pela oxidação das vitaminas, contribuir com a proliferação de micro-organismos que deterioram o alimento, além da oxidação de alguns pigmentos e

compostos aromáticos, resultando em alterações de cor, aroma e sabor. Portanto, as diferentes propriedades das embalagens utilizadas são responsáveis pelas alterações de cor encontradas no PCA, principalmente devido à permeabilidade a gases e vapor d'água e à menor concentração de oxigênio encontrada na embalagem a vácuo.

Com relação às análises microbiológicas, todas as amostras apresentaram elevado grau de contaminação desde o dia 0, com valores de UFC.mL⁻¹ superiores aos permitidos pela legislação. Foram identificadas bactérias *Coccos* Gram positivos e *Bacillus* Gram negativos, sugerindo a presença de *Staphylococcus aureus* e Coliformes, respectivamente. Vários foram os autores que evidenciaram a ampla contaminação do queijo Minas frescal produzido no Brasil, o que corrobora os dados encontrados (SANGALETTI *et al.*, 2009).

A embalagem a vácuo possui um sistema de fechamento hermético, conferindo maior proteção contra a contaminação microbiana. Porém, devido à contaminação inicial do produto, no vigésimo dia de observação, todas as amostras apresentaram um número de colônias superior a 2,5x10⁶ UFC, não sendo evidenciada diferença entre os tipos de embalagem. Esses resultados são indicativos de uma deficiência das condições higiênicas durante as etapas de produção. Devido à influência direta dos micro-organismo na qualidade do alimento, as boas práticas de fabricação são parte fundamental do processo de fabricação, associadas a um correto armazenamento. Portanto, é fundamental que seja implantado um controle do processo e de seus pontos críticos, além da manutenção das condições ideais de armazenamento. A contaminação microbiológica do alimento pode envolver micro-organismos patogênicos e deteriorantes. Nesse caso, a segurança alimentar fica comprometida e a síntese de enzimas lipolíticas e proteolíticas altera as características sensoriais do produto (SANGALETTI, 2007).

4 CONCLUSÃO

O método do PCA de imagens comprovou ser eficaz na avaliação da alteração de cor dos queijos, pois permitiu uma correlação destas alterações em virtude das embalagens adotadas. Futuros estudos serão necessários para esclarecer a relação entre a variação de cor e as alterações bioquímicas ocorridas no período de observação, principalmente com relação à importância da umidade no processo.

A embalagem a vácuo demonstrou ser uma ótima barreira ao oxigênio e ao vapor d'água. Propiciou uma menor alteração de cor, demonstrando uma melhor conservação do produto, quando comparado à embalagem plástica de PEBD.

O elevado grau de contaminação microbiana aponta a importância da utilização das Boas Práticas de Fabricação durante a produção do queijo, bem como o seu correto armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos aos membros da Planta Piloto e dos laboratórios de Bromatologia e Microbiologia do UniBH pelo auxílio no desenvolvimento de todas as análises realizadas.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. M. V. *et al.* **Embalagens para produtos de laticínios**. 1 ed. Campinas: Centro de Tecnologia de Embalagens. 1994. 75 f. Contém instruções de várias embalagens para produtos de laticínios. Apostila.

BOTELHO B.G.; ASSIS L.P.; SENA M.M. Development and analytical validation of a simple multivariate calibration method using digital scanner images for sunset yellow determination in soft beverages. **Food Chemistry**, v. 159, p. 175-180, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614004397>>. Acesso em 01 set. 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **D.O.U. - Diário Oficial da União**; Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 06 set. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. **D.O.U. - Diário Oficial da União**;

Poder Executivo, de 14 de dezembro de 2006. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17472>>. Acesso em: 15 out. 2014.

BRASIL. Resolução 145/96. MERCOSUL. **Regulamento Técnico MERCOSUL de Identidade e Qualidade de Queijo Minas Frescal**. Disponível em: <http://www.mercosur.int/msweb/Normas/normas_web/Resoluciones/PT/96145.pdf> Acesso em: 30 de ago. de 2014.

CIÊNCIA DO LEITE. Desenvolvido por: GeminiSistemas, 2008. **Apresenta informações sobre problemas típicos de queijo minas frescal**. Disponível em: <<http://www.cienciadoleite.com.br/?action=1&type=0&a=143>>. Acesso em 16 nov. 2014. Site.

COUTINHO, F. M. B. *et al.* Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, vol. 13, nº 1, p. 1-13, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v13n1/15064>>. Acesso 10 set. 2014.

FOX, P. F. *et al.* **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: NA Aspen Publication, 2000. 587 p.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2008. Disponível

em:<http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealim entosial_2008.pdf>. Acesso em: 20 out. 2014. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Queijo Tipo Minas Frescal e Padrão**. 2006. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/queijo _Minas.asp>. Acesso em: 16 out. 2014.

LIMA, R. da S. *et al.*. **Proteólise - o conceito básico**. Departamento de Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Viçosa. Novembro, 2012. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/mypoint/224299/p_proteolise_parte_1_proteolise_bacterias_psicrotroficas_mastite_4786.aspx>. Acesso em: 15 nov. 2014.

MATOS, G.D. *et al.*. Análise exploratória em química analítica com emprego de quimiometria: PCA e PCA de imagens. **Revista Analytica**, Campinas, v. 6, 38-50, set. 2003. Disponível em: <http://www.revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/06/6%20Art%20Quimiometria.pdf>. Acesso em: 06 set. 2014.

REIS, F.I.M.R.. **Deteção de pedestres em imagens: Uma nova abordagem baseada em redução de dimensionalidade e regras de deteção de outliers**. 87 f. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre (Matemática e Aplicações) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/2589872117164/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2014.

RIBEIRO, E. P.; SIMÕES, L. G.; JURKIEWICZ, C. H. Desenvolvimento de queijos minas frescal adicionado de *Lactobacillus acidophilus* produzido a partir de retentados de ultrafiltração. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol. 29, n.1, jan./mar. 2009. ISSN 1678-457X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000100004>. Acesso em: 15 nov. 2014.

RICARDO, N. R. *et al.*. Análise físico-química de queijos minas frescal artesanais e industrializados comercializados em Londrina-PR. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**. Campo Mourão (PR), v.2, n.2, p.89-95, jul./dez., 2011. Disponível em: <<http://cm.utfpr.edu.br/rebrapa/index.php/rebrapa/articl e/download/48/67>>. Acesso em: 10 set. 2014.

ROSSI, E. M. *et al.*. Avaliação da qualidade microbiológica de queijos Minas Frescal comercializados em supermercados da região Extremo-Oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista Interdisciplinar Evidência-Ciência e Biotecnologia**, Joaçaba: Unoesc, p. 105-114, v. 10, n. 1-2, jan.- dez. 2010. Disponível em: <<file:///C:/Documents%20and%20Settings/Marco/Meus%20documentos/Downloads/ROSSI%202010.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2014.

SANGALETTI, N.. **Estudo da vida útil do queijo minas frescal disponível no mercado**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Piracicaba. Disponível em: <[file:///E:/Meus%20documentos/Downloads/DissertacaoNaianeSangaletti%20\(5\).pdf](file:///E:/Meus%20documentos/Downloads/DissertacaoNaianeSangaletti%20(5).pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2014.

SANGALETTI, N. *et al.* Estudo da vida útil de queijo minas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 29(2): 262-269, abr.-jun. 2009. ISSN 0101-2061. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n2/04.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2014.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Revista Química Nova**, Porto, 22(1) (1999). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1143>>. Acesso em: 05 nov. 2014.

VIEIRA, V. F.. **Características físico-químicas e sensoriais de queijos mussarela elaborados a partir de leites com diferente contagens de células somáticas**. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga. Disponível em: <<http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2011/CARACTER%C3%84DSTICAS%20F%C3%84DSICO-U%C3%84DMICAS%20E%20SENSORIAIS%20DE%20QUEIJOS%20MUSSARELA%20ELABORADOS%20A%20PARTIR%20DE%20LEITES%20C.pdf>>. Acesso em 18 out. 2014.