



PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ALIMENTOS POR MEIO DE IOT

Valerio Junior Piana¹;

Crivian Pelisser²;

Maristela Schleicher Silveira³;

Creciana Maria Endres⁴;

Alexandre Leopoldo Gonçalves⁵

Abstract: *The implementation of the Internet of Things (IoT) in cheese production processes aims to improve the quality and standardization of the final product. By monitoring critical points such as temperature and pH in real-time, IoT technology allows for precise adjustments during production, reducing waste and ensuring consistency. This study evaluates the effectiveness of IoT in controlling these parameters, focusing on the production of colonial and prato cheese. The results demonstrate significant improvements in product quality and production efficiency.*

Keywords: *Internet of Things; cheese production; quality control; food technology; automation*

Resumo: *A implementação da Internet das Coisas (IoT) nos processos de produção de queijo visa melhorar a qualidade e a padronização do produto final. Ao monitorar pontos críticos como temperatura e pH em tempo real, a tecnologia IoT permite ajustes precisos durante a produção, reduzindo desperdícios e garantindo consistência. Este estudo avalia a eficácia da IoT no controle desses parâmetros, com foco na produção de queijo colonial e prato. Os resultados demonstram melhorias significativas na qualidade do produto e na eficiência da produção.*

Palavras-chave: *Internet das Coisas; produção de queijo; controle de qualidade; tecnologia de alimentos; automação*

¹ Institutos SENAI de Tecnologia e Inovação – Centro Universitário SENAI/SC (UniSENAI) – Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis – Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2579-2318>, e-mail: valerijuniorpiana@gmail.com

² Centro Universitário SENAI/SC (UniSENAI) – Chapecó – Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7625-2755>, e-mail: crivian.pelisser@edu.sc.senai.br

³ Centro Universitário SENAI/SC (UniSENAI) – Chapecó – Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0468-2411>, e-mail: maristela.silveira@edu.sc.senai.br

⁴ Centro Universitário SENAI/SC (UniSENAI) – Chapecó – Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5662-2197>, e-mail: creciana.endres@edu.sc.senai.br

⁵ Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis – Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6583-2807>, e-mail: a.l.goncalves@ufsc.br



Resumen: La implementación de la Internet de las Cosas (IoT) en los procesos de producción de queso tiene como objetivo mejorar la calidad y la estandarización del producto final. Al monitorear en tiempo real puntos críticos como la temperatura y el pH, la tecnología IoT permite ajustes precisos durante la producción, reduciendo el desperdicio y asegurando la consistencia. Este estudio evalúa la efectividad de IoT en el control de estos parámetros, enfocándose en la producción de queso colonial y queso prato. Los resultados demuestran mejoras significativas en la calidad del producto y la eficiencia de la producción..

Palabras clave: Internet de las Cosas; producción de queso; control de calidad; tecnología alimentaria; automatización

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da indústria de laticínios é consideravelmente complexa, visto a necessidade de garantir a qualidade do alimento do campo até a mesa do consumidor. Cada vez mais o monitoramento deve ser realizado em tempo real para que os desvios possam ser rapidamente corrigidos evitando desperdícios e prejuízos (Duong, 2020). Para o controle de qualidade de alimentos é essencial a adoção de equipamentos que forneçam resultados imediatos (Gorla et al., 2020).

A aplicação da Engenharia do Conhecimento (KE) no contexto da fabricação de alimentos desempenha um papel crucial ao permitir a integração eficiente de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), nos processos produtivos (Pessoa, 2016). A KE sugere técnicas para a captura, modelagem e aplicação de conhecimentos especializados para resolver problemas complexos, como é o caso de controle na indústria de alimentos. Ao combinar esses conhecimentos com a IoT, é possível desenvolver sistemas inteligentes que não apenas automatizam o monitoramento, mas também melhoram a tomada de decisões em tempo real, buscando a padronização e a qualidade (Piana, 2023).

