

**BeeFresh: Ferramenta de Monitoramento de Temperatura com IoT para Colmeias de Abelhas Melíponas****BeeFresh: IoT Temperature Monitoring Tool for Honey Bee Hives**

DOI:10.34117/bjdv6n7-790

Recebimento dos originais: 27/06/2020

Aceitação para publicação: 29/07/2020

**Andressa Ribeiro de Mesquita**

Graduanda em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistema pelo Instituto Federal do Piauí

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – Campus Teresina Central

Endereço: Praça da Liberdade, 1597 - Centro (Sul), Teresina - PI, 64000-040

E-mail: rib.mesq.andressa72@gmail.com

**Leonardo Lamberto de Santana Salmento**

Graduando em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistema pelo Instituto Federal do Piauí

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – Campus Teresina Central

Endereço: Praça da Liberdade, 1597 - Centro (Sul), Teresina - PI, 64000-040

E-mail: salmento.leonardo@gmail.com

**Osmar Ribeiro de Sales Junior**

Graduando em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistema pelo Instituto Federal do Piauí

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – Campus Teresina Central

Endereço: Praça da Liberdade, 1597 - Centro (Sul), Teresina - PI, 64000-040

E-mail: osmarsalesjr@gmail.com

**Jéssica Helem Cruz dos Santos**

Graduanda em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistema pelo Instituto Federal do Piauí

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – Campus Teresina Central

Endereço: Praça da Liberdade, 1597 - Centro (Sul), Teresina - PI, 64000-040

E-mail: jessihelem.santos@gmail.com

**Francisco Marcelino Almeida de Araújo**

Doutorando em Engenharia Elétrica pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - Portugal  
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – Campus Teresina Central

Endereço: Praça da Liberdade, 1597 - Centro (Sul), Teresina - PI, 64000-040

E-mail: francisco.marcelino@ifpi.edu.br

**RESUMO**

O crescimento da apicultura voltada para a produção de mel é notável. Nos últimos anos, o setor apícola registrou um faturamento que ultrapassa os R\$ 470 milhões durante o ano de 2016 (mais de 24 mil toneladas de mel exportadas). Porém, as abelhas têm sofrido com a atuação de predadores, falta de flora, água e clima, resultando na queda da produção de mel. O clima e a temperatura são fatores externos que interferem diretamente na termorregulação da colmeia provocando perdas das colmeias por abandono. Este artigo apresenta um sistema de baixo custo cujo objetivo é realizar o monitoramento da temperatura interna das caixas racionais que comportam colmeias de abelhas melíponas, além da temperatura externa correspondente ao ambiente de criação desses animais para controle de forma remota e não invasiva. A parte de hardware do sistema é composta por uma placa microcontroladora ESP8266 que utiliza dois sensores de temperatura DS18B20 a prova d'água para coleta de dados cujo armazenamento é feito em plataforma cloud.

**Palavras-chave:** IoT, Abelhas melíponas, Monitoramento, Sensores, Temperatura.

**ABSTRACT**

The growth of beekeeping focused on honey production is notable. In the last few years, the beekeeping sector recorded revenues that exceeded R\$ 470 million during 2016 (more than 24 thousand tons of honey exported). However, bees have suffered from the action of predators, lack of flora, water and climate, resulting in a drop in honey production. The climate and temperature are external factors that directly interfere with the hive's thermoregulation causing losses of the hives due to abandonment. This article presents a low cost system whose objective is to monitor the internal temperature of rational boxes that contain honey bee hives, in addition to the external temperature corresponding to the breeding environment of these animals for remote and non-invasive control. The hardware part of the system is made up of an ESP8266 microcontroller board that uses two waterproof DS18B20 temperature sensors for data collection whose storage is done on a cloud platform.

**Keywords:** IoT, Honey bees, Monitoring, Sensors, Temperature.

**1 INTRODUÇÃO**

Diante da ampliação da produção e exportação de mel, o setor apícola registrou um faturamento que ultrapassa os R\$ 470 milhões durante o ano de 2016. Esse valor corresponde a mais de 24 mil toneladas de mel exportados pelo país segundo dados do Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE) [Guimarães 2018]. No ano posterior, a produção da região nordeste passou a corresponder a mais de 30% do total nacional sendo que quase 11% desse percentual é oriundo do estado do Piauí, fato que rendeu uma verba de R\$ 44,5 milhões pelo estado [CidadeVerde 2018].

As abelhas, principais responsáveis pela produção de mel, tem sua criação dividida em duas modalidades: a Apicultura e a Meliponicultura. A primeira consiste na criação de abelhas exóticas (*Apis mellifera*) com o objetivo de produzir mel, própolis, geleia real, pólen e cera de abelha [Incaper 2019]. Já a Meliponicultura abrange abelhas nativas sem ferrão com destaque para o potencial econômico e ecológico [Silva et al. 2019].

