

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Drielly Coelho Marcondes

**DESEMPENHO TÉRMICO DAS SALAS DE MATURAÇÃO E SUA INFLUÊNCIA
NO QUEIJO ARTESANAL**

Diamantina

2020

Drielly Coelho Marcondes

**DESEMPENHO TÉRMICO DAS SALAS DE MATURAÇÃO E SUA INFLUÊNCIA
NO QUEIJO ARTESANAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Cleube Andrade Boari
Coorientadora: Maria Clara de Carvalho
Guimarães.

Diamantina

2020

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M321d Marcondes, Drielly Coelho
Desempenho térmico das salas de maturação e sua influência no
queijo artesanal / Drielly Coelho Marcondes , 2021.
115 p.: il.

Orientador: Cleube Andrade Boari
Coorientadora: Maria Clara de Carvalho Guimarães

Dissertação (Mestrado– Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri, Diamantina, 2020 (Ano da Defesa).

1. Construções rurais. 2. Temperatura. 3. Desempenho Térmico de
Massa. 4. PH. 5. Umidade I. Boari, Cleube Andrade. II. Guimarães,
Maria Clara de Carvalho. III. Título. IV. Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 631.2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

DRIELLY COELHO MARCONDES

**DESEMPENHO TÉRMICO DAS SALAS DE MATURAÇÃO E SUA INFLUÊNCIA NO QUEIJO
ARTESANAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, nível de Mestrado, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Orientador: Prof. Cleube Andrade Boari
Coorientadora: Maria Clara de Carvalho Guimarães

Data de aprovação 16/12/2020.

Prof. Ricardo Brauer Vigoderis – UFAPE

Prof.^a Cristina Moreira Bonafé – UFVJM

Prof.^a Maria Clara de Carvalho Guimarães – UFVJM

Prof. Cleube Andrade Boari – UFVJM



Documento assinado eletronicamente por **Cleube Andrade Boari, Servidor**, em 19/02/2021, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristina Moreira Bonafe, Servidor**, em 19/02/2021, às 15:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Clara de Carvalho Guimaraes, Servidor**, em 19/02/2021, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Brauer Vigoderis, Usuário Externo**, em 22/02/2021, às 14:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0286583** e o código CRC **C3142F06**.

Aos meus pais, e irmão pelo carinho, amor e dedicação.

Aos meus sobrinhos, luz de Deus em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo amor incondicional.

Aos meus pais e irmão pelo investimento e dedicação a minha formação.

Aos produtores rurais participantes da pesquisa, Deobaldino, João, Nonato, Leandro e Ewerton, pelo investimento e acolhida.

Aos orientadores professores Cleube e Maria Clara, pela orientação, amizade, ensinamentos e compreensão.

Ao Departamento de Zootecnia e o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFVJM, pelo apoio para realização e conclusão da pesquisa.

À Técnica de Laboratório Mariana, pelos ensinamentos, amizade e conselhos.

Aos grupos de estudo AMBIAGRO e NEPOA/ UFVJM em especial aos graduandos Crislaine, Douglas, Carlos e Daniele pelo apoio e empenho para realização da pesquisa.

Às amigas: Dora, Débora, Fernanda e Nicolle pela acolhida e suporte emocional.

Ao amigo Charles pelo companheirismo de sempre.

Ao Gabriel pela colaboração e amizade.

À todos que contribuíram direta e indiretamente para realização desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)-Código de Financiamento-001.

*Uma coisa que aprendi com a vida, e que eu sempre costumo dizer.
Cada pingo é um milagre, que sempre vive a renascer.
Cês me desculpa ter que sair, é que esse assunto é infinito!
O sol já clareou, tá na hora de fazer queijo e pingo!”*
Geraldina (2020). Cordel: Lida de pingo.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o desempenho térmico das salas de maturação por meio do comportamento diário das temperaturas e umidades relativas internas e externas, do índice de Desempenho Térmico de Massa (k_1) e seu efeito na qualidade físico-química dos queijos. Realizou-se coleta de informações arquitetônicas e ambientais, e mensuração da temperatura e umidade relativa de hora em hora, nas salas de maturação de cinco queijarias artesanais, QA, QB, QC, QD e QE localizadas na zona bioclimática 3, no estado de Minas Gerais, pelo período de 17 dias de inverno e primavera de 2019. As propriedades térmicas dos materiais de construção foram caracterizadas pela capacidade térmica (CT) e a transmitância térmica (U). A análise de índice de desempenho térmico de massa k_1 foi realizada para as queijarias em delineamento de blocos casualizados (5 queijarias), e dois tratamentos (inverno e primavera). Realizou-se análises acerca dos parâmetros de umidade, matéria seca, gordura, atividade de água, pH, acidez titulável e firmeza. Na análise da influência do índice de desempenho térmico nos parâmetros de qualidade, foi avaliada a influência de k_1 sobre os parâmetros de qualidade de quatro queijarias, em delineamento de blocos casualizados (4 queijarias) com dois queijos de cada idade de maturação (03 e 17 dias), em quatro queijarias (QA, QB, QC e QD), no inverno e primavera de 2019. As principais inviabilidades construtivas que prejudicam o desempenho térmico das salas de maturação foram: ausência de vegetação próxima à envoltória, orientação a oeste e leste das fachadas; pé-direito baixo de 3 metros, baixas propriedades térmicas das coberturas e das fachadas, acesso direto a sala de fabricação, janelas e óculos de expedição permanentemente fechados. Nenhuma das salas de maturação conseguiu fornecer adequada temperatura e umidade relativa de maturação para o tipo de queijo que produzem. O índice de Desempenho Térmico de Massa no inverno foi superior ($p < 0,05$) ao da primavera, revelando maior amplitude térmica da estação mais fria e menor amplitude térmica na primavera. Quanto maior o índice de Desempenho Térmico de Massa, os queijos tenderam a perder mais umidade para o ambiente, aumentar o teor de gordura, reduzir a atividade de água, e aumentar a firmeza ($p < 0,05$). Além disso, ocorreu o aumento da acidez e a redução do pH ($p < 0,05$). Esses parâmetros são indesejáveis para a qualidade do queijo artesanal, pois os sujeita ao aparecimento de defeitos. Modificações por meio de estratégias primárias e secundárias são indispensáveis para as salas de maturação, a fim de minimizar as oscilações climáticas de temperatura e umidade e proporcionar condições adequadas para maturação do queijo artesanal.

Palavras-chave: Construções rurais. Temperatura. Umidade relativa. Altitude. pH.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the thermal performance of the maturation rooms through the daily behavior of internal and external temperatures and relative humidity, the Thermal Mass Performance Index (k1) and its effect on the physical-chemical quality of the cheeses. Architectural and environmental information was collected, and hourly temperature and relative humidity were measured in the maturation rooms of five artisanal cheese shops, QA, QB, QC, QD and QE located in the bioclimatic zone 3, in the state of Minas. Gerais, for a period of 17 days in winter and spring 2019. The thermal properties of construction materials were characterized by thermal capacity (CT) and thermal transmittance (U). The analysis of the thermal performance index of mass k1 was carried out for the cheese makers in a randomized block design (5 cheese makers), and two treatments (winter and spring). Analyzes were carried out on the parameters of humidity, dry matter, fat, water activity, pH, titratable acidity and firmness. In the analysis of the influence of the thermal performance index on the quality parameters, the influence of k1 on the quality parameters of four cheesemakers was evaluated, in a randomized block design (4 cheesemakers) with two cheeses of each age of maturation (03 and 17 days), in four cheese factories (QA, QB, QC and QD), in the winter and spring of 2019. The main constraints that hinder the thermal performance of the maturation rooms were: absence of vegetation close to the envelope, orientation to the west and east the facades; low ceiling height of 3 meters, low thermal properties of roofs and facades, direct access to the manufacturing room, windows and shipping glasses permanently closed. None of the maturation rooms were able to provide adequate maturation temperature and relative humidity for the type of cheese they produce. The Mass Thermal Performance index in winter was higher ($p < 0.05$) than in the spring, revealing a greater thermal range in the coldest season and a lower thermal range in spring. The higher the Thermal Mass Performance Index, the cheeses tended to lose more moisture to the environment, increase the fat content, reduce the water activity, and increase the firmness ($p < 0.05$). In addition, there was an increase in acidity and a decrease in pH ($p < 0.05$). These parameters are undesirable for the quality of artisanal cheese, as they are subject to the appearance of defects. Modifications by means of primary and secondary strategies are indispensable for the ripening rooms, in order to minimize climatic fluctuations in temperature and humidity and to provide adequate conditions for the maturation of artisanal cheese.

Keywords: Rural buildings. Temperature. Relative humidity. Altitude. pH.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 <i>Queijo Minas Artesanal</i>	19
2.1.1 <i>Maturação</i>	21
2.1.1.1 <i>Microrganismos de interesse tecnológico para a maturação de queijos e seus requerimentos climáticos</i>	23
2.2 <i>Desempenho térmico de edificações rurais</i>	26
2.2.1 <i>Meios de trocas de calor</i>	26
2.2.2 <i>Propriedades térmicas da envoltória</i>	27
2.2.2.1 <i>Absortância</i>	28
2.2.2.2 <i>Condutividade térmica</i>	28
2.2.2.3 <i>Resistência Térmica</i>	29
2.2.2.4 <i>Transmitância Térmica</i>	29
2.2.2.5 <i>Capacidade Térmica</i>	30
2.2.2.6 <i>Atraso Térmico</i>	31
2.2.3 <i>Estratégias de acondicionamento térmico</i>	31
2.2.3.1 <i>Localização</i>	32
2.2.3.2 <i>Orientação</i>	32
2.2.3.3 <i>Paisagismo-Circundante</i>	33
2.2.3.4 <i>Pé-direito</i>	34
2.2.4 <i>Índice de desempenho térmico</i>	34
REFERÊNCIAS	38
ARTIGO 1: Desempenho térmico de salas de maturação de queijarias artesanais : Estudo de caso	42
1 INTRODUÇÃO	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 <i>Análise arquitetônica das salas de maturação</i>	48

2.2 Avaliação do desempenho térmico dos materiais da envoltória.....	49
2.3 Caracterização das condições climáticas locais.....	49
2.4 Análise estatística dos dados.....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1 Características arquitetônicas e propriedades térmicas da envoltória das salas de maturação.....	50
3.1.1 Queijaria A.....	51
3.1.2 Queijaria QB.....	55
3.1.3 Queijaria QC.....	57
3.2 Avaliação climática e análise estatística.....	60
3.3 Estratégias para as inviabilidades térmicas	66
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
5 REFERÊNCIAS	69
1 INTRODUÇÃO	76
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	78
2.1 Análises das características arquitetônicas e ambientais das salas de maturação	78
2.2 Desempenho dos materiais da envoltória	78
2.3 Análises da qualidade dos Queijos Artesanais	80
2.4 Análises estatísticas.....	81
2.4.1 Modelo estatístico aplicado para análise de índice de Desempenho Térmico de Massa (k_j).....	82
2.4.2 Modelo estatístico para Análise do efeito de desempenho térmico nos parâmetros de qualidade dos queijos	82
2.5 Identificação de técnicas construtivas disponíveis para salas de maturação.....	83
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
3.1 Características arquitetônicas e ambientais, e propriedades térmicas.	84
3.1.1 Sala de maturação da queijaria QA.....	87
3.1.2 Sala de maturação da queijaria QB.....	87

<i>3.1.3 Sala de maturação da queijaria QC</i>	88
<i>3.1.4 Sala de maturação da queijaria QD</i>	89
<i>3.1.5 Sala de maturação da queijaria QE</i>	90
<i>3.2 Caracterização climática e índices de desempenho das edificações</i>	90
<i>3.3 Análise das condições climáticas de exposição de inverno e primavera no desempenho térmico da envoltória e na qualidade dos queijos</i>	100
<i>3.4 Concepções e técnicas construtivas disponíveis para salas de maturação</i>	108
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
5 REFERÊNCIAS	113

1 INTRODUÇÃO

O Queijo Minas Artesanal (QMA) é um alimento tradicional em todo estado de Minas Gerais. A produção do QMA é realizada a partir do leite cru, adicionado do Pingo (soro fermento), coalho e sal. Cada receita traz consigo a representatividade cultural e social de cada região produtora, conforme suas peculiaridades. Atualmente sete microrregiões possuem indicação de procedência, são elas: Serro, Canastra, Serra do Salitre, Campo Vertente, Araxá, Alagoa e Cerrado. Essas microrregiões são formadas por municípios que detêm de métodos de produção tradicionais. Na microrregião do Serro, o produto recebe o nome de Queijo Minas Artesanal do Serro, cujo qual está autorizado a ser produzido pelos municípios de Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro, Dom Joaquim, Materlândia, Paulistas, Rio Vermelho, Sabinópolis, Santo Antônio do Itambé, Serra Azul de Minas, Coluna e Serro. Nesta microrregião, a produção do QMA é centenária com fortes ligações a colonização, abertura das estradas reais e garimpo.

Existem ainda municípios que produzem o QMA, mas que não pertencem a microrregiões, como é o caso do município de Diamantina, Minas Gerais. Esses queijos também possuem receitas tradicionais, e são fabricados em locais que agregam ao produto as características do clima, das pastagens e da altitude, peculiares dessa região.

A última etapa de produção é denominada maturação, na qual os queijos descansam sobre prateleiras de madeira. Nesta etapa, enzimas endógenas do leite do pingo e de microrganismos do ambiente promovem uma série de transformações bioquímicas nos constituintes da massa, que por sua vez irão caracterizar o sabor, a textura e o aroma do queijo. A maturação tem grande influência sobre a qualidade sensorial do produto, portanto a atenção a essa etapa não pode limitar-se ao descanso da massa por um período mínimo, o ambiente deve oferecer ao queijo condições climáticas adequadas, como temperatura e umidade, para que o produto expresse seu potencial tecnológico.

A sala de maturação é o local onde ocorre a etapa de maturação, neste ambiente é obrigatório a presença de prateleiras, e de pias acopladas a uma bancada. A legislação do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) estabelece as possíveis condições de maturação. Neste contexto, o QMA pode ser maturado em temperatura ambiente ou em condições climáticas controladas. A maturação em ambiente controlado minimiza a interferência das variações climáticas diárias e anuais na qualidade do queijo. Entretanto a maturação em temperatura ambiente tem um menor controle sobre o padrão de qualidade do produto final, devido à interferência das flutuações climáticas no desenvolvimento tecnológico do queijo.

O arranjo arquitetônico da sala de maturação pode influenciar diretamente na produção de calor no ambiente interno. A orientação da sala no sentido norte-sul, a escassez de arborização próxima às paredes externas, torna as condições de exposições prejudiciais ao controle do calor. Materiais de construção do baixo isolamento térmico tendem favorecer uma alta amplitude térmica interna. O pé-direito abaixo de 3 metros aumenta a concentração de calor no ambiente.

As condições térmicas internas podem influenciar nas características do queijo, provocando o aparecimento de defeitos. O excesso de luz e calor interage com gorduras da superfície do queijo e provoca a formação de compostos rançosos. Grandes flutuações na umidade relativa e o excesso de calor provocam trincas na superfície do queijo em razão da perda de umidade para o ambiente, além de diminuir o peso do alimento. Temperaturas muito altas aceleram o crescimento de microrganismos, o que deixa o queijo com uma aparência disforme devido ao avançado estado de putrefação. As temperaturas baixas inativam os microrganismos, e as reações bioquímicas que agregam características sensoriais não são realizadas.

As instalações destinadas às salas de maturação devem dispor de condições climáticas adequadas que otimizem o ambiente a favor das exigências de uso e ocupação. É indispensável à realização de um estudo climático local afim de que a instalação seja projetada ou realocada considerando o contexto local na qual se insere. Além disso, é necessário avaliar o desempenho térmico dos materiais de construção envolvidos nas instalações para que as intervenções a serem realizadas agreguem as estruturas presentes.

Considerando-se o exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar o desempenho térmico das salas de maturação de queijarias artesanais e sua influência no Queijo Artesanal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O histórico de produção de queijos artesanais no Brasil está associado à importação e formação do rebanho leiteiro inserido pelos portugueses no período colonial, iniciados em 1532. Há registros que confirmam a produção de queijos artesanais em escala comercial a partir do ano de 1581 no estado da Bahia (MORENO, 2013). Desde então, a produção dos queijos artesanais foi difundida pelo território brasileiro, na qual incorporaram-se os saberes culturais culinários de cada localidade.

Após a segunda guerra mundial, a adoção de protocolos e métodos de produção de alimentos norte-americanos foi adotada por diversos países, e o Brasil não se absteve desse movimento. O estilo de vida norte-americano teve forte influência sobre as técnicas e processos da industrialização e, neste contexto, diversas leis foram criadas e impostas a muitos setores, inclusive o lácteo (TOTA, 1993). Assim, houve a industrialização de todos os processos de produção de alimentos de origem animal, respaldada pela Lei Federal 1.283, de 18 /12/1950 (BRASIL, 1950). Por meio de tal lei se exigiu a pasteurização do leite cru destinado à produção de derivados lácteos, além da proibição do uso de técnicas e equipamentos que não fossem condizentes com o método industrial, tais como o uso de bancas e formas de madeiras muito utilizadas nas produções artesanais.

Apenas em 2002, Minas Gerais, estado com maior representatividade na cadeia produtiva de derivados lácteos no Brasil, sancionou as primeiras leis que viabilizaram a produção de queijos artesanais e sua comercialização nos limites territoriais do estado (MINAS GERAIS, 2002). Em âmbito Federal, somente no ano de 2018, o MAPA acrescentou à Lei 1.283 a autorização para a produção e comercialização de produtos artesanais de origem animal em todo o território nacional por meio do “Selo Arte” (BRASIL, 2018).

2.1 *Queijo Minas Artesanal*

O Queijo Minas Artesanal (QMA) é um derivado lácteo fabricado a partir do leite cru adicionado com Pingo (soro fermento), coalho e sal. A produção do QMA é regulamentada pela Lei Federal 13.860, de 14 /06/ 2018, e pela Lei Estadual 20.549 de 18 /12/2012 (BRASIL, 2018; MINAS GERAIS 2012). Compete ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) e ao Serviço de Inspeção Municipal (SIM) dos municípios credenciados para o “Selo Arte” o registro e fiscalização do QMA e de demais alimentos de origem animal produzidos de forma artesanal no estado de Minas Gerais (BRASIL, 2019a). Atualmente sete

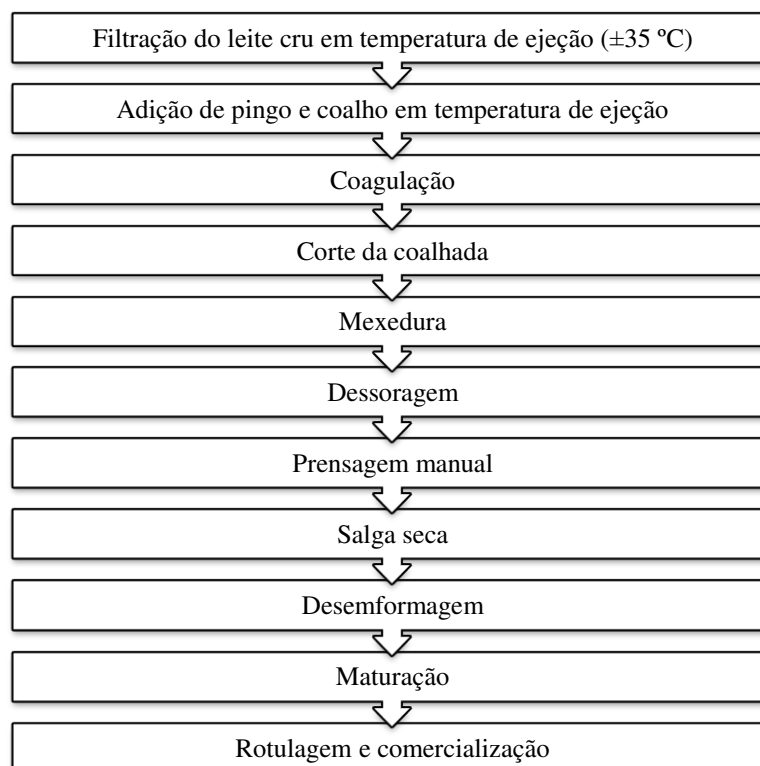
microrregiões estão autorizadas a produzir o QMA, são elas: Serro, Canastra, Serra do Salitre, Campo Vertente, Araxá, Alagoa e Cerrado (MINAS GERAIS, 2020). Essas microrregiões são formadas por municípios que detêm de métodos de produção tradicionais.

O Queijo Minas Artesanal do Serro é considerado uma variedade do QMA. A região produtora deste queijo foi delimitada pela Portaria 564, de 29/10/2002, sendo desde então formada pelos municípios: Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro, Dom Joaquim, Materlândia, Paulistas, Rio Vermelho, Sabinópolis, Santo Antônio do Itambé, Serra Azul de Minas, Coluna e Serro (MINAS GERAIS, 2002). Assim como todo derivado lácteo artesanal, o leite cru destinado à produção do Queijo Minas Artesanal do Serro deve seguir todos os requisitos sanitários e de qualidade exigidos pelo MAPA por meio da Instrução Normativa 73, de 23/12/2019 (BRASIL, 2019b).

Durante os últimos 18 anos diversas leis, portarias e normativas redigidas por órgãos federais e estaduais foram publicadas com objetivo de definir diretrizes nos processos de registro, certificação, produção, fiscalização e comercialização do QMA e suas derivações. Estas leis, além de garantir a qualidade sanitária do alimento para o consumidor, viabilizam e estruturam a produção dos queijos para os produtores. Atualmente as regiões que possuem maior tempo de reconhecimento, como a Região Serro, centram suas forças no aprendizado técnico e científico a fim de aprimorar as etapas do processo de produção.

As etapas do processo de produção do Queijo Minas Artesanal Serro são definidas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do processo de produção do Queijo Minas Artesanal



Fonte: Adaptado de Figueiredo (2018), e da LEI 20549, DE 18/12/2012 (MINAS GERAIS, 2012).

Depois de realizadas as etapas da ordenha e da fabricação, a maturação compreende o maior desafio para os produtores. Pela realização da maturação se é possível agregar valor ao queijo artesanal, o que acontece principalmente devido à atividade de microrganismos de interesse tecnológico inoculados no leite cru, o Pingo, e também pelo ambiente de produção. Durante a maturação ocorre uma série de transformações bioquímicas, as quais proporcionam *flavor*, textura e aparências típicas ao produto final (MCSWEENEY, 2007).

2.1.1 Maturação

A maturação é a etapa na qual ocorre uma série de transformações microbiológicas e bioquímicas, as quais proporcionam a formação de características sensoriais peculiares. Estes fenômenos, complexos e dinâmicos, são mediados por diversas enzimas provenientes do leite cru, do coalho e dos microrganismos de interesse tecnológico (MCSWEENEY & SOUSA, 2000). As enzimas participam da fermentação da lactose, das proteólises e lipólises sendo, portanto, indispensáveis para transformação do queijo.

A fermentação homolática é o processo pelo qual a lactose é transformada em ácido láctico. Este açúcar natural do leite é um dissacarídeo formado por dois monossacarídeos

(glicose e galactose). Praticamente toda a lactose é fermentada pela via do lactato permanecendo no queijo traços deste dissacarídeo. Esta reação é fundamental para a acidificação dos queijos (MCSWEENEY, 2007). As principais enzimas fermentativas da lactose são produzidas pelas bactérias lácticas, que estão naturalmente presentes no leite cru, no Pingo e em diversas superfícies da queijaria artesanal. No processamento de queijos a redução do pH em razão da fermentação da lactose pelas bactérias lácticas não deve atingir valores inferiores à 4,7, o que poderia causar a perda excessiva de umidade da massa (FIGUEIREDO, 2018).

Os principais substratos para proteólise são as caseínas e os grandes peptídeos formados pela ação da quimosina do coalho e a plasmina endógena do leite durante a etapa de fabricação. As proteínas são hidrolisadas à oligopeptídeos e aminoácidos livres pela ação enzimática de diversos microrganismos presentes no Pingo, no ambiente, ou inoculados na etapa de maturação (GOBBETTI, 2002). Toda via dificilmente os microrganismos são exclusivamente proteolíticos, sendo, portanto esta reação realizada normalmente quando o substrato principal, como a lactose e o ácido láctico, fica escasso (MCSWEENEY, 2011). Nessa conjuntura a proteólise aparece mais tardiamente quando comparada à fermentação. Na maturação a hidrólise das proteínas é realizada preferencialmente por enzimas exógenas e endógenas dos microrganismos, sendo estas últimas liberadas no meio após a morte das bactérias, leveduras e fungos (GOBBETTI, 2002). A proteólise tem efeito direto sobre o sabor, aroma e textura do queijo, tornando-se capaz de apresentar diversos aspectos conforme os microrganismos envolvidos. Quando esta reação acontece corretamente sabores e aromas são agregados ao queijo, dentre estes os sabores adocicados, umami, e amendoados (KHATTAB, 2019).

A lipólise nos queijos durante a maturação ocorre de forma limitada e variada, sendo exclusivamente dependente dos microrganismos do meio e do leite. Queijos de leite cru, maturados por um longo período de tempo, estão sujeitos a uma intensa lipólise, a qual é mediada pelas lipases e esterases produzidas pelas bactérias lácticas e pelos microrganismos secundários dependentes do lactato (COLLINS e MCSWEENEY, 2003). Os fungos filamentosos do gênero *Penicillium* e *Geotrichum* são fortes agentes lipolíticos. Os ácidos graxos de cadeia curta e os voláteis, últimos resultantes da hidrólise dos triglicerídeos, agregam aroma e sabor aos queijos (MCSWEENEY, 2011).

2.1.1.1 Microrganismos de interesse tecnológico para a maturação de queijos e seus requerimentos climáticos

Muitos microrganismos participam do processo de maturação de queijos. Dentre estes, os principais grupos microbianos de interesse tecnológico compreendem as bactérias lácticas, as bactérias propiônicas e os fungos filamentosos (GOBBETTI, 2002). Tais microrganismos são encontrados em quantidades variáveis no Queijo Minas Artesanal (LIMA *et al.*, 2009; RESENDE *et al.*, 2010; FIGUEIREDO *et al.*, 2015). Os grupos mencionados apresentam temperaturas ótimas de crescimentos compreendidas de 25 a 45°C. Nestas temperaturas o intervalo entre gerações é curto e a colonização é rápida, a depender de sua intensidade, podem até causar a deterioração dos queijos (COLLINS & MCSWEENEY, 2003). Portanto, recomenda-se que a maturação seja realizada em condições climáticas que permitam o crescimento e sobrevivência da espécie, sem, no entanto, permitir o seu desenvolvimento excessivo ao ponto de causar defeitos no produto.