A indústria de produção de queijo tem a necessidade de monitorar todas as relações entre a qualidade do leite e a produção de queijo, a fim de garantir a qualidade do produto e aumentar a produtividade do processo. Isso é possível devido à coleta de dados do leite e do processo de fabricação (Cipolat-Gotet *et al.*, 2018). O queijo é fonte de nutrientes, o que favorece o desenvolvimento de microrganismos. Com isso, o leite utilizado deve seguir os padrões estabelecidos pela legislação (Forneck; Adami, 2020).

Para isso, o processo de pasteurização é utilizado visando eliminar bactérias patogênicas e reduzir as deteriorantes. Além do aquecimento, o processo de resfriamento é utilizado para



favorecer a coagulação do leite e ação dos ingredientes adicionados (Laticínios Araguaia, 2011). O acompanhamento dos dados do processo influencia na qualidade do produto, como o pH que interfere nas características sensoriais (Paladino, 2019). Se o pH for baixo, haverá desestruturação da coalhada e se o pH estiver muito alto, poderá haver o desenvolvimento de outros microrganismos não desejados no queijo. Quanto mais próximo do pH ótimo de ação da enzima (aproximadamente pH 6,0) melhor a ação do coagulante e maior a força da coalhada (Junior, 2018). Com intuito de facilitar a produção e melhorar a qualidade do produto, conseguindo manter os níveis de pH e temperatura controlados, a tecnologia IoT (*Internet of Things*) torna-se uma aliada. No processo produtivo a IoT tem a capacidade de conectar máquina e produtor, tornando possível a coleta e monitoramento das informações (Lawal *et al*, 2021).

De modo geral, a indústria carece de controle de processos em tempo real, o que a distancia de um cenário ideal produtivo em que se tenha padronização e controle dos pontos críticos de produção, como controle de pH e temperatura, que tem relação direta com a qualidade do produto final (Teixeira *et al*, 2020). Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do controle de temperatura e pH, de forma digital através da IoT, para qualidade do produto.

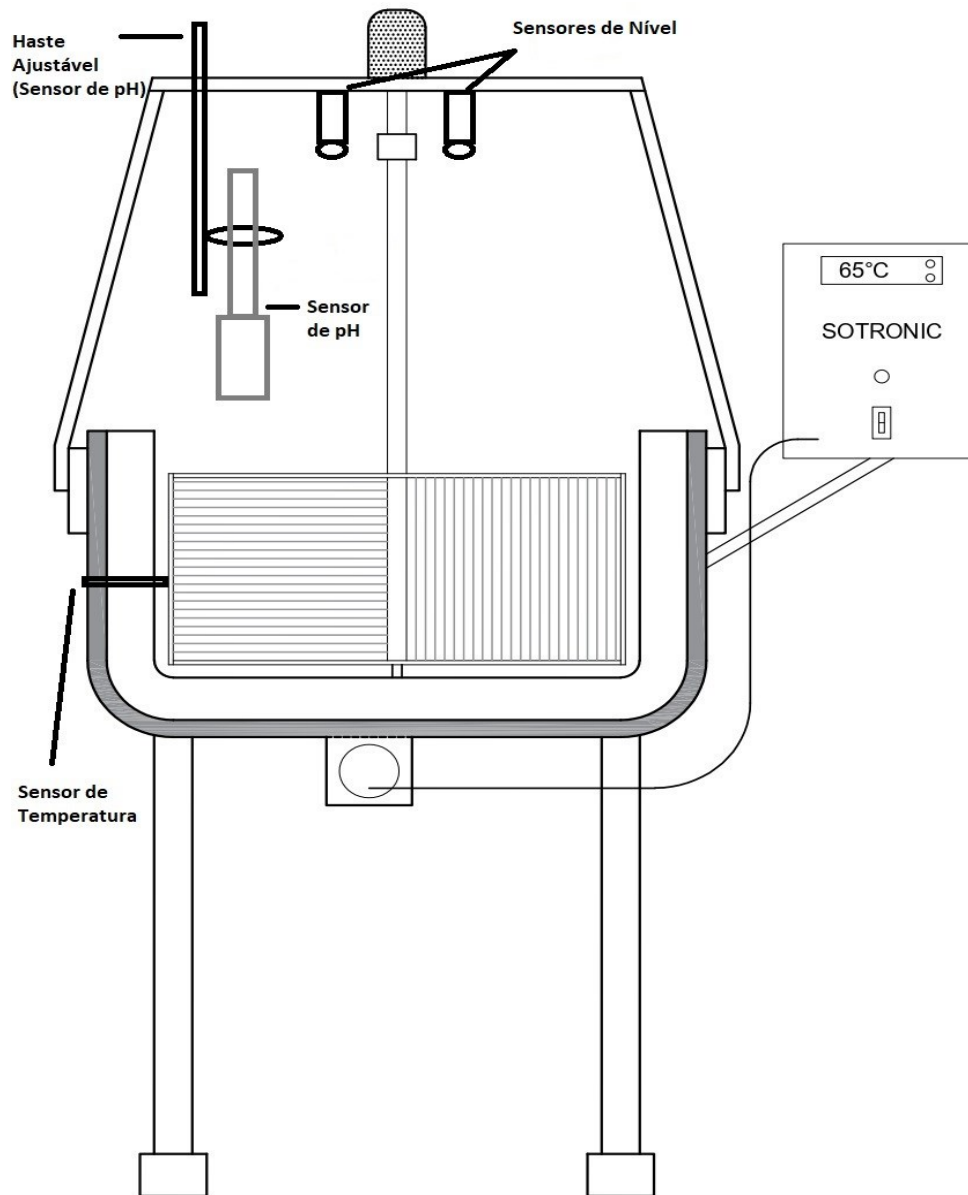
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no laboratório de alimentos do Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e do Centro Universitário SENAI/SC (UniSENAI) – Campus Chapecó em Chapecó/SC/Brasil. O trabalho foi dividido em três etapas: Adequação do Tanque, Processo de Fabricação de Queijos e Controle de Processo.

2.1. ADEQUAÇÃO DO TANQUE

Para o aprimoramento no monitoramento e, conseqüentemente, no controle de qualidade da produção de queijos, realizou-se a implementação de sensores controlados remotamente que auxiliam na medição de temperatura, pH e nível ultrassônico, assim como também controladores de agitação das liras. Seguindo a estrutura cilíndrica utilizada, implementou-se o acoplamento dos sensores conforme Figura 1.

Figura 1 – Projeto do tanque de queijo utilizado no experimento



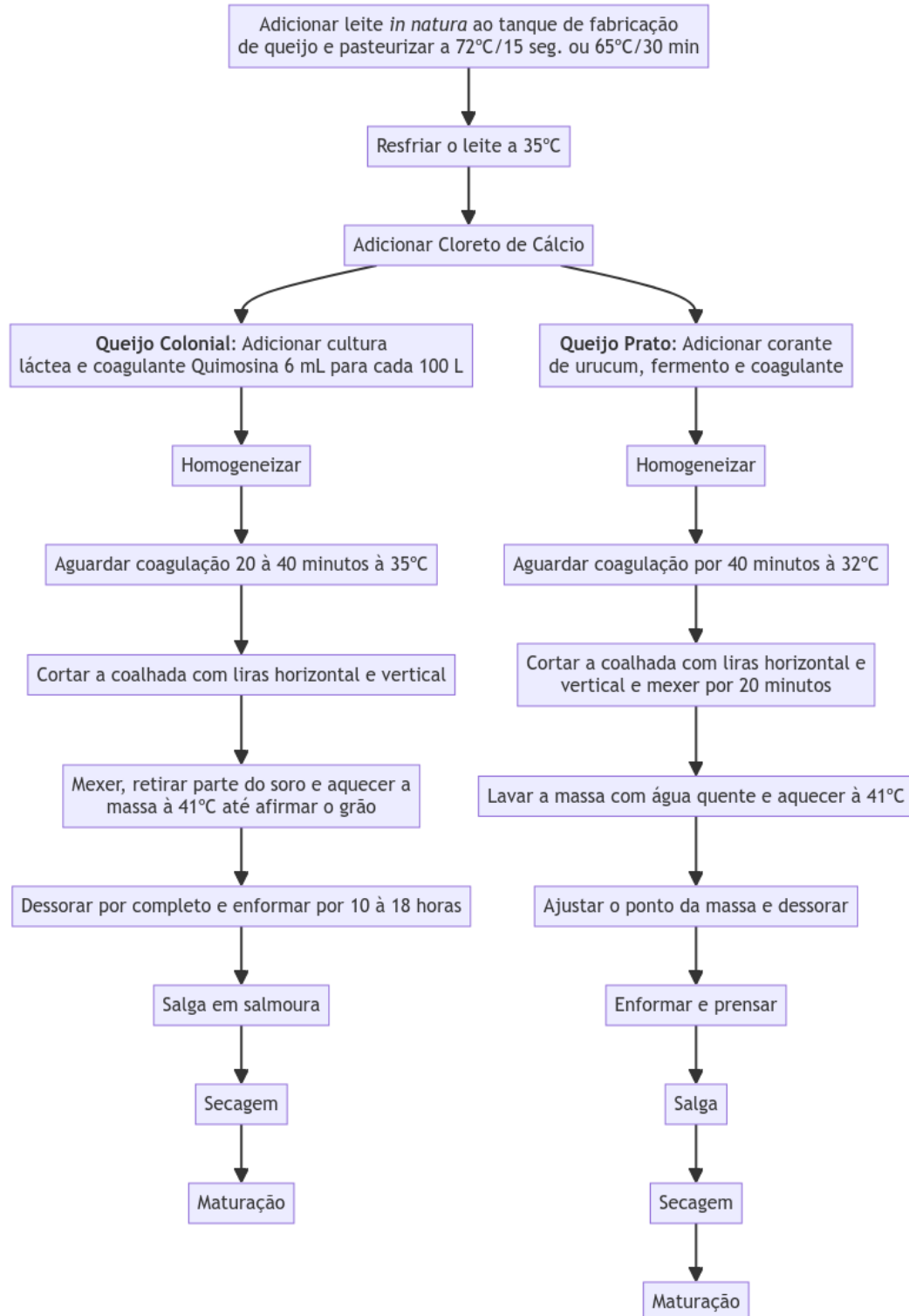
Fonte: Autores (2024).

Conforme pode ser observado, os sensores de nível foram adaptados sobre o tanque, juntamente do pHmetro. Já o sensor de temperatura foi acoplado lateralmente ao tanque.

2.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS

Para a ação do sistema sobre o tanque foi necessário definir os procedimentos de fabricação de queijo colonial e queijo prato, conforme Figura 2.

Figura 2 – Padronização do processo de fabricação de queijos colonial e prato conforme melhores práticas de fabricação da indústria de alimentos



Fonte: Autores (2024).



Para verificar o ponto de corte da massa, utiliza-se uma faca para realizar um corte na coalhada. Em seguida, a faca é levemente levantada para inspecionar se a coalhada atingiu a consistência adequada. Se estiver em ponto de corte, com o auxílio de liras (horizontal e vertical) o motor irá mexer suavemente até a coalhada ficar com grãos de 5 cm de aresta. Nessa etapa é retirado 30% do soro em relação a quantidade inicial do leite, sendo o tanque aquecido para que a massa alcance uma temperatura de 41°C até afirmar o grão e, após isto, é dessorado e enformado. Neste processo, para o queijo prato, existe um pequeno diferencial. Ao dessorar 30% do soro em relação à quantidade inicial, é adicionado água quente a 75°C para definir e afirmar bem o grão da massa. Caso seja necessário, para se manter a uma temperatura de aproximadamente 41°C, deve-se aquecer novamente o tanque até que os grãos estejam firmes para dessorar e enformar.