O clima configura um fator que pode comprometer essas modalidades de criação, pois as abelhas são insetos muito sensíveis às mudanças em seu *habitat*. A seca, chuva em excesso, calor e frio podem interferir diretamente na produção das abelhas melíferas [Bastos and Freitas 2016]. As condições ambientais são, então, importantes para a rotina desses animais que em condições extremas tem a sua produção de mel eventualmente comprometida ou até mesmo cessada. A redução dessa produção pode acontecer quando as abelhas passam a se preocupar com a temperatura interna da colmeia considerando como ideal a variação de 33°C a 36°C [Bastos and Freitas 2016]. Internamente, para realizar a manutenção da temperatura da colmeia, as abelhas realizam o processo de termorregulação.

A termorregulação pode ser definida como a capacidade que um organismo apresenta de controlar, manter e normalizar suas condições internas através da temperatura em resposta comportamental ou fisiológica ao seu ambiente [Trindade et al. 2018]. Segundo [Domingos and Gonçalves 2014], o controle da temperatura dentro da colmeia é importante principalmente para o sucesso do desenvolvimento da cria e, consequentemente, para a sobrevivência da colônia. Um desenvolvimento em temperaturas inadequadas pode afetar outros fatores fisiológicos levando a defeitos nas asas ou em outras partes do corpo, aumentando a mortalidade da colônia e gerando consequências posteriores na vida adulta das abelhas [Oliveira 2019]. Não obstante, a perda do controle da termorregulação de uma colônia pode levar as abelhas ao abandono ou comportamento enxameatório [Trindade et al. 2018].

Para a manutenção da temperatura da colmeia, as abelhas respondem comportamentalmente através de mecanismos secundários estratégicos para promoção de clima favorável. Diante de baixas temperaturas há o agrupamento das operárias na busca pelo calor metabólico e a vibração dos músculos torácicos. Já para temperaturas elevadas a resposta comportamental configura-se no bater das asas resultando na renovação de corrente de ar quente para amenizar o microclima. Todos esses mecanismos são realizados para garantir que a homeostase permaneça estável e o equilíbrio dos organismos seja mantido independente de fatores externos [Benaglia et al. 2017].

Nesse contexto, destaca-se a importância do monitoramento das colméias. Através do monitoramento é possível gerar valiosas informações sobre o comportamento e saúde da colônia e este conhecimento pode viabilizar estratégias com intuito de melhorar a produção e prevenir uma enxameação por abandono [Silva 2017]. Utilizando tecnologias de *Internet of Things* (IoT), que pode ser entendida como dispositivos conectados a uma rede que transmitem informações em tempo real sobre o ambiente monitorado com o intuito de promover alguma ação como resposta, esse acompanhamento pode ser realizado.

Segundo [Lima et al. 2018], a ascensão de novas tecnologias computacionais e de automação, juntamente com a consolidação de paradigmas como a IoT e *Wireless Sensors Network* (WSN ou Rede de Sensores sem Fio), permitiu a combinação desses mecanismos possibilitando o monitoramento de ambientes e o controle de objetos de forma remota. Possibilitou, ainda, o uso de dispositivos microcontroladores ligados à sensores de temperatura e umidade para monitorar ambientes onde a temperatura é um parâmetro de influência direta.

Considerando essas informações, este trabalho descreve a construção de um sistema de monitoramento com base em IoT para controle remoto e não invasivo da variação de temperatura entre caixas racionais e seu meio externo, além de fornecer análise dos dados das temperaturas capturadas pelo mesmo em colmeias reais. Para tanto, o sistema utiliza sensores de temperatura DS18B20 e placa microcontroladora NodeMCU ESP8266 como interfaces no processo de captura dos dados.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Através do uso dessa ferramenta, almeja-se o controle remoto e não invasivo da variação da temperatura interna da caixa racional em relação a temperatura do ambiente externo a ela, de forma que o apicultor possa aplicar técnicas de manejo a partir desse conhecimento.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Gerar base de dados;
- Identificar picos de temperatura interna e externa;
- Fornecer dados para auxiliar o apicultor a estabelecer estratégias de manejo.

## **3 TRABALHOS RELACIONADOS**

Esta seção reúne estudos relacionados ao comportamento das abelhas diante de situações extremas de clima, assim como, trabalhos que expressam o quanto isso pode afetar a produção de mel e que tipos de medidas estão sendo aplicadas para minimizar as perdas dos apicultores.

Trata-se de uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa que reúne trabalhos recentes referentes aos efeitos das condições termoclimáticas sobre o comportamento das abelhas e medições de temperatura da colmeia para ajudar no desenvolvimento de soluções futuras.

### 3.1 MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram pesquisados artigos e dissertações de mestrado a partir das seguintes palavras-chaves: "monitoramento de colmeias", "abelhas", "monitoramento de temperatura", "produção de mel", "IoT" e "termorregulação" definidas conforme temática.

O intervalo de publicação dos estudos selecionados inicia-se em 2016 e estende-se até o ano de 2018. Eles abrangem as plataformas intituladas como Repositório Institucional UFC, Repositório digital da UFSM, Repositório Institucional UFSC, Repositório Institucional UFRN e Repositório Institucional da Universidade Estadual de Maringá (RI- UEM).

Com o levantamento, este trabalho explicita quais embasamentos que abrangem a problemática, qual a metodologia e materiais utilizados e os resultados obtidos pelos estudos selecionados.

### 3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os trabalhos apresentados nesta seção abordam a temática da influência da temperatura sobre a vida em colmeias demonstrando a atuação de sistemas de monitoramento com resultados eficientes através do uso de sensores. As soluções apresentam envolvimento com a IoT fazendo uso de interconexões que agregam de forma relevante às suas perspectivas.

[Dutra 2016] traz em seu trabalho o Beehiveior - sistema de monitoramento e controle de colmeias de produção apícola. O sistema proposto pelo autor é voltado não apenas para a captura da temperatura e da umidade, mas também utiliza sensores para a captura de ruídos, presença e contagem das abelhas em cada colmeia. A aplicação foi programada para capturar os dados em intervalos de 1 minuto através de sensores conectados uma placa controladora, que é responsável pela coleta e envio dos dados via rede cabeada para armazenamento em banco de dados, dependendo do cenário apresentado. O sistema apresenta dois cenários de funcionamento, o primeiro consiste na coleta e armazenamento dos dados localmente em um cartão de memória, em seguida, os dados são importados para a interface do sistema que fará as demais análises. O segundo cenário utiliza a comunicação da placa central de controle com a interface web do sistema via rede de Ethernet cabeada, dessa forma, os dados logo que capturados são transmitidos para o sistema e armazenados. O autor demonstra que apesar das vantagens dos resultados obtidos com a abordagem do segundo cenário, a mesma torna-se desfavorável já que os apiários não possuem a estrutura de rede necessária para o total funcionamento do sistema. O primeiro cenário é favorável, principalmente, aos locais de difícil acesso, entretanto, possui a desvantagem da análise dos dados posteriormente aos acontecimentos. O principal objetivo do trabalho apresentado foi a construção de um sistema de monitoramento e controle de colmeias para registro histórico utilizando materiais acessíveis e de baixo custo, tendo como principais usuários, os apicultores e pesquisadores que não dispõem de um orçamento vasto

e buscam uma ferramenta por menor custo. Além disso, a disponibilização visual dos dados aos usuários permite o cruzamento de variáveis significativas para análises em diversas perspectivas afim de prover benefícios aos produtores.

Em seu trabalho, [Silva 2017] discorre pontos econômicos voltados a apicultura, destaca o grande potencial das abelhas como polinizadoras e aponta fatores que colaboram para a redução da produção dos produtos apícolas devido a influência de fatores externos do ambiente, como: destruição do habitat natural, perda da diversidade das florestas, pesticidas e mudanças climáticas. O autor ressaltava a temperatura como uma das principais causas das perdas de colônias que vem preocupando apicultores, pois um microclima com temperaturas muito elevadas dentro de uma colmeia é um dos motivos que culmina no fenômeno da enxameação. Por isso, salienta-se a importância do monitoramento de colônias de abelhas para conhecimento do funcionamento interno através do comportamento das operárias e sua saúde com o intuito de formar estratégias que venham a evitar uma enxameação por abandono. A proposta firma-se nessa problemática e propõe uma solução capaz de realizar o monitoramento de apiários com foco no processo de termorregulação que conta com plataforma IoT, rede de sensores e placa móvel, além de aplicação *mobile* responsável por apresentar dados de forma clara e simples para o usuário final. A coleta de dados pelos sensores é periódica com intervalos de 60 segundos sendo que os mesmos são persistidos em banco com grande capacidade de armazenamento. Um ponto negativo pode ser notado quando o autor cita que a solução ainda não dispõe de energia renovável para fornecer energia aos sensores.

[Jesus et al. 2017] inicia seu estudo abordando o ponto de vista biológico das abelhas envolvendo fatores ambientais que influenciam na manutenção do metabolismo e reprodução desses animais. Os autores chamam atenção para um cenário em que as abelhas são importantes polinizadores responsáveis pela manutenção da biodiversidade das plantas e que o controle das condições internas da colônia é essencial para a sobrevivência do grupo. Por isso, sua proposta envolve um sistema de aquecimento com resistência regulada por termostato com sensores de temperatura e umidade para coleta de dados e envio para plataforma online. O sistema foi instalado juntamente a parte interna da caixa racional dotando do sensor de umidade e temperatura conectados a um micro controlador. Foi utilizada placa de cerâmica para se dissipar o calor da área interna da caixa. O sistema de aquecimento é ativado sempre que a temperatura interna das caixas atingir 29°C, e é desligado quando a temperatura ultrapassa 31°C, ativando um alarme sempre que a temperatura apresenta-se inferior a 26°C ou superior a 34°C sendo que a padrão é mantida em 30°C pelo sistema. Os resultados deste trabalho indicam relevantes diferenças comportamentais entre o sistema aquecido e o de controle, para equilíbrio de temperatura e de umidade.

O estudo de [Benaglia et al. 2017] traz abordagens comparativas entre diversas soluções que englobam monitoramento de temperatura, seja ela absoluta ou relativa, e de umidade em pontos diferentes da colmeia, parte interna central ou superior de colônias. Os autores explanam sobre os diversos fatores que influenciam o comportamento de abelhas para manutenção do microclima da colmeia e buscam achar padrões em seu levantamento. Para a manutenção, são utilizados mecanismos secundários como estratégia para estabilidade de clima favorável após a nidificação da colmeia pelas operárias como o agrupamento, proporcionando a geração de calor metabólico, e vibração dos músculos torácicos diante de baixas temperaturas. Em contrapartida, a resposta comportamental para temperaturas elevadas consiste no bater das asas resultando na renovação de corrente de ar quente no interior da colmeia. Todos esses mecanismos possuem o foco de garantir que a homeostase (capacidade de manter o meio interno em equilíbrio independente de fatores externos) permaneça estável. Portanto, mostra-se como alternativa promissora o uso de caixas de abelhas padrão Langstroth de isopor partindo do ponto da eficiência do seu isolamento térmico, qualidade inodora, não prejudicial ao solo ou água, sendo ainda reciclável. O objetivo desse trabalho é avaliar a termorregulação de caixas de madeira e de isopor através de sensores. Trata-se do sistema intitulado "MyBee" que teve seu experimento realizado no setor de apicultura da Fazenda Iguatemi (FEI), município de Maringá-PR, (23° 25' S e 52° 51' O a 550 metros de altitude) do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. O sistema subdividiu-se em duas partes: a estacionária, que coleta e armazena dados fornecendo a flexibilidade de alteração das configurações do seu sistema pelo proprietário, e a móvel, que comporta a interface a qual o apicultor terá acesso às informações de seu apiário. A análise estatística foi realizada através da variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, ao nível de 5% de significância e o software utilizado foi o STATISTICA 8.0. Os autores concluíram que não há a variação do equilíbrio homeostático, pois a temperatura e umidade das colmeias permaneceram estáveis durante o período da pesquisa fomentando o isopor como uma alternativa de matéria prima para a confecção de caixas de abelhas.

[Trindade et al. 2018] apresenta um estudo de análise de dados demonstrativos e de dados de séries temporais sobre as variáveis internas e externas da colmeia: internas - temperatura, umidade e peso; e externas - umidade e temperatura. O trabalho realizado pelos autores mostra um estudo de caso realizado na cidade de São Sepé, subdistrito de Cerrito do Ouro, no estado do Rio Grande do Sul. Nesse experimento, 12 colmeias foram dispostas para monitoramento com abelhas do tipo "Apis Mellifera". As colmeias foram monitoradas durante 17 dias, as variáveis foram coletadas em intervalos de 5 minutos e armazenadas em um servidor para acesso de forma remota. O apuramento das informações obtidas foi realizado através da organização e visualização em planilhas, sendo aplicado princípios da estatística descritiva e análise de séries temporais. Os resultados obtidos demonstraram



correlação direta entre as médias de temperaturas internas e as médias de temperaturas externas denotando a manutenção da temperatura do ambiente interno em resposta a temperatura do ambiente externo. Outro ponto registrado, foi o aumento da umidade podendo indicar a presença de ácaros que são prejudiciais a vida da colônia. E ainda, o aumento do peso registrado das colmeias durante o período de testes mostraram o quanto de mel pode ter sido produzido pelas abelhas. Os autores notaram também uma média de temperaturas abaixo do que fora revisado em literatura, as causas foram atribuídas a interferência da temperatura externa, bem como a quantidade de abelhas na caixa. O principal intuito do trabalho citado é fornecer dados o suficiente ao apicultor para auxiliá-lo a identificar o momento exato de realizar o manejo racional da caixa. Além disso, a pesquisa visa contribuir com estudo sobre o desaparecimento das abelhas, chamado de Distúrbio do Colapso das Colônias, e suas possíveis causas, através da análise de comportamento.

Em seu trabalho, [Moecke et al. 2019] destaca a necessidade de criação e uso de equipamentos que permitam medir indicadores com o objetivo de beneficiar o manejo de colmeias. O projeto surgiu da necessidade da EPAGRI e dos apicultores de Santa Catarina realizarem o monitoramento de suas colmeias para aumentar sua produção e avaliar a saúde das abelhas. Trata-se de um sistema de custo acessível, coleta de dados *off-grid* que independe de rede elétrica e realize a transmissão de dados a cada hora, ainda que o preferencial seja de 5 em 5 minutos. Para sua construção foram utilizados sensores de umidade e temperatura AM2302 DHT22 interna e externamente às caixas de colmeias, sensor de peso módulo HX711, sensor de luminosidade BH1750FVI *Lux* externamente, além de microprocessador, controlador de carga, placa de conexões e energia solar em conjunto com bateria. Optou-se pelo uso de microcontrolador Arduíno MEGA 2560 e *Raspberry Pi Model 3B* para os módulos colmeia e *gateway*, respectivamente. Ao longo de seu desenvolvimento, fez-se necessário modificações que reduzissem o consumo dos módulos, tais como: ajustes para desativar *hardware, services e clocks* que não eram utilizados, uso de modo *sleep* (na colmeia) e *power down* (no *gateway*) para reduzir o consumo de energia, adição de conversor CC-CC, redimensionamento da bateria, painel solar, troca do controlador de carga, dentre outros. Foi então implementado um sincronismo entre os relógios dos módulos para que houvesse o controle do modo de operação (chaveamento) conseguindo-se obter a redução da média de consumo.

A seguir, a tabela 1 mostra os trabalhos que foram selecionados e analisados nesta seção atribuindo uma referência ou identificação a cada um. Esses desígnios são necessários para facilitar a associação desses estudos na tabela 2.



Tabela 1. Trabalhos abordados

ID do artigo	Título	Ano
A1	Beehiveior-Sistema de monitoramento e controle de colmeias de produção apícola	2016
A2	Monitoramento não Invasivo de Colmeias através da <i>IoT</i>	2017
A3	Sistema de calefação para ninhos de abelhas-sem-ferrão com controle e leitura de temperatura interna por sistema remoto	2017
A4	Sensores no monitoramento da temperatura e umidade interna de colônias de <i>Apis Melifera</i> africanizadas alojadas em caixa de madeira e ou isopor	2017
A5	Análise temporal de dados de monitoramento de colmeias de abelhas	2018
A6	Controle de Potência em um Sistema de Monitoramento de Abelhas <i>off-grid</i>	2019

A tabela 2 explicita as tecnologias escolhidas para a produção dos sistemas. Nota-se a predominância dos sensores de módulo DHT para medição da temperatura e umidade e uso de rede sem fio para envio dos dados coletados.

Alguns sistemas medem, além das duas grandezas mais comuns entre eles, o peso, ruído, presença e contagem para avaliar a variação do comportamento das operárias e influenciá-las de alguma forma, seja por atitudes do apicultor através de técnicas de manejo ou pelo próprio sistema que possui a caixa como produto tendo aquecedores em sua arquitetura (A3).

Tabela 2. Detalhamento dos equipamentos utilizados nos trabalhos

ID	Placa	Sensor	Rede	Energia	Grandeza (s)	Armazenamento
A1	Arduino UNO Rev3	DHT11, outros(não informado)	Ethernet	Placa solar	Temperatura, umidade, ruído, presença e contagem	Cartão SD
A2	Arduino, Xbee	não informado	não informado	não informado	Peso, temperatura e umidade	Servidor
A3	NodeMCU ESP8266	Termostato W1209, DHT22	Wifi	Fonte de Tensão Contínua	Temperatura, umidade	Servidor
A4	Raspberry Pi	DS18S20 DHT22	Wifi	Extensão de fio	Temperatura e umidade	MySQL
A5	Arduino	DHT22 KY-038	Ondas de Rádio	Bateria	Temperatura, umidade e	Fiware (broker), Cosmos

A6	Arduino Raspberry Pi	AM2302 DHT22, HX711, BH1750FVI Lux	GPRS ou Ethernet	Bateria, Energia Solar	Temperatura e umidade, peso, iluminação	Servidor
----	-------------------------	--	---------------------	------------------------------	---	----------

---

#### **4 BEEFRESH: FERRAMENTA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA COM IOT PARA COLMEIAS DE ABELHAS MELÍPONAS**

O BeeFresh é uma ferramenta baseada em princípios da IoT (*Internet of Things*) na qual utiliza-se a placa NodeMCU com microcontrolador *Wi-Fi* ESP8266 e sensores de temperatura DS18B20 a prova d'água para a montagem da parte de hardware.

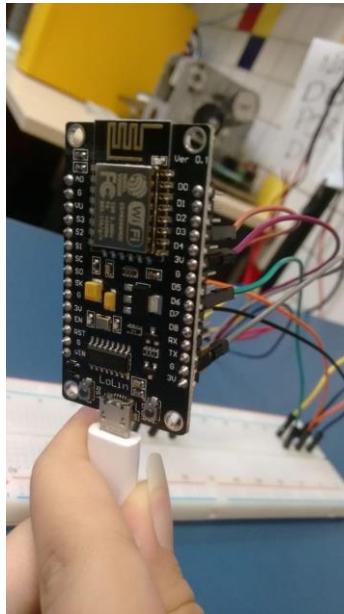
Após a instalação do protótipo do sistema na caixa racional, o mesmo realiza a coleta e o envio de dados das temperaturas ambiente e interna para um servidor na nuvem através de código arduino.

##### **4.1 COMPONENTES DO SISTEMA**

###### **4.1.1 Placa NodeMCU ESP8266**

A placa NodeMCU é constituída por conector micro-USB (*Universal Serial Bus*) com interface serial, regulador de tensão para 3.3 V, conversor analógico digital, além de microchip *Wi-Fi* (ESP8266) com suporte TCP/IP completo [Lima et al. 2018]. É através dela que os dados serão enviados para o local de armazenamento.

**Figura 1. Placa NodeMCU ESP8266**



Fonte: Autor

#### 4.1.2 Sensor de Temperatura DS18B20

O sensor DS18B20 permite a medição da temperatura em ambientes úmidos e molhados, motivo pelo qual foi escolhido, com exatidão de 0.5 °C para mais ou para menos na sua precisão. Esse sensor suporta uma faixa de medição de -55 °C a +125 °C com tensão operável de 3 ou 5 V [FilipeFlop 2019].

#### 4.1.3 PostgreSQL

O PostgreSQL é reconhecido por sua robustez e confiabilidade, além da integridade de dados e grande variabilidade de recursos. Ele possui uma comunidade de código aberto que fornece soluções eficazes e inovadores por trás de softwares [PostgreSQL 2019].

### 4.2 ARQUITETURA DO SISTEMA

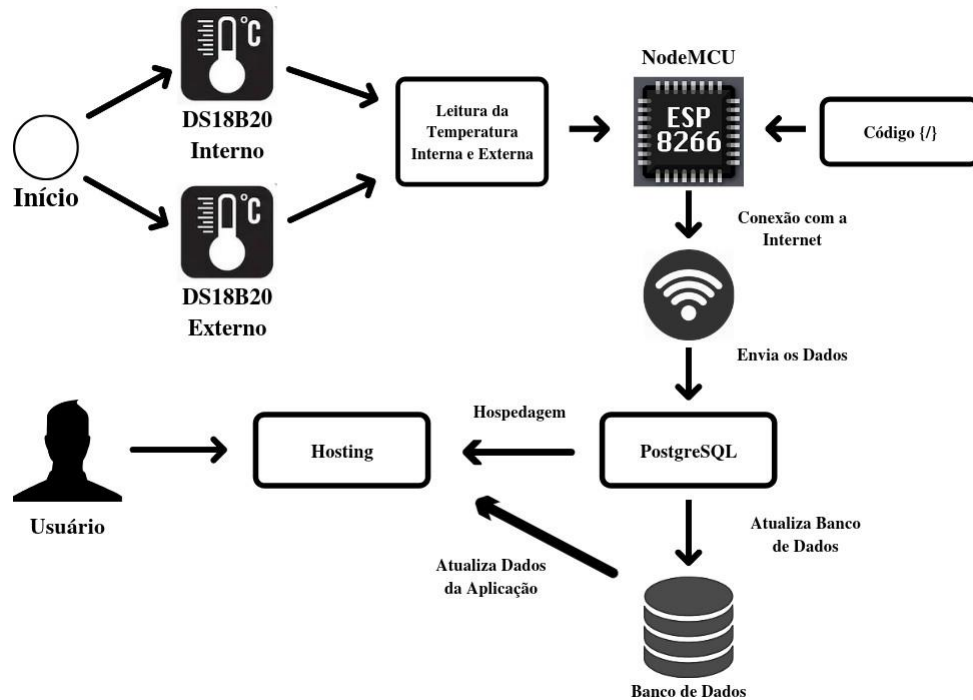
O sistema é composto pelos dispositivos de *hardware*, *software* e serviços online como banco de dados e hospedagem.

Os sensores DS18B20 fazem a captura das temperaturas interna e externa do ambiente da caixa racional a cada 5 minutos. Os valores capturados são enviados para a placa microcontroladora NodeMCU ESP8266 que através do módulo *Wi-Fi* se conecta a *Internet* e transmite os dados.

O serviço de banco de dados online do *PostgreSQL* que é diretamente integrado ao serviço de hospedagem, então os dados são imediatamente salvos e persistidos no armazenamento quando são recebidos. Dessa forma, os valores das temperaturas são atualizadas em tempo real.

No *Hosting*, uma API (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicação) está hospedada e é responsável por realizar a comunicação da placa com o serviço de banco de dados. Uma API é um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software para a utilização das suas funcionalidades por aplicativos que não pretendem envolver-se em detalhes da implementação do software, mas apenas usar seus serviços [Siteo 2019]. Dessa forma, a transmissão dos dados ocorre de forma simples, no código implementado, os dados de temperaturas são serializados e formatados para serem enviados. Uma requisição é feita ao *link* da API fornecido e então a transmissão dos dados é realizada. O fluxo de dados e comunicação entre os componentes do sistema são representados na Figura 2 a seguir.

Figura 2. Arquitetura do Sistema



Fonte: Autor

#### 4.3 ESTUDO DE CASO

O protótipo da ferramenta foi instalado na Embrapa Meio-Norte, localizada na cidade de Teresina - Piauí. Nessa sede, existem dois meliponários (local de criação de abelhas melíponas - sem ferrão) e um apiário (local de criação de abelhas apis - com ferrão).

As pesquisadoras responsáveis pelo setor de apicultura da instituição esboçaram preocupação em relação as abelhas melíponas devido a sensibilidade que esses animais possuem em relação a variação da temperatura local, visto também que o cuidado pelas pesquisadoras com essa criação está diretamente ligada a conservação das espécies, que são nativas.

Visto isso, foi idealizado um cenário cuja existência de um sistema de monitoramento da temperatura das caixas racionais do meliponário seria ideal, proporcionando controle da variância de temperatura através de intervenções com técnicas de manejo escolhidas pelo apicultor a partir do conhecimento dos dados coletados.

##### 4.3.1 Instalação do Protótipo

Antes de realizar a instalação dos equipamentos, foi necessário analisar as possibilidades de proteção para evitar qualquer danificação no sensor interno feita pelas abelhas, uma vez que as mesmas reagem para proteger as sua colmeia.

A Figura 3 demonstra como o protótipo foi instalado. O sensor colocado internamente (Figura 4) foi protegido com espiral e, em seguida, envolvido com fita devido a necessidade de flexibilidade.

Já o externo foi colocado suspenso no ar através de suporte e canaleta (proteção contra outros animais que habitam o local). O circuito montado foi colocado dentro de uma proteção plástica transparente e vedado com fita adesiva para evitar o contato com água ou possíveis fatores externos que viessem a interromper o funcionamento do sistema.

**Figura 3. Protótipo do sistema**



Fonte: Autor

**Figura 4. Protótipo do sistema - visão do sensor interno**



Fonte: Autor

A Figura 5 mostra a forma da disposição da placa onde sua proteção encontra-se sobre suporte feito de papelão apoiando-se em telha abaixo da cerâmica que faz a base da caixa racional. Além disso, na figura pode-se notar a fixação da extensão sob a base, protegida.

Figura 5. Imagem da proteção plástica transparente



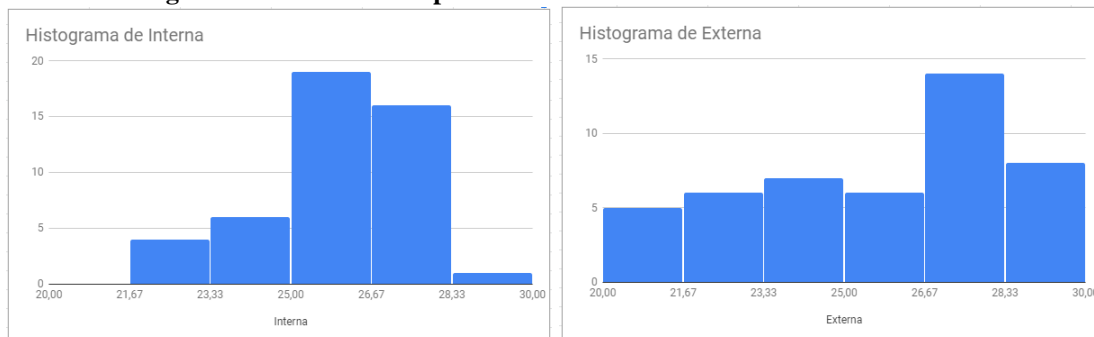
Fonte: Autor

#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Após a conclusão da instalação, o sistema realizou a coleta das temperaturas internas (caixas racionais) e externas (ambiente) no período de quatro dias consecutivos durante às 24 horas de cada dia. O sistema foi programado para que a coleta dos dados seja realizada a cada 5 minutos.

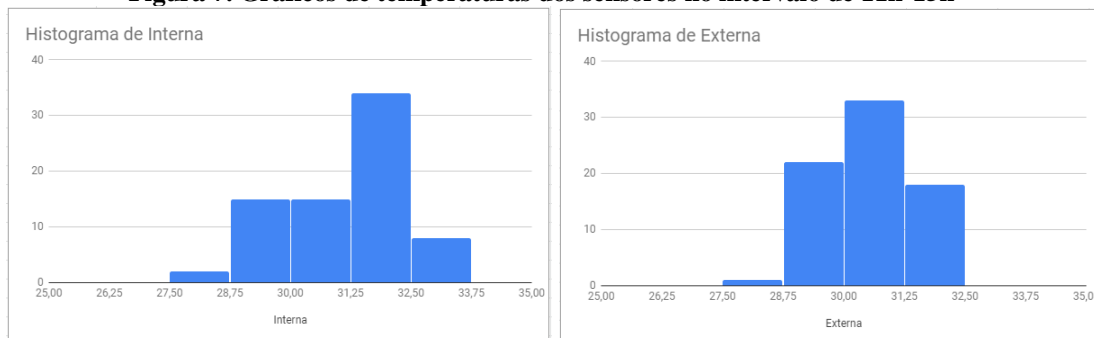
A partir da análise dos dados e observação das variações da temperatura interna comparadas às do ambiente, notou-se maiores diferenças nos seguintes intervalos de- mostrados pelas Figuras 6, 7 e 8:

Figura 6. Gráficos de temperaturas dos sensores no intervalo de 5h-9h



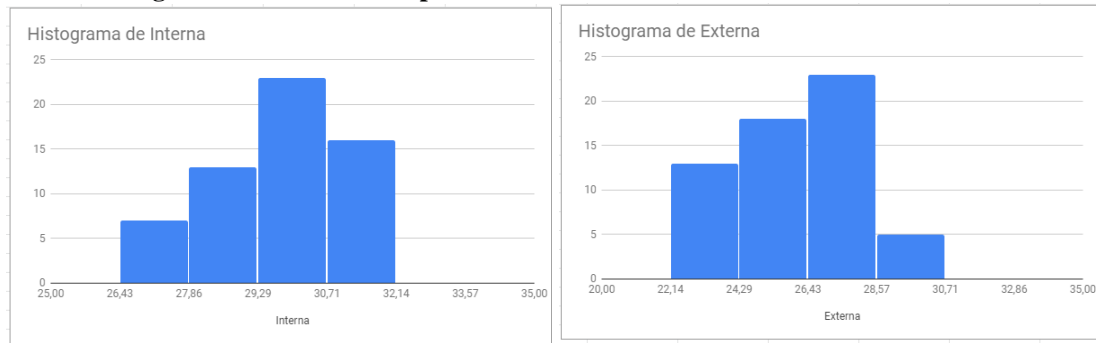
Fonte: Autor

Figura 7. Gráficos de temperaturas dos sensores no intervalo de 11h-15h



Fonte: Autor



**Figura 8. Gráficos de temperaturas dos sensores no intervalo de 17h-21h**

Fonte: Autor

A partir dos gráficos acima, podemos constatar que a temperatura média interna das caixas racionais no intervalo de 5h às 9h da manhã chega a 26,9 °C, no intervalo de 11h às 15h chega a 31,6 °C e no intervalo de 17h às 21h chega a 29,7 °C. Pode-se concluir também que a temperatura média externa chega, no intervalo de 5h às 9h, 11h às 15h e 17h às 21h a 25,61 °C, 30,44 °C e 26,2 °C, respectivamente.

Sendo assim, as abelhas trabalham mais para manter a regulação da temperatura favorável no período da noite uma vez que a variância da média de temperaturas é de 3,5 °C de diferença, enquanto no período da manhã é de 1,29 °C e durante o intervalo da tarde é de 1,16 °C.

## 5 TRABALHOS FUTUROS

Partindo do monitoramento de temperatura de colmeias de abelhas melíponas, notou-se uma boa oportunidade de melhoria adicionar um sensor de movimento ou de captação de som ao sistema. Através do uso desses sensