

SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO PARA APICULTORES: CONTRIBUIÇÕES PARA A APICULTURA SUSTENTÁVEL

CAROLINE VERGARA FONSECA NUNES¹; ANDRE WILLE LEMKE²; HENRIQUE BIERHALS TIETZ³ MAIQUEL S. CANABARRO⁴

¹*Universidade Federal de Pelotas – carolinevfn@gmail.com*²*Universidade Federal de Pelotas – lemke.a.w@gmail.com* ³*Universidade Federal de Pelotas – henrique.b.tietz@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – canabarrom@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização e os Desafios Atuais da Apicultura

A apicultura vai muito além da produção de mel. As abelhas são essenciais para a polinização, mantendo a biodiversidade e a segurança alimentar em todo o mundo (SAVE THE BEES USA, S.D.; NORTHERN ROOTS BEE CO., 2024). No Brasil, por exemplo, o trabalho dos polinizadores gerou um valor econômico estimado em R\$43 bilhões em 2018, com as abelhas sendo as principais responsáveis (GOV.BR, 2018; SYNGENTA, S.D.).

Pequenos apicultores, que formam a maioria no Brasil, com cerca de 60% da produção concentrada em produtores com até 200 colmeias, enfrentam dificuldades significativas (GLOBALSAT, 2021). Eles geralmente não têm acesso a informações em tempo real sobre a saúde das colmeias, já que os métodos de monitoramento atuais são trabalhosos e exigem presença física, o que é inviável para apiários distantes ou para quem tem poucos recursos (AHMAD ET AL., 2025; FAO, 2025). As colmeias também estão cada vez mais vulneráveis a mudanças ambientais, agrotóxicos e estresses climáticos (CASAMITJANA, 2025; HIVEBEAT, S.D.). As enchentes de 2024, por exemplo, causaram perdas massivas no setor apícola aqui no Rio Grande do Sul, com estimativas iniciais reportando a perda de aproximadamente 16,9 mil a 17 mil colmeias, o que ameaça diretamente a saúde das abelhas e a renda de apicultores. A falta de dados precisos para tomada de decisões pode levar a perdas notáveis e até irreversíveis (BALDONI, 2023; CANAL DO BOI, S.D.).



Figura 1. Imagens diretamente do apiário autônomo do pai da autora.

1.2. A Lacuna Tecnológica

Apicultores carecem de ferramentas de monitoramento remoto acessíveis, pois as soluções de alta tecnologia são caras ou complexas (FAO, 2025; BALDONI, 2023). Essa lacuna tecnológica leva à ineficiência na gestão e ao aumento do risco de

perdas, prejudicando os apicultores e os serviços ecossistêmicos (AHMAD ET AL., 2025). Nosso projeto busca suavizar essa situação, oferecendo tecnologia acessível para capacitar essas comunidades a protegerem suas abelhas e o meio ambiente.

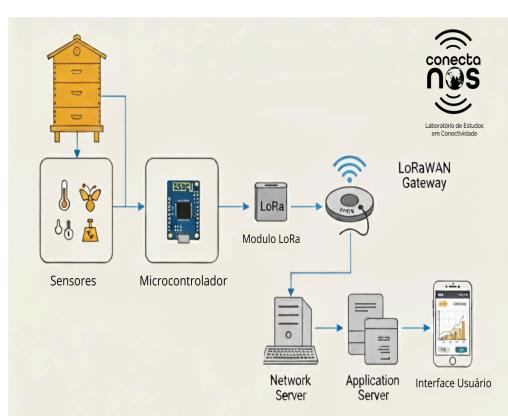
1.3 Ciência, Saúde das Abelhas e IoT

A temperatura e a umidade são fatores cruciais que impactam diretamente o metabolismo, a saúde e a sobrevivência das abelhas e suas crias (ALEXANDER ET AL., 2023; CAB INTERNATIONAL, 2017). Variações fora do ideal, especialmente para a cria (que precisa se manter entre 32°C e 36°C), podem causar estresse, doenças e até o colapso da colônia (HIVEBEAT, S.D.; CAB INTERNATIONAL, 2017). Umidade desequilibrada – seja excesso ou falta – também compromete a saúde da colmeia (HIVEBEAT, S.D.). Por isso, monitorar esses parâmetros continuamente é fundamental (HIVEBEAT, S.D.). Nesse contexto, a Internet das Coisas (IoT) surge como uma solução promissora. Sistemas de monitoramento baseados em IoT possibilitam a coleta de dados em tempo real, de maneira não invasiva e remota. Essa capacidade transforma a apicultura de uma prática manual para uma gestão proativa e orientada por dados, essencial para otimizar a produtividade e assegurar a sustentabilidade do setor. Assim, este trabalho busca desenvolver um sistema inteligente de monitoramento remoto de temperatura e umidade em colmeias, utilizando tecnologias resilientes e de baixo consumo energético, com enfoque em sistema embarcado com microcontrolador associado a sensores, e a um rádio LoRaWAN habilitador a comunicação de longo alcance.

2. METODOLOGIA

A arquitetura do sistema de monitoramento de colmeias é composta por três módulos que trabalham juntos para coletar, enviar e mostrar os dados de forma eficaz. A primeira parte, o nó sensor intracolmeia. Ele é pequeno e “low power” gasta pouca energia, sendo responsável por coletar informações importantes do ambiente. A segunda parte cuida da comunicação. Ela usa a tecnologia LoRaWAN para enviar esses dados de forma eficiente e a longas distâncias para um gateway. Esse gateway, por sua vez, manda as informações para um servidor na nuvem. Por último, na terceira parte, os dados são processados e apresentados. Na nuvem, as informações são armazenadas, analisadas e exibidas ao apicultor por meio de uma interface de fácil compreensão. Essa estrutura possibilita a visualização dos dados em tempo real, auxiliando o apicultor no manejo inteligente das colmeias.

Os Componentes que compõem o sistema



Microcontrolador (Família ST): Bateria duradoura e fácil integração, reduzindo custos (STMicroelectronics, s.d.).

Sensor T/U: Leituras precisas para saúde da cria e estresse das abelhas, otimizando a produção e sustentabilidade (The Engineering Projects, 2025).

Protocolo LoRaWAN: Cobertura rural remota, bateria de longa duração, conectando apicultores e auxiliando na conservação (LoRa Alliance, s.d.).

Figura 2. Diagrama Ilustrativo do Projeto.

A comunicação e a conexão dos dados são dois pilares fundamentais para o sistema em questão, e para isso, foi optado pelo LoRaWan. Esse protocolo de comunicação sem fio se encaixa para a apicultura, especialmente quando estamos falando em áreas rurais ou remotas, pois combina baixa potência com longo alcance (LORA ALLIANCE, S.D.). Inclusive no Brasil, há estudos que já comprovam a viabilidade de aplicação de redes LoRa e do protocolo LoRaWan na agricultura familiar e na indústria 4.0, o Projeto de Estudos e Pesquisa sobre Conectividade desenvolvido no Centro de Engenharias - ConectaNOS, o qual é desenvolvido dentro do laboratório de Antenas e Conectividade da Engenharia Eletrônica é demonstração de como a conectividade pode impactar a sociedade e economia atual.

Como um desenvolvimento futuro, se planeja integrar no sistema um sensor de abertura para monitorar os acessos às colmeias. Este sensor detectará o estado de abertura/fechamento, permitindo que os apicultores recebam alertas sobre acessos não autorizados e por quanto tempo isso ocorreu para prevenir roubos e registrar intervenções manuais para otimizar o manejo. Essa adição aprimora a segurança e contribui para uma gestão mais eficiente baseada em dados, complementando as informações ambientais coletadas

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento contínuo de temperatura e umidade é crucial para a saúde da colônia, permitindo manter as condições internas na faixa ideal de 32°C a 36°C (CAB INTERNATIONAL, 2017). Nosso sistema detecta variações anormais em tempo real, possibilitando que o apicultor atue preventivamente contra estresse térmico e doenças (HIVEBEAT, S.D.). Essa gestão proativa resulta em colônias mais fortes e estáveis, otimizando o manejo e aumentando a produtividade e o retorno financeiro.

O projeto transcende a aplicação técnica, gerando impacto em três eixos fundamentais:

- **Científico-Tecnológico:** Demonstra a aplicação prática de IoT e LoRaWAN para resolver desafios reais na agricultura, promovendo a apicultura de precisão no Brasil com soluções baseadas em dados que superam os métodos tradicionais (EMBRAPA, S.D.; REVISTAREBRAM, S.D.).
- **Social e Econômico:** Democratiza o acesso à tecnologia para pequenos apicultores, muitas vezes com recursos limitados (FAO, 2025; BALDONI, 2023). Ao fornecer dados cruciais de forma acessível, capacita a tomada de decisão, melhora a subsistência e reduz a intensidade do trabalho manual.
- **Ambiental:** Ao fortalecer a saúde e a resiliência das colmeias, o sistema contribui diretamente para a preservação de polinizadores. Isso é essencial para a biodiversidade, o equilíbrio dos ecossistemas e a sustentabilidade da agricultura no Brasil (UFPEL, 2025; GOV.BR, 2018).

4. CONCLUSÕES

Este sistema representa um avanço significativo no monitoramento de colmeias, capacitando apicultores com dados em tempo real para decisões mais informadas. A

solução fortalece a produção e promove o bem-estar das abelhas, gerando impactos diretos na produtividade e sustentabilidade do setor. Os próximos passos envolvem a validação em campo e a expansão das funcionalidades do sistema, visando transformar a apicultura sustentável em comunidades rurais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, K. Sistema monitora bem-estar de colmeias remotamente. Agência UFC, 10 mar. 2020. Acessado em 17 jul. 2025. Online. Disponível em: <https://agencia.ufc.br/sistema-monitora-saude-de-colmeias-remotamente/>.

BALDONI, F. C. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e manejo de apiários baseado em IoT. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 1º Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2018. Acessado em 20 ago. 2025. Online. Disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/02/BPBES_Relat_Polin_web.pdf.

CAB INTERNATIONAL. Honey Bee Colony Health: Challenges and Sustainable Solutions. Wallingford: CABI, 2017.

EMBRAPA. Fundamentos para o Desenvolvimento Seguro da Apicultura com Abelhas Africanizadas. Infoteca Embrapa, [s.d.]. Acessado em 10 mai. 2024. Online. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921340/1/DOC118lancado.pdf>.

GLOBALSAT. IoT para monitoramento de colmeias. Globalsat, 2021. Acessado em 10 mai. 2024. Online. Disponível em: <https://globalsat.com.br/blog/iot-para-monitoramento-de-colmeias>.

GOV.BR. Polinização pode aumentar a produtividade de culturas de grande importância agrícola no Brasil. Gov.br, 2018. Acessado em 10 mai. 2024. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/polinizacao-pode-aumentar-a-produtividade-de-culturas-de-grande-importancia-agricola-no-brasil>.

PROJETO COLABORA. Sistema monitora bem-estar de colmeias remotamente. Projeto Colabora, 20 mar. 2020. Acessado em 17 jul. 2025. Online. Disponível em: <https://projetocolabora.com.br/ods15/sistema-monitora-bem-estar-de-colmeias-remotamente/?amp=1>.

Projeto de Estudos e Pesquisa sobre Conectividade desenvolvido no Centro de Engenharias - ConectaNOS. Disponível em: <https://www.instagram.com/lab.conectanos?igsh=MW43Y2hyc2tsdmgwdw==>