As bactérias lácticas, além de produzirem ácido láctico, participam da proteólise nos queijos quando estes são maturados por um período acima de 12 meses (MCSWEENEY, 2007). Ao analisar o QMA Serro com três dias de fabricação Figueiredo *et al.* (2015) observaram contagem média de bactérias lácticas de 8,91 log UFC.ml⁻¹. Para estes microrganismos Lima *et al.* (2009) relataram contagens entre 4,59 e 7,30 log UFC.g⁻¹ em amostras de QMA Serra do Salitre. Resende *et al.* (2010) após pesquisarem o efeito da altitude na população de bactérias lácticas no QMA Canastra observaram que as queijarias com altitude de 600 a 900m apresentaram maior contagem destes microrganismos quando comparado a locais com altitude superior. Estes pesquisadores também relataram maiores populações de *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus spp.*, *Lactococcus spp* e outros lactobacilos em queijarias com altitudes superiores à 600 metros.

Os queijos essencialmente maturados por bactérias lácticas requerem condições controladas de temperatura e de umidade. A temperatura ótima para o desenvolvimento destes microrganismos se encontra no intervalo de 37 a 42°C. Entretanto, a faixa recomendada para a maturação de queijos varia de 15 a 20°C. O Grana Padano e o Parmegiano Reggiano, por exemplo, são maturados por períodos superiores a 12 e 18 meses respectivamente, em temperaturas que variam de 18 a 20°C e com umidade relativa de 80 a 85% (GOBBETTI, 2002).

Conforme Sobral *et al.* (2017) além do controle da temperatura e umidade outros fatores devem ser verificados durante a maturação de um queijo. Os excessos de calor e de luz durante a maturação potencializam a oxidação de ácidos graxos insaturados e, conseqüentemente, surgem os aldeídos insaturados que conferem sabor e aroma de ranço no produto. Os referidos autores ressaltaram também que em câmaras de maturação com umidade relativa abaixo de 80% podem surgir trincas nas cascas dos queijos, situação comum quando o ambiente não é termicamente controlado.

As bactérias propiônicas são Gram-positivas, anaeróbicas/aerotolerantes e mesófilas, com temperatura ótima de desenvolvimento em torno de 30°C (ANASTASIOU *et al.*, 2006). Durante a fermentação dos carboidratos e do ácido láctico, previamente produzido pelas bactérias lácticas, as bactérias propiônicas produzem ácidos carboxílicos, como o ácido propiônico e o ácido acético, bem como a água e o dióxido de carbono. Estes produtos da fermentação propiônica são os responsáveis pelas características sensoriais típicas de alguns queijos, como o Suíço e Emmental. O acúmulo do gás dióxido de carbono, CO₂, viabiliza a formação das olhaduras características destes queijos (ANASTASIOU *et al.*, 2006; FURTADO, 2017). Os ésteres e ácidos carboxílicos, em especial o ácido propiônico, são responsáveis pela formação do sabor amendoado e doce destes queijos (THIERY e MAILLARD, 2002; ANASTASIOU *et al.*, 2006). As principais espécies de bactérias propiônicas envolvidas na produção de queijos são: *Propionibacterium freudenreichii*, *Propionibacterium acidipropionici*, *Propionibacterium jensenii* e *Propionibacterium thoenii* (EL SODA e AWAD, 2014). Figueiredo (2018) relatou a contagem média de 6,68 log UFC.g⁻¹ bactérias propiônicas em amostras de Pingo provenientes de cinco queijarias produtoras do QMA Serro.

Em queijos com olhaduras propiônicas, as temperaturas altas, em torno de 20°C, diminuem a solubilidade do CO₂ o que facilita a supersaturação deste gás e sua migração para formação das olhaduras. O Queijo Suíço é maturado em temperatura de 22 ±2°C e umidade relativa do ar de 80 ±5% (MATAGARAS, 2019). O queijo Emmental é maturado a temperatura de 18°C ±1 e em umidade relativa de 75% ±5% (GOZALEZ *et al.*, 2019). Matagaras (2019) observou que temperaturas em torno de 18 a 20°C são indispensáveis para a produção do lactato de cálcio e para a expressão de genes vinculados a produção de sabor e aroma no queijo Suíço, especialmente a acetoína, o diacetil e 2,3-butanodiol. Duru *et al.* (2018) observaram que os genes associados ao sabor do queijo Suíço foram inativados em temperatura de 5°C.

Os fungos filamentosos estão presentes em queijos de mofo azul, como o Gorgonzola e o Roquefort, e em queijos de mofo branco, como o Brie e o Camembert. Estes microrganismos são capazes de realizar intensas proteólise e lipólise nos queijos. O desenvolvimento destes fungos também tem sido observado no QMA Serro, especialmente os fungos brancos. Figueiredo (2018) observou contagem média de $5,84 \log. \text{ UFC.mL}^{-1}$ de fungos filamentosos e de leveduras no Pingo amostrado em cinco queijarias produtoras do QMA Serro. Aragão (2018) identificou a presença predominante de fungos filamentosos do gênero *Geotrichum* e leveduras do gênero *Cândida* no QMA Serro e Canastra. Os principais gêneros de fungos filamentosos utilizados na produção de queijos são: *Kluyveromyces spp.*, *Geotrichum candidum*, *Penicillium camembert* e *Brevibacterium aurantiacum* (LECLERCQ-PERLAT, TRELEA e CORRIEU, 2012).

Para a maturação dos queijos com desenvolvimento do mofo branco são necessárias temperaturas em torno de $12 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa em torno de $95 \pm 15\%$ (SPINLER, 2017). Leclercq-Perlat, Trelea e Corrieu (2012) após analisarem a influência de diferentes temperaturas (8, 12 e 16°C) e umidades relativas (88, 92 e 98%) em parâmetros físico-químicos e microbiológicos do queijo Camembert constataram que espécies essenciais para este queijo (*Kluyveromyces spp.*, *Geotrichum candidum*, *Penicillium camembert* e *Brevibacterium aurantiacum*) apresentaram melhor desenvolvimento a 13°C e 94%. Na temperatura de 8°C e com umidade de 88% foi observado baixo desenvolvimento destes microrganismos. Na temperatura de 16°C , independente dos valores de umidade relativa, foi observada demasiada atividade enzimática destes microrganismos, elevado valor de pH, escurecimento da casca e deterioração dos micélios. Estes autores relataram que na temperatura de 16°C e com umidade relativa de 98% os queijos apresentaram escorrimento da massa (LECLERCQ-PERLAT, TRELEA e CORRIEU, 2012).

Em queijarias com procedimentos e técnicas consolidadas para a maturação de queijos é possível se observar controle da temperatura e da umidade relativa da sala de maturação, de forma a se interferir no desenvolvimento dos microrganismos de interesse tecnológicos e, por fim, nas características sensoriais que serão formadas nos queijos (LECLERCQ-PERLAT, TRELEA e CORRIEU, 2012; Sobral *et al.* 2017; DURU *et al.* 2018). Nas queijarias que produzem o QMA ainda é comum que a maturação seja executada sem controle do ambiente. Isto em parte se deve ao fato de que, por algum tempo, foi exigida que a maturação dos queijos acontecesse em condições ambientais de temperatura e umidade relativa. Nas versões mais atualizadas da legislação, no entanto, foi esclarecida a possibilidade de se maturar o QMA em condições controladas, com temperaturas de 12 a 18°C (MINAS

GERAIS, 2020). Entretanto a maturação dos queijos em temperaturas abaixo de 10°C não é autorizada, sendo permitido apenas em casos de armazenamento do queijo já maturado (MINAS GERAIS, 2020).

Muitos defeitos em queijos artesanais podem ser evitados uma vez que o ambiente disponha de condições térmicas adequadas para sua finalidade de uso. Para tal, é de suma importância conhecer o ambiente interno em todo seu contexto arquitetônico e de exposição, a fim de identificar os possíveis entraves que prejudicam as condições térmicas internas e propor soluções que se ajustem a cada sala de maturação.

2.2 Desempenho térmico de edificações rurais

O ambiente externo é representado por todas as variáveis climáticas, biológicas, químicas, físicas e sociais que interagem com o sistema termodinâmico (animais, homem, plantas) (BAÊTA & SOUZA, 2010). O queijo comporta-se também como um sistema termodinâmico, posto que milhares de seres vivos (fungos, leveduras, bactérias e ácaros) o habitam, e trocam energia continuamente com o meio ambiente, se adaptando às circunstâncias as quais são submetidos.

As condições climáticas internas da sala de maturação são dinâmicas e dependem da interação do ambiente externo com a envoltória, das condições de uso e ocupação (GUIMARÃES, 2009). O acondicionamento térmico tem por finalidade a melhoria das condições de conforto por meio do emprego de estratégias para melhoria das variáveis climáticas ambientais como temperatura e umidade relativa do ar (BAÊTA & SOUZA, 2010). Ao projetar uma queijaria artesanal, ambas as variáveis devem ser consideradas a fim de se obter um projeto arquitetônico que melhor atenda as condições ambientais para finalidade de uso.

2.2.1 Meios de trocas de calor

No ambiente construído sempre haverá transmissão de calor, visto que o ambiente externo e a edificação são dinâmicos quanto à produção e à absorção, portanto, as trocas de calor ocorrem com a finalidade de equilibrar a energia térmica dos corpos. A transferência de calor pode ocorrer de forma sensível, seja por condução, convecção ou por radiação (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA 1997).

Quando existe um gradiente de temperatura entre dois corpos em contato, a transferência de calor se dará por condução. Baêta e Souza (2010) destacam que a velocidade e a magnitude na qual ocorre a condução, relacionam-se diretamente com as características térmicas dos tipos de materiais envolvidos, definida pela Condutividade Térmica. A condutividade térmica representa o fluxo de calor que passa por um material com determinada espessura e área em uma unidade de tempo, por uma diferença de temperatura.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997) a convecção é um fenômeno onde a troca de calor ocorre entre um fluido (gás ou líquido) e um sólido, por meio de um gradiente de pressão na massa fluida em virtude de uma diferença de temperatura. A principal ocorrência de convecção em uma edificação se dá pelas trocas de calor entre o vento e sólidos da envoltória (parede, vidros, dentre outros).

A radiação se manifesta quando existe a troca de calor por ondas eletromagnéticas de dois corpos ou mais em razão de uma diferença de temperatura entre elas (ARANTES, 2011). A radiação ocorre devido ao acúmulo de energia interna de um corpo, que é transformado em energia radiante, e então emitido em um meio transparente. Todo ambiente possui energia radiante, na qual será emitida apenas se o meio transparente que separa um corpo do outro permitir a passagem (OLIVEIRA e RIBAS, 1995). Portanto é necessário o conhecimento das propriedades radiantes dos materiais, como a Absortância.

Os processos de transferência e calor são dinâmicos, cuja magnitude e intensidade dependerão das barreiras físicas impostas pelas propriedades térmicas dos elementos que constituem a envoltória. Neste sentido é de fundamental importância o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção, posto que o ambiente interno sofra diretamente com a capacidade de isolamento da edificação.

2.2.2 Propriedades térmicas da envoltória

Os elementos verticais como paredes e janelas, e os horizontais como telha, forro e laje, que separam o ambiente interno do externo com vistas ao melhor controle das condições climáticas internas, representam a envoltória (PROJETEEE, 2020). Cada material envolvido no sistema de vedação tem propriedades térmicas particulares expressas pela absortância, condutividade térmica, resistência térmica, transmitância térmica e atraso térmico. O conhecimento das propriedades térmicas visa estabelecer a correta seleção do material para sua finalidade de uso.

No Brasil o método de avaliação de desempenho térmico é regulamentado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A NBR 15220 define os métodos de cálculos das propriedades térmicas dos materiais de construção (ABNT, 2005). Enquanto que a NBR 15575 descreve a metodologia de coleta de dados climáticos e análise de desempenho das edificações (ABNT, 2013).

2.2.2.1 Absortância

A absortância (α) é definida pela razão da taxa de radiação solar que é absorvida pela superfície, e está ligada diretamente à cor do material (PROJETEE, 2020). Em elementos de cores claras, a α é baixa (branca $\alpha = 0,20$) e conseqüentemente a radiação é mais refletida do que absorvida pela superfície. Já superfície de cores escuras a α é alta (preta $\alpha = 0,97$.) e, portanto, ocorre maior absorção de calor nesse plano. Nesse contexto, o uso das cores em dadas superfície torna-se uma estratégia justificada para melhoria das condições climáticas do ambiente de acordo com sua finalidade de uso e ocupação.

2.2.2.2 Condutividade térmica

Lamberts e Pereira (1997) definem condutividade térmica (λ) como a propriedade física que mede a capacidade de um material de conduzir o calor submetido a uma temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro, sendo representada no Sistema Internacional (SI) pela unidade $W m^{-1} K^{-1}$. Quanto maior o valor de λ maior a capacidade do material de conduzir o calor, e conseqüentemente maiores serão as entradas de calor dentro da instalação. O alumínio possui uma condutividade de $220 W m^{-1} K^{-1}$, a água $0,60 W m^{-1} K^{-1}$ e o ar $0,024 W m^{-1} K^{-1}$. Observa-se que λ decresce do sólido-líquido-gasoso, o aço é um ótimo condutor de calor, enquanto o ar tem uma maior capacidade de isolamento térmico que a água. Conhecer essa propriedade térmica permite a adoção de estratégias de melhor alocação dos materiais conforme a finalidade de uso.

O valor de λ de alguns materiais pode ser facilmente encontrado na Tabela B3 da NBR 15220 (ABNT, 2005).

2.2.2.3 Resistência Térmica

A Resistência Térmica (R), expressa a resistência física de um material para realizar as trocas de calor por condução (LAMBERTS & PEREIRA 1997). A R é representada pela razão entre a espessura do material e sua λ conforme a Equação 1:

$$R = \frac{\Delta x}{\lambda} \quad (1)$$

Em que:

R é a resistência térmica em $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$;

Δx é a espessura do material em m;

λ é a condutividade térmica $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.

Quanto maior a R, maior será a capacidade da instalação em controlar os efeitos das condições climáticas externa no ambiente interno.

A R pode ser calculada para camadas homogêneas e camadas heterogêneas dos componentes verticais e horizontais. As camadas homogêneas são estruturas constituídas de um mesmo material, por exemplo: telhas metálicas, paredes de vidro, a argamassa entre os tijolos. As heterogêneas são aquelas onde sua constituição é formada por diversas camadas em série, como por exemplo, os tijolos vazados de cerâmica, cuja constituição é cerâmica e a camada de ar existente em cada furo. Os procedimentos de cálculo da R para os elementos verticais e horizontais então descritos na NBR 15220 e podem ser observados na seção 5.0, na qual demonstra por meio de exemplos os métodos de cálculo (ABNT, 2005).

2.2.2.4 Transmitância Térmica

A Transmitância Térmica (U) de componentes, de ambiente a ambiente, é obtido pelo inverso da R, onde a baixa resistência R dos materiais, proporcionam uma U maior, conforme Equação 2:

$$U = \frac{1}{R} \quad (2)$$

Sendo:

U a transmitância térmica de um componente, expressa em $W(m^2 \cdot k)^{-1}$;

R a resistência térmica do(s) material (ais), expressa em $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

Toda superfície externa de uma edificação está sujeita a incidência de calor, o valor de U define a capacidade dos materiais de construção de um elemento permitir a entrada

de calor no ambiente interno. Assim, quanto maior o valor de U, mais facilmente esse calor se manifestará na superfície interna e maior calor incidirá no ambiente (ABNT, 2005). Elementos de espessura fina ou alta condutividade térmica (λ) aumentam a transmitância térmica, como se pode observar pelas equações 1 e 2, o que torna a envoltória ineficiente para isolar a temperatura interna. O baixo isolamento térmico sujeita o ambiente interno a uma alta amplitude térmica, uma vez que a envoltória não se porta como uma barreira eficiente para minimizar as condições de exposição.

2.2.2.5 Capacidade Térmica

A Capacidade Térmica (CT) é uma propriedade dos materiais que expressa à quantidade de calor que um corpo precisa receber para alterar sua temperatura em uma unidade de grau. A partir dos cálculos de R dos elementos verticais e dos elementos horizontais é possível o cálculo da capacidade térmica de componentes. A CT é determinada pela Equação 3 (ABNT, 2005):

$$CT = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{CT_a} + \frac{A_b}{CT_b} + \dots + \frac{A_n}{CT_n}} \quad (3)$$

Onde:

CT é a capacidade térmica total do elemento compreendido por n seções em $\text{kJ.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$;

A_a, A_b, \dots, A_n são as áreas de cada seção, expressa em m^2 ;

CT_a, CT_b, \dots, CT_n são as capacidades térmicas dos componentes para cada seção (a,b,...,n) determinados pela Expressão 4:

$$CT_a = \sum_{i=1}^n \lambda_i * R_i * c_i * \rho_i \quad (4)$$

Em que:

λ_i é a condutividade térmica da camada i, em $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

R_i é a resistência térmica da camada i, radiação difusa e passiva em $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$

c_i é o calor específico da cama i, em kg/m^3 ;

ρ_i é a densidade de massa aparente da camada i, em $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

Os valores de λ , c e ρ estão disponíveis na Tabela B.3, da NB15220 (BRASIL, 2005).

Materiais com alta CT apresentam uma maior inércia térmica do elemento, uma vez que para aumentar a temperatura do material será necessária uma maior temperatura de exposição. Ambientes nos quais serão expostos a uma alta radiação, é aconselhável a escolha de materiais com alta CT, principalmente aquelas que compõem as fachadas, assim as condições de exposição serão minimizadas pelas propriedades térmicas dos materiais da envoltória.

2.2.2.6 Atraso Térmico

As modificações térmicas nas quais uma superfície é exposta não serão observadas de imediato na superfície oposta. A esse fenômeno dar-se o nome de Atraso Térmico (ϕ), no qual é expresso em unidade de tempo, geralmente em horas, e pode ser definido pela Equação 5:

$$\phi = 0,7284 * \sqrt{R * CT} \quad (5)$$

Em que:

R a resistência térmica total do elemento, em $m^2.K.W^{-1}$;

CT é a capacidade térmica total do elemento, em $kJ.m^{-2}.K^{-1}$.

A todo o momento a envoltória está sujeita a mudanças térmicas, isso se deve a dinâmica existente nos processos de troca de calor entre esta e o meio na qual se insere. Assim, o atraso térmico reflete em horas o tempo gasto para que a energia em forma de calor atravesse as barreiras físicas e se manifeste na superfície contrária da qual foi aplicada. O sentido que ocorrerá as trocas de calor dependerá do gradiente de temperatura que ali existe, prevalecendo sempre da maior para menor temperatura.

Os procedimentos de cálculo do ϕ podem ser realizados para elementos homogêneos e heterogêneos, e seus procedimento de cálculo estão descritos nas Seções 7.1 e 7.2 da NBR 15220 (ABNT, 2005).

2.2.3 Estratégias de acondicionamento térmico

O acondicionamento térmico pode ser natural ou artificial, dos quais são empregados de forma individual ou conjunta. O acondicionamento térmico natural visa o controle das variáveis por meio da escolha racional de algumas estratégias (TINÔCO, 2004; GUIMARÃES, 2009). O artificial tem por objetivo o controle das variáveis ambientais a partir de dispositivos e equipamentos de controle térmico, e em todo caso essas estratégias

não descartam o uso de técnicas de controle natural com a finalidade de aperfeiçoar os recursos e minimizar os gastos energéticos (TINÔCO, 2004).

2.2.3.1 Localização

No projeto de implantação, o local deve apresentar boa aptidão para construção não apenas da sala de maturação, mas de toda queijaria e instalações complementares, como a sala de ordenha e o curral de espera. Devem-se priorizar terrenos com boa drenagem e baixo declive (1 a 2%), distantes de fontes produtoras de mau-cheiro e com boa capacidade de ventilação (GUIMARÃES, 2009). Áreas muito abertas, com poucos elementos que podem produzir sombras, favorecem a entrada de radiação solar e vento no interior da instalação, o que aumenta as trocas de energia térmica por radiação e convecção. Tal situação pode ser adequada para alguns ambientes como é o caso das salas de ordenha, bezerreiros, entre outros locais que requerem tais condições. Toda via, essas condições de exposição podem aumentar a produção de calor interno, o que se torna inviável em ambientes que demandam um melhor controle térmico com vistas ao conforto térmico. Caberá ao projetista alocar as estratégias adequadas nos devidos ambientes.

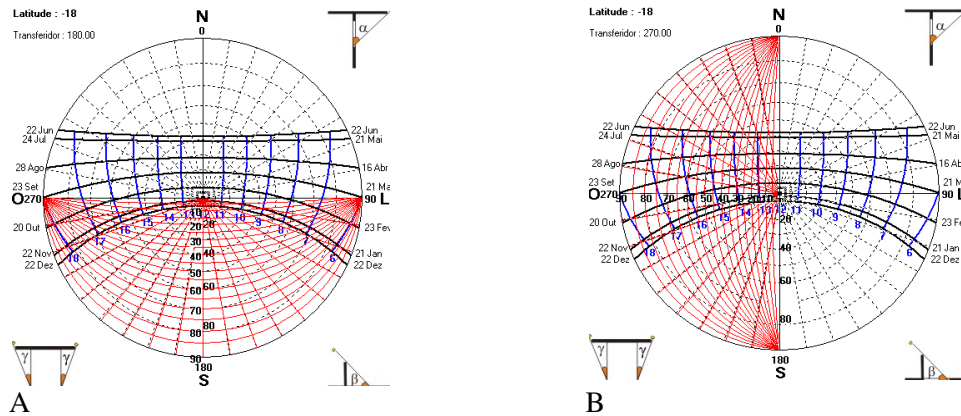
2.2.3.2 Orientação

Os movimentos de rotação e translação da terra são realizados em concomitância, e por eles são definidos as horas do dia e as estações do ano. Contudo, a energia radiante do sol incide sobre a terra de modo diferente ao longo do ano e do dia. Por meio do conhecimento das condições de exposição solar as fachadas dos ambientes podem ser alocadas conforme a finalidade de uso. Em razão da disposição do sol no hemisfério sul, sugere-se que eixo principal das instalações deva estar voltado para o sentido leste-oeste, pois assim o sol incidirá apenas nas faces de menor tamanho e conseqüentemente haverá menor exposição dos ambientes da instalação ao sol (GUIMARÃES, 2009).

O estudo da carta solar é o melhor meio para identificar a exposição das fachadas à incidência solar direta, que pode ser confeccionado manualmente, ou por aplicativos como o SOL-AR 6.2. O SOL-AR 6.2 é um *software* gratuito, desenvolvido por Roberto Lamberts e Alexandra Albuquerque Marciel, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no qual a partir de uma latitude específica é possível obter a carta solar, o número de horas de exposição ao sol, bem como a projeção de sombras de acordo com ângulos desejados para

fachada (LAMBERTS e MARCIEL, 2009). Na Figura 2 podem-se observar as cartas solares plotadas pelo SOL-AR para latitude -18° , com fachadas voltadas para sul e oeste.

Figura 2- Carta solar e exposição ao sol para latitude -18°



Fonte: Software SOL-AR Versão 6.2 A= fachada orientada a sul. B= fachada orientada a oeste.

Esta latitude é representativa do município de Diamantina, Minas Gerais. Para a fachada sul foi inserido um ângulo de 180° , enquanto que para a fachada oeste é identificada por um ângulo de 270° . Os solstícios de inverno e verão, e os equinócios de outono e primavera são representados pelas linhas horizontais da cor preta. As linhas verticais azuis simbolizam as horas do dia, que vão de 05:30 da manhã á 18:30 horas da tarde. As linhas vermelhas representam a radiação solar que esta fachada receberá ao longo do dia de acordo as estações do ano. Segundo a carta solar, a fachada ao sul terá mais de 12 horas de sol no verão e nenhuma exposição ao sol no inverno. Já a fachada voltada a oeste terá cerca de 5 a 6 horas de sol no período da tarde ao longo do ano (LAMBERTS & MARCIEL, 2009).

2.2.3.3 Paisagismo-Circundante

Uma das estratégias para diminuir a radiação solar incidente na instalação se dá por meio do uso de arborização adequada. A arborização se porta como uma barreira para incidência da radiação solar direta que minimiza os efeitos da insolação no desconforto térmico em locais de clima quente (GUIMARÃES 2009). Essa estratégia consegue atenuar os efeitos da insolação através das sombras sobre as coberturas e paredes, o que diminui a carga térmica dos elementos construtivos e no ambiente interno. A cobertura vegetal sobre o solo em torno da instalação minimiza a quantidade de luz refletida e diminui o calor que adentra no ambiente interno. De acordo com Moura (2001), o sombreamento pode reduzir cerca de 23 a 30% dos custos com energia em ambientes climatizados artificialmente. Entretanto, segundo Guimarães (2009) o sombreamento não ocorre de modo constante, uma vez que a carga

térmica radiante não é a mesma ao longo do ano. Nesse sentido busca-se posicionar as plantas considerando a situação mais crítica, na qual é compreendida pelo período onde as temperaturas atingem as máximas, como no verão.

Ressalta-se ainda a importância da arborização ser planejada, de modo adotar espécies que não aglomerem insetos e animais quando a instalação será voltada para produção agroindustrial de alimentos.

2.2.3.4 Pé-direito

O pé-direito representa a altura mínima do piso ao teto. Devido incidência solar direta, a cobertura é o elemento que promove a maior carga térmica interna dentro das instalações (BAËTA e SOUZA, 2010). Além disso, sabe-se que o ar quente produzido pelos processos de transferência de calor no interior da instalação é mais denso e, portanto tende a se concentrar nas camadas superiores da instalação. A energia radiante vinda da cobertura se acumula na instalação, e assim quanto menor o pé-direito, mais próximo os queijos estarão da cobertura, e maior será a exposição à radiação. A literatura aconselha a adoção de pé-direito acima de 3 metros para edificações agroindustriais (SILVA e FERNANDES; 2003).

Nas queijarias artesanais não existe uma altura mínima definida para a sala de maturação, em decorrência muitas queijarias possuem salas de maturação com pé-direito abaixo de 3 metros, o que sujeita os queijos a um ambiente de maturação desfavorável às trocas de calor que ali existem (MARCONDES *et al.*, 2016). Um pé-direito adequado promove uma melhor ventilação natural, diminui a quantidade de radiação que adentra a instalação pela cobertura, e concentra o ar quente advindo das trocas de calor nas camadas superiores e mais distantes do sistema termodinâmico.

2.2.4 Índice de desempenho térmico

Além da escolha do material, com adequadas propriedades térmicas, e a utilização de estratégias de condicionamento naturais, é fundamental a verificação do nível de desempenho térmico da edificação, e das condições climáticas internas e externas, quanto as variáveis como temperatura e umidade relativa. A partir delas, se pode mensurar a resposta térmica da instalação frente às condições de exposição, bem como analisar se o ambiente está devidamente alocado para atividade de ocupação ao qual foi direcionado.

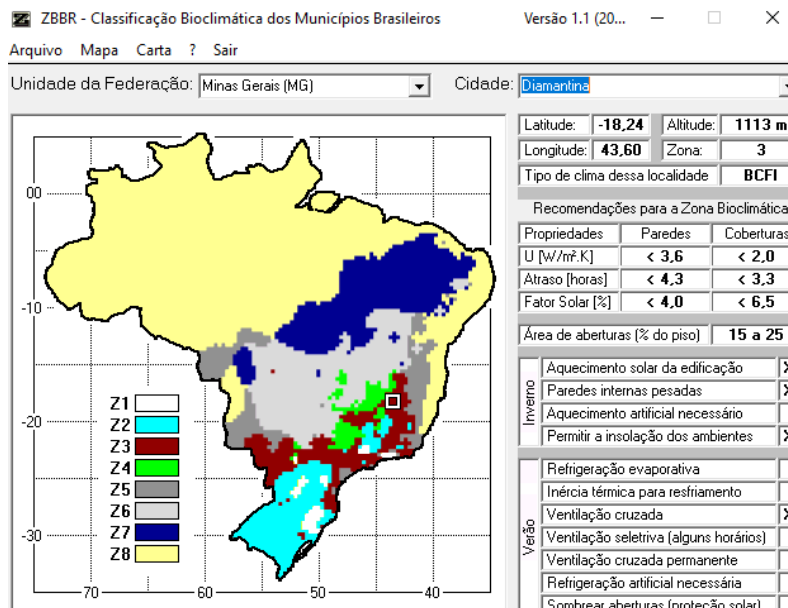
Alguns índices foram criados para avaliação do desempenho térmico a partir de variáveis climáticas, como o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e a Carga Térmica Radiante (CTR), entre outros, aplicáveis a edificações com fins específicos de atendimento do conforto de animais, humanos e vegetais (BAÊTA & SOUZA, 2010). Esses índices são adaptados para cada sistema termodinâmico (aves, bovinos, suínos, etc), por meio de modelagens matemáticas.

Existem ainda índices que conseguem quantificar a eficiência da envoltória frente às condições de exposição como Desempenho Térmico de Massa (k_1), que revela na prática o desempenho térmico expressos nas variáveis climáticas internas, por meio do uso dos dados da temperatura interna e externa para avaliação (GIVONI, 1998). Toda via, é necessário que inicialmente se atente ao método amostral para que o modelo seja válido. Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), a amostragem pode ser realizada por coleta *in loco*, e a coleta dos dados externos pode ser realizada também *in loco*, ou ainda adquirida nas estações meteorológicas mais próximas, de mesma zona bioclimática e com altitude de mesma ordem de grandeza (ABNT, 2013).

As zonas bioclimáticas são formadas pelo agrupamento de cidades que possuem características climáticas comuns, independe de mapeamento geopolítico ou social. O Brasil possui 8 zonas bioclimáticas que são caracterizadas na NBR 15220, e a classificação de 200 cidades na NBR 15575 (ABNT, 2005; ABNT, 2013). Caso a localização de estudo não esteja incluída nas tabelas, a NBR 15575 recomenda o uso de dados climáticos da cidade mais próxima, dentro da mesma zona bioclimática, das quais a altitude apresente uma dimensão de mesma ordem de grandeza. A partir do conhecimento da zona bioclimática do local em estudo, podem-se obter os dados climáticos estação meteorológica mais próxima, para traçar estratégias bioclimáticas adequadas para edificações daquela localidade.

Existem também *softwares* que permitem a classificação de zonas bioclimáticas como o ZBBR 1.1 desenvolvido por (RORIZ, 2004). É um *software* de classificação bioclimática das cidades brasileiras com orientações de soluções térmicas para unidades habitacionais de cada zona bioclimática baseado na NBR 15220 (ABNT, 2005). No Mapa 1 são observadas as zonas de classificação bioclimática do Brasil com destaque para cidade de Diamantina – MG e as recomendações estratégicas de conforto para unidades habitacionais desse local.

Mapa 1- Mapa do zoneamento bioclimático do Brasil com destaque do Município de Diamantina – MG



Fonte: Software ZBBR Versão 1.1, 2004.

O município de Diamantina – MG se encontra na Zona Bioclimática 3, com uma altitude de 1113 metros. À direita podem-se observar algumas recomendações acerca das propriedades térmicas dos materiais de construção para envoltória, e estratégias para inverno e verão. Toda via, estas recomendações são destinadas a unidades habitacionais, cujas quais não abrangem o objeto deste estudo.

O Desempenho térmico de massa (k_1) é uma variável desenvolvida por GIVONI (1998) que estima o desempenho térmico da envoltória, expressando as propriedades de Resistência Térmica (R), Capacidade Térmica (CT) e Absortância (α) do material bem como a ventilação do ambiente (Equação 7).

$$k_1 = \frac{\Delta T_{\max int}}{\Delta T_{\text{med ext}}} \quad (7)$$

Em que:

$\Delta T_{\max int}$ = diferença da temperatura máxima interna de um determinado dia para o dia anterior;

$\Delta T_{\text{med ext}}$ = diferença da temperatura média de um determinado dia para o dia anterior.

Segundo PASPST (2004), k_1 consegue influenciar nas temperaturas máximas internas, da qual a intensidade dependerá do seu nível de massa térmica. Quanto menor o valor de k_1 , maior a capacidade de isolamento da envoltória, com isso o ambiente externo consegue exercer menor influência sobre o interno. Givoni (1998) evidência ainda que nessas

situações ocorra uma maior tendência das temperaturas internas acompanharem as grandes médias externas representadas pelas médias das temperaturas das estações, ou de um grande período avaliado. Já se k_1 é alto, provavelmente o ambiente não apresenta soluções térmicas adequadas e o isolamento da envoltória é baixo, assim as temperaturas internas tem maior tendência a acompanhar as temperaturas externas diárias. .

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT). **NBR 15575-1**: edifícios habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT).**NBR 15220-2**: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005

ANASTASIOU, Rania et al. Changes in protein synthesis during thermal adaptation of *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*. **International journal of food microbiology**, v. 108, n. 3, p. 301-314, 2006.

ARAGÃO, M. de O. P. **Diversidade de fungos filamentosos e leveduras em Queijo Minas Artesanal das microrregiões do Serro e da Serra da Canastra**. 2018. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

ARANTES, Beatriz. **Conforto térmico em habitações de interesse social–Um estudo de caso**. 2013. 114f.Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Bauru, 2013.

BRASIL. Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019 a. Dispõe sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. **Diário Oficial da União**, Distrito Federal, Brasília. 18 de julho de 2019.

BRASIL. Instrução normativa nº 73, de 23 de dezembro de 2019 b. Regulamento Técnico de Boas Práticas Agropecuárias destinadas aos produtores rurais fornecedores de leite para a fabricação de produtos lácteos artesanais, necessárias à concessão do selo ARTE. **Diário Oficial da União**, Distrito Federal, Brasília. Publicado em 30/12/2019.

BRASIL. Lei Federal nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950. Dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Distrito Federal, Brasília.

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

COLLINS, Yvonne F.; MCSWEENEY, Paul LH; WILKINSON, Martin G. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 11, p. 841-866, 2003.

Duru, I. C., Laine, P., Andreevskaya, M., Paulin, L., Kananen, S., Tynkkynen, S., & Smolander, O. P. Ilhan Cem et al. Metagenomic and metatranscriptomic analysis of the microbial community in Swiss-type Maasdam cheese during ripening. **International journal of food microbiology**, v. 281, p. 10-22, 2018.

EL SODA, M.; AWAD, S. **CHEESE| Role of Specific Groups of Bacteria**. 2014.

FIGUEIREDO, Sylvania Pereira et al. Características do leite cru e do queijo Minas artesanal do serro em diferentes meses. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 1, 2015.

FIGUEIREDO, de L.V. **Maturação e características de qualidade do queijo minas artesanal do Serro – MG**. 2018. 89p. Dissertação de Mestrado (Mestre em Zootecnia). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Minas Gerais, 2014.

FURTADO, M. M. **Principais problemas dos queijos**. São Paulo: Setembro Editora, 2017. 256 p.

GIVONI, B. Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures. Part I: 1993 experimental periods. **Energy and Buildings**, v. 28, pp. 25-32. 1998.

GOBBETTI, M.; DI CAGNO, R. **CHEESE Hard Italian Cheeses**. 2002. p.378-385

GONZÁLEZ, M.; BUDELLI, E.; PÉREZ, N., & LEMA. Acoustic techniques to detect eye formation during ripening of Emmental type cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 59, p. 102270, 2019.

GUIMARÃES, M. C. de C. **Inventario de características arquitetônico ambientais associados aos sistemas de condicionamento térmico de galpões avícolas**. 2009. 168f Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

KHATTAB, A. R. et al. Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. **Trends in food science & technology**, v. 88, p. 343-360, 2019.

LAMBERTS, R., DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, PW Editores, São Paulo, 1997.

LAMBERTS, Roberto; MACIEL, Alexandra Albuquerque; ONO, E. Analysis Sol-Ar. 2009. **LABEE-UFSC**. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>.

LECLERCQ-PERLAT, M. N., SICARD, M., TRELEA, I. C., PICQUE, D., & CORRIEU, G. Temperature and relative humidity influence the microbial and physicochemical characteristics of Camembert-type cheese ripening. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 8, p. 4666-4682, 2012.

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

MARCONDES, D. C.; GUIMARAES, M. C. C.; OLIVEIRA, C. P.; BENTO, B. M. C.; CASTRO, G. H. F.; MATOS, E. M. A.; LEAO, A. F. A. Proposta de um projeto arquitetônico

de uma queijaria artesanal para o queijo minas do Serro In: **Ambiência e engenharia na produção animal sustentável**: Condições de clima quente e temperado.1 ed.VIÇOSA: Suprema, 2016, v.1, p. 21-613.

MATARAGAS, Marios. Investigation of genomic characteristics and carbohydrates' metabolic activity of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* during ripening of a Swiss-type cheese. **Food Microbiology**, v. 87, p. 103392, 2020.

MCSWEENEY, P. L. H.; SOUSA, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, [s. l.], v. 80, n. 3, p. 293–324, 2000.

MCSWEENEY, Paul LH (Ed.). **Cheese problems solved**. Elsevier, Boca Raton: CRC, 2007. 424 p.

MCSWEENEY, P. L. H. (2011). Cheese: Biochemistry of cheese ripening. **Encyclopedia of dairy sciences** (pp. 667–674). (2nd ed.). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00080-7>.

MINAS GERAIS. Portaria IMA N° 546, DE 29 outubro de 2002. **Identifica a micro região do Serro**. - QMA. **Minas Gerais**, Belo Horizonte.2002.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei n° 20.549 de 18 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Diário Do Executivo**, Belo Horizonte, 19 de dezembro de 2012.

MINAS GERAIS. Portaria IMA N° 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. **Minas Gerais**, Belo Horizonte. 2020.

MORENO, Victor Jose et al. **Caracterização física e físico-química do queijo Minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes**. 2013. 132f Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais,2013.

MOURA, DJ de. Ambiência na produção de aves de corte. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**, v. 1, p. 75-148, 2001.

OLIVEIRA, T. A. de; RIBAS, O. T. **Sistemas de controle das condições ambientais de conforto**. Ministério da Saúde. Brasília, 1995.

PAPST, Ana Lígia. Método estimativo da temperatura interna de edificações residenciais em uso Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). **Florianópolis- SC**, 2004.

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

RORIZ, M. BBR 1.1–Zoneamento bioclimático do Brasil. **Programa computacional. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>, 2004.**

SANTOS, E. C.; XAVIER, A. T. V.; PASSOS, L. A. S. Aparente deflexão sazonal de alguns constituintes do leite no início da estação primavera. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.36, n.215, p.9-15, 1981.

SILVA, CAB; FERNANDES, A. R. Projeto de Empreendimentos agroindustriais: produtos de origem animal/Viçosa: UFV, 2003.

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

SPINNLER, Henry-Eric. Surface Mold–Ripened Cheeses. In: **Cheese**. Academic Press, 2017. p. 911-928.

THIERRY, A., MAILLARD, M.B., 2002. **Production of cheese flavour compounds derived from amino acid catabolism by Propionibacterium freudenreichii.** *Lait* 82, 17–32

TINÔCO IFF (2004) **A granja de frangos de corte.** In: Mendes A A, Nããs IA & Macari M (Eds.) Produção de frangos de corte. Campinas, SP. FACTA. p. 55-84.

TOTA, Antonio Pedro. Americanização no condicional: Brasil nos anos 40. **Perspectivas: Revista de Ciências Sociais**, 1993.

ARTIGO 1: Desempenho térmico de salas de maturação de queijarias artesanais :**Estudo de caso.****RESUMO**

Os desafios térmicos para os queijos artesanais, maturados sem condições térmicas controladas vem sendo frequentemente discutida, considerando suas vantagens e desvantagens. O presente estudo foi conduzido com objetivo de diagnosticar o desempenho térmico das tipologias arquitetônico-ambientais das salas de maturação de queijarias artesanais. Para tanto foram avaliadas três salas de maturação de queijarias artesanais da microrregião do Serro – MG. As salas de maturação das queijarias foram identificadas como QA, QB e QC . Foram classificadas considerando-se as coordenadas geográficas, altitude, classificação de zona bioclimática e paisagismo circundante. As condições arquitetônicas das salas de maturação foram descritas por meio de documentação fotográfica e de dados a respeito do dimensionamento, constituição e tipologia do material de construção do sistema de vedação. Avaliou-se o número de horas de exposição ao sol para as paredes externas e calculou-se a Capacidade Térmica (CT), Transmitância Térmica (U) e Atraso Térmico (ϕ) das coberturas e das paredes externas. A temperatura e a umidade relativa interna foram monitoradas por termohigrômetros que armazenaram os dados de hora em hora durante 17 dias consecutivos durante as estações de inverno (2019) e primavera (2019). Os dados climáticos externos foram adquiridos na estação meteorológica de Guanhães-MG no site do Instituto Nacional de Meteorológica (INMET). O comportamento da temperatura e da umidade relativa foi analisado por meio dos gráficos, e pela estatística descritiva das médias gerais e respectivos coeficientes de variação. A sala de maturação da queijaria QA, apresentou altitude de 700 m; inexistência de arborização, ligação direta com a sala de fabricação, fachada com orientação solar a oeste exposta a toda radiação do período da tarde e baixas propriedades térmicas da sua cobertura ($CT= 26,4 \text{ kJ m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $U= 2,0 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\phi=1,0$ horas) devido ao forro de madeira. Nesse ambiente as amplitudes de temperatura e umidade relativa foram as maiores dentre as queijarias, fato que implica no aparecimento de defeitos nos queijos como a rancificação, trincas na casca, e inativação de reações metabólicas que promovem o sabor. Na QB com altitude de 676 m; observou-se a inexistência de arborização; ligação direta com a sala de fabricação; fachada com orientação solar a sudoeste exposta a diferentes horários de radiação do período da tarde e boas propriedades térmicas da sua cobertura ($CT= 198,8 \text{ kJ m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $U= 1,3 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\phi=6,6$ horas) devido a laje EPS de madeira. As amplitudes de temperatura e umidade relativa foram menores dentre as queijarias, revelando melhor isolamento térmico do ambiente. Na QC com altitude de 780m;

observou-se a inexistência de arborização; ligação direta com a sala de fabricação; fachada com orientação solar a sudoeste exposta a diferentes horários de radiação do período da tarde e propriedades térmicas de cobertura superiores a QA, e inferiores a QB ($CT= 23,3 \text{ kJ m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $U= 0,3 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\phi= 2,9$ horas) devido poliestireno expandido associado ao forro PVC. As amplitudes de temperatura e umidade relativa foram menores que a QA e maiores que a QB. A umidade relativa das queijarias apresentaram-se abaixo de 80%, possibilitando assim a formação de trincas na casca. Recomenda-se que as instalações sejam readequadas em suas inviabilidades por meio de projetos que contemplem soluções térmicas para finalidade de uso e ocupação.

Palavras-chave: Queijo artesanal. Transmitância térmica. Capacidade térmica. Atraso térmico. Construções Rurais

ABSTRACT

The thermal challenges for artisanal cheeses, matured without controlled thermal conditions, have been frequently discussed, considering their advantages and disadvantages. The present study was conducted with the objective of diagnosing the thermal performance of the architectural-environmental typologies of the artisanal cheese maturation rooms. For this purpose, three artisanal cheese maturation rooms in the micro-region of Serro - MG were evaluated. The cheese maturation rooms were identified as QA, QB and QC. They were classified considering the geographic coordinates, altitude, bioclimatic zone classification and surrounding landscaping. The architectural conditions of the maturation rooms were described by means of photographic documentation and data regarding the dimensioning, constitution and typology of the construction material of the sealing system. The number of hours of exposure to the sun for the external walls was evaluated and the Thermal Capacity (CT), Thermal Transmittance (U) and Thermal Delay (ϕ) of the roofs and external walls were calculated. The temperature and internal relative humidity were monitored by thermo hygrometers that stored the data hourly for 17 consecutive days during the winter (2019) and spring (2019) seasons. External climatic data were acquired at the Guanhães-MG meteorological station on the website of the National Meteorological Institute (INMET). The behavior of temperature and relative humidity was analyzed by means of graphs, and by the descriptive statistics of general averages and respective variation coefficients. The QA cheese maturation room had an altitude of 700 m; no afforestation, direct connection with the manufacturing room, façade with solar orientation to the west exposed to all afternoon radiation and low thermal properties of its roof ($CT= 26,4 \text{ kJ m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $U= 2,0 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\phi = 1.0$ hours) due to the wooden lining. In this environment, the amplitudes of temperature and relative humidity were the highest among cheesemakers, a fact that implies the appearance of defects in cheeses such as rancification, cracks in the rind, and inactivation of metabolic reactions that promote flavor. In the QB with an altitude of 676 m; the absence of afforestation was observed; direct connection with the manufacturing room; facade with solar orientation to the southwest exposed to different hours of radiation in the afternoon and good thermal properties of its roof ($CT= 198,8 \text{ kJ m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $U= 1,3 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\phi = 6.6$ hours) due to EPS wooden slab. The temperature and relative humidity amplitudes were smaller among the cheese makers, revealing better thermal insulation from the environment. In the QC with an altitude of 780m; the absence of afforestation was observed; direct connection with the manufacturing room; façade with solar orientation to the southwest exposed to different radiation hours in the afternoon and thermal coverage properties above QA, and below QB

($CT = 23,3 \text{ kJ m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $U = 0,3 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\phi = 2.9$ hours) due to expanded polystyrene associated with PVC lining. The temperature and relative humidity amplitudes were lower than the QA and higher than the QB. The relative humidity of the cheese producers was below 80%, thus allowing the formation of cracks in the rind. It is recommended that the facilities be readjusted in their impossibilities through projects that include thermal solutions for the purpose of use and occupation.

Keywords: Artisanal cheese. Thermal transmittance. Thermal capacity. Thermal delay. Rural Buildings

1 INTRODUÇÃO

A produção do Queijo Minas Artesanal (QMA) a partir de leite cru é uma atividade tradicional em vários municípios de Minas Gerais regulamentada pela Lei Federal, 13.860 de 18/6/2019 e pela Lei Estadual, 20.549 de 18/12/2012 (BRASIL, 2019; MINAS GERAIS 2012). O saber-fazer associado às características naturais específicas de cada uma das regiões produtoras confere aos produtos qualidades físicas e organolépticas únicas que os diferenciam de outros queijos. A microrregião produtora do QMA do Serro compreende os municípios de Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro, Dom Joaquim, Materlândia, Coluna, Paulistas, Rio Vermelho, Sabinópolis, Santo Antônio do Itambé, Serra Azul de Minas e Serro (MINAS GERAIS, 2002). Essa prática, além de ser a principal atividade geradora de renda, caracteriza a identidade sociocultural da microrregião.

As instalações para a produção do QMA são constituídas pelas áreas de recepção do leite, de fabricação, de expedição e de maturação. Na área de maturação a massa descansa sobre uma prateleira durante um período mínimo pré-definido pela legislação vigente, para que enzimas, principalmente as microbianas, possam agir e transformar a massa no queijo artesanal (FIGUEIREDO *et al.*, 2015). A portaria estadual do nº 1696, de 26 de março de 2020 em seu Artigo 4º estabelece dentre outros fatores que o QMA Serro deve ser maturado em temperatura ambiente ou em ambiente climatizado, sob temperaturas de 12 a 18°C, por no mínimo 17 dias (MINAS GERAIS, 2020).

Toda via como a legislação é recente, acredita-se que a maioria dos QMAs Serro sejam maturados em temperatura ambiente, e em instalações com o mínimo de soluções térmicas, o que acarreta inúmeros desafios para garantia da qualidade e padronização do produto, uma vez que as condições climáticas no Brasil são variáveis ao longo do dia e do ano. Alguns estudos relatam os efeitos da temperatura e umidade relativa na qualidade e salubridade do queijo, destacando a necessidade de oferta de um ambiente termicamente adequado na etapa de maturação (LECLERCQ-PERLAT, TRELEA & CORRIEU, 2012; FIGUEIREDO *et al* 2015; SOBRAL *et al.*, 2017).

As estações do ano trazem consigo diversos desafios à cadeia produtiva dos queijos artesanais, os quais não devem ser negligenciados. . Na região em que esta pesquisa foi realizada o inverno, conhecido como período seco, é caracterizado por temperaturas amenas e pela pouca ou nenhuma precipitação. Durante a primavera se observa o aumento das temperaturas com menor amplitude térmica, e a ocorrência pontual e sem periodicidade de chuvas . Acredita-se que seja um período de grande desafio para maturação dos queijos, que

requerem ambientes que forneçam temperaturas amenas e constantes para que a maturação seja padronizada.

As condições climáticas internas da sala de maturação são dinâmicas e dependem da interação do ambiente externo com a envoltória, bem como os meios de uso e ocupação (GUIMARÃES, 2009). Um ambiente termicamente adequado tem por finalidade o acondicionamento térmico por meio da melhor gestão dos recursos naturais e artificiais (BAÊTA & SOUZA, 2010). As condições arquitetônico-ambientais interferem diretamente no desempenho térmico da envoltória, uma vez que o tipo, local e a forma como um determinado material de construção é empregado resultará em uma interação diferente com ambiente externo, afetando termicamente o interno.

No Brasil, os sistemas de vedação de edificações habitacionais e comerciais são avaliados segundo as propriedades térmicas dos materiais de construção com vistas ao conforto térmico humano, instruídos pela NBR 15220 (BRASIL, 2005). Não há um regulamento técnico de eficiência energética para edificações agroindustriais, porém, partes dos métodos da NBR 15220 são aplicáveis para outras edificações, uma vez que avaliam a propriedade térmica dos materiais de construção. Soma-se ainda aos métodos, o estudo das variáveis ambientais através do conhecimento dos comportamentos da temperatura e umidade relativa; a trajetória do sol na parede externa pela carta solar; e de sombras e ventos do local, conforme é relatado por diversos autores (COSTA, 1982; GUIMARÃES, 2009; BAÊTA & SOUZA, 2010; PAPST *et al.*, 2016).

Nesse sentido a identificação das deficiências arquitetônico-ambientais, que limitam a instalação de exercer um melhor controle das condições climáticas internas, seja em situações de acondicionamento natural ou artificial, torna-se essencial à elaboração de projetos e à gestão dos recursos. Objetivou-se com esta pesquisa o diagnóstico das condições arquitetônico-ambientais das salas de maturação de queijarias artesanais, a fim de possibilitar a identificação do desempenho térmico da envoltória.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em três queijarias produtoras do QMA Serro: duas localizadas no município de Materlândia (QA e QB) e uma no município de Paulistas (QC). O período experimental compreendeu 17 dias no período de inverno (06 a 22 de setembro) e no período de primavera (04 a 20 de novembro) do ano de 2019. Vale resaltar que as condições propiciadas pela pandemia do COVID-19 afetaram a realização das atividades previstas no cronograma da pesquisa para a realização do experimento nas estações de verão e outono de 2020.

Foi realizado o estudo de caso das tipologias construtivas de sala de maturação conforme metodologia aplicada por Guimarães (2009). A caracterização dos materiais que compõe a envolvente bem como os cálculos de desempenho térmico foram realizados conforme metodologia proposta pela NBR 15220 (ABNT, 2016). A aquisição dos dados climáticos externos de temperatura e umidade relativa se procedeu de acordo o método de análise de monitoramento in loco simplificado, proposto pelas NBR 15575 (ABNT 2013).

2.1 Análise arquitetônica das salas de maturação

Para análise das condições de implantação das queijarias foram utilizadas fotografias e dados coletados acerca do paisagismo circundante, latitude, longitude e altitude com o auxílio do CR-Campeiro 7 (2019) e Google Earth Pro (2020).

Em cada sala de maturação foram mensuradas: a área total, altura do pé-direito e orientações das paredes das fachadas; informações posteriormente destinadas à confecção de croquis das queijarias no *software* AUTOCAD ® 2019. Os materiais de construção que compõe a envoltória da sala de maturação foram descritos conforme sua tipologia e espessura. Foram mensuradas as aberturas, portas, janelas e óculo de expedição da sala de maturação. Averiguaram-se possíveis aberturas contínuas ou ligações diretas entre a sala de maturação e demais ambientes. As cartas solares foram plotadas de acordo com a latitude das fachadas das salas de maturação com o *software* SOL-AR 6.2 (LAMBERTS & MACIEL, 2009).

2.2 Avaliação do desempenho térmico dos materiais da envoltória

Analisaram-se as características de desempenho térmico dos materiais de construção que compõe os elementos verticais (paredes, janelas e óculo de expedição) e horizontais (telhas, forro, laje, e isolantes térmicos de cobertura) conforme as recomendações da NBR 15220 para cálculos de desempenho térmico de materiais de construção da envoltória (ABNT, 2005). Nas fachadas e coberturas foram caracterizadas quanto a sua composição e espessura dos respectivos materiais de construção que as compõe. Esses dados foram encaminhados para o cálculo das propriedades térmicas de Capacidade Térmica (CT), Transmitância Térmica (U) e Atraso Térmico (ϕ) das fachadas e cobertura de cada sala de maturação no *software* PROJETEEE (BRASIL, 2020).

Como as janelas e óculos de expedição são abertos apenas em dias de limpeza ou expedição do queijo, permanecendo, portanto fechados quase sempre, o manejo dessas aberturas não foi considerado para fins de análise de desempenho térmico.


2.3 Caracterização das condições climáticas locais

A metodologia aplicada na aquisição dos dados externos e internos de temperatura e umidade relativa foi realizada conforme a orientação da NBR 15575 (ABNT, 2013). Em relação aos dados externos, de acordo a NBR 15575 (ABNT, 2013), quando não é possível a realização de medidas *in loco* devem ser tomados àqueles provenientes de uma estação meteorológica mais próxima, condicionada a ser da mesma zona bioclimática, e altitude com valor de mesma ordem de grandeza. Para uma melhor visualização da localização das salas de maturação, suas respectivas coordenadas foram plotadas no *Google Earth Pro* (2020). Realizou-se um levantamento das estações meteorológicas do INMET mais próximas das queijarias. Assim, para identificação das possíveis estações meteorológicas representativas do ambiente externo das queijarias, seguiu-se para aplicação da metodologia da NBR 15575 por meio da classificação da Zona Bioclimática e da altitude conforme ao requerido pela metodologia. As zonas bioclimáticas das salas de maturação e das estações meteorológicas foram classificadas no *software* ZBBR 1.1 de acordo com o município ao qual pertencem (RORIZ, 2004). Os valores de altitude foram obtidos no *Google Earth Pro* (2020).

A caracterização das condições climáticas locais da sala de maturação foi realizada pela medição dos dados de temperatura e umidade relativa interna no local. Para

coleta de dados internos foram instalados termohigrômetros modelo HT-70 Instruntherm® a 1,5 metros do piso no centro da sala de maturação, que registraram e armazenaram de forma contínua a temperatura e a umidade relativa de hora em hora durante os períodos experimentais. Cada aparelho recebeu uma ficha de identificação como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1- Descrição do sistema de aquisição utilizado para medição das temperaturas e umidades relativas

Aparelho	Faixa de medição e precisão
	HT-70 Instruntherm Temperatura -40 a 70°C, ±1 Umidade relativa 0 a 100%, ±3

Fonte: Imagem do arquivo pessoal, 2019. INSTRUTHERM, 2020.

O comportamento da temperatura interna e externa de cada sala de maturação foi analisado mediante a plotagem das curvas das médias horárias em função da hora do dia para as estações de inverno e primavera. O procedimento de análise para umidade relativa seguiu o mesmo método.

2.4 Análise estatística dos dados

Foi aplicada estatística descritiva na análise das temperaturas e umidades relativas internas e externas de cada estação, conforme metodologia aplicada por Reis e Reis (2002). Calculou-se a média geral e o coeficiente de variação das temperaturas e umidades relativas internas e externas no inverno e na primavera de 2019.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características arquitetônicas e propriedades térmicas da envoltória das salas de maturação

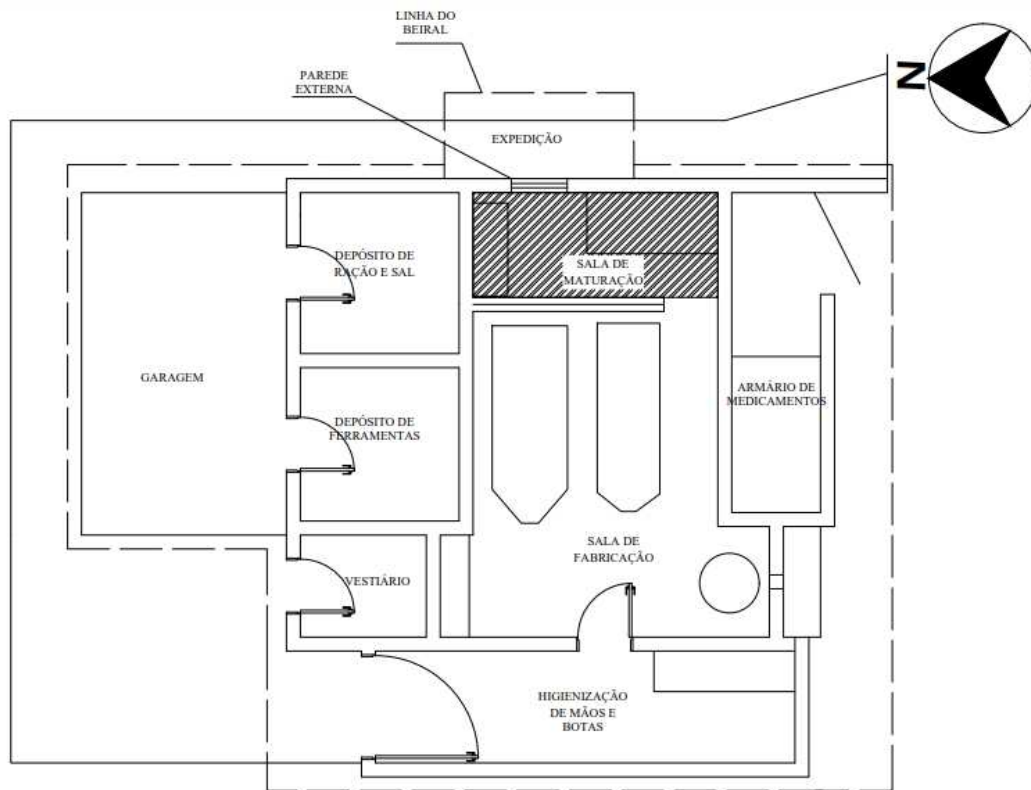
Os resultados das caracterizações construtivas e das propriedades térmicas dos ambientes monitorados por meio das informações de localização, altitude, zona bioclimática,

croqui da queijaria, descrição e propriedades térmicas (CT, U e ϕ) dos elementos horizontais e verticais externos que compõe a envolvente serão apresentados abaixo. As horas de exposição ao sol das paredes externas das salas de maturação foram descritas nas respectivas cartas solares.

3.1.1 Queijaria A

Na Figura 1 serão apresentados o croqui da queijaria artesanal e fotos da fachada de e do ambiente interno de maturação.

Figura 1- Croqui da queijaria QA e fotos do ambiente interno e externo da sala de maturação



A)



B)



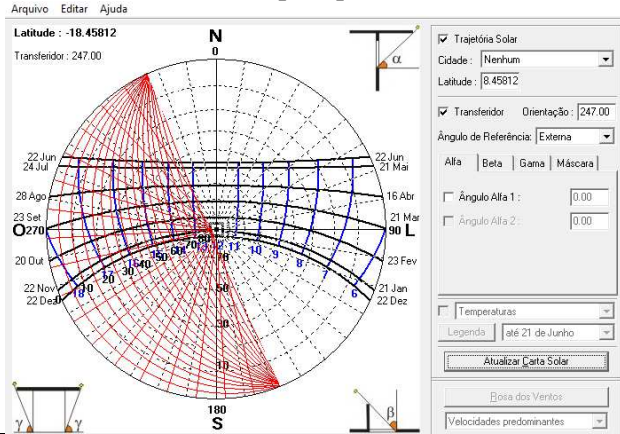
C)

A) Croqui da queijaria A, B) Fachada da sala de maturação, C) Vista interna da sala de maturação. (Fonte: Arquivo pessoal).

A QA está localizada a 700 m de altitude, com latitude de -18,45812 e longitude de -43,01523. Observa-se que não existe arborização próxima à envoltória. Conforme a Figura 1(A), a sala de maturação está destacada no croqui da QA pela hachura, e possui uma área total de 5,25 m² com um pé-direito de cerca de 2,60m. Possui uma parede externa orientada a oeste, com uma janela e um óculo de expedição que são abertos esporadicamente (Figura 1 B). A cobertura é composta por telha cerâmica e forro de madeira, e dispõe de uma extensão paralela ao óculo de expedição formando uma sombra projetada na fachada, como

pode ser observado na Figura 1(B). Este ambiente é parcialmente isolado da sala de fabricação por uma parede de vidro que possui cerca de 2,00 metros de altura (Figura 1 C) As propriedades térmicas da envolvente estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1- Propriedades térmicas e tipologias construtivas da envoltória da sala de maturação da QA.

Sala de maturação da Queijaria A		
Carta solar para parede oeste		
		
Fachada	Cobertura	Abertura
Materiais: Argamassa+Tijolo de concreto 3 furos+ Argamassa +Revestimento Cerâmico interno Orientação: 1 parede à oeste Espessura: 0,20 m Altura: 2,87 m Área: 9,1 m ² CT: 272,1 kJ m ⁻² K ⁻¹ U: 2,6 W m ⁻² K ⁻¹ φ: 5,0 horas	Materiais: Telha cerâmica+ (ripa+caibro+câmara de ar) + Forro: Madeira Área: 5,25 m ² U: 2,0 W m ⁻² K ⁻¹ φ: 1,0 horas	Janela de vidro comum U: 5.700 W m ⁻² K ⁻¹

Carta solar software SOL-AR 6.2, 2020. Propriedades térmicas, PROJETEIII (2020). CT= Capacidade térmica. U= Transmitância térmica, φ= atraso térmico. (Fonte: Arquivo pessoal, 2019).

A fachada da sala de maturação possui uma CT de 272,1 kJm⁻²K⁻¹, U de 2,6 W m⁻²K⁻¹; e φ de 5,0 horas. Devido a sua orientação predominantemente oeste (247° norte), a fachada da sala de maturação recebe praticamente toda a radiação solar do período da tarde ao longo do ano, conforme a respectiva carta solar do Quadro 1. Durante o dia a radiação máxima ocorre em torno das 12:00 horas, e poucas horas após, a terra, que absorve a maior parte dessa radiação, a emite para o ar e supera o calor que é lançado da atmosfera para o espaço, assim as temperaturas externas são mais altas do que as do período da manhã (TINÔCO, 2001). Nesse sentido a fachada orientada a oeste representa o pior contexto de exposição que uma edificação possa ter, pois além da radiação solar direta ocorrer durante

todo o ano, as temperaturas externas do período da tarde serão mais altas, e os desafios térmicos para envoltória serão maiores.

As propriedades térmicas da cobertura são: U de $2,0 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ e ϕ de 1,0 hora. Observa-se que nessa sala de maturação a cobertura possui propriedades térmicas inferiores a fachada, evidenciando a maior contribuição desse elemento para entrada de calor no ambiente. A cobertura precisa ser exposta a uma menor quantidade de energia para aumentar em 1°C a temperatura interna, assim o fluxo de calor ocorre em um tempo menor, como pode ser observado pelo baixo Atraso Térmico ($\phi = 1,0 \text{ h}$). A facilidade com que o calor adentra a sala de maturação pela cobertura está relacionada com a composição dos materiais de construção que compõe esse elemento, pois o forro de madeira e a telha cerâmica não são barreiras suficientes para retardar a entrada de calor.

A inexistência de arborização que projeta sombra nos elementos verticais e horizontais aumenta a incidência de radiação solar sobre a cobertura e a fachada, fazendo com que a temperatura superficial externa da envoltória aumente, e conseqüentemente ocorra maior entrada de calor por condução para o ambiente interno (MATHEUS *et al.*, 2016).

Outra característica que implica na maior concentração de calor dentro do ambiente de maturação dessa queijaria é o baixo pé-direito de 2,60 metros. A literatura evidencia que o pé-direito abaixo de 3,00 metros é inviável para ambientes agroindustriais uma vez que a massa de ar quente se concentra nas camadas superiores, e assim, um baixo pé-direito implica em uma maior proximidade entre esta e os sistemas termodinâmicos (alimentos, pessoas, animais) presentes (SILVA e FERNANDES, 2003; BAÊTA e SOUZA, 2010). Não obstante, a massa de ar quente muito próxima aos queijos artesanais aumenta a possibilidade do estabelecimento de processos oxidativos, agregando sabor e aroma de ranço ao alimento (COLLINS, 2003).

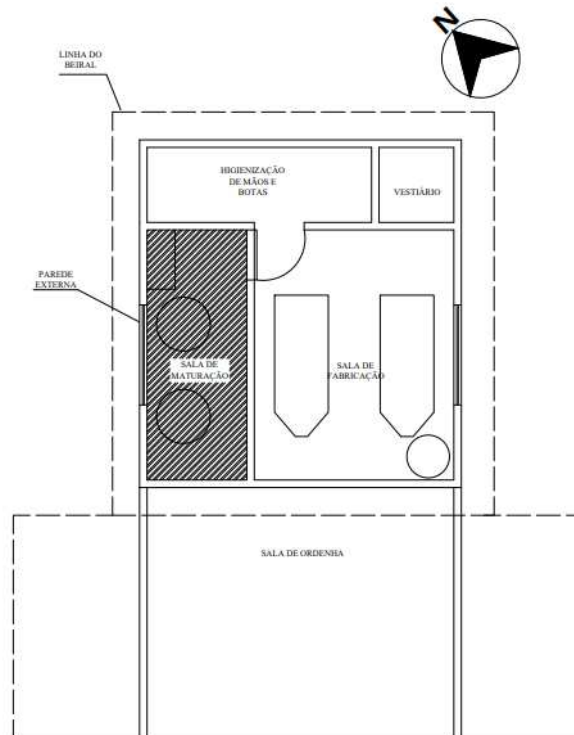
O isolamento parcial entre o ambiente de maturação e fabricação também deve ser refletido para o diagnóstico das inviabilidades dessa instalação. Nesse contexto, vale destacar que a sala de fabricação é um ambiente exposto as atividades dinâmicas rotineiras, desde a sua abertura, para o início da fabricação do queijo, à sua limpeza e higienização ao fim da produção. Essas atividades produzem calor e umidade de modos descontínuos, e em razão da abertura direta entre as salas, o local de maturação torna-se sujeito às oscilações térmicas da fabricação (PAPST *et al.*, 2016).

No tópico 3.3 serão abordadas as principais estratégias recomendadas a fim de proporcionar melhorias nas condições térmicas internas.

3.1.2 Queijaria QB

Na Figura 2, é possível observar o croqui da queijaria artesanal, fotos da fachada, e do ambiente interno de maturação.

Figura 2- Croqui da queijaria QB, e foto interna e externa da sala de maturação.



A)



B)



C)

A) Croqui da queijaria B, b) Fachada da sala de maturação, c) Vista interna da sala de maturação. (Fonte: Arquivo pessoal).

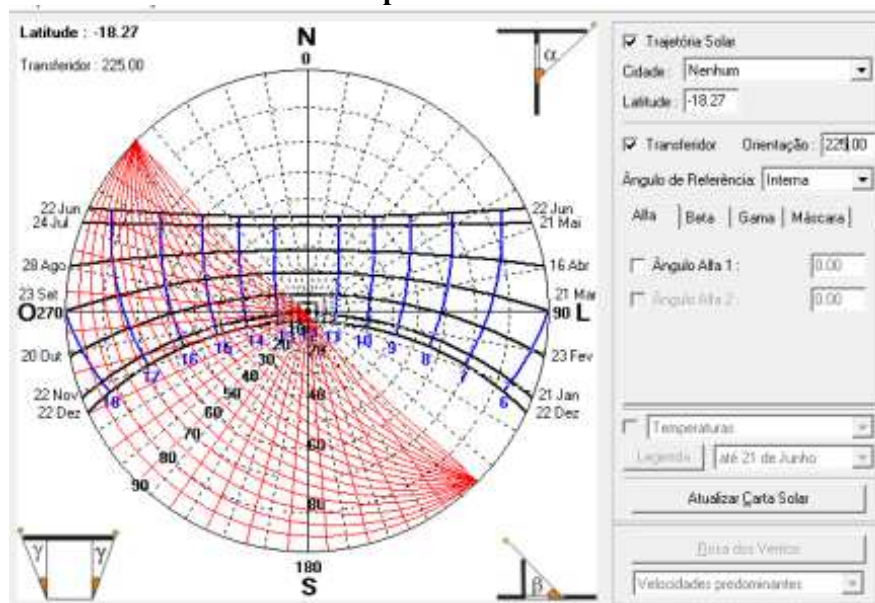
A sala de maturação da queijaria QB está localizada em um terreno a 676 m de altitude e coordenadas geográficas de -18,455015 sul; -42,996798 oeste. Nessa queijaria também nota-se a ausência de arborização próxima à instalação. De acordo a Figura 2 (A) A sala de maturação está destacada no croqui pela hachura, e possui uma área total de 10 m², com um pé-direito de cerca de 2,90 m. Assim como a queijaria QA, a sala de maturação não

está isolada totalmente do local onde os queijos são fabricados (Fig. 2 C). A fachada possui orientação sudoeste (225° norte), com uma janela que permanece fechada. A fachada conta ainda com uma malha sombrite da cor preta, cuja qual está estendida em sua dimensão (Fig.1 B). Sua cobertura é composta por telha cerâmica e laje pré-moldada EPS.

O Quadro 2 apresenta a propriedades térmicas da envolvente da sala de maturação de forma simplificada.

Quadro 2- Propriedades térmicas e composição construtiva da sala de maturação da queijaria QB,

Sala de maturação da Queijaria B
Carta solar para fachada sudoeste



Fachada	Cobertura	Abertura
Materiais: Argamassa+Tijolo cerâmico (12x19x19)+ Argamassa+ Revestimento Cerâmico interno Orientação: sudoeste. Espessura: 15 cm Área: 14,25 m ² CT: 152,2 kJ m ⁻² K ⁻¹ U: 2,6 W m ⁻² K ⁻¹ φ:3,7 horas	Materiais: Telha cerâmica+ (ripa+caibro+câmara de ar)+ Laje Área: 10 m ² CT: 198,8 kJ m ⁻² K ⁻¹ U: 1,3 W m ⁻² K ⁻¹ φ:6,6 horas	Janela de vidro comum U: 5.700 W m ⁻² K ⁻¹

Carta solar software SOL-AR 6.2, 2020. Propriedades térmicas, PROJETEEE (2020). CT= Capacidade térmica. U= Transmitância térmica, φ= atraso térmico (Fonte: Arquivo pessoal.).

As propriedades térmicas dos materiais de construção da parede sudoeste apresentaram uma CT de 152,2 kJ m⁻²K⁻¹ , U de 2,6 W m⁻²K⁻¹ e φ de 3,7 horas. Devido à sua orientação sudoeste (225° norte), a fachada da sala de maturação recebe distintas horas de exposição ao sol no período da tarde ao longo do ano, variando de 3 horas no inverno às 6 horas no verão conforme pode ser observado na carta solar do Quadro 2. Entretanto, os

horários de incidência de radiação solar se concentram todos no período da tarde, onde as temperaturas são mais altas que no período da manhã. Assim os desafios térmicos para fachada são pertinentes, podendo agregar consequências ruins para maturação do queijo artesanal, como será discutido adiante.

Quanto a cobertura, além da telha cerâmica, a QB possui laje pré-moldada de EPS, composição que abrange as propriedades térmicas de CT de $1198,8 \text{ kJ m}^{-2}\text{K}^{-1}$, U de $1,3 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ e ϕ de 6,6 horas, conforme observados no Quadro 2. Devido à composição da laje a cobertura dessa sala de maturação apresenta melhores propriedades térmicas de isolamento, evidenciando uma maior resistência ao fluxo de calor. A CT demonstra que a cobertura constitui uma barreira eficiente para entrada de calor, assim, para aumentar da temperatura interna, será necessária maior aplicação de calor na face externa da telha. Nesse caso, a capacidade da cobertura em resistir às mudanças de temperaturas é alta, e devido a essa inércia térmica, a tendência é que a cobertura armazene o calor ao longo do dia e o libere lentamente nas horas mais frias da noite (TINÔCO, 2004).

Pode-se observar que não existe arborização próxima à envoltória assim, sem as sombras projetadas por elas, a incidência de radiação solar sobre as paredes e coberturas aumenta, e conseqüentemente ocorre maior entrada de calor por condução para o ambiente interno (MATHEUS *et al.*, 2016).

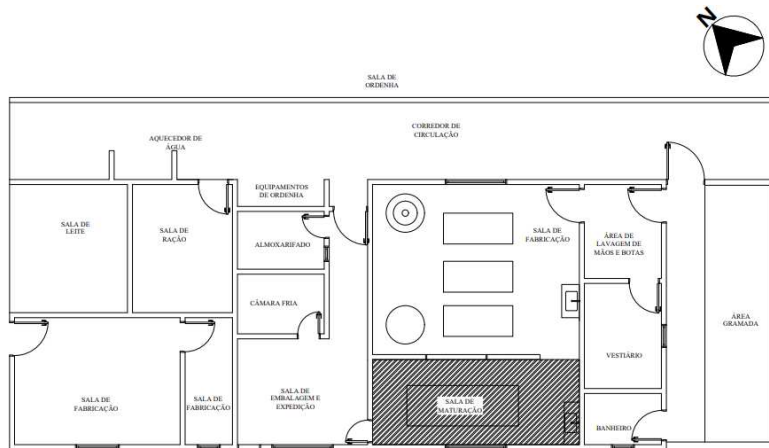
Assim como a queijaria QA, as condições térmicas internas desta sala de maturação também podem ser prejudicadas pelo pé-direito abaixo de três metros (2,90 metros), e pelo isolamento parcial entre a sala de fabricação e maturação. Mediante esta situação, os queijos ficam submetidos à maturação em um local com maior concentração da camada de ar quente, e aumento das oscilações térmicas devido às atividades de uso e ocupação do ambiente adjacente.

Mais adiante serão apresentadas as estratégias para melhoria das condições térmicas internas para as inviabilidades encontradas.

3.1.3 Queijaria QC

Na Figura 3, é possível observar o croqui da queijaria artesanal e fotos da fachada de e do ambiente interno de maturação.

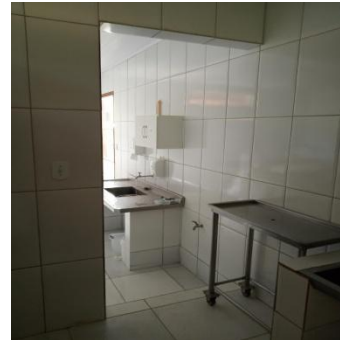
Figura 3- Croqui da queijaria QC e imagens da sala de maturação.



A)



B)



C)



D)

. A) Croqui da queijaria C, B) Fachada da sala de maturação, C) Vista interna da abertura sala de maturação, D) Vista interna da abertura da sala de maturação (Fonte: Arquivo pessoal).

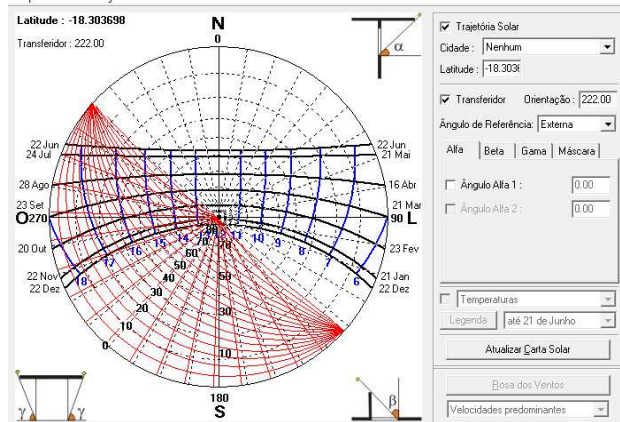
A sala de maturação da queijaria QC está localizada em um terreno a 780 m de altitude e latitude e longitude de -18,303698; -42,540487 respectivamente. Pode-se observar que não existem arborização e sombras por elas projetadas próximas à envoltória, assim como nas outras queijarias a incidência de radiação solar sobre as paredes e coberturas torna-se direta aumentando consequentemente a entrada de calor por condução para o ambiente interno (MATHEUS *et al.*, 2016).

A sala de maturação está destacada no croqui pela hachura, e possui uma área total de 12 m², com um pé-direito de cerca de três metros. Possui uma parede de mesma altura do pé-direito que separa a sala de fabricação da sala de maturação, contudo, existem aberturas

que permitem o acesso direto a esse ambiente, o que configura um isolamento parcial, conforme pode ser observado na Figura (C e D). A parede externa possui uma janela que é aberta esporadicamente. A fachada é orientada a sudoeste (222° norte), com uma janela que permanece fechada (Fig.1 B). Sua cobertura é composta por telha cerâmica e uma camada de 8 cm de poliestireno expandido (isopor) associado ao forro PVC.

O Quadro 3 apresenta a propriedades térmicas da envolvente da sala de maturação de forma simplificada.

Quadro 3- Propriedades térmicas e composição construtiva da sala de maturação da queijaria QC,

Sala de maturação da Queijaria C		
Carta solar para fachada sudoeste		
		
Fachada	Cobertura	Abertura
Argamassa+Tijolo cerâmico (19x30x14) de 10 furos + Argamassa+ Revestimento cerâmico. Área Total: 16,05 m ² CT: 148,8 kJ m ⁻² K ⁻¹ U: 1,9 W m ⁻² K ⁻¹ φ: 7,6 horas	Materiais: Telha cerâmica+ (ripa+caibro+câmara de ar ≥ 05 cm) + Camada de 08 cm de poliestireno expandido (isopor) + Forro PVC Área: 12 m ² CT: 23,3 kJ m ⁻² K ⁻¹ U: 0,4 W m ⁻² K ⁻¹ φ: 2,9horas	Janela de vidro comum U: 5.700 W m ⁻² K ⁻¹

Carta solar software SOL-AR 6.2, 2020. Propriedades térmicas, PROJETEEE (2020). CT= Capacidade térmica. U= Transmitância térmica, φ= atraso térmico (Fonte: Arquivo pessoal, 2019).

As propriedades térmicas dos materiais de construção da fachada oeste apresentaram uma CT de 148,8 kJ m⁻²K⁻¹, U:1,9 W m⁻²K⁻¹, e φ: 7,6 horas. Assim como a sala de maturação da queijaria QB, a orientação sudoeste (22° norte) confere a sala de maturação da queijaria QC distintas horas de exposição ao sol no período da tarde ao longo do ano, variando de 3 horas no inverno, a 6 horas no verão conforme pode ser observado na carta solar do Quadro 2. Nesse sentido, os desafios térmicos para fachada da sala de maturação também serão superiores.

Quanto à cobertura, além da telha cerâmica a QC possui uma camada de isopor de cerca de 8 cm associado ao forro PVC, composição que abrange as propriedades térmicas de U de $0,4 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ e $\phi:2,3$ horas. Observa-se que as propriedades térmicas dessa cobertura são superiores ao da cobertura da sala de maturação QA, e inferiores a QB, isso porque a baixa condutividade térmica do isopor ($0,040 \text{ W}/(\text{m.K})$) proporciona um melhor isolamento quando associado ao forro. Entretanto, mesmo apresentando maior custo de implantação, a laje demonstra melhores propriedades térmicas em termos de CT e ϕ .

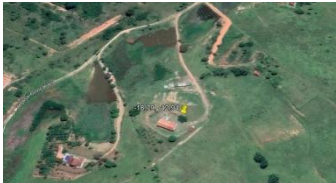
Na sala de maturação dessa queijaria, deve-se também observar as aberturas contínuas diretas para o ambiente de fabricação, prejudicando a manutenção de temperatura e umidade relativa com menor oscilação. O pé-direito de três metros corrobora com o recomendado pela literatura, melhorando assim as condições térmicas internas de maturação.

No item 3.3 serão demonstradas estratégias para melhoria das condições térmicas internas de maturação.

3.2 Avaliação climática e análise estatística

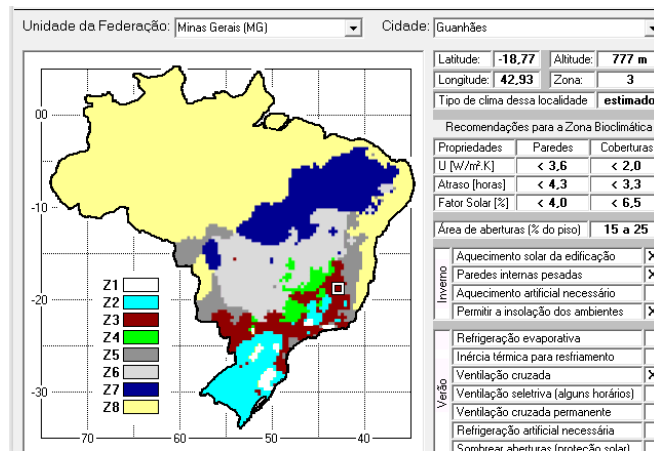
As queijarias QA, QB e QC, estão localizadas na zona bioclimática 3, em altitudes de 700, 676 e 780 metros respectivamente. Para essas queijarias a estação meteorológica representativa do ambiente externo para aquisição dos dados climáticos que melhor atendeu às recomendações da NBR 15575 (ABNT, 2013) foi a estação de meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Guanhães-MG. Na Tabela 2 e Figura 4 pode-se observar a descrição de localização e a classificação de zona bioclimática da estação meteorológica de Guanhães.

Tabela 2- Descrição da localização da estação meteorológica de Guanhães

Estação	Descrição
A533- Guanhães	Estação meteorológica automática Zona Bioclimática 3 800 m de altitude
	
-18,47; - 42,56	

Fonte: Imagens de satélite, coordenadas e altitude Google Earth Pro, (2020).
Classificação da Zona bioclimática ZB 1.1 (Roriz, 2004).

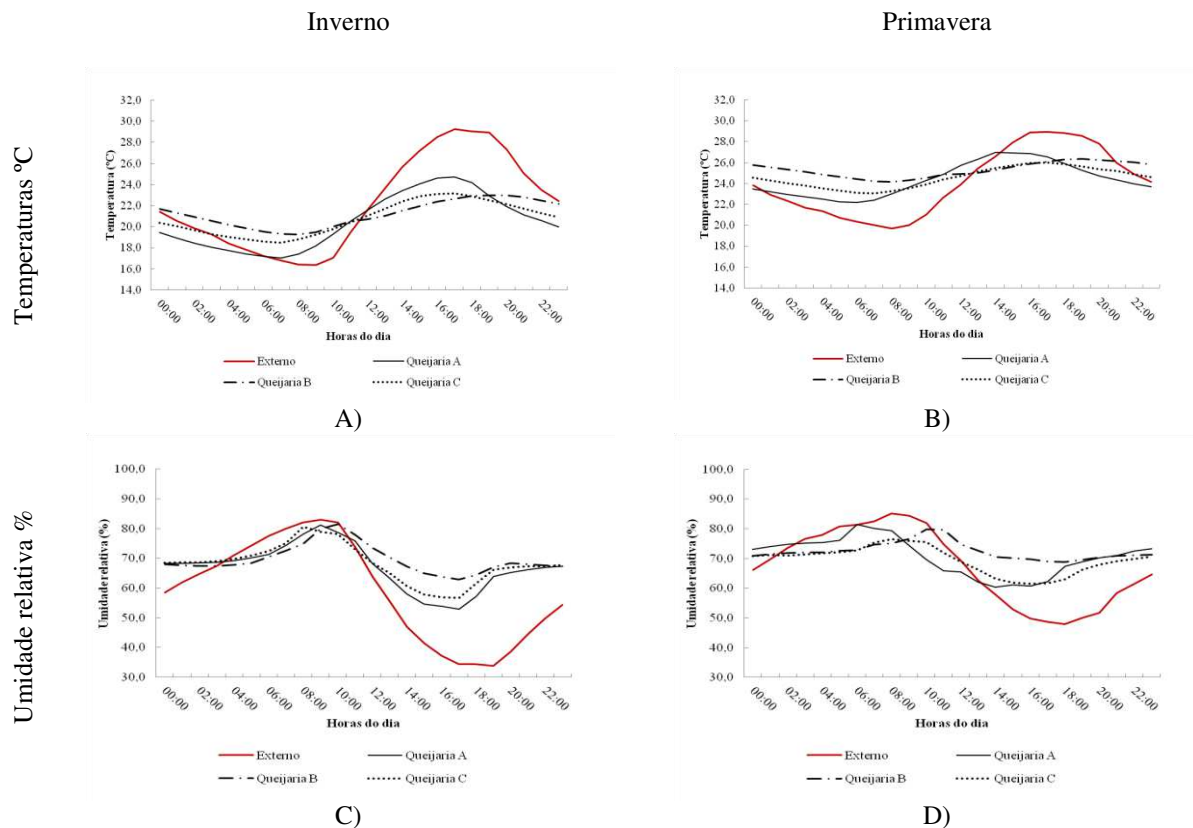
Figura 4- Mapa de classificação da zona bioclimática da estação meteorológica de Guanhões-MG



Fonte: Classificação da Zona bioclimática ZB 1.1 (Roriz, 2004).

Guanhões possui um clima quente e temperado com classificação climática de Köppen-Geiger Cwa, caracterizada por estações bem definidas, chuvas e temperaturas elevadas no verão e inverno seco (CLIMATE, 2010). As queijarias estão a um raio de distância de cerca de 35 km da estação de Guanhões. As médias das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa, internas e externas horárias do período avaliado são apresentadas na Figura 5.

Figura 5- Médias horárias da temperatura e umidade relativa interna e externa da sala de maturação das queijarias QA, QB, e QC no inverno e primavera.



A) Temperaturas médias horárias internas e externas do período de inverno de 2019. B) Temperaturas médias horárias internas e externas do período de primavera de 2019. C) Umidades relativas médias horárias internas e externas no período de inverno de 2019. D) Umidades relativas médias horárias internas e externas no período de primavera de 2019(Fonte: Arquivo pessoal, 2019).

Nos horários mais quentes do dia, pode-se observar que as temperaturas internas são inferiores as temperaturas externas em razão da inércia térmica, que impede as temperaturas internas de se igualarem as externas, além de provocar amortecimento nas curvas, devido ao atraso térmico (PROJETEEE, 2020).

Quanto à umidade relativa, nos horários mais quentes, as umidades relativas internas sofreram declínio, mas não se equiparam as externas, assim como o comportamento das curvas de temperatura. Quando as temperaturas sobem e o ar não está saturado, ocorre uma transferência de massa devido a um gradiente de pressão entre a água e o ar, e assim o ambiente tende a perder água para atmosfera (BAETA & SOUZA, 2010). Como os queijos são sistemas termodinâmicos que possuem água livre prontamente disponível, parte da umidade é perdida para o ambiente de maturação por meio do processo de evaporação, em resposta ao diferencial existente. O excesso de perda de umidade dos queijos aumenta a concentração dos sólidos totais da massa e inviabiliza as atividades metabólicas exercidas na maturação, formando trincas na casca (SOBRAL, 2017).

Como apresentado no item 3.1, cada sala de maturação possui uma envoltória com propriedades térmicas particulares que caracterizam o nível de desempenho térmico que podem oferecer. O fluxo de calor dependerá das propriedades térmicas do envelope, em termos de U e CT (INCROPERA & DEWITT, 1998). Observa-se que no período da tarde as salas de maturação das queijarias QA, QB e QC apresentam as temperaturas mais altas e as umidades relativas mais baixas, o que se deve ao fato das fachadas receberem a radiação solar direta também neste período durante todo o ano. No período da manhã as salas de maturação apresentam temperaturas que chegam a superar a externa em dados momentos, esse fenômeno é denominado inversão térmica. Neste contexto, as trocas de calor entre a envoltória e o ambiente externo são dinâmicas, assim, a envoltória absorve o calor e a radiação externa do período da tarde e libera lentamente para o ambiente externo entre a madrugada e a o período da manhã, onde a temperatura externa está mais baixa (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

Abaixo as médias e os respectivos coeficientes de variação das variáveis climáticas registradas nos períodos de inverno e primavera (Tabela 3)

Tabela 3- Média e CV das variáveis climáticas internas e externas das salas de maturação no inverno e na primavera.

Queijarias	Temperatura °C				Umidade relativa %			
	Inverno		Primavera		Inverno		Primavera	
	Média	CV (%)*	Média	CV (%)*	Média	CV (%)*	Média	CV (%)*
QA	20,5	12,6	24,4	6,62	66,7	11,8	70,5	9,15
QB	21,2	6	25,3	2,8	69,5	7	72,4	4,12
QC	20,8	7,7	24,6	3,96	68,2	9,4	69,4	6,67
Externa	22,2	20,2	24,1	13,31	58,8	29	67	19

Fonte: Dados experimentais, 2019. CV= Coeficiente de Variação.

Conforme observado da Tabela 3, houve um aumento das médias de temperaturas na primavera (2 a 3°C) seguido da queda nos coeficientes de variação, o que implica em um maior desafio imposto pelas condições de exposição nesta estação, já que as temperaturas internas foram mais altas e menos oscilantes. Esse fato pode ter efeito direto sobre a qualidade do queijo, uma vez que as temperaturas internas sobem e o calor interage com os lipídios da casca do queijo, oxidando os ácidos graxos insaturados, peróxidos, óxidos e aldeídos, que resultam em sabor de ranço (COLLINS, 2003; FURTADO, 2017).

As médias internas das umidades relativas demonstraram pouca mudança entre as estações, enquanto que externamente houve um aumento de cerca de nove pontos percentuais do inverno para primavera. Sobral *et al.* (2017) relatam que para maioria dos queijos, a

umidade relativa indicada para maturação é em torno de 85%, para assim evitar a formação de trincas nas cascas devido à excessiva perda de umidade para o meio. Nenhuma das salas de maturação conseguiu atender a esse critério, o que predispõe os queijos a uma maturação em um ambiente no qual estão propícios a perda de umidade e sujeitos a formação de trincas.

Em relação às curvas individuais de temperatura e umidade das queijarias, observa-se que a QA tem a maior tendência em acompanhar as curvas externas (Figura 4). Além disso, os coeficientes de variação dessa sala de maturação (Tabela 3) confirmam a inclinação a uma maior amplitude térmica, uma vez que independente da variável climática estudada ou da estação estes são os maiores dentre as queijarias. Esse comportamento corrobora com o fato dessa queijaria receber a radiação solar do período da tarde durante todo o ano, bem como o baixo desempenho térmico apresentado pela sua envoltória em relação às demais. Entretanto no que tange as propriedades térmicas da envoltória acredita-se que a maior contribuição neste cenário deva-se à cobertura. Como relatado no item 3.1 o sistema de vedação horizontal da sala de maturação da QA é constituído por telha cerâmica e forro de madeira com $U=2,0 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, enquanto que as demais apresentam propriedades térmicas superiores devido à presença de elementos que melhoram o isolamento térmico, sendo a laje da queijaria QA com $U = 1,3 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ e a camada de isopor da queijaria QC com $U=0,4 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$.

Guimarães (2009) relata que a cobertura atua como coletor solar que recebe toda a radiação e a emite para interior e o exterior, e a magnitude na qual o interior do ambiente térmico interno será afetado dependerá das propriedades térmicas dos materiais que a compõe. O mesmo autor destaca que em regiões tropicais as coberturas devem apresentar capacidade de reflexão, certa capacidade de isolamento (expressa em elementos de baixa transmitância e alta capacidade térmica) e alto atraso térmico. Nesse sentido, ainda que a utilização de forro melhore o desempenho térmico da cobertura, a laje e a camada de isopor associada ao forro são soluções com propriedades térmicas superiores no que se diz respeito ao sistema de vedação horizontal.

Como se pode observar, a curva de temperatura da sala de maturação da queijaria QB é a que possui maior amortecimento em relação às salas QA e QC, tanto no inverno quanto na primavera. O maior controle da variação da temperatura e da umidade, representado pelo baixo CV corroboram com a maior capacidade de isolamento, que no caso da queijaria QB é ofertada laje. A laje de fato é um elemento horizontal formado por camadas que juntas conferem boas propriedades térmicas, o maior entrave para sua adoção deve-se aos elevados custos de implantação.

A sala de maturação da queijaria QC, apresentou controle de isolamento térmico mediano em relação às curvas de temperatura e a umidade relativa, quando comparado às demais queijarias (Figura 5). Os coeficientes de variação também refletem um controle mediano em relação ao desempenho térmico das salas de maturação das queijarias QA e QC (Tabela 2). A presença de uma camada de 8 cm de isopor acima do forro PVC e o tipo de tijolo e sua dimensão (tijolo cerâmico, 20x30x14) conseguiu auxiliar no maior controle da amplitude térmica interna frente às condições de exposição, entretanto o forro associado ao isopor não proporciona um isolamento térmico eficiente quanto a laje.

Nas queijarias as janelas permanecem fechadas, evitando a entrada de ventilação. Em razão da transparência dos vidros, os raios solares entram com facilidade no ambiente, transmitindo energia, que por sua vez é absorvida e transformada em calor (PASPT *et al.*, 2016). A energia absorvida pode ser reemitida pelos objetos por meio de ondas longas para o vidro, o que aumenta a carga interna e forma o chamado efeito estufa dentro da sala de maturação (BAÊTA e SOUZA, 2010). Além disso, a radiação incidente também pode interagir com as gorduras da casca dos queijos, formando o ranço oxidativo (COLLINS, 2003; FURTADO, 2017; SOBRAL 2017).

Outro ponto crítico para as queijarias deve-se ao isolamento parcial entre a sala de fabricação e a sala de maturação, que contribui para as más condições internas da maturação, uma vez que incrementam os efeitos das condições de uso do ambiente de fabricação. Este fato foi relatado por PAPST *et al.* (2016), que observaram o pior desempenho térmico das salas de estar em relação às suítes devido ao acesso direto existente entre as cozinha e a sala, o que torna o ambiente termicamente influenciado pelas atividades de cocção realizadas na cozinha. Neste sentido acredita-se que a sala de fabricação possa influenciar negativamente as condições térmicas internas na sala de maturação, principalmente no que diz respeito à umidade relativa, já que este ambiente se apresenta como uma área molhada, funcionando como um fornecedor de umidade. A queijaria QA possui um agravante maior, devido sua separação da sala de fabricação ser por uma parede de vidro, o que aumenta a possibilidade de incidência da radiação solar, como ocorre de forma similar com os vidros das janelas.

A ausência de vegetação próxima a todas as edificações estudadas implica na diminuição de sombras projetadas na envoltória, o que tende a aumentar os desafios térmicos, uma vez que a incidência de radiação torna-se direta.

3.3 Estratégias para as inviabilidades térmicas

Recomenda-se para queijaria QA, a adoção de melhores medidas de isolamento na cobertura, seja com a adoção de camadas isolantes como o isopor ou pela construção de laje aumentando assim a sua inércia térmica (MAZZAFERRO, MSILVA e GISHI, 2014).

Para ambas as queijarias, recomenda-se o isolamento total da sala de fabricação por meio de paredes de alvenaria, a fim de minimizar os efeitos das condições de uso e ocupação da sala de fabricação no ambiente interno de maturação (PAPST *et al.*, 2016).

Em razão da alta transmitância do vidro das janelas, recomendam-se medidas com objetivo de aumentar a reflexibilidade desse componente, seja pela cobertura do vidro com cores mais escuras, ou ainda pela adição de uma camada na face externa que possua boas propriedades térmicas, com objetivo de diminuir a transmitância do vidro.

É fundamental a melhoria do paisagismo circundante nessas queijarias através da locação de vegetação no terreno, a fim de diminuir a incidência direta da radiação. O planejamento paisagístico pode ser projetado com a adoção de cobertura de vegetal sobre o solo, cobertura e fachadas, e implantação de arbustos árvores para projeção de sombras no telhado e nas fachadas (BAÊTA, 1995; MACARI e FURLAN,2001; PERDOMO,2001; PROJETEE,2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os baixos coeficientes de variação das médias de temperatura e umidade relativa interna das queijarias, as salas de maturação apresentam certa capacidade de isolamento térmico frente às condições de exposição. Toda via, acredita-se que ainda sejam insuficientes para as condições de uso as quais são destinadas, necessitando de soluções térmicas a serem empregadas para melhoria das condições de maturação. Os horários mais críticos se concentram no período da tarde, apresentando temperaturas altas e umidade relativa baixa. As médias de temperatura aumentaram cerca de 2 a 3°C do inverno para primavera. Já a umidade relativa do ambiente externo demonstrou aumento de 9 pontos percentuais na primavera. Ressalta-se a importância do comportamento ser analisado para estações de verão e outono, para oferecer um parâmetro geral das estações do ano.

A sala de maturação da queijaria QA apresentou alta amplitude térmica no inverno e na primavera, em razão do inferior desempenho térmico da cobertura, que possui apenas a telha cerâmica e o forro de madeira. A sala de maturação da queijaria QB apresentou melhor desempenho térmico, refletido no melhor controle da amplitude térmica diária, o que se acredita ter sido positivamente influenciado pela telha cerâmica e a laje EPS. A sala de maturação da queijaria QC, apresentou em sua constituição do sistema de vedação horizontal, a telha cerâmica e o isopor associado ao forro PVC, composição que possivelmente minimizou os efeitos das condições de exposição dentro da sala de maturação. A laje propicia um melhor desempenho térmico da cobertura em relação ao forro de madeira, e forro PVC associado ao poliestireno expandindo (isopor).

As janelas localizadas nas paredes externas predispõe a entrada de radiação solar, sujeitando os queijos à formação de compostos rançosos. O isolamento parcial da sala de maturação em relação à sala de fabricação pode desfavorecer o desempenho térmico da envoltória, uma vez que somam-se as condições de exposição as atividades de ocupação da sala de fabricação, que podem tanto inserir ou retirar calor e umidade relativa no ambiente de maturação. As variações de umidade relativa sugerem extensas perdas da água do queijo para o ambiente, favorecendo a formação de trincas na superfície do alimento.

No que diz respeito à cobertura, recomenda-se a adoção de estratégias que melhorem o isolamento térmico seja pela adoção de isopor, ou a laje. O isolamento total do ambiente de fabricação para sala de maturação é de suma importância no que diz respeito ao melhor controle térmico. Em relação às janelas das fachadas, deve se buscar medidas a fim de diminuir a transmitância térmica do vidro, adotando camadas externas de boas propriedades

térmicas. O paisagismo circundante será fundamental para minimizar a incidência de radiação solar no solo da área externa, nas fachadas e na cobertura.

5 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15575-1**: edifícios habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15220-2**: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005

BAÊTA, F. da C.; SOUZA, C. de F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.

BENNI, S., TORREGGIANI, D., BARBARESI, A., & TASSINARI, P. Thermal performance assessment for energy-efficient design of farm wineries. **Transactions of the ASABE**, v. 56, n. 6, p. 1483-1491, 2013.

BAÊTA, F.C. Planejamento de instalações avícolas considerando as variações de temperatura. **In: Simpósio Internacional de Ambiência e Instalação na Avicultura Industrial**, 1995, Campinas. Anais... Campinas: FACTA, 1995. p.123-9.

BRASIL. Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019. Dispõe sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. **Diário Oficial da União**, Distrito Federal, Brasília.

CLIMATE. Classificação Köppen-Geiger para o município de Guanhães-MG. Disponível em: <[https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/guanhaes-25089/#:~:text=Guanh%C3%A3es%20Clima%20\(Brasil\)&text=Segundo%20a%20K%C3%B6ppen%20e%20Geiger,m%C3%A9dia%20anual%20de%201497%20mm.](https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/guanhaes-25089/#:~:text=Guanh%C3%A3es%20Clima%20(Brasil)&text=Segundo%20a%20K%C3%B6ppen%20e%20Geiger,m%C3%A9dia%20anual%20de%201497%20mm.)>

COLLINS, Y. F.; MCSWEENEY, P. LH; WILKINSON, M. G. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 11, p. 841-866, 2003. .

COSTA, E. C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. Editora Blucher, 1982

FIGUEIREDO, Silvania Pereira et al. Características do leite cru e do queijo Minas artesanal do Serro em diferentes meses. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 1, 2015.

FURTADO, M. M. **Principais problemas dos queijos**. São Paulo, SP. Setembro Editora, 2017. 256 p.

GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/> 2020.

GUIMARÃES, M. C. de C. **Inventário de características arquitetônicas ambientais associados aos sistemas de condicionamento térmico de galpões avícolas**. 2009. 168f Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

INCROPERA, F. P. e DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Tradução Sérgio Stamile Soares. 4o Edição. Ed. LTC S.A., Rio de Janeiro, 1998

LAMBERTS, R., DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, PW Editores, São Paulo, 1997.

LAMBERTS, Roberto; MACIEL, Alexandra Albuquerque; ONO, E. **Analysis Sol-Ar. LABEE-UFSC**. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>. 2009.

LECLERCQ-PERLAT, M.-N. et al. Temperature and relative humidity influence the microbial and physicochemical characteristics of Camembert-type cheese ripening. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 8, p. 4666-4682, 2012.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. **Ambiência na produção de aves de corte**. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Jaboticabal: SBEA, 2001. p.31-87

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. D. O., & LABAKI, L. C. **Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro**. *Ambiente construído*, v. 16, n. 1, p. 71-81, 2016.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 20.549 de 18 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Diário Do Executivo**. Minas Gerais, Belo Horizonte, 19 de dezembro de 2012.

MINAS GERAIS. Portaria IMA Nº 546, **DE 29 outubro de 2002. Identifica a micro região do Serro**. - QMA. **Minas Gerais**, Belo Horizonte. 29 de outubro de 2002.

MINAS GERAIS. Portaria IMA 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. **Minas Gerais**, Belo Horizonte.

PAPST, Ana Lígia de Abreu; DA SILVA, Camila Ferreira; CORRÊA, Carla Bortolotto. **Comportamento térmico de apartamentos em uso durante o inverno**. **MIX Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 73-80, 2016.

PERDOMO, C.C. **Controle do ambiente e produtividade de frangos de corte**. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 38., simpósio sobre avicultura e suínocultura, 2001, Piracicaba. Anais... 1 CD- ROM.

PROJETEE. **Calculadora de propriedades térmicas**. Ministério do Meio Ambiente. 2020. Disponível em < <http://projeteer.mma.gov.br/componentes-construtivos/> >

REIS, Edna Afonso; REIS, Ilka Afonso. **Análise descritiva de dados**. **Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG**, v. 1, 2002.

RORIZ, Maurício. **ZBBR 1.1-Zoneamento bioclimático do Brasil**. Programa computacional. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br>, 2004.

SILVA, CAB; FERNANDES, A. R. Projeto de Empreendimentos agroindustriais: produtos de origem animal/Viçosa: UFV, 2003.

SOBRAL, D., COSTA, R. G. B., DE PAULA, J. C. J., TEODORO, V. A. M., MOREIRA, G. D. M. M., & PINTO, M. S. (2017). Principais defeitos em Queijo Minas Artesanal: Uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 72(2), 108-120.

TONOLI, Gustavo Henrique Denzin et al. Thermal performance of sisal fiber-cement roofing tiles for rural constructions. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 1-7, 2011.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 01-26, jan. /abr. 2001.

ARTIGO 2: Desempenho térmico das salas de maturação de queijarias artesanais e sua influência na qualidade do Queijo Artesanal

RESUMO

Objetivou-se avaliar o desempenho térmico das salas de maturação por meio do comportamento diário das temperaturas e umidades relativas internas e externas, do índice de Desempenho Térmico de Massa (k_1) e seu efeito na qualidade físico-química dos queijos. Realizou-se coleta de informações arquitetônicas e ambientais, e mensuração da temperatura e umidade relativa de hora em hora, nas salas de maturação de cinco queijarias artesanais, QA, QB, QC, QD e QE localizadas na zona bioclimática 3, no estado de Minas Gerais, pelo período de 17 dias de inverno e primavera de 2019. As propriedades térmicas dos materiais de construção foram caracterizadas pela capacidade térmica (CT) e a transmitância térmica (U). A análise de índice de desempenho térmico de massa k_1 foi realizada para as queijarias em delimitamento de blocos casualizados (5 queijarias), e dois tratamentos (inverno e primavera). Realizou-se análises acerca dos parâmetros de umidade, matéria seca, gordura, atividade de água, pH, acidez titulável e firmeza. Na análise da influência do índice de desempenho térmico nos parâmetros de qualidade, foi avaliada a influência de k_1 sobre os parâmetros de qualidade de quatro queijarias, em delimitamento de blocos casualizados (4 queijarias) com dois queijos de cada idade de maturação (03 e 17 dias), em quatro queijarias (QA, QB, QC e QD), no inverno e primavera de 2019. As principais inviabilidades construtivas que prejudicam o desempenho térmico das salas de maturação foram: ausência de vegetação próxima à envoltória, orientação a oeste e leste das fachadas; pé-direito baixo de 3 metros, baixas propriedades térmicas das coberturas e das fachadas, acesso direto a sala de fabricação, janelas e óculos de expedição permanentemente fechados. Nenhuma das salas de maturação conseguiu fornecer adequada temperatura e umidade relativa de maturação para o tipo de queijo que produzem. As salas de maturação que apresentam os maiores valores dos índices de desempenho térmico de massa não são eficientes no controle da amplitude térmica interna, sujeitando os queijos a um ambiente de maturação desfavorável. O índice de Desempenho Térmico de Massa no inverno foi superior ($p < 0,05$) ao da primavera, revelando maior amplitude térmica da estação mais fria e menor amplitude térmica na primavera. Quanto maior o índice de Desempenho Térmico de Massa, os queijos tenderam a perder mais umidade para o ambiente, aumentar o teor de gordura, reduzir a atividade de água, e aumentar a firmeza ($p < 0,05$). Além disso, ocorreu o aumento da acidez e a redução do pH ($p < 0,05$). Esses parâmetros são indesejáveis para a qualidade do queijo artesanal, pois os sujeita ao aparecimento de defeitos. Estratégias de modificações por meio do fornecimento de vegetação

para produção de sombras e cobertura do solo; aumento da capacidade térmica e redução da transmitância térmica do sistema de vedação; uso de cores claras nas fachadas e cobertura, são recomendadas para as salas de maturação QA, QB, QC, QD e QE. Estratégias secundárias por meio de sistemas de resfriamento associado a umidificadores são recomendadas principalmente para salas de maturação QA, QB, e QC. A modificação por meio de estratégias primária e secundárias são indispensáveis para as salas de maturação, a fim de minimizar as oscilações climáticas de temperatura e umidade e proporcionar condições adequadas para maturação do queijo artesanal.

Palavras-chave: Construções rurais. Temperatura. Desempenho Térmico de Massa . pH. Umidade.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the thermal performance of the maturation rooms through the daily behavior of internal and external temperatures and relative humidity, the Thermal Mass Performance Index (k_1) and its effect on the physical-chemical quality of the cheeses. Architectural and environmental information was collected, and hourly temperature and relative humidity were measured in the maturation rooms of five artisanal cheese shops, QA, QB, QC, QD and QE located in the bioclimatic zone 3, in the state of Minas. Gerais, for a period of 17 days in winter and spring 2019. The thermal properties of construction materials were characterized by thermal capacity (CT) and thermal transmittance (U). The analysis of the thermal performance index of mass k_1 was carried out for the cheese makers in a randomized block design (5 cheese makers), and two treatments (winter and spring). Analyzes were carried out on the parameters of humidity, dry matter, fat, water activity, pH, titratable acidity and firmness. In the analysis of the influence of the thermal performance index on the quality parameters, the influence of k_1 on the quality parameters of four cheesemakers was evaluated, in a randomized block design (4 cheesemakers) with two cheeses of each age of maturation (03 and 17 days), in four cheese factories (QA, QB, QC and QD), in the winter and spring of 2019. The main constructive infeasibilities that hinder the thermal performance of the maturation rooms were: absence of vegetation close to the envelope, orientation to the west and east the facades; low ceiling height of 3 meters, low thermal properties of roofs and facades, direct access to the manufacturing room, windows and shipping glasses permanently closed. None of the maturation rooms were able to provide adequate maturation temperature and relative humidity for the type of cheese they produce. The maturation rooms that present the highest values of the mass thermal performance indexes are not efficient in controlling the internal thermal amplitude, subjecting the cheeses to an unfavorable maturation environment. The Mass Thermal Performance index in winter was higher ($p < 0.05$) than in the spring, revealing a greater thermal range in the coldest season and a lower thermal range in spring. The higher the Thermal Mass Performance Index, the cheeses tended to lose more moisture to the environment, increase the fat content, reduce the water activity, and increase the firmness ($p < 0.05$). In addition, there was an increase in acidity and a decrease in pH ($p < 0.05$). These parameters are undesirable for the quality of artisanal cheese, as they are subject to the appearance of defects. Modification strategies through the supply of vegetation for the production of shadows and ground cover; increased thermal capacity and reduced thermal transmittance of the sealing system; use of light colors on the facades and roof, are

recommended for the QA, QB, QC, QD and QE maturation rooms. Secondary strategies through cooling systems associated with humidifiers are recommended mainly for QA, QB, and QC maturation rooms. Modification through primary and secondary strategies are indispensable for the maturation rooms, in order to minimize climatic fluctuations in temperature and humidity and provide adequate conditions for the maturation of artisanal cheese.

Keywords: Rural buildings. Temperature. Thermal mass performance. pH. humidity.

1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas locais exercem grande influência nos sistemas de produção agroindustriais, afetando desde a disponibilidade de alimentos para os animais até a qualidade dos produtos obtidos. Em se tratando da produção do queijo Minas Artesanal diversos autores relataram os efeitos da sazonalidade em parâmetros de qualidade físico-química e microbiológica do leite cru, do Pingo e dos queijos (JUNIOR *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2012; FIGUEIREDO *et al.*, 2015) Tais efeitos são percebidos em todas as etapas da produção dos queijos, desde a obtenção do leite cru à maturação, sendo esta última especialmente influenciada pelas condições climáticas internas da sala de maturação .

Temperaturas elevadas (maiores que 25°C), podem causar diversos defeitos nos queijos, como rancificação, trincas na casca e deterioração devido a excessiva atividade dos microrganismos (LECLERCQ-PERLAT; TRELEA; CORRIEU, 2012; Sobral *et al.* 2017; DURU *et al.* 2018). Ao contrário disto, quando as temperaturas são baixas (menores que 5 °C) pode haver drástica redução da atividade de microrganismos e de enzimas de interesse tecnológico, com impacto direto nas reações físico-químicas e bioquímicas necessárias à formação das características sensoriais dos queijos (Duru *et al.*, 2018)

As estações do ano trazem consigo diversos desafios à cadeia produtiva dos queijos artesanais, os quais não devem ser negligenciados. Na região em que esta pesquisa foi realizada o inverno, conhecido como período seco, é caracterizado por temperaturas amenas e pela pouca ou nenhuma precipitação. Durante a primavera se observa o aumento das temperaturas com menor aptitude térmica, e a ocorrência pontual e sem periodicidade de chuvas. Acredita-se que seja um período de grande desafio para maturação dos queijos, que requerem ambientes que forneçam temperaturas amenas e constantes para que a maturação seja padronizada.

Neste sentido, o papel da envoltória é fundamental para a melhoria das condições climáticas internas da sala de maturação, tendo-se em vista que as tipologias arquitetônicas da construção e as suas propriedades térmicas são capazes de minimizar os efeitos das condições climáticas do ambiente externo no ambiente interno. A Capacidade Térmica (CT) e a Transmitância Térmica (U) dos materiais de construção dos elementos horizontais (telhado, forro, laje) e dos elementos verticais (janelas, basculantes, paredes) permite predizer o quanto a envoltória é termicamente eficiente quanto às trocas de calor. O conteúdo da norma NBR 15220 (ABNT, 2005) trata dos métodos de cálculo e de emprego das propriedades térmicas dos elementos construtivos e as suas possíveis aplicações de acordo cada localidade. Na

norma NBR 15575 (ABNT, 2013) são abordados os métodos de amostragem acerca das condições climáticas internas e externas para mensuração dos dados climáticos. A limitação dessa metodologia deve-se à aplicação direcionada a unidades habitacionais, entretanto, as metodologias de cálculo e amostragem associadas a outros índices climáticos vêm sendo utilizadas em diversas áreas (GIVONI, 1998; BARBARESI *et al*, 2020).

O índice de Desempenho Térmico de Massa (k_1) permite estimar o desempenho térmico da envoltória e seu resultado reflete as propriedades térmicas dos materiais de construção que a compõe (GIVONI, 1998). Como k_1 estima a correlação entre as temperaturas internas máximas com as médias externas por meio da diferença de um dia para o dia anterior, é possível determinar a magnitude da amplitude térmica interna.

O conhecimento acerca das propriedades térmicas da envoltória, das condições climáticas locais e do índice de desempenho são indispensáveis para a compreensão dos processos termodinâmicos que resultam no comportamento térmico interno de uma edificação. Em se tratando especificamente da sala de maturação de uma queijaria artesanal este conhecimento é fundamental para garantir a qualidade dos queijos maturados e prevenir a ocorrência de inúmeros defeitos.

Considerando-se o exposto esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de se avaliar o desempenho térmico da sala de maturação de Queijarias e sua influência nas características de qualidade do Queijo Artesanal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida em cinco queijarias produtoras de Queijo Artesanal localizadas nos municípios mineiros de Materlandia, Paulistas e Diamantina. Destas queijarias quatro estavam em operação e uma ainda não tinha iniciado a fabricação de queijos. Nenhuma dessas queijarias possuía sistema de climatização nas salas de maturação. O período experimental compreendeu 17 dias de inverno (06 a 22 de setembro de 2019) e 17 dias de primavera (04 a 20 de novembro de 2019). O experimento foi realizado seguindo um delimitamento em blocos casualizados, no qual os blocos foram as queijarias, e os tratamentos as estações do ano (inverno e primavera).

2.1 Análises das características arquitetônicas e ambientais das salas de maturação

Para a condução da análise arquitetônica das salas de maturação foram coletadas informações acerca da altitude, bem como a latitude e longitude com o auxílio Google Earth Pro (2020).

A caracterização arquitetônica foi realizada por meio da descrição das tipologias construtivas de cada sala de maturação, de acordo com o paisagismo circundante, orientação, dimensão, constituição (janelas e óculo de expedição) e cor das fachadas, bem como a altura (m) do pé-direito, os tipos de materiais de construção utilizados na composição das paredes, e tipo de cobertura.

2.2 Desempenho dos materiais da envoltória

O desempenho térmico dos materiais de construção dos elementos verticais (fachadas) e nos elementos horizontais (telhas, forro e laje) foi analisado conforme as recomendações da NBR 15220 (ABNT, 2005). As propriedades térmicas, a Capacidade Térmica (CT) e a Transmitância Térmica (U) das fachadas e das coberturas foram calculadas utilizando-se o *software* PROJETEEE (BRASIL, 2020).

Para a caracterização climática interna da sala de maturação foram mensuradas as temperaturas (°C) e as umidades relativas do ar (%) internas, conforme estabelecido na norma brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013). Para a coleta destes dados internos foram instalados termohigrômetros modelo HT-70 (Instruntherm®, São Paulo, Brasil) nas prateleiras de maturação dos queijos na altura de, aproximadamente, 1,5 metros do piso. Buscou-se a

prateleira mais central da sala de maturação. Os equipamentos foram devidamente identificados e programados para mensurar de hora em hora e armazenar de forma contínua a temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante os períodos experimentais.

Considerando-se a norma brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013) foram selecionadas as estações meteorológicas mais próxima das queijarias estudadas, de mesma zona bioclimática e com valor de altitude de mesma ordem de grandeza. Conforme a classificação fornecida pelo *software* ZBBR 1.1 (RORIZ, 2004) todas as queijarias pertencem a zona bioclimática 3. Os valores de altitude e as coordenadas geográficas das estações mais próximas das salas de maturação foram obtidos pelo Google Earth Pro (2020). Para as três queijarias localizadas nos municípios de Materlândia(MG) e Paulistas (MG) a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%) do ambiente externo foram adquiridos na estação meteorológica de Guanhães, do Instituto Nacional de Meteorologia (Descrição: Estação meteorológica automática: A553-Guanhães-MG; Coordenadas: -18.47, -42.56; Zona Bioclimática 3; 800 m de altitude) disponíveis no site do INMET. Estas queijarias estão a um raio de distância de 35 km da estação de Guanhães. Para as duas queijarias localizadas no município de Diamantina (MG) s dados climáticos externos foram adquiridas na estação meteorológica do INMET de Diamantina (Descrição: Estação meteorológica automática A537-Diamantina-MG; Coordenadas: -18.23, -43.65; Zona Bioclimática 3; 1360 m de altitude). Estas queijarias estão em um raio de 17 km da estação de Diamantina. Foram utilizados os dados de temperatura (°C) e de umidade relativa (%) mensurados de hora em hora durante os períodos experimentais.

O comportamento dos dados climáticos foi analisado pelos gráficos de temperatura e de umidade relativa interna e externa horária para inverno e primavera em cada sala de maturação. Calculou-se as temperaturas e umidades relativas médias e respectivos coeficientes de maturação, e as temperaturas máximas e mínimas de inverno e primavera. Nas salas de maturação das queijarias QA, QB, QC produtoras de Queijo Minas Artesanal foi avaliado ainda o atendimento a temperaturas e umidades relativas necessárias para maturação adequada (crescimento de bactérias propiônicas e bactérias ácido lácticas) dos queijos artesanais de casca lisa (característica típica do QMA), com temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $77,5\pm 7,5\%$ (GOBBETTI, 2002; SPINNER, 2017; MATAGARAS, 2020). Nas salas de maturação das queijarias QD e QE, que fabricam Queijos Artesanais de casca mofada foram averiguados o atendimento a condições climáticas para queijos maturados por fungos filamentosos e leveduras, com temperatura de $12\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $95\pm 5\%$ (LECLERCQ-PERLAT, *et al.*, 2012).

Para se mensurar a resposta das condições climáticas internas frente às condições de exposição de inverno e primavera foi calculado índice Desempenho Térmico de Massa (k_1) (GIVONI, 1998). Para tanto foi aplicado a Equação 1:

$$k_1 = \frac{\Delta T_{\max int}}{\Delta T_{\text{med ext}}} \quad (1)$$

Sendo $\Delta T_{\max int}$ a diferença média da temperatura máxima interna de um determinado dia para o dia anterior do período avaliado, e $\Delta T_{\text{med ext}}$ a diferença média da temperatura média externa de um determinado dia para o dia anterior do período avaliado.

2.3 Análises da qualidade dos Queijos Artesanais

Para se avaliar a influência do desempenho térmico das salas de maturação na qualidade dos queijos artesanais foram aleatoriamente coletadas amostras ($n=32$), nas 4 queijarias operantes. Em cada queijaria coletou-se 2 queijos com 3 dias de maturação e 2 queijos com 17 dias de maturação nas condições climáticas locais. Estas amostras foram adquiridas tanto no inverno quanto na primavera do ano de 2019.

As amostras foram transportadas em caixas isotérmicas para o Setor de Ciência e Tecnologia dos Produtos de Origem Animal (CTPOA), do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). As análises foram conduzidas seguindo o delineamento em blocos casualizados com 2 tempos de maturação (3 e 17 dias), 2 estações do ano (inverno e primavera) e 4 propriedades (blocos e repetições).

Nas amostras foram mensuradas o teor de umidade (g.100g), o teor de gordura corrigida para massa seca, atividade de água, pH, acidez titulável e firmeza (g).

Para a determinação do teor de umidade (g.100g) de alíquotas de 5g de queijos foram dessecadas em estufa ($102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) procedendo-se a pesagens até peso constante (BRASIL, 2008,). O teor de massa seca (%) necessário para a determinação do teor de gordura na massa seca, foi calculado pela Equação 2:

$$MS = 100 - U \quad (2)$$

Sendo U o teor de umidade (g.100g) do queijo, e MS a matéria seca em g.100g. O teor de gordura dos queijos foi determinado pelo método butirométrico de Gerber (BRASIL, 2008).

A atividade de água foi mensurada com higrômetro Aqualab (Decagon Devices Inc. USA, 2015).

O pH foi mensurado no homogenato constituído por alíquotas de 10 g das amostras e 20 mL de água destilada. Utilizou-se o pHmetro modelo mPA-210 (MS TECNOPON) acoplado com eletrodo de imersão (BRASIL, 2006).

A acidez titulável (°D) foi determinada pela titulação do homogenato constituído por alíquotas de 10 g dos queijos e 50 mL de água destilada a 40°C, em presença do do indicador fenolftaleína. Para a titulação utilizou-se solução hidróxido de sódio 0,1 N (BRASIL, 2006)

A firmeza (g) dos queijos foi mensurada com o texturômetro TA.XT2 plus® Stable Micro Systems (Stable Micro Systems, Haslemere, Reino Unido) acoplado com a sonda de fio metálico. Aliquotas com formato cilíndrico (20 mm de diâmetro e 20 mm de altura) foram coletadas na região central dos queijos. Os dados de firmeza (picos positivos máximos) foram obtidos no programa Exponent Lite versão 5.1 (Stable Micro Systems, Haslemere, Reino Unido). O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5 kg, com velocidade de descida e de corte do dispositivo de 200 mm. minuto⁻¹, velocidade de pré-teste, teste e de pós-teste de 2 mm.s⁻¹ e distância de penetração de 15 mm (VALLE *et al.*, 2004).

2.4 Análises estatísticas

Com enfoque na avaliação do comportamento das condições climáticas das queijarias artesanais no inverno e na primavera realizou-se inicialmente em cada queijaria, um estudo descritivo dos dados internos e externos de temperatura e umidade relativa e do índice de Desempenho Térmico de Massa k_1 (REIS e REIS, 2002). Após aplicou-se um modelo de análise estatística para verificação do índice de desempenho térmico das cinco queijarias artesanais para inverno e primavera. Dessas análises participaram as queijarias QA, QB, QC, QD e QE.

Foram avaliados também os efeitos do índice de Desempenho Térmico de Massa k_1 nos parâmetros físico-químicos de qualidade das queijarias em operação (QA, QB, QC e QE). Para tal, aplicou-se um modelo estatístico que evidencia a possível relação de k_1 com os parâmetros de qualidade no inverno e na primavera, bem como nas idades de maturação 3 e 17 dias. Adiante os modelos estatísticos serão descritos.

2.4.1 Modelo estatístico aplicado para análise de índice de Desempenho Térmico de Massa (k_1)

O modelo estatístico apresentado a seguir foi utilizado na análise Índice de Desempenho Térmico de Massa nas estações de inverno e primavera. Os dados foram submetidos à análises estatísticas utilizando o programa R (R Core Team, 2020) adotando o nível de significância de 5% para todos os testes. Adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + E_j + \varepsilon_{ij}$$

Sendo: Y_{ij} o valor observado para a variável resposta; B_i o efeito do i -ésimo bloco ($n = 5$ queijarias); E_j é o efeito da j -ésima estação do ano (inverno e primavera); ε_{ij} o erro experimental $\sim N(0, \sigma^2)$.

A análise de variância (ANOVA) foi conduzida e as pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade de variância, independência das observações e aditividade foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk, Bartlett, Durbin-Watson e Tukey para aditividade, respectivamente. A transformação de Box-Cox foi empregada para variáveis nas quais as pressuposições não foram atendidas ($P < 0,05$), sendo as pressuposições novamente avaliadas. Não sendo ainda constatado o atendimento das pressuposições aplicou-se o teste não paramétrico de Friedman.

2.4.2 Modelo estatístico para Análise do efeito de desempenho térmico nos parâmetros de qualidade dos queijos

Para se levar em consideração as medidas repetidas obtidas em cada queijaria e o efeito do desempenho térmico (variável k_1) nos parâmetros de qualidade dos queijos utilizou-se o seguinte modelo estatístico de efeito misto, por meio da função *lme* do pacote *nlme* (Pinheiro *et al.*, 2017):

$$Y_{ijpq} = \mu + B_i + E_j + M_p + \beta_1 K_q + (EM)_{jp} + \beta_2 E_j K_q + \beta_3 M_p K_q + \beta_4 E_j M_p K_q + \varepsilon_{ijpq}$$

Sendo: Y o valor observado para a variável resposta; B_i o efeito aleatório do i -ésimo bloco ($n = 4$ queijarias) $\sim N(0, \sigma^2)$; E_j o efeito da j -ésima estação do ano (inverno e primavera); M_p o efeito da p -ésima idade de maturação (3 e 17 dias); β_1 o coeficiente de regressão associado com o valor de K_q ; K_q o valor de k_1 observado na q -ésima observação; $(EM)_{jp}$ o efeito da interação entre a j -ésima estação do ano e a p -ésima idade de maturação; β_2 o coeficiente de regressão associado com a interação entre E_j e K_q ; β_3 o coeficiente de

regressão associado com a interação entre M_p e K_q ; β_4 o coeficiente de regressão associado com a interação entre E_j , M_p e K_q ; ε_{ijpq} o erro experimental $\sim N(0, \sigma^2)$.

As pressuposições de que o efeito aleatório da queijaria e de que os resíduos, em relação aos fatores, seguem uma distribuição normal de probabilidade foram avaliados pelo teste de Shapiro-Wilk (PINHEIRO; BATES, 2000). As pressuposições de variância constante e independentes dos resíduos foram graficamente avaliadas. Identificou-se que os resíduos não apresentaram variância constante entre os diferentes tempos de maturação para as variáveis atividade de água, peso, pH, e entre os tempos de maturação e as estações do ano para as variáveis acidez titulável e firmeza, sendo assim permitidas diferentes variâncias para as análises destes parâmetros. Para tal utilizou-se a função *varIdent* para especificar a estrutura de variância no argumento *weights* durante o ajuste do modelo. Para estas variáveis o modelo que levou em consideração a heterocedasticidade foi comparado ao que não considerou tal característica por meio do teste da razão entre a verossimilhança de cada modelo. Constantou-se que o modelo heterocedásticos melhor se ajustou aos dados ($P < 0,05$). Comparações múltiplas de médias foram feitas pelo teste de Tukey e a comparação entre os diferentes coeficientes de regressão foi realizada pelas funções *emmeans* e *emtrends* do pacote *emmeans* (LENTH, 2019).

2.5 Identificação de técnicas construtivas disponíveis para salas de maturação

Por meio do diagnóstico das inviabilidades construtivas de cada sala de maturação foram analisadas as possíveis modificações arquitetônicas e ambientais para melhoria do ambiente térmico interno de maturação com base em estratégias primárias de acondicionamento térmico natural e secundárias de acondicionamento térmico artificial conforme evidenciado pela literatura (TINÔCO, 2001; BAÊTA & SOUZA, 2010; DAMASCENO *et al.*, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As salas de maturação avaliadas não possuem controle climático de umidade relativa e temperatura, sendo os queijos maturados em temperatura ambiente.

3.1 Características arquitetônicas e ambientais, e propriedades térmicas.

Na Tabela 1 são apresentadas as localizações e as propriedades térmicas da envolvente das salas de maturação.

Tabela 1- Localização e propriedades térmicas das salas de maturação de queijarias produtoras de queijo

Sala de maturação	Código	Local	Coordenada Geográfica	Altitude (m)	Ocupação	Sistema de ventilação vertical (Paredes)
Queijaria A	QA	Materlândia	-18.27, -42.00	700	Operante	CT: 272,1 kJ U: 2,6 W m ⁻²
Queijaria B	QB	Materlândia	-18.27, -42.59	676	Operante	CT: 152,2 kJ U: 2,1 W m ⁻²
Queijaria C	QC	Paulistas	-18.30, -42,54	780	Operante	CT: 148,8 kJ U: 1,9 W m ⁻²
Queijaria D	QD	Diamantina	-18.20, -43.42	1271	Operante	CT: 152,2 kJ U: 2,1 W m ⁻²
Queijaria E	QE	Diamantina	-18.18, -43.42	1338	Inoperante	CT: 152,2 kJ U: 2,1 W m ⁻²

Coordenadas e altitudes: Google Earth Pro (2020). Propriedades térmicas: PROJETEEE (2020). CT= Capacidade térmica

3.1.1 Sala de maturação da queijaria QA

A queijaria QA, produz o Queijo Minas Artesanal de casca lisa. A sala de maturação da queijaria QA, localizada a 700 m de altitude, possui área de 5,25 m² e pé-direito de 2,60 m. Na Figura 1 pode-se observar o sistema de vedação desta sala de maturação.

Figura 1- Sistema de vedação da sala de maturação da Queijaria QA.



A



B

A= Parede externa e Cobertura. B= Vista interna da sala de maturação (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019).

Este ambiente está alocado dentro da sala de fabricação, sendo dela separado por uma divisória sem porta constituída por uma base de alvenaria sobre a qual foi instalado um vidro comum de 2 metros de altura. A fachada com orientação a oeste dispunha de uma janela e de um óculo de expedição, os quais são abertos esporadicamente. Esta parede possui 20 cm de espessura, e é constituída por argamassa externa, blocos de concreto, argamassa interna e revestimento cerâmico branco interno. A face externa da parede é de cor branca e azul. A cobertura deste ambiente é composta por telha cerâmica e forro de madeira. Não foi constatada arborização próxima à parede externa e a cobertura. O piso do lado externo é constituído por blocos de concreto maciço.

3.1.2 Sala de maturação da queijaria QB

A queijaria QB, também produz o Queijo Minas Artesanal de casca lisa. A sala de maturação da queijaria QB, localizada a 676m de altitude, possui uma área de 10 m² e pé-direito de 2,90 m. Na Figura 2 é ilustrado o sistema de vedação da sala de maturação da queijaria QB.

Figura 2- Sistema de vedação da sala de maturação da Queijaria QB.



A= Parede externa e cobertura. B= Vista interna da sala de maturação (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019).

Este ambiente é parcialmente isolado da sala de fabricação por uma parede de alvenaria com 1,8 metros de altura. A fachada, com orientação a sudoeste, foi construída com argamassa externa, blocos cerâmicos vazados, argamassa interna, e revestimento cerâmico interno. Esta parede possui 15 cm de espessura, uma janela basculante que permanece fechada e, externamente, é parcialmente revestida com malha sombrite (Figura 2 A). A face externa da parede é de cor amarela. A cobertura deste ambiente é composta por telha cerâmica e laje pré-moldada com Poliestireno Expandido (EPS). Não há arborização próxima à parede externa e a cobertura da sala de maturação. O piso do lado externo é constituído por blocos de concreto maciço.

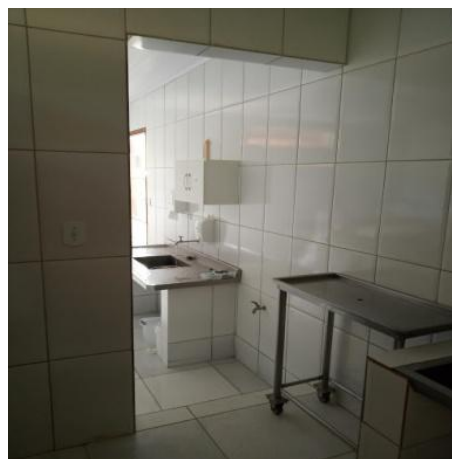
3.1.3 Sala de maturação da queijaria QC

A queijaria QC, produz o Queijo Minas Artesanal de casca lisa. A sala de maturação da queijaria QC está localizada a 780m de altitude, possui uma área de 12 m² e pé-direito de 3,00 m. Na Figura 3 é possível observar os principais elementos da envoltória da sala de maturação da queijaria QC.

Figura 3- Sistema de vedação da sala de maturação da Queijaria QC



A



B



C

A= Parede externa e cobertura. B e C= Aberturas que acesso a sala de fabricação (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019).

Este ambiente é parcialmente isolado por uma parede de alvenaria, que possui duas aberturas com direto acesso a sala de fabricação. A sala detém de uma parede externa orientada a oeste, constituída por argamassa externa, blocos cerâmicos vazados, argamassa interna, e revestimento cerâmico interno. A parede externa possui uma janela tipo basculante na qual é aberta esporadicamente. A cobertura deste ambiente é composta por telha cerâmica e uma camada de 8 cm de poliestireno expandido (isopor) associado ao forro PVC. Próxima à parede externa e a cobertura da sala de maturação, não existem árvores. O piso do lado externo é constituído por blocos de concreto maciço.

3.1.4 Sala de maturação da queijaria QD

A queijaria QD, produz o Queijo Artesanal com casca mofada por fungos filamentosos e leveduras. A sala de maturação da queijaria QD está localizada a 1271m de altitude, possui uma área de 8 m² e pé-direito de 3,00 m. A sala de maturação não possui

ligação direta com outros ambientes da queijaria. Dispõe de uma fachada orientada a sudoeste, constituída por argamassa externa, blocos cerâmicos vazados, argamassa interna, e revestimento cerâmico interno. Esta parede possui 15 cm de espessura e sua face externa possui a cor branca. A cobertura deste ambiente é composta por telha cerâmica e laje. Não foi observada a presença de árvores próximas à envoltória. O piso do lado externo é constituído por blocos de concreto maciço.

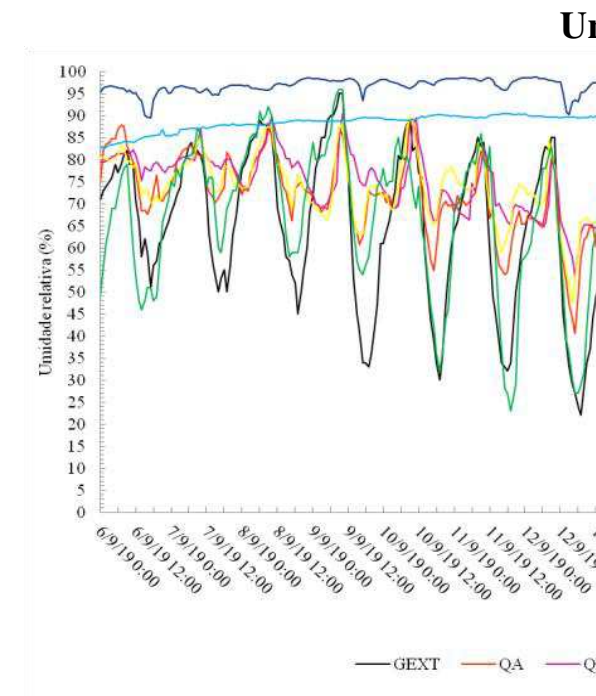
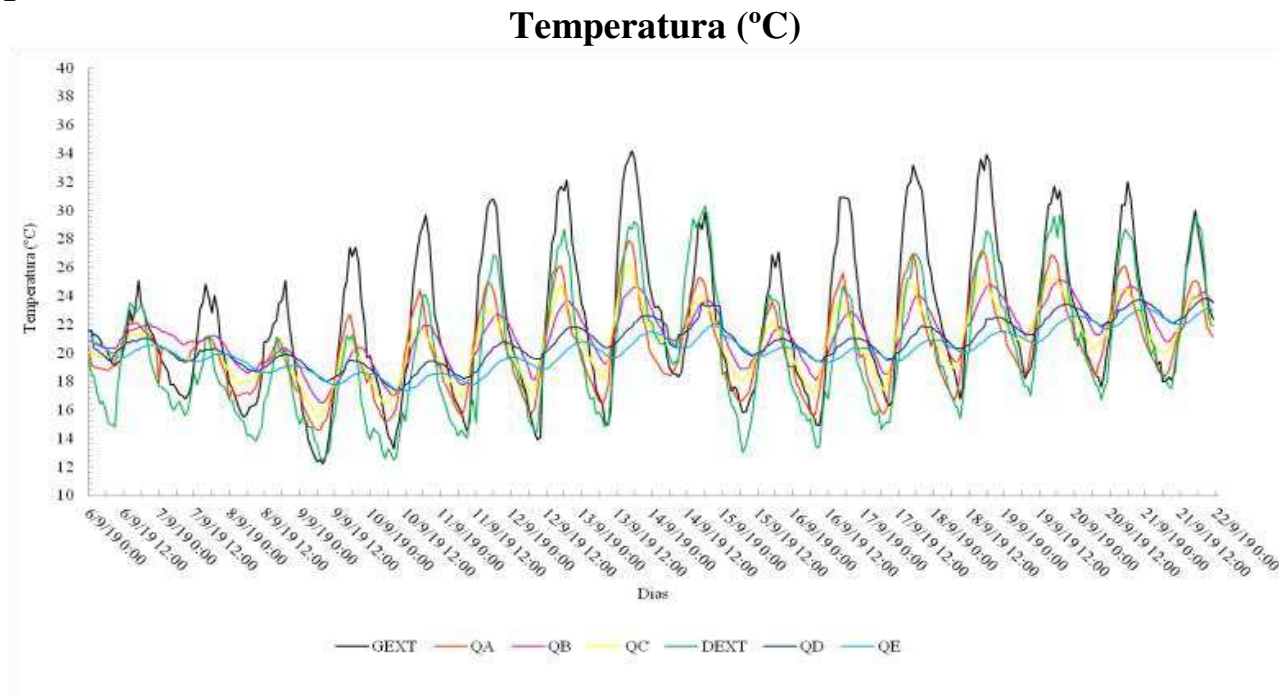
3.1.5 Sala de maturação da queijaria QE

A queijaria QE, produzirá o Queijo Artesanal com casca mofada por fungos filamentosos e leveduras. A sala de maturação da queijaria QE está localizada a 1338m de altitude, possui uma área de 10 m² e pé-direito de 3,00 m. A sala de maturação não possui acesso direto a quaisquer ambientes da queijaria. A sala detém de uma fachada orientada a leste, constituída por argamassa externa, blocos cerâmicos vazados, argamassa interna, e revestimento cerâmico interno. Essa parede dispõe de uma janela tipo basculante na qual é aberta esporadicamente. A cobertura deste ambiente é composta por telha cerâmica e laje. Próxima à sala de maturação da queijaria QE não existe arborização, e vegetação sobre o solo.

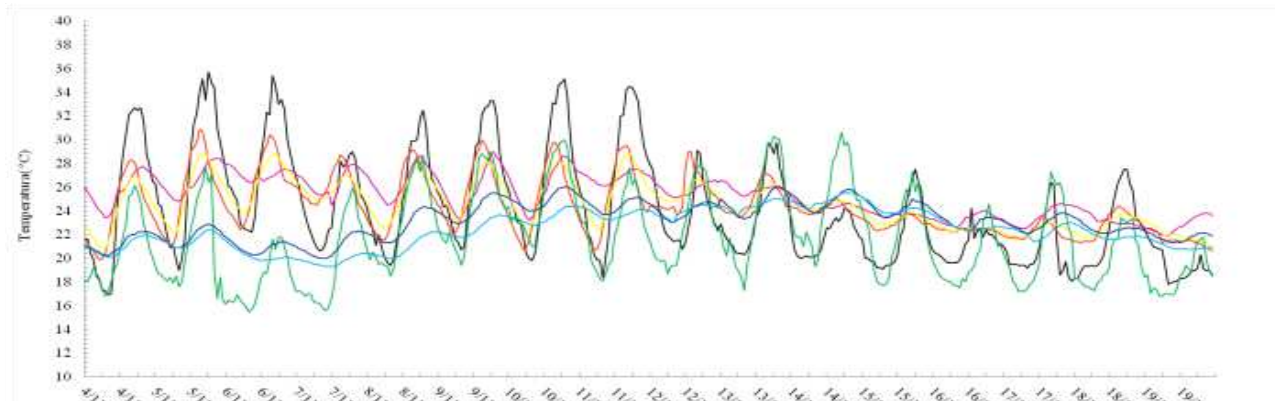
3.2 Caracterização climática e índices de desempenho das edificações

Na Figura 4 são apresentados os comportamentos diários das temperaturas e umidades relativas internas e externas das salas de maturações de queijarias nos períodos de inverno e primavera.

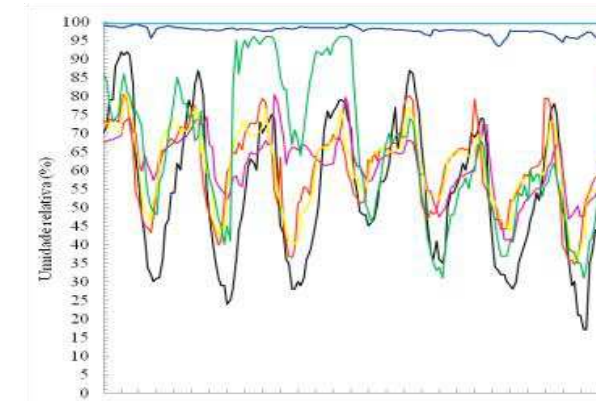
Figura 4- Comportamento diário das temperaturas e umidades relativas internas e externas das salas de aula durante a primavera de 2019



A



B



No inverno e na primavera as temperaturas internas das salas de maturação de todas as queijarias (QA, QB, QC, QD, e QE) tenderam a aumentar em torno das 10:00 horas, com pico máximo por volta das 16:00 horas e declínio a partir das 18:00 horas. Próximo a estes horários se observou comportamento inverso da umidade relativa interna, com declínio a partir das 09:00 horas e ascendência por volta das 17:00 horas. Conforme Baêta e Souza (2010) este comportamento é esperado, pois com o aquecimento do ar ocorre um aumento da capacidade de sustentação do vapor de água, e uma vez que volume de vapor de água do ar não altera, a umidade relativa tende a cair.

Em todas as queijarias podem-se observar que nos horários mais quentes do dia, as temperaturas internas são inferiores as temperaturas externas. De acordo com TINÔCO (2001) os amortecimentos dos picos de temperaturas internas das edificações se devem a Capacidade Térmica dos elementos verticais e horizontais de vedação, que faz com que as temperaturas internas máximas e mínimas não atinjam os picos das temperaturas externas.

Quanto às umidades relativas, observam-se também, que nos horários mais quentes ocorre o declínio das mesmas, mas não se equiparam as externas. Quando as temperaturas sobem e o ar não está saturado, ocorre uma transferência de massa devido a um gradiente de pressão entre a água e o ar, e assim o ambiente tende a perder água para atmosfera. Nesse sentido, os sistemas termodinâmicos, que estão dentro do ambiente interno, como o queijo, perdem umidade para o ambiente por meio do processo de evaporação em resposta ao diferencial existente (BAETA & SOUZA, 2010).

Na Tabela 2 são apresentados o comportamento térmico interno e externo das salas de maturação e o índice de desempenho térmico de massa da envoltória (k_1).

Tabela 2- Temperatura e umidade relativa média, máxima e mínima interna e externa e índice de desempenho t

Inverno													
Local	Temperatura °C								Umidade relativa				
	Interno				Externo				Interno				
	Média	CV(%)	Max	Min	Média	CV(%)	Max	Min	Média	CV(%)	Max	Min	Mé
QA	20,5	14,7	27,9	14,6	22,2	23	34,2	12,2	66,7	16,7	89,7	29,2	58,
QB	21,2	9,1	25,1	16,4	22,2	23	34,2	12,2	69,6	13	90,4	42,2	58,
QC	20,7	10,7	26,3	15,4	22,2	23	34,2	12,2	68,3	14,3	89,7	31,7	58,
QD	20,7	7,2	23,8	17,4	20,0	22,3	30,3	12,5	94,8	3,6	98,7	79,4	57,
QE	20,2	6,7	23,1	17,3	20,0	22,3	30,3	12,5	88,9	1,7	90,5	82,6	57,

Primavera													
Local	Temperatura °C								Umidade relativa				
	Interno				Externo				Interno				
	Média	CV(%)	Max	Min	Média	CV(%)	Max	Min	Média	CV(%)	Max	Min	Mé
QA	24,3	10,2	30,9	19,9	24,1	18,9	35,7	16,9	70,6	23,3	96,5	27,2	67,
QB	25,2	6,9	29	21,9	24,1	18,9	35,7	16,9	72,6	28,2	96,7	40,6	67,
QC	24,5	8,1	28,9	20,8	24,1	18,9	35,7	16,9	69,4	19,7	94,8	36	67,
QD	23,1	6,7	26	20	21,7	17,2	30,6	15,5	96,7	2,8	99,8	85,6	64,
QE	22,4	7,2	25,5	19,3	21,7	17,2	30,6	15,5	96	7	99,7	75	64,

Max= Temperatura ou umidade relativa máxima. Min= Temperatura ou umidade relativa mínima. CV = Coeficiente de Variação. Desempenho Térmico de Massa médio. (Fonte: Arquivo Pessoal, 2019).

Em queijos de casca lisa, como o queijo minas artesanal, as condições climáticas para o desenvolvimento de bactérias lácticas e propiônicas, devem proporcionar temperatura de $19\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $77,5\pm 7,5\%$ (GOBBETTI, 2002; SPINNER; 2017; MATAGARAS, 2020). As queijarias QA (Materlândia-MG), QB(Materlândia-MG) e QC(Paulistas-MG), produzem Queijo Minas Artesanal de casca lisa, portanto, o atendimento dessas condições são primordiais para o desenvolvimento das características sensoriais do queijo.

Nas salas de maturação das queijarias QA, QB, e QC as temperaturas e umidades relativas internas de inverno e primavera não atendem aos requisitos climáticos almejados para queijos de casca lisa. No inverno pode-se observar que nessas salas de maturação, apesar da temperatura média interna estar dentro da faixa das condições climáticas almejadas ($19\pm 2^{\circ}\text{C}$), a distribuição dos dados, expressos nos respectivos coeficientes de variação e nas temperaturas máximas e mínimas, demonstra a inconstância da temperatura. Além disso, as umidades relativas médias estão abaixo da faixa recomendada de $77,5 \pm 7,5\%$, e suas distribuições também são irregulares. Na primavera, as umidades relativas médias, também se enquadram dentro da faixa desejada, porém as irregularidades das condições climáticas de umidade relativa interna das salas de maturação são preocupantes. As temperaturas dessa estação estão acima dos $19\pm 2^{\circ}\text{C}$ recomendados para maturação de queijos de casca lisa.

Os queijos de casca mofada que usam fungos filamentosos e leveduras para sua maturação, requerem condições climáticas mais amenas, com temperatura de $12\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa $95 \pm 5\%$ (LECLERCQ-PERLAT, *et al*, 2012). As queijarias QD e QE estão localizadas no município de Diamantina-MG. A queijaria QD produz queijo artesanal de casca mofada, e a queijaria QE tem o objetivo de produzir queijos similares. Nesses ambientes e em ambas as estações, as temperaturas internas e as respectivas distribuições inconstantes desses dados não atendem ao recomendado para maturação de queijos com fungos filamentosos e leveduras ($12\pm 1^{\circ}\text{C}$). Entretanto tanto no inverno quanto na primavera, as umidades relativas médias e as respectivas distribuições dos dados dessa variável estão muito próximas às condições preconizadas para essa variedade de queijo ($95 \pm 5\%$).

O desempenho térmico das salas de maturação refere-se às características arquitetônicas e ambientais, e as propriedades térmicas de cada envoltória. Dentre todas as queijarias, observa-se que na sala de maturação da queijaria QA, em ambas as estações, os índices de Desempenho de Térmico de Massa (k_1) foram maiores (2,14 e 1,08 respectivamente). Esse fato indica que a envoltória deste ambiente tem pouca massa térmica

e, portanto, é uma barreira ineficiente para minimizar as variações climáticas de temperatura do ambiente externo. Nestes termos, as temperaturas internas se tornam dependentes das temperaturas externas diárias, essa influência dificulta na manutenção de um ambiente interno com temperaturas menos oscilantes. Neste cenário, o queijo acaba sendo maturado em condições climáticas internas inconstantes, prejudicando a sua qualidade. As principais características arquitetônicas ambientais e propriedades térmicas que aumentam a carga térmica do ambiente interno são: falta de vegetação próxima à envoltória; fachada a oeste; pé-direito inferior a 3 metros; coberturas (telha cerâmica e forro de madeira) com inferiores propriedades térmicas; abertura direta a sala de fabricação e as janelas e óculo de expedição que permanecem fechadas na fachada.

A sala de maturação da Queijaria QB, possui um índice de Desempenho Térmico de Massa k_1 de 1,64 no inverno. Na primavera, em razão das maiores temperaturas e menor amplitude interna e externa, o k_1 atingiu um valor inferior de 0,72. Nesse ambiente as principais características arquitetônicas ambientais e propriedades térmicas que prejudicam as condições climáticas internas devem-se: à falta de vegetação próxima à envoltória, fachada a sudoeste, o pé-direito inferior a 3 metros, malha sombrite de cor escura estendida na fachada, baixa propriedade térmica da fachada (espessura de 15 cm; composta por: reboco, tijolos cerâmicos, e cerâmica de revestimento interno), abertura direta a sala de fabricação e fachada com janela tipo basculante que permanece fechada

A QC possui índices de Desempenho Térmico de Massa k_1 de 1,93 no inverno e 0,71 na primavera. Nesse ambiente as principais características arquitetônicas ambientais e propriedades térmicas que prejudicam as condições climáticas internas corroboram com a falta de arborização próxima à envoltória; fachada a sudoeste; o pé-direito inferior a 3 metros; baixa propriedade térmica da fachada (telha cerâmica e isopor associado ao forro PVC); a abertura direta a sala de fabricação, e a fachada com janela tipo basculante que permanece fechada.

Dentre as salas de maturação avaliadas, a QD apresentou os índices de Desempenho Térmico de Massa com menores valores tanto inverno quanto na primavera, com k_1 de 0,7 e -0,05 respectivamente. Nesse ambiente as principais características arquitetônicas ambientais e propriedades térmicas que prejudicam as condições climáticas internas estão relacionadas à: falta de vegetação próxima à envoltória, e fachada a sudoeste.

Similar a QD, a sala de maturação QE, apresentou baixos índices de Desempenho Térmico de Massa e inverno e primavera, com k_1 de 0,73 e 0,09 respectivamente. Nesse

ambiente as principais características arquitetônicas ambientais e propriedades térmicas que prejudicam as condições climáticas internas estão relacionadas à: falta de arborização próxima a envoltória; fachada a leste; e o pé-direito inferior a 3 metros.

A inexistência de vegetação próxima à queijaria proporciona o aumento da carga térmica sobre os elementos construtivos pela ausência de sombras, e pela interceptação da radiação por meio de gramas na cobertura do solo.

Na fase de planejamento do projeto, deve-se evitar alocar as fachadas com disposição a leste ou oeste para ambientes que demandam de clima ameno, caso contrário apenas arborização paralela a estas fachadas, ou estruturas projetadas para sombra como o beiral, podem interceptar parte da incidência de radiação solar (BAÊTA & SOUZA, 2010). Fachadas a leste estão dispostas a receber a radiação solar de todo o período da manhã, já as fachadas a oeste recebem a radiação do período da tarde. Para ambientes que demandam por temperaturas amenas os desafios são ainda maiores quando a fachada é orientada a oeste, pois as temperaturas externas do período da tarde são as maiores do dia principalmente em locais onde não é observada a cobertura do solo.

Em relação ao pé-direito, uma edificação que possui pé-direito inferior a 3 metros, o ar quente tende a se acumular nas porções superiores da instalação, devido a sua densidade, e quando somado a radiação proveniente da cobertura, as temperaturas próximas ao forro tornam-se maiores que nas porções mais inferiores. Pelo excesso de calor pode acontecer, formação de trincas devido a perda de umidade de queijo para o ambiente e reações de rancificação dos lipídeos presentes na massa do queijo, com a formação de sabores e odores rançosos (SOBRAL *et al.*, 2017).

Cada sala de maturação possui as propriedades térmicas particulares da fachada e da cobertura, expressas na Absortância que define o quanto uma superfície absorve a energia solar na qual é submetida. Capacidade Térmica representa a quantidade de energia necessária aplicada sobre a superfície para elevar a 1°C o ambiente interno, expresso na capacidade de amortecimento das curvas das temperaturas internas (Temperaturas máximas menores e mínimas maiores que as externas). A Transmitância térmica representa a capacidade de passagem do fluxo de calor por condução através de um elemento. Elementos de boas propriedades térmicas são aqueles que possuem: superfície externa de baixa Absortância (cores claras) evitando o excesso de absorção da radiação; alta inércia térmica devido à alta Capacidade Térmica; baixa Transmitância Térmica que oferece melhor isolamento térmico interno.

O isolamento parcial entre a sala de maturação e sala de fabricação prejudica a manutenção de condições climáticas internas no ambiente de maturação. Isto se deve ao fato de que, além dos efeitos do ambiente externo, as condições de uso e de ocupação da sala de fabricação interferem no clima do ambiente interno de maturação (PAPST *et al.*, 2016).

Como as aberturas (janela e óculo de expedição) foram confeccionadas em vidro transparente os raios solares podem entrar com facilidade na sala de maturação transmitindo energia que, por sua vez é absorvida, devido ao gradiente de temperatura existente entre os objetos, e transformada em calor (PASPT *et al.*, 2016). Esta energia absorvida pode ser reemitida por objetos, como as prateleiras, piso, parede e os queijos, na forma de ondas longas, o que eleva a carga interna e forma o chamado efeito estufa dentro da sala de maturação (BAÊTA & SOUZA, 2010). Diversos autores relatam que o excesso de calor e a radiação que incide no ambiente interno estimulam a rancificação oxidativa dos lipídeos presentes na casca dos queijos (COLLINS, 2003; MCSWEENEY, 2007; SOBRAL 2017).

3.3 Análise das condições climáticas de exposição de inverno e primavera no desempenho térmico da envoltória e na qualidade dos queijos

Cada sala de maturação apresentou características construtivas que interferiram no desempenho térmico da envoltória, que, por sua vez, influenciou as condições climáticas internas do ambiente de maturação por meio dos fenômenos de transferência de calor (condução, radiação e evaporação). As envoltórias das salas de maturação de todas as queijarias possuem propriedades térmicas fixas (CT e U), as quais podem ser alteradas por modificações arquitetônicas no sistema de vedação. Entretanto as condições climáticas de exposição são variáveis ao longo do ano, e influenciam diretamente as condições climáticas internas de maturação. Na Tabela 3 é apresentado o índice de desempenho térmico das salas de maturação durante as estações de inverno e primavera.

Tabela 3- Índice de desempenho térmico de massa das salas de maturação durante as estações de inverno e primavera.

Índice	Estação do ano		DP	P-valor
	Inverno	Primavera		
k ₁	1,43	0,47	0,73	< 0,001

K₁= Índice de desempenho térmico de massa. DP= Desvio Padrão (Fonte: Dados experimentais, 2019).

As salas de maturação das queijarias artesanais apresentaram maior índice de Desempenho Térmico de Massa ($p < 0,05$) na primavera. Estes valores demonstra haver,

durante este período, menor amplitude das temperaturas internas das salas de maturação. Toda via, cabe ressaltar que, tanto internamente quanto externamente, as temperaturas foram maiores em todas as salas de maturação durante a primavera. Isto evidencia que na primavera o menor valor do índice de Desempenho Térmico de Massa se deve às menores amplitudes térmicas exercidas pelo ambiente externo e não pelas propriedades térmicas das envoltórias. No inverno o índice de Desempenho Térmico de Massa foi maior o que demonstra que nesse período as variações térmicas das temperaturas externas e internas foram maiores. Neste sentido, adequações arquitetônicas e ambientais das salas de maturação são determinantes para o melhor desempenho térmico da envoltória no inverno, a fim de minimizar as oscilações das temperaturas; e na primavera para diminuir a carga térmica de radiação sobre a envoltória.

Nas Tabelas 4 e 5 serão apresentadas as análises dos efeitos do índice de desempenho térmico de massa nos parâmetros de qualidade dos queijos artesanais.

Tabela 4- Efeito de do índice de Desempenho Térmico de Massa (k_1) em parâmetros de qualidade de que primavera e nos tempos de maturação de 3 e 17 dias.

Parâmetro	Estação		Maturação		DP 1	E	M	k1	Sig
	Inverno	Primavera	3	17					
Umidade (g.100g)	45,3	40,9	51,5	34,7	10,31	0,18	0,04	< 0,001	0
GMS (%)	49,2	52,8	51,6	50,3	8,51	0,61	0,76	0,07	0
Atividade de água	0,95	0,96	0,98	0,93	0,03	0,03	0,09	0,06	0
pH	4,69	4,49	4,49	4,68	0,25	0,07	< 0,001	< 0,001	0
Acidez titulável (°D)	0,26	0,53	0,41	0,39	0,21	0,03	< 0,001	0,06	0
Firmeza (g)	1749,7	2616,8	1045,1	3321,3	1594,6	0,27	0,40	0,005	0

Fonte: Próprio autor. 1DP = Desvio padrão; 2 E = efeito da estação do ano; M = efeito da idade de maturação; k1 = efeito do índice de desempenho térmico de massa; E x M = efeito da interação entre estação do ano e idade de maturação; E x k1 = efeito da interação entre estação do ano e índice de desempenho térmico de massa; E x M x k1 = efeito da interação entre estação do ano, idade de maturação e índice de desempenho térmico de massa. GES = teor de gordura na massa seca

Tabela 5- Desdobramento das interações Estações do ano e índice de Desempenho Térmico de Massa (E x k₁)
Desempenho Térmico de Massa (M x k₁).

Parâmetro	Inverno		Estação Primavera		Inverno vs Primavera		3 dias		Ma 17 β ¹
	β ¹	P-valor	β ¹	P-valor	Estimativa	P-valor	β ¹	P-valor	
Umidade (g.100g)	-13,5 (5,01)	0,01	-32,6 (6,70)	< 0,001	19,2 (2,23)	< 0,001	-16,7 (5,86)	0,009	-29,4 (5,5)
GES (%)	1,14 (3,78)	0,77	13,7 (5,05)	0,01	-12,5 (4,65)	0,01	---	---	---
Atividade de água	0,003 (0,006)	0,63	-0,024 (0,009)	0,01	0,027 (0,011)	0,01	0,003 (0,002)	0,17	-0,023 (0,0)
pH	-0,18 (0,08)	0,03	-0,43 (0,10)	< 0,001	0,25 (0,09)	0,01	-0,12 (0,07)	0,07	-0,49 (0,0)
Acidez titulável	---	---	---	---	---	---	-0,10 (0,07)	0,15	0,31 (0,0)
Firmeza (g)	---	---	---	---	---	---	-2,81 (75,9)	0,97	2014,6 (638,5)

Fonte= Próprio autor. β¹= Coeficiente de regressão (erro padrão). GES = gordura na massa seca.

É importante resaltar que os parâmetros de qualidade do queijo não estão associados apenas ao desempenho térmico das instalações, mas a inúmeros fatores intrínsecos e extrínsecos que juntos atuam na qualidade físico-química dos queijos, assim torna-se indispensável o controle da higiene e das boas práticas de produção.

Para o queijo artesanal ser comercializado, a legislação exige por meio do Decreto Nº 44864 de 01 de agosto de 2008 que o alimento deve ter no máximo $45,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de umidade (MINAS GERAIS, 2008). Aos 17 dias de maturação os queijos conseguiram atender ao preconizado, sendo classificados como queijos de média umidade, 36,0 a $45,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (BRASIL, 2000).

O Índice de desempenho térmico de massa influenciou negativamente no parâmetro de umidade dos queijos nas interações estação do ano e Desempenho Térmico de Massa (ExK1) e idade de maturação e desempenho térmico (Mxk1). Nesse sentido as maiores valores de índice de Desempenho Térmico de Massa, sujeitam os queijos a uma maturação em um ambiente com maior amplitude térmica. Oscilações de temperatura sujeitam o sistema termodinâmico a trocas de calor latente por evaporação ou condensação (BAÊTA; SOUZA, 2010). Portanto, a correlação negativa entre o índice de desempenho de massa (k_1) com o teor de umidade dos queijos se deve às percas de calor por evaporação da água livre do queijo resultando na perda de sua umidade para o ambiente.

Na primavera o efeito do índice de Desempenho Térmico de Massa na umidade é ainda maior, isso porque o aumento da temperatura e as menores oscilações fazem com que a massa do queijo aumente a perca de água livre para o meio, através da evaporação. O mesmo ocorre na interação idade de maturação e índice de Desempenho Térmico de Massa (M X k_1). Os queijos com 17 dias tendem a apresentar menor umidade quando há um maior índice de desempenho térmico de massa do que os maturados com 3 dias. A excessiva perca de umidade, diminui a água disponível para as reações de fermentação, lipólise e proteólise, essenciais para o desenvolvimento das características sensoriais do queijo artesanal, assim o queijo fica com aspecto indesejável, apresentando trincas na casca, ausência de sabores típicos como umami, adocicado e amendoado, além de excessiva perca de peso.

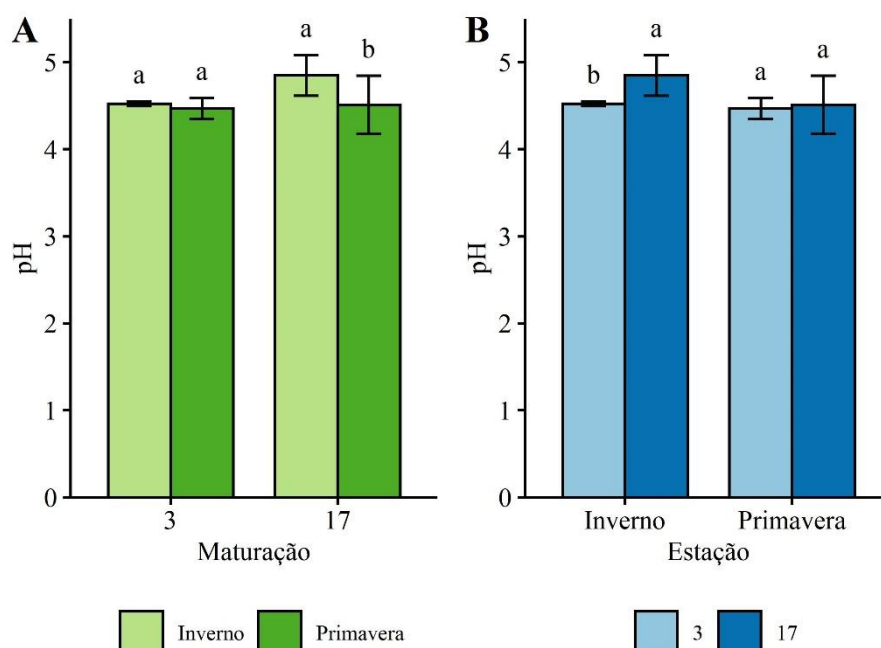
Para o parâmetro gordura houve diferença na interação estação do ano e índice de Desempenho Térmico de Massa (E x k_1). Os queijos produzidos durante o inverno não apresentaram coeficiente de regressão significativa ($p > 0,05$). Na primavera apresentaram um coeficiente de regressão positiva, demonstrando que quanto maior índice de desempenho térmico de massa da sala de maturação, maior o teor de gordura dos queijos. Estes resultados se devem à redução do teor de umidade dos queijos o que impacta diretamente no aumento

dos sólidos, dos quais a gordura constitui importante parcela. O aumento do teor de gordura nesse contexto não é almejado para os queijos artesanais, pois como existirá pouca água livre para as reações de lipólise, a gordura não será transformada em ácidos graxos de cadeia curta e voláteis, essenciais para constituição do *flavour* característico dos queijos. Por outro lado, o excesso de lipídios pode ser oxidado pelo calor e radiação solar, o que leva a formação de compostos rançosos, indesejáveis para queijo artesanal (COLLINS, 2003; MCSWEENEY, 2007; SOBRAL 2017).

O parâmetro atividade de água apresentou diferenças significativas nas duplas interações dias de maturação e índice de Desempenho Térmico de Massa ($M \times k_1$) e estações do ano e índice de Desempenho Térmico de Massa ($E \times k_1$) (Tabela 5). Nos desdobramentos (Tabela 6), $E \times k_1$, apenas a primavera apresentou significativo coeficiente de regressão negativo ($p < 0,05$). Assim, quanto maior o índice de Desempenho Térmico de Massa de massa, menor se apresentou a atividade de água nos queijos artesanais durante a primavera. Na água que o queijo detém, a água livre que se encontra entre os compostos orgânicos, possui maior facilidade de ser perdida para o meio, através da evaporação (SOUZA *et al*, 2014). Nesses termos, uma menor atividade de água, deve-se a uma menor quantidade de água livre disponível para as reações bioquímicas da maturação, implicando assim na qualidade sensorial dos queijos. Já entre as idades de maturação, o desdobramento da interação dias de maturação e índice de Desempenho Térmico de Massa ($M \times k_1$) demonstra inversa proporção entre k_1 e aos valores de atividade de água nos queijos de 17 dias. Nos queijos de 3 dias de maturação não houve correlação significativa ($p > 0,05$). A medida que o tempo de maturação avança é comum a perda da água livre do queijo para o ambiente por meio da evaporação, e a redução dos substratos disponíveis para as reações da maturação, o que acarreta em uma menor atividade de água.

Os valores de pH apresentaram diferenças ($p < 0,05$) para todas as duplas interações (Tabela 5). Na Figura 5 é apresentado o desdobramento da interação entre idade de maturação e estação do ano ($M \times E$).

Figura 5- Desdobramento da interação entre tempo de maturação e estação do ano para os valores de pH.



Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si a 5% de significância. **A.** Estação do ano dentro de idade de maturação e **B.** Idade de maturação dentro de estação do ano. Colunas representam as médias e as barras o desvio padrão (Fonte: Dados experimentais, 2019).

Observa-se na Figura 5A, que não houve diferença significativa na comparação dos valores de pH entre os queijos de 3 dias de maturação do inverno com os queijos de 3 dias de maturação da primavera, sendo os valores médios de 4,52 e 4,47 respectivamente. Os respectivos valores de pH não são almejados para os queijos de 3 dias, uma vez que nesses termos dificultam os processos físico-químicos e microbiológicos do queijo, que requerem uma faixa de pH em torno 4,85 e 5,2 (COSTA JÚNIOR *et al.*, 2014). Ao contrário disto observou-se diferença ($p < 0,05$) no valor de pH dos queijos com 17 dias, sendo este maior nos queijos produzidos no inverno (pH médio = 4,85) em comparação com aqueles produzidos na primavera (pH médio = 4,51).

Na Figura 7 B observa-se que no inverno os queijos com 3 dias apresentaram menor ($p < 0,05$) valor médio de pH (4,52) em comparação com os queijos de 17 dias de maturação (4,85). Na primavera constatou-se ($p < 0,05$) este mesmo comportamento, com queijos de 17 dias apresentando valor médio de pH superior do que os queijos de 3 dias, os quais atingiram 4,51 e 4,47, respectivamente. Ao passo que ocorre o avanço da maturação é comum que o pH aumente lentamente, devido ao consumo do ácido láctico. Para queijos com poucos dias de fabricação é desejável que o pH seja em torno de 4,6 pois assim o crescimento dos microrganismos que consomem o ácido láctico não é prejudicado, e com o avançar dos dias de maturação o pH tende a aumentar e se estabilizar em torno de 4,85 a 5,2.

Nas interações estação do ano e índice de Desempenho Térmico de Massa (E x k_1), e dias de maturação e índice de Desempenho Térmico de Massa (M x k_1) os coeficientes de regressão indicam proporcionalidade inversa entre os valores de pH e k_1 ($p < 0,05$). Nesta perspectiva, o melhor controle térmico do ambiente interno pode proporcionar condições mais apropriadas para o desenvolvimento de culturas secundárias, das quais as atividades metabólicas favorecem a elevação do pH por meio do consumo do ácido láctico, e a produção de compostos alcalinos, como os aminoácidos, provenientes da hidrólise de proteínas. A medida que o pH aumenta outros microrganismos atuam na massa do queijo produzindo compostos que agregam sabor e aroma. Essas reações são essenciais para uma maturação de qualidade.

Conforme a Tabela 4 constatou-se que os queijos produzidos no inverno apresentam menor acidez titulável do que os queijos produzidos na primavera. Observou-se também interação entre os dias de maturação e o índice de Desempenho Térmico de Massa (M x k_1), o coeficiente de regressão foi positivo para os queijos com 17 dias de maturação o que indica que quanto menor o valor de k_1 menor se apresentou a acidez dos queijos ($p < 0,05$). O aumento da acidez está intimamente associado ao declínio do pH, pois o aumento da concentração de ácido láctico acarreta na liberação de prótons para o meio (FIGUEIREDO *et al.*, 2015).

Ao se analisar a firmeza dos queijos verificou-se correlação positiva em relação ao índice de Desempenho Térmico de Massa nos queijos com 17 dias de maturação ($p < 0,05$). Quanto maior o índice de Desempenho Térmico de Massa maior se apresentou a firmeza dos queijos. Os valores firmeza podem ser discutidos considerando-se as variações na umidade dos queijos, assim, a redução de umidade ocasiona a concentração de sólidos e, conseqüentemente, maior firmeza do alimento (FIGUEIREDO, 2018).

3.4 *Concepções e técnicas construtivas disponíveis para salas de maturação*

Assim como ocorre em outros setores como a produção animal e vegetal, o manejo ambiental para produção agroindustrial é uma ferramenta indispensável no fornecimento do ambiente adequado para as atividades de uso e ocupação na qual uma instalação é destinada. Damasceno *et al.*(2010) relata que o manejo ambiental utiliza estratégias por meio de processos artificiais a fim de minimizar os efeitos das incoerências ambientais causadas pelo mal planejamento da fase de projeto. As estratégias podem ser por meio de modificações ambientais primárias (paisagismo circundante, orientação solar,

materiais com boas propriedades térmicas) ou secundárias (ventiladores, umidificadores, exaustores) (TINÔCO, 2001; BAÊTA & SOUZA, 2010; DAMASCENO *et al.*, 2010). As estratégias secundárias devem ser aplicadas apenas quando exauridos todos os recursos das primárias, ou quando menos onerosas (TINÔCO, 2001).

As salas de maturação das queijarias artesanais demandam de estratégias primárias e secundárias para fornecimento de condições climáticas internas adequadas para cada finalidade de uso. De acordo com Damasceno *et al* (2010) o Brasil, situa-se no hemisfério sul, abaixo da linha do equador, portanto as temperaturas são superiores, e os principais problemas nas edificações devem-se ao excesso de calor.

Nas salas de maturação das queijarias QA, QB, QC, QD e QE, pode-se observar que o paisagismo circundante não favorece as condições climáticas internas de maturação, pois a inexistência de vegetação (árvores e gramas) próxima aos sistemas de vedação aumenta a insolação direta sobre os elementos verticais e horizontais, prejudicando assim as condições climáticas internas. A insolação pode ser atenuada por meio do fornecimento de sombras naturais ou artificiais. As árvores são ideais para produção de sombras naturais, além de interceptar parte da energia solar pela fotossíntese, transformando-a em energia química latente (DAMASCENO *et al.*, 2010). Árvores altas conseguem criar um microclima ameno, minimizando a carga térmica que incide sobre a superfície externa das fachadas e coberturas. A vegetação sobre o solo também é de suma importância para melhoria das condições climáticas internas, pois a alta refletividade associada às gramas consegue diminuir a carga térmica de radiação na envoltória (TINÔCO, 2001). No caso da sala de maturação da queijaria QA, que possui fachada com orientação oeste, e a sala de maturação da queijaria QA com fachada orientada a leste, o emprego de árvores altas paralelas às respectivas fachadas seriam cruciais para evitar a incidência de radiação solar direta nessas paredes. As salas de maturação das queijarias QB, QC e QD, ambas com fachadas orientadas a sudoeste, estão expostas a radiação a partir das 14:00 horas, período onde as temperaturas são mais altas, nesse sentido a arborização também torna-se indispensável para melhoria do ambiente térmico interno.

As fachadas e coberturas devem ser sempre com cores claras (de baixa absorvância), como o branco com $\alpha = 0,2$ a $0,3$, e evitar cores escuras como: preto $\alpha = 1$; verde e azul escuro $\alpha = 0,7$ a $0,9$; e vermelho e laranja $\alpha = 0,3$ a $0,5$ (ABNT, 2005). Nesse sentido a pintura do telhado com tinta branca minimiza a absorvância da radiação solar pela cobertura, e pode ser aplicada em todas as queijarias. Em relação às fachadas, indica-se para as queijarias QB e QC optem por cores claras nas fachadas. Orienta-se ainda a remoção da malha sombrite

na fachada da sala de maturação da queijaria QB, pois como a malha é de cor preta, ocorre total absorção da energia solar, o que pode aumentar a carga térmica na superfície externa da fachada. Recomenda-se também a remoção da faixa de cor azul escura da fachada da sala de maturação da queijaria QA devido a maior capacidade de absorção que essa cor oferece $\alpha=0,7$ a $0,9$.

Nas salas de maturação a queijaria QA e QC, observa-se o baixo desempenho térmico das coberturas podem ser melhorados por isolantes térmicos que protegem contra radiação solar; ou elementos de maior inércia térmica, que protegem contra o calor da insolação. Nas coberturas as telhas associadas aos isolantes térmicos (isopor ou poliuretano) como as telhas sanduíches (duas chapas de zinco e uma camada de isopor), diminuem a transmitância térmica devido à baixa condutividade do ar contido em seus vazios. Nesse contexto o mesmo ocorre com paredes quando aplicadas isolantes térmicos em sua face externa, como o isopor ou a camada de ar associada à placa de alumínio composto.

Estratégias de inércia térmica para isolamento tem por objetivo o aumento da capacidade térmica da envoltória (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). O calor no qual a superfície externa é acometida durante o dia é “armazenado” aquecendo os materiais que constitui o elemento, e a noite como as temperaturas externas diminuem inicia-se o fluxo contrário, no qual a envoltória perde calor para o meio externo, reduzindo assim o fluxo de calor interno.

De acordo com Costa (1982) as coberturas compostas por telha cerâmica e laje, como as salas de maturação das queijarias QB, QD e QE possuem alta inércia térmica devido à alta capacidade de proteção contra insolação do concreto.

O teto jardim, também é uma alternativa para aumentar a inércia térmica nas salas de maturação, pois a camada de terra intercepta a radiação sobre a cobertura. Além disso a vegetação, quando bem irrigada, promove o resfriamento evaporativo que por sua vez diminui a ganho de calor da camada do solo e conseqüentemente diminui a carga térmica sobre a face externa da cobertura (PROJETEEE, 2020). De forma similar do teto jardim, os ganhos térmicos pela fachada podem ser reduzidos com paredes verdes (PROJETEEE, 2020).

Edificações semi-enterradas, ou enterradas também aumentam a inércia térmica das paredes. Além de proporcionar melhor proteção contra radiação solar, o solo adiciona a vedação uma maior massa térmica, que por sua vez minimiza e atrasa o efeito da amplitude térmica, diminuindo as temperaturas internas nos períodos mais quentes e minimizando o excesso de perda de temperatura nos períodos frios (PROJETEEE, 2020). Em ambientes inseridos em locais com umidade demasiadamente alta pode ocorrer condensação no ambiente

interno. Em caso de salas de maturação totalmente enterradas, deve-se atentar para o fornecimento de meios de saída para os gases produzidos nos processos bioquímicos de maturação, que podem causar intoxicação para quem manipula os queijos e incêndios nos recintos.

As modificações secundárias utilizam estratégias artificiais para o controle do ambiente térmico interno, como o emprego de sistemas e equipamentos que refrigeram e fornecem umidade. Em todas as queijarias, observa-se que não houve o atendimento às condições climáticas internas de maturação.

Se realizadas as modificações primárias, os custos com refrigeração como câmaras climáticas podem ser reduzidos, e assim as instalações QD e QE podem atender com facilidade a temperatura demandada ($12 \pm 1^\circ\text{C}$). Vale ressaltar que nessas queijarias a umidade relativa do ar atende ao preconizado para maturação de queijos de casca mofada ($90 \pm 5\%$), e caso seja inserido um sistema de resfriamento a umidade relativa também tenderá a sofrer menores oscilações. Nas queijarias QA, QB e QC as condições climáticas de exposição de inverno e primavera são muito variáveis ao longo do ano. Para essas queijarias tanto a temperatura quanto a umidade são entraves no atendimento às condições climáticas de maturação para queijos de casa lisa ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $77,5 \pm 7\%$). Sistemas de resfriamento associados a umidificadores são essências para o fornecimento da umidade almejada na maturação de queijos de casca lisa.

Deve-se ressaltar que independente do sistema de resfriamento escolhido deve-se sempre considerar os possíveis efeitos na umidade relativa. Como exposto, o fornecimento adequado da umidade relativa do ar é tão importante quanto à temperatura no que tange as condições ambientais necessárias para maturação das variedades de queijos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As não conformidades observadas nas salas de maturação das queijarias pesquisadas, as quais podem prejudicar a qualidade dos queijos, foram: ausência de vegetação próxima a envoltória, orientação a oeste e leste das fachadas pé-direito baixo de 3 metros, baixas propriedades térmicas das coberturas, acesso direto a sala de fabricação, janelas e óculos de expedição permanentemente fechados.

Em todas as queijarias foram observadas que os maiores índices de desempenho térmico de massa não foram eficientes no controle da amplitude térmica interna, sujeitando os queijos a um ambiente de maturação desfavorável. Nestas condições foram observados queijos com: menor teor de umidade; menor atividade de água; maior teor de gordura na massa seca e maior firmeza. Estes queijos também apresentaram maior acidez titulável e menor pH ($\text{pH} < 4,6$).

Estratégias de modificações por meio do fornecimento de vegetação para produção de sombras e cobertura do solo; aumento da capacidade térmica e redução da transmitância térmica do sistema de vedação; uso de cores claras nas fachadas e cobertura, são recomendadas para as salas de maturação QA, QB, QC, QD e QE. Estratégias secundárias por meio de sistemas de resfriamento associado a umidificadores são recomendadas principalmente para salas de maturação QA, QB, e QC. A modificação através de estratégias primária e secundárias são indispensáveis para as salas de maturação, a fim de minimizar as oscilações climáticas de temperatura e umidade e proporcionar condições adequadas para maturação do queijo artesanal.

5 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15575-1: edifícios habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2005

BAÊTA, F. da C.; SOUZA, C. de F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal.** 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.

BARBARESI, Alberto; BOVO, Marco; TORREGGIANI, Daniele. The dual influence of the envelope on the thermal performance of conditioned and unconditioned buildings. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, p. 102298, 2020.

[8] BRASIL. Resolução n. 7, de 28 de novembro de 2000. Critérios de Funcionamento e de Controle da Produção de Queijarias, para seu relacionamento junto ao Serviço de Inspeção Federal. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 jan. 2001.

BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4ª ed. 1ª edição digital. São Paulo: IMESP, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Métodos Analíticos Oficiais Físico-químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos. **Diário Oficial da União**, 14 de dezembro de 2006.

COLLINS, Yvonne F.; MCSWEENEY, Paul LH; WILKINSON, Martin G. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 11, p. 841-866, 2003.

COSTA, E. C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural.** Editora Blucher, 1982

DAMASCENO, F.A. et al. Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 42, Ed. 147, Art. 991, 2010.

DEVICES, Decagon. **Inc. Aqualab Water Activity Meter for Serie 4, 4TE, 4TEV.** version 09/05/15) USA: Decagon Dev. Inc, 2015.

DURU, I. C., LAINE, P., ANDREEVSKAYA, M., PAULIN, L., KANANEN, S., TYNKKYNEN, S., & Smolander, O. P. Ilhan Cem et al. Metagenomic and metatranscriptomic analysis of the microbial community in Swiss-type Maasdam cheese during ripening. **International journal of food microbiology**, v. 281, p. 10-22, 2018.

FIGUEIREDO, de L.V. **Maturação e características de qualidade do queijo minas artesanal do Serro – MG**. 2018. 89p. Dissertação de Mestrado (Mestre em Zootecnia). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Minas Gerais, 2018.

FIGUEIREDO, Sylvania Pereira et al. Características do leite cru e do queijo Minas artesanal do serro em diferentes meses. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 1, 2015.

GIVONI, B. Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures. Part I: 1993 experimental periods. **Energy and Buildings**, v. 28, pp. 25-32. 1998.

GOBBETTI, M.; DI CAGNO, R. **CHEESE Hard Italian Cheeses**. 2002. p..378-385

GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/> 2020.

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

KONICA MINOLTA SENSING. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Japan: Konica Minolta Sensing Inc, 2007. 62p.

LAMBERTS, R., DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, PW Editores, São Paulo, 1997.

LECLERCQ-PERLAT, M. N., SICARD, M., TRELEA, I. C., PICQUE, D., & CORRIEU, G. Temperature and relative humidity influence the microbial and physicochemical characteristics of Camembert-type cheese ripening. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 8, p. 4666-4682, 2012.

LENTH, R. **emmeans: Estimated marginal means, aka least-squares means**. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>. R Package Versão 1.3.3, 2019.

MATARAGAS, Marios. Investigation of genomic characteristics and carbohydrates' metabolic activity of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* during ripening of a Swiss-type cheese. **Food Microbiology**, v. 87, p. 103392, 2020.

MCSWEENEY, Paul LH (Ed.). **Cheese problems solved**. Elsevier, Boca Raton: CRC, 2007. 424 p.

MINAS GERAIS. Decreto nº 44864 de 1 de agosto de 2008. Altera o Regulamento da Lei n. 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. **Minas Gerais**, Belo Horizonte.

OLIVEIRA, D, F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I, B. Sazonalidade como fator interferente na composição físico-química e avaliação microbiológica de queijos coloniais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 2, p. 521-523, 2012.

PAPST, A. L. A.; DA SILVA, C. F.; CORRÊA, C. B. Comportamento térmico de apartamentos em uso durante o inverno. **MIX Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 73-80, 2016.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. **Mixed-Effects Models in S and S-PLUS**. New York, NY, USA: Springer Science & Business Media New York, 2000. 528 p. ISBN 0-387-98957-9. doi: 10.1007/b98882

PROJETEE. **Propriedades térmicas**. Ministério do Meio Ambiente. 2020. Disponível em < <http://projeteemmma.gov.br/componentes-construtivos/>>

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Versão 4.0.2 "Taking Off Again", 2020.

REIS, Edna Afonso; REIS, Ilka Afonso. Análise descritiva de dados. **Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG**, v. 1, 2002

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

SOUSA, Andréa Zilá Barroso de et al. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 1, p. 30-35, 2014.

SPINNLER, Henry-Eric. Surface Mold–Ripened Cheeses. In: **Cheese**. Academic Press, 2017. p. 911-928.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 01-26, jan. /abr. 2001.

VALLE, J. L. E.; CAMPOS, S. D. S.; YOTSUYANAGI, K.; SOUZA, G. Influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo mozzarella. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p.669-673, 2004.

WATSON, D. e LABS, K. Climatic Building Design. **Energy- efficient building principles and practice**. McGraw- Hill book Company. 1983.