Após a fase de dessoragem e enformagem, os queijos passam para a etapa de salga, onde são imersos em salmoura ou recebem a aplicação de sal seco, dependendo do tipo de queijo. A salinidade e o tempo de contato com o sal são controlados para garantir a uniformidade do sabor e a correta preservação do queijo.

Em seguida, o queijo é levado para a secagem, um processo que envolve a remoção gradual de umidade em um ambiente controlado, favorecendo a formação da casca e prevenindo o crescimento de mofos indesejados. A temperatura, umidade e circulação de ar na sala de secagem são parâmetros ajustados de acordo com o tipo de queijo e a textura desejada.

Por fim, o queijo entra na fase de maturação, onde é armazenado em câmaras com condições de temperatura e umidade controladas. Durante essa etapa, o queijo desenvolve seu sabor característico, textura e aroma. O tempo de maturação varia significativamente, podendo ir de algumas semanas a vários meses, dependendo do tipo de queijo. Durante a maturação, os queijos são periodicamente virados e, se necessário, escovados ou lavados, para assegurar que o processo de cura ocorra de maneira uniforme. Estes procedimentos garantem que o queijo produzido tenha as características organolépticas desejadas e esteja em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos.

2.3. PROCEDIMENTOS PARA INSTALAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE SENSORES DE PROCESSO

Um sensor de temperatura PT-100 foi instalado no canto esquerdo do tanque, utilizando um método encamisado/protegido, o que impede o contato direto com a amostra de produção. Devido a esta configuração, foi necessário realizar uma calibração para compensar uma diferença de $+2^{\circ}\text{C}$ em relação à temperatura interna real do tanque.

Já o sensor de pH, foi instalado em uma haste móvel mecânica posicionada na parte superior do tanque. Essa haste permite a movimentação vertical do sensor, possibilitando ajustes precisos conforme o volume de líquido presente no tanque. Tal flexibilidade garante que o sensor de pH possa ser posicionado adequadamente, independentemente da quantidade de litros em produção.

Por fim, o sensor de nível foi estrategicamente instalado no centro superior do tanque, voltado para baixo. Este posicionamento permite medir a distância relativa entre o sensor e o fundo do tanque, preenchido de uma forma distinta e inovadora, em relação ao habitual da indústria de alimentos, que costuma utilizar módulos elétricos magnéticos de contato com a amostra. A medição do nível foi realizada utilizando um cálculo volumétrico inversamente proporcional, baseado na forma cilíndrica do tanque, garantindo precisão no monitoramento do volume de produção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

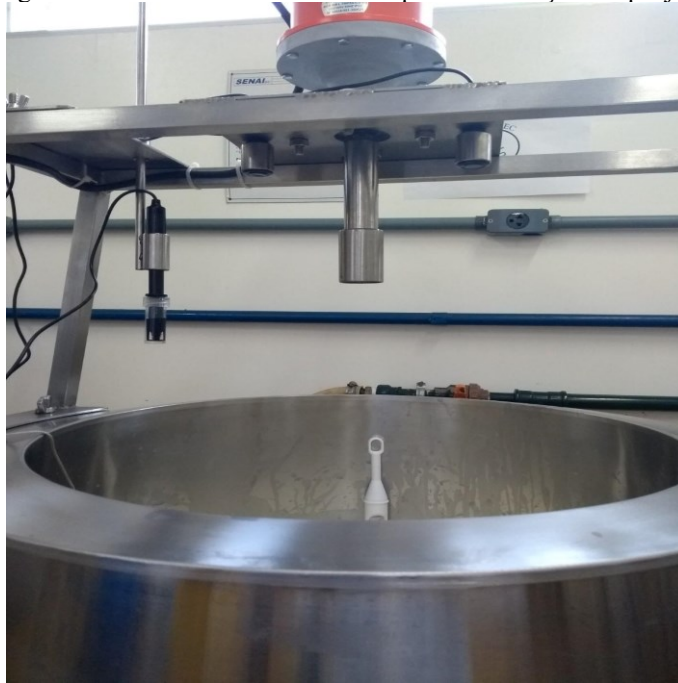
A Figura 3 ilustra o tanque equipado com sensores de pH, temperatura e nível durante o processamento do leite para a produção de queijo. Já a Figura 4 destaca a disposição dos sensores no tanque, permitindo uma visualização clara e detalhada dos sensores de pH e de nível.

Figura 3 – Tanque de fabricação de queijos utilizado no experimento



Fonte: Autores (2024).

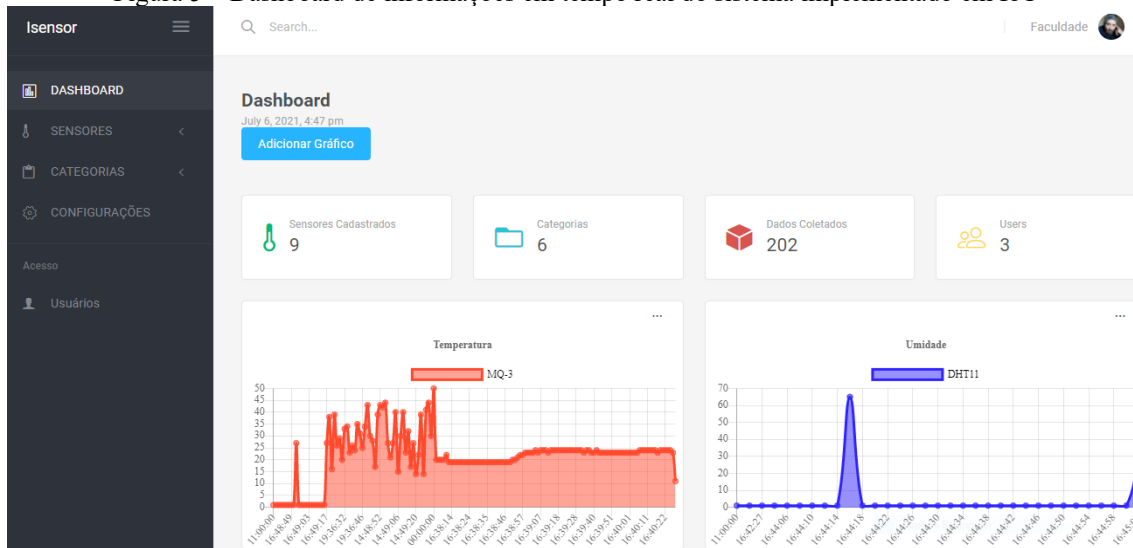
Figura 4 – Sensoriamento sobre o tanque de fabricação de queijos



Fonte: Autores (2024).

A implementação do sistema de sensores no tanque permitiu a avaliação digital e automatizada de todo o processo de produção. A coleta de dados em tempo real das curvas de temperatura e pH, como ilustrado na Figura 5, possibilitou ajustes precisos no processo de fabricação, garantindo a padronização do produto final.

Figura 5 – Dashboard de informações em tempo real do sistema implementado em IoT



Fonte: Autores (2024).



Esses dados em tempo real permitiram ações corretivas imediatas, otimizando a padronização da produção de queijos. Não obstante, o procedimento de fabricação pôde ser previamente registrado no sistema, assegurando a consistência e a segurança do produto final, como um dos pilares de boas práticas de fabricação da indústria de alimentos. A automatização do controle dos parâmetros críticos, como temperatura e pH por sistema, não apenas elevou a segurança alimentar, mas também possui capacidade para aumentar a eficiência produtiva.

Esses benefícios se refletem diretamente nas etapas subsequentes do processo, como na adição de cloreto de cálcio e coalho, onde a precisão no controle das condições de fabricação é crucial para assegurar a qualidade e a consistência do queijo.

A adição de cloreto de cálcio ao processo tem como objetivo repor as possíveis perdas químicas de cálcio decorrentes da pasteurização, essencial para garantir a qualidade e a consistência do queijo. Posteriormente, é adicionado o coalho, um complexo enzimático que catalisa a coagulação da caseína, a principal proteína do leite.

Após a adição dos ingredientes, o processo de coagulação é monitorado durante 30 à 50 minutos, com a realização de testes manuais para verificar o ponto de corte da coalhada. Uma vez atingido o ponto ideal, a coalhada é cortada em grãos uniformes utilizando liras utilizando liras para o corte horizontal e vertical. Esse procedimento é essencial para garantir a uniformidade dos grãos de coalhada, que são posteriormente aquecidos até aproximadamente 45°C. O aquecimento é realizado até que os grãos adquiram uma consistência firme, garantindo que não se rompam ao serem manuseados. Após atingir essa consistência ideal, o soro é removido (dessoragem) e a coalhada é enformada para a etapa final de produção.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que a implementação da tecnologia da IoT nos processos de fabricação de queijos, especificamente na produção de queijo colonial e queijo prato, possui potencial para melhorar a qualidade e a eficiência do processo produtivo da indústria de alimentos. A IoT permitiu a coleta e o monitoramento em tempo real de parâmetros críticos, como temperatura e pH, possibilitando ajustes imediatos e a padronização do produto final.

A adoção dos sensores para controle de temperatura e pH mostrou-se importante para a manutenção da qualidade e segurança alimentar de acordo com as melhores práticas de fabricação,



ao mesmo tempo em que contribuiu para a otimização do processo, com potencial para reduzir desperdícios e assegurar maior consistência organoléptica padronizada nos produtos fabricados. As análises realizadas demonstram que a IoT não apenas facilita a coleta de dados precisos e em tempo real, mas também pode permitir intervenções corretivas rápidas, o que é fundamental para a indústria de alimentos.

Não obstante, o estudo destacou a importância do controle de todas as etapas do processo de fabricação, traduzindo os procedimentos práticos em fluxogramas que possam ser processados diretamente por um algoritmo ou sistema, desde a pasteurização até a maturação do queijo. O uso de tecnologia em sinergia com os processos fabris tradicionais, como a IoT, no monitoramento contínuo e na automatização dos processos críticos, reflete-se diretamente na melhoria das características do produto final, atendendo aos padrões de qualidade e competitividade exigidos pelo mercado e a neindustrialização.

Entretanto, apesar dos resultados promissores, é importante que mais pesquisas sejam realizadas para explorar outras aplicações da IoT em diferentes tipos e estilos de queijos e processos alimentares, bem como avaliar outros dispositivos que sirvam para aprimorar ainda mais a precisão dos sensores e atuadores utilizados. A integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, com a IoT pode ser avaliada para buscar os próximos passos na evolução da automação industrial na fabricação de alimentos.

A utilização da KE foi fundamental na integração da tecnologia IoT aos processos de fabricação de queijos, permitindo a captura e aplicação de conhecimentos especializados do campo específico no monitoramento e controle de parâmetros críticos de produção. Essa abordagem possibilitou não apenas a automação, como também a melhoria contínua dos processos, diante de cenários que apliquem o conhecimento adquirido de forma sistemática para otimizar a produção. Dessa forma, a KE se apresenta como uma ferramenta poderosa na evolução das práticas industriais fabris, criando sinergia com a inovação tecnológica e as exigências de qualidade e eficiência na produção de alimentos.

Por fim, a implementação de sistemas IoT em processos de fabricação de alimentos não só atende às exigências de controle de qualidade e segurança, mas também contribui para a sustentabilidade, ao otimizar o uso de recursos e minimizar desperdícios, o que é vital em uma indústria em constante busca por eficiência e inovação e na análise de processos de governança ambiental e social (ESG).



AGRADECIMENTOS

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

Os autores agradecem ao Departamento Regional do SENAI de Santa Catarina pelo apoio e incentivo ao longo deste trabalho. Agradecem também ao Centro Universitário SENAI/SC (UniSENAI) e os Institutos SENAI de Tecnologia e Inovação por disponibilizar a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do projeto, sendo essencial para a condução das pesquisas e obtenção dos resultados apresentados.

REFERÊNCIAS

- Ashton, K. (2014). Entrevista exclusiva com o criador do termo “Internet das Coisas” [Entrevista concedida à FINEP]. *Inovação em Pauta*, (18), 5-7.
<http://www.finep.gov.br/revistas?id=5079>
- Baralla, G., Pinna, A., Tonelli, R., Marchesi, M., & Ibba, S. (2020). Ensuring transparency and traceability of food local products: A blockchain application to a Smart Tourism Region. *Concurrency Computation*, 33(1), 1-18. <https://doi.org/10.1002/cpe.5857>
- Beck, B. E. (1999, July). Style and modern writing [Special issue]. *Prose Magazine*, 126, 96-134.
- Cipolat-Gotet, C., Cecchinato, A., Malacarne, M., Bittante, G., & Summer, A. (2018). Variations in milk protein fractions affect the efficiency of the cheese-making process. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8788-8804. <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-14503>
- Duong, L. N. K., et al. (2020). A review of robotics and autonomous systems in the food industry: From the supply chains perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 355-364.
- Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. (2016). Indústria 4.0: Internet das Coisas.
<https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557E033FAC372E&inline=1>



- Gode, S. M., Orman, T. P., & Carey, R. (1967). *Writers and writing*. New York: Lucerne Publishing.
- Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., & Rahimifard, S. (2021). Optimisation of the resource efficiency of food manufacturing via the Internet of Things. *Computers in Industry*, 127, 103397. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103397>
- Jain, A., Pradhan, B. K., Mahapatra, P., Ray, S. S., Chakravarty, S., & Pal, K. (2020). Development of a low-cost food color monitoring system. *Color Research and Application*, 46(2), 430-445. <https://doi.org/10.1002/col.22577>
- Junior, J. F. F. (2018). *Elaboração de um queijo tipo coalho condimentado com manjericão e alho*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Laboratório Do Rio Grande Do Sul. (2020). *Revista Destaques Acadêmicos*, 12(3), 293-305.
- Laticínios Araguaia. (s.d.). *Produção de derivados do leite*. Monjolo: LATICÍNIOS ARAGUAIA.
- Lawal, K., & Rafsanjani, H. N. (2021). Trends, benefits, risks, and challenges of IoT implementation in residential and commercial buildings. *Journal of Energy and Built Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.01.009>
- MacDonald, S. E. (1993). Words. In *The new encyclopedia Britannica* (vol. 38, pp. 745-758). Chicago: Forty-One Publishing.
- Paladino, L., Fissore, E., & Neviani, E. (2019). A low-cost monitoring system and operating database for quality control in small food processing industry. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 8(4), 52. <https://doi.org/10.3390/jsan8040052>
- Pessoa, C. R. M., et al. (2016). A Internet das Coisas: Conceitos, aplicações, desafios e tendências. In *13th International Conference on Information Systems and Technology Management—Contecsi*. São Paulo.
- Piana, V. J. (2023). Método voltado à recomendação de tratamentos fisioterapêuticos para pacientes com lesão na coluna espinhal por meio de técnicas de aprendizado de máquina



[Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional da UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/254069>

Roorda. (2016). Potencial contaminante do queijo de coalho: Uma revisão. Recife: Editora UFPE.

Sacomano, J. B., Gonçalves, R. F., Bonilla, S. H., Silva, M. T., & Sátyro, W. C. (2018). Indústria 4.0: Conceito e fundamentos (1a ed.). São Paulo: Blucher.

Teixeira, N., Pires, M. C., Ferreira, P., Carvalho, G. P., Santos, R., Rodrigues, F. M., Dias, J., Martins, J. C., & Caeiro, J. J. (2020). The economic impact of a new type of ripening chamber in traditional cheese manufacturing. *Sustainability (Switzerland)*, 12(16), 1-8. <https://doi.org/10.3390/su12166682>