



XXX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica
19 a 23 de agosto de 2024, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DO QUEIJO MINAS ARTESANAL DA REGIÃO PRODUTORA DE DIAMANTINA-MG

Cíntia Ribeiro Souza, ribeiro.souza@ufvjm.edu.br ¹

Marco Antônio Alchaar Guimarães, marco.alchaar@ufvjm.edu.br ¹

José Aguiar dos Santos Júnior, aguiar@academico.ufs.br ²

Saulo Soares da Silva, saulo.soares@ict.ufvjm.edu.br ¹

Larissa de Oliveira Ferreira Rocha, larissa.rocha@ict.ufvjm.edu.br ¹

José Ricardo Ferreira Oliveira, jose.ricardo@ufvjm.edu.br ¹

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia. Rodovia MGT 367 – Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina/MG, CEP 39100-000.

² Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Mecânica. Av. Marechal Rondon, s/n, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Bairro Jardim Rosa Elze, São Cristóvão-SE, CEP 49100-000.

Resumo. A produção de queijo é um forte fator cultural no estado de Minas Gerais, seja de forma artesanal ou industrial. Um dos principais fatores operacionais da produção do queijo é a temperatura, influenciando diretamente na qualidade final do produto. É de suma importância, portanto, o desenvolvimento de técnicas experimentais para medição de propriedades termofísicas do queijo. Isto permitirá a estimativa do perfil ideal de temperatura para maturação do queijo, em função do tempo de maturação do produto e de características específicas de uma determinada região produtora. Neste sentido, este trabalho objetiva determinar experimentalmente as propriedades termofísicas condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico do Queijo Minas Artesanal da região produtora de Diamantina/MG, através de uma técnica experimental baseada em inferência bayesiana. De modo específico, o projeto visa o desenvolvimento de um dispositivo que possa captar os dados necessários para estudos de forma prática, podendo ser utilizado pelos produtores durante o processo de fabricação. Os dados resultantes da pesquisa podem ser utilizados na estimativa de tempo de cura e maturação do queijo através de modelos computacionais em Fenômenos de Transporte. Tais estudos podem fornecer importantes contribuições nas pesquisas de Engenharia de Alimentos, fornecendo informações preciosas para aumento da qualidade e da produtividade na manufatura do produto. Os valores médios estimados das propriedades térmicas apresentam boa conformidade com os valores obtidos na literatura, com desvio absoluto menor que 10,00 % para α e aproximadamente 1,00 % para os valores de k , o que reflete a baixa dispersão e a alta precisão das propriedades térmicas estimadas neste estudo.

Palavras-chave: Difusividade Térmica. Condutividade Térmica. Queijo Minas Artesanal. Inferência Bayesiana.

Abstract. Cheese production is a strong cultural factor in the state of Minas Gerais, whether artisanal or industrial. One of the main operational factors in cheese production is temperature, which directly influences the final quality of the product. Therefore, the development of experimental techniques for measuring the thermophysical properties of cheese is of utmost importance. This will allow the estimation of the ideal temperature profile for cheese maturation, depending on the maturation time of the product and the specific characteristics of a given production region. In this regard, this work aims to experimentally determine the thermophysical properties - thermal conductivity and thermal diffusivity - of artisanal Minas cheese from the Diamantina/MG production region, using an experimental technique based on Bayesian inference. Specifically, the project aims to develop a device that can practically capture the necessary data for studies and be used by producers during the manufacturing process. The resulting data from the research can be used to estimate the curing and maturation time of the cheese through computational models in Transport Phenomena. Such studies can provide important contributions to Food Engineering research, providing valuable information to increase the quality and productivity in the manufacturing of the product. The average estimated values of the thermal properties show good conformity with the values obtained in the literature, with an absolute deviation of less than 10.00 % for α and approximately 1.00 % for the values of k , reflecting the low dispersion and high accuracy of the thermal properties estimated in this study.

Keywords: Thermal Diffusivity. Thermal Conductivity. Artisanal Minas Cheese. Bayesian Inference.

1. INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de queijos artesanais do Brasil (Firmo et al, 2023). Produzidos em diferentes microrregiões, esses alimentos apresentam diferentes propriedades físicas provenientes de seus microambientes (Costa et al, 2022). Atualmente, o Governo do estado de Minas Gerais reconhece dez regiões como produtoras do queijo Minas artesanal: Araxá, Campos das Vertentes, Cerrado, Serra da Canastra, Serra do Salitre, Serro, Triângulo Mineiro, Serras do Ibitipoca, Diamantina e Entre Serras de Piedade ao Caraça.

A composição do queijo Minas artesanal é modificada pelas técnicas utilizadas, que seguem os costumes locais. O principal fator que garante ao queijo artesanal mineiro suas características específicas é a sua maturação; nesta etapa ocorre uma combinação de fatores físicos, químicos, biológicos e microbiológicos que contribuem para a eliminação de algumas das bactérias deteriorantes e patogênicas (Costa et al, 2022).

A temperatura é um dos parâmetros operacionais mais importantes na produção de queijos artesanais, visto que influencia diretamente características finais do produto, como suas propriedades organolépticas e texturais (Pajonk et al, 2003). A estimativa de propriedades termofísicas confiáveis do queijo constitui um fator crítico de sucesso nas pesquisas de Engenharia de Alimentos. Tais características viabilizam, por exemplo, estudos computacionais do perfil de temperatura adequado ao queijo durante o processo de maturação, fornecendo aos produtores informações preciosas para aumento da qualidade e da produtividade na manufatura do produto. É essencial prever o campo de temperatura do queijo durante seu processo de maturação, de modo a garantir sua segurança microbiológica; especificamente o tempo necessário para resfriar todo o produto abaixo de algum valor limite de temperatura (Caro-Corrales et al, 2010). A qualidade do queijo ao final da maturação pode ser afetada pela temperatura de armazenamento (Sasmazer et al, 2022). Neste contexto, é de suma importância o desenvolvimento de técnicas experimentais, como a técnica desta proposta, para medição de propriedades termofísicas do queijo. Isto permitirá a estimativa do perfil ideal de temperatura para maturação do queijo, em função do tempo de maturação do produto e de características específicas de uma determinada região produtora. As propriedades termofísicas objeto do trabalho são: a condutividade térmica, que fornecerá uma medida da capacidade que o queijo possui de transferir calor por difusão; a capacidade calorífica volumétrica, que reflete a capacidade de armazenamento de calor pelo queijo; e a difusividade térmica, que fornece a rapidez com a qual o calor se propaga no queijo.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo determinar experimentalmente as propriedades termofísicas condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico do Queijo Minas Artesanal, através de uma técnica experimental baseada em inferência bayesiana. O desenvolvimento da pesquisa será realizado na Região Produtora de Diamantina-MG, possibilitando aos produtores, a partir das informações obtidas com o estudo, aumentarem a qualidade e a produtividade dos seus negócios. Os dados resultantes da pesquisa podem ser utilizados em pesquisas acadêmicas, como por exemplo a estimativa de tempo de cura e maturação do queijo através de modelos computacionais em Fenômenos de Transporte. Em termos específicos, esta pesquisa visa: a) Realizar a modelagem matemática do problema físico que reflete o objetivo deste trabalho; b) Fazer um estudo de sensibilidade para investigar a faixa de frequências térmicas onde os experimentos possam ser realizados, de forma a obter resultados mais precisos; c) Construir um dispositivo experimental para viabilizar o objetivo deste trabalho; d) Realizar a calibração dos sensores de temperatura e de fluxo de calor, no intuito de minimizar erros nos valores a serem medidos; e) Estabelecer um roteiro didático do experimento desenvolvido, de modo que o projeto possa ser replicado para as demais Regiões Produtoras de Queijo Minas Artesanal, reconhecidas pelo Governo Estadual de Minas Gerais.

2. PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

A condutividade térmica, o calor específico e a densidade são parâmetros importantes no projeto e análise de processos alimentares e equipamentos de processamento. A razão desses três parâmetros, a difusividade térmica define a velocidade com que o calor se propaga ou se difunde através de um material, e geralmente é afetada pela composição do produto. O coeficiente de transferência de calor por convecção é outro parâmetro importante e depende das características do produto alimentar (forma e dimensões), das mudanças na temperatura e rugosidade da superfície, e das características do fluxo e fluido ao redor do produto. Estudos em engenharia de processos alimentares relacionados ao processamento térmico exigem conhecimento prévio da difusividade térmica e coeficiente de transferência de calor por convecção, uma vez que a informação sobre esses parâmetros nem sempre está disponível.

O resfriamento do queijo ocorre de diferentes maneiras e em diferentes etapas da fabricação dos queijos. O resfriamento da coalhada do queijo imediatamente após a moldagem é comum a todas as variedades deles. Durante essa fase, a transferência de calor por convecção do queijo para o ar ocorre simultaneamente com a transferência de massa devido à drenagem do soro. A transferência de calor torna-se mais complexa de prever também considerando o calor gerado pelo crescimento de bactérias lácticas e a baixa difusividade térmica do queijo (Pajonk et al., 2003), que varia com a temperatura. A capacidade de prever a troca de calor e/ou a transferência de massa pode se tornar uma ferramenta útil para gerenciar melhor o processo de resfriamento e otimizar a qualidade dos produtos lácteos.

Durante o processamento dos queijos, eles são aquecidos e resfriados. Para analisar com precisão a taxa e a quantidade de transferência de calor envolvida, as propriedades térmicas dos produtos sendo processados devem ser conhecidas.

Existem muitos fatores que podem afetar a condutividade térmica dos alimentos e produtos alimentícios, como a composição, densidade, porosidade, temperatura do produto, tratamento térmico e outros detalhes da substância específica. Existe uma grande necessidade de valores de condutividade térmica de produtos lácteos para processamento, preservação e produção. Muitos valores de condutividade térmica estão disponíveis para produtos lácteos líquidos na literatura, porém poucos valores são encontrados para produtos lácteos não líquidos como o queijo.

A literatura sobre os valores de difusividade térmica dos alimentos é menos abrangente porque é mais difícil determinar os valores de difusividade térmica do que outras propriedades termofísicas dos alimentos. No meio dessa vasta literatura sobre valores e previsões de propriedades térmicas de alimentos, sabe-se muito pouco sobre as propriedades térmicas dos queijos. Também se sabe que, devido à natureza complexa dos alimentos, é difícil garantir uma boa previsão dessas propriedades básicas a partir de outros modelos gerais usando outros tipos de alimentos. O queijo Cheddar é particularmente interessante porque possui propriedades textuais intermediárias entre queijos quebradiços e queijos plásticos, além disso, é um produto relativamente homogêneo comparado a outros queijos. Dados precisos sobre as propriedades térmicas do queijo Cheddar em função da composição são necessários para prever melhor propriedades funcionais como capacidade de derretimento. Tanto a condutividade térmica quanto a capacidade térmica do queijo Cheddar aumentaram com o teor de umidade e de proteína e diminuíram com o teor de gordura.

3. METODOLOGIA

A realização deste projeto deve seguir a metodologia discriminada na sequência de etapas teóricas e experimentais:

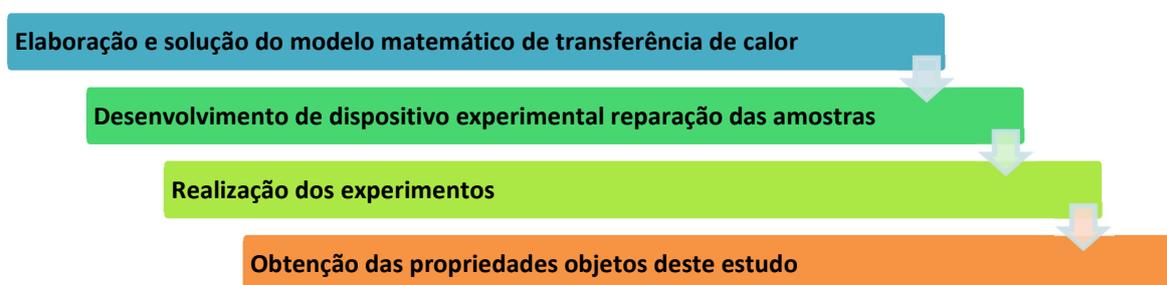


Figura 1. Etapas de desenvolvimento do projeto.

A primeira etapa tem por finalidade a modelagem do processo de transferência de calor através da amostra. A segunda etapa consiste no desenvolvimento de um dispositivo experimental a ser utilizado nas medições das propriedades em análise, além da preparação das amostras. A terceira etapa consiste na realização dos experimentos que permitirão registrar os sinais de temperatura. A quarta etapa consistirá na identificação dos parâmetros necessários ao modelo e, conseqüentemente, obtenção das propriedades termofísicas objeto deste estudo via inferência Bayesiana.

3.1. Projeto da Bancada Experimental

A bancada experimental a ser desenvolvida nesta pesquisa será um objeto portátil, equipado com um transdutor de fluxo de calor e dois termopares, que fornecerão dados para medição das propriedades termofísicas do queijo Minas artesanal da região produtora de Diamantina/MG. A coleta e transmissão destes dados será realizada pelo microcontrolador Raspberry Pi Pico W (modelo da linha Raspberry Pi), capaz de realizar conexão Wi-Fi. Esta placa será capaz de coletar e armazenar dados em um cartão de memória MicroSD, bem como enviá-los a um banco de dados para que possam ser captados por aplicativos do tipo *desktop* ou em dispositivos móveis.

O microcontrolador pode ser programado nas linguagens Python, C++ ou C, sendo esta última a mais simples e aquela que será escolhida. Para o desenvolvimento dos softwares de coleta de dados, será utilizada a linguagem Python, por possuir diversos recursos para tratamento e análise de dados. Uma representação esquemática da montagem final do equipamento pode ser observada da Figura 2, enquanto a coleta de dados ocorrerá conforme representado na Figura 3. A Figura 4 apresenta a bancada experimental desenvolvida neste trabalho.

O aparelho realizará a medição enquanto envia os dados em tempo real para um banco de dados (por exemplo, o MySQL). Estas informações serão captadas por aplicativo *desktop* ou nativo para aparelhos móveis. Paralelo a isso, os dados serão salvos em um cartão MicroSD, para que possam ser analisados posteriormente. O Python é um *software* de código aberto que pode tanto ser utilizado como linguagem principal para o desenvolvimento de sistemas, quanto cumprir o papel de linguagem script, o que permite automatizar tarefas e incluir funcionalidades em diversos *softwares*, como LibreOffice, PostgreSQL e Blender. Esta linguagem conta com estruturas de alto nível, como listas, dicionários, data/hora, complexos, entre outros. Estas características, junto a diversos *frameworks* disponibilizados gratuitamente, tornam o Python a linguagem ideal para a manipulação e análise de dados.

O MySQL é um banco de dados relacional (organizado em linhas e colunas com chaves que indicam a relação dos dados contidos em cada uma) e *open source* (de livre utilização para desenvolvedores). Além disso, diversas linguagens de programação possuem funções de integração com o banco de dados, como Python, PHP, Javascript, entre outros.

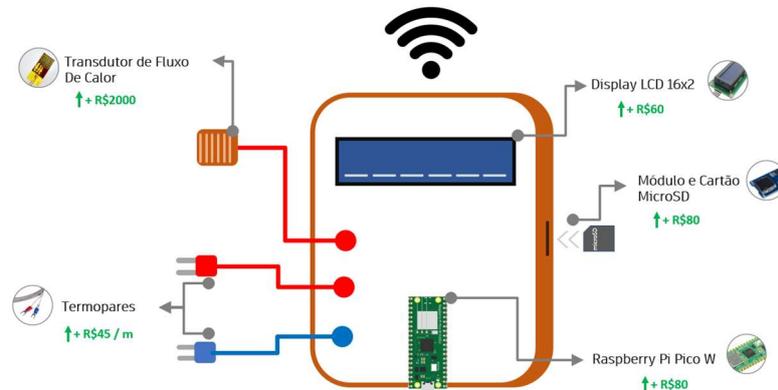


Figura 2. Representação da Montagem Final do Equipamento.

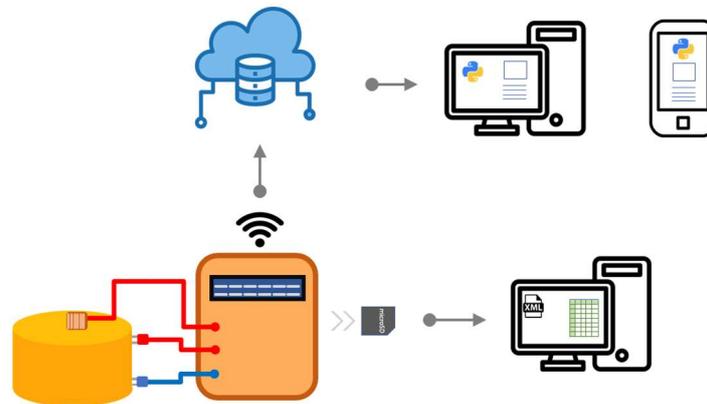


Figura 3. Representação esquemática da distribuição de dados.

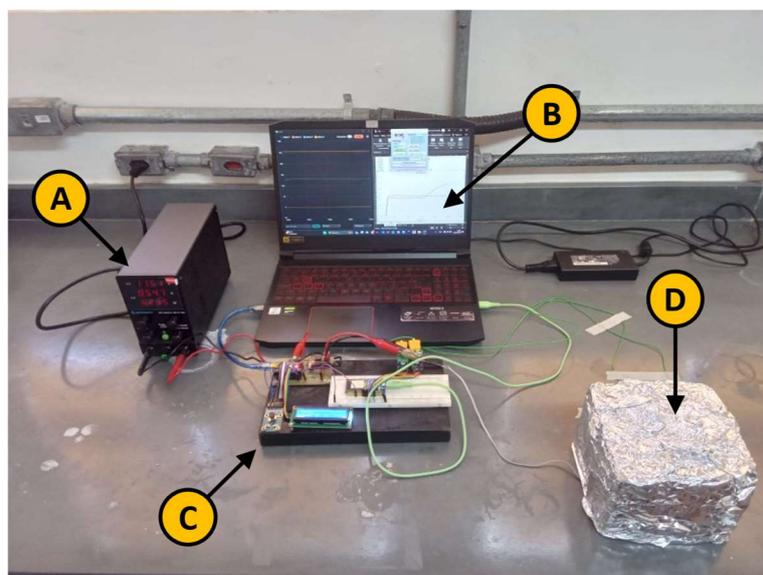


Figura 4. Bancada Experimental: A) Fonte de Potência, B) Hardware, C) Placa de Aquisição de Dados e Controle, D) Recipiente contendo amostra de queijo instrumentada.

3.2. Inferência Bayesiana

A inferência bayesiana é um dos métodos relativamente novos empregados na solução de problemas inversos de condução de calor. Nela, os valores obtidos a partir das observações Y são descritos por uma distribuição de probabilidade com densidade ou função de probabilidade $f(Y, \beta)$, onde β representa uma característica de interesse que descreve o processo da distribuição da variável, o parâmetro β é tratado como a causa e Y como o efeito.

A abordagem bayesiana e a sua aplicabilidade são atribuídas ao desenvolvimento de técnicas computacionais, como a técnica de Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC) e seus algoritmos de amostragem relacionados. A Inferência Bayesiana será utilizada para estimar a condutividade térmica, a difusividade térmica e a capacidade calorífica volumétrica de amostras de queijo Minas artesanal, especificamente da região produtora de Diamantina.

O Teorema de Bayes que relaciona os dados experimentais das temperaturas medidas Y (vetor) e o vetor de parâmetros desconhecidos β é descrito como:

$$P(\beta|Y) = \frac{P(Y|\beta)P(\beta)}{P(Y)} \quad (1)$$

Onde $P(\beta|Y)$ é a função de densidade de probabilidade a posteriori, $P(Y|\beta)$ é a função de verossimilhança ou a função de densidade de probabilidade, $P(Y)$ é a constante de normalização, ou função de densidade de probabilidade marginal das medidas e $P(\beta)$ é a distribuição a priori, ou função de densidade de probabilidade a priori, geralmente sendo uma informação subjetiva.

Por $P(Y)$ ser uma constante de normalização a função de densidade de probabilidade a posteriori é descrita como proporcional ao produto da verossimilhança e da distribuição a priori. Visto que os dados de temperatura são independentes e identicamente distribuídos e que as hipóteses estatísticas para as estimativas da verossimilhança são: erros de medidas aditivos, $Y_{\text{medido}} = Y_{\text{simulado}} + \varepsilon$, não-correlacionados, com distribuição normal, média zero e desvio padrão constante σ . A função de densidade de probabilidade (PDF) torna-se:

$$P(Y|\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left[-\left(\frac{\chi^2}{2}\right) \right] \quad (2)$$

Onde:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{(Y_{\text{medido},i} - Y_{\text{simulado},i})^2}{\sigma^2} \right) \quad (3)$$

Na equação acima $Y_{\text{simulado},i}$ são os valores simulados, com dimensão das n medidas disponíveis, de Y para um β assumido. E $Y_{\text{medido},i}$ são os dados de temperatura medidos σ^2 é a variância das medidas experimentais. A distribuição a priori, $P(\beta)$, segue tipicamente uma distribuição uniforme, normal ou log-normal. Para uma distribuição a priori uniforme, ou seja, $P(\beta)$ é igual a 1, a função de densidade de probabilidade a posteriori (PPDF) é a própria PDF:

$$P(Y) = P(Y|\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left[-\left(\frac{\chi^2}{2}\right) \right] \quad (4)$$

Mas a distribuição a priori pode regularizar os problemas inversos mal postos significativamente, o que auxilia no processo de estimativa de parâmetros. Para uma distribuição a priori normal $P(\beta)$ com parâmetros com média μ_p e desvio padrão σ_p , têm-se:

$$P(\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_p^2}} \exp \left[\frac{-(X - \mu_p)^2}{2\sigma_p^2} \right] \quad (5)$$

Substituindo a Equação (5) na Equação (2) e sabendo que:

$$P(Y) = \int P(Y|\beta) \cdot P(\beta) dx \quad (6)$$

A PPDF para uma distribuição gaussiana torna-se:

$$P(\beta|Y) = \frac{\exp \exp - \left(\frac{\chi^2}{2} + \frac{(\beta - \mu_p)^2}{2\sigma_p^2} \right)}{\int_{\beta} \exp \exp - \left(\frac{\chi^2}{2} + \frac{(\beta - \mu_p)^2}{2\sigma_p^2} \right) dx} \quad (7)$$

Não é necessário realizar o cálculo do denominador da equação anterior, já que se trata de uma densidade marginal e que a distribuição conjunta não está disponível em primeira instância. Um estimador frequentemente utilizado é o MAP (Máximo a posteriori), e é calculado como:

$$\beta_{MAP} = \arg \max [P(\beta|Y)] \quad (8)$$

Esse estimador permite identificar dentre os parâmetros β 's testados qual apresentou melhor concordância entre a temperatura experimental Y e a temperatura calculada a partir desses parâmetros.

No presente problema de transferência de calor, o parâmetro β será a difusividade térmica e a condutividade térmica (Santos-Júnior et al, 2022). Assim, emprega-se a inferência bayesiana para que as temperaturas obtidas experimentalmente e a distribuição de temperatura simulada para diferentes valores de propriedades, sejam as mais próximas possíveis.

4. RESULTADOS

A Figura 5 apresenta a medição de temperatura realizada em 5 experimentos numa amostra de queijo minas produzido na Região Produtora de Diamantina/MG.

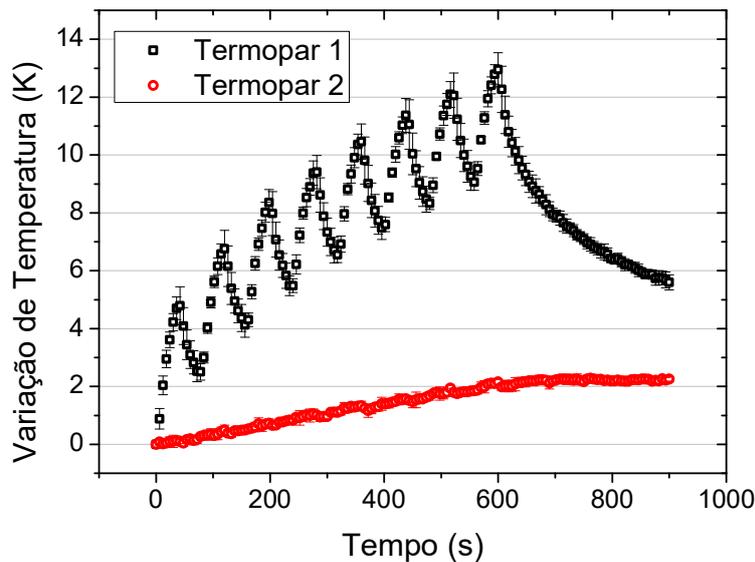


Figura 5. Medições de temperatura obtidas com o protótipo da bancada experimental

A variabilidade das medições de temperatura apresentadas na Figura 5 representa menos de 6,0 % dos valores médios de temperatura, ao longo da duração dos 5 experimentos realizados. Isto indica que as medições realizadas através do protótipo da bancada experimental possuem baixa dispersão, indicando que os valores dos parâmetros termofísicos a serem estimados serão confiáveis. Os modelos apresentados na seção 3.2 são aplicados às medições de temperatura. Desta forma, obtém-se as propriedades termofísicas do produto analisado, conforme Tab. 1.

Tabela 1. Propriedades Termofísicas do Queijo Minas

Propriedade	Valor médio	Desvio absoluto
Difusividade Térmica (α)	0,27 mm ² s ⁻¹	7,40 %
Condutividade Térmica (k)	0,62 W m ⁻¹ K ⁻¹	1,00 %

Os valores médios estimados das propriedades térmicas apresentam boa conformidade com os valores obtidos na literatura, com desvio absoluto menor que 10,00 % para α e aproximadamente 1,00 % para os valores de k , %, o que reflete a baixa dispersão e a alta precisão das propriedades térmicas estimadas neste estudo.

5. CONCLUSÕES

Este estudo objetivou estimar simultaneamente a condutividade térmica e a difusividade térmica do queijo minas artesanal da região produtora de Diamantina/MG. As amostras do produto foram parcialmente aquecidas em uma superfície ativa, e a temperatura em diferentes pontos da mesma superfície foi usada para estimar as propriedades térmicas. O procedimento foi então aplicado a dois modelos térmicos diferentes, utilizando o mesmo conjunto de dados experimentais. O primeiro modelo térmico usou a razão de ganho entre duas temperaturas de superfície para identificar a difusividade térmica, que foi então resolvida usando inferência Bayesiana. O segundo modelo térmico aplicou a inferência Bayesiana nos valores teóricos e experimentais para obter a máxima verossimilhança da função de erro quadrático da temperatura para estimar a condutividade térmica. Neste estudo, a difusividade térmica foi estimada independentemente da condutividade térmica usando um modelo unidirecional. Dessa forma, as propriedades termofísicas mensuradas apresentaram boa concordância com a literatura.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pela concessão de bolsas de Iniciação Científica aos autores Cíntia Ribeiro Souza e Marco Antônio Alchaar Guimarães e pelo apoio financeiro concedido através da CHAMADA 13/2023 - PARTICIPAÇÃO COLETIVA EM EVENTOS DE CARÁTER TÉCNICO-CIENTÍFICO NO PAÍS.

7. REFERÊNCIAS

- Caro-Corralles, J.; Cronin, K.; Gao, X.; Cregan, V. Heat transfer analysis of cheese cooling incorporating uncertainty in temperature measurement locations: Application to the industrial process. *Journal of Food Engineering*, v. 99, p. 159-165, 2010.
- Costa, J. R.; Pereira, D. A.; De Paula, I. L.; De Abreu, L. R.; Pinto, S. M.; Edwards, H. G. M.; Stephani, R.; De Oliveira, L. F. C. The taste of a champion: Characterization of artisanal cheeses from the Minas Gerais region (Brazil) by Raman spectroscopy and microstructural analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 112, p. 104704, 2022.
- Erdogdu, Ferruh. A review on simultaneous determination of thermal diffusivity and heat transfer coefficient. *Journal of Food Engineering*, v. 86, p. 453-459, 2008.
- Firmo, M. J. N.; Menezes, L. D. M.; Sales, G. A.; De Carvalho, A. F.; Da Costa, N. M. E. P. L.; Leite-Júnior, B. R. C.; Martins, M. L. Diagnosis of the microbiological quality of fiscal artisanal Minas cheese samples. *Food Control*, v. 153, p. 109887, 2023.
- Hartmann, K.I.; Samudrala, R.; Hofmann, T.; Schieberle, P.; Hitzmann, B.; Hinrichs, J.; Thermo-physical parameters applied for instrumental profiling and statistical evaluation of German Emmental cheese. *International Dairy Journal*, v.49, p. 118-124, 2015.
- Iezzi, Romina; Francolino, Salvatore; Mucchetti, Germano. Natural convective cooling of cheese: Predictive model and validation of heat exchange simulation. *Journal of Food Engineering*, v.106, p. 88-94, 2011.
- Marschoun, L.T.; Muthukumarappan, K.; Gunasekaran, S. Thermal properties of cheddar cheese: Experimental and modeling. *International Journal of Food Properties*, v.4:3, p. 383-403, 2001.
- Pajonk, A. S.; Saruel, R.; Andrieu, J.; Laurent, P.; Blanc, D. Heat transfer study and modeling during Emmental ripening. *Journal of Food Engineering*, v. 57, p. 249-255, 2003.
- Rocha, Ramon S.; Silva, Ramon; Guimarães, Jonas T.; Balthazar, Celso F.; Pimentel, Tatiana C.; Neto, Roberto P.C.; Tavares, Maria Inês B.; Esmerino, Erick A.; Freitas, Mônica Q.; Cappato, Leandro P.; Cavalcanti, Rodrigo N.; Rodrigues, Flávio N.; Raices, Renata S.L.; Silva, Marcia C.; Cruz, Adriano G. Possibilities for using ohmic heating in Minas Frescal cheese production. *Food Research International*, v.131, p.109027, 2020.
- Santos-Júnior, J. A.; Ferreira-Oliveira, J. R.; Do Nascimento, J. G.; Fernandes, A. P.; Guimaraes, G. Simultaneous estimation of thermal properties via measurements using one active heating surface and Bayesian inference. *International Journal of Thermal Sciences*, v. 172, p. 107304, 2022.
- Sasmazer, R. C.; Korukluoglu, M. Ginoyan, R. V.; Platova, G. I. White cheese texture profile at different storage temperatures. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, v. 1052, p. 012061, 2022.
- Tavman, I.H.; Tavman, S. Measurement of thermal conductivity of dairy products. *Journal of Food Engineering*, v.41, p. 109-114, 1999.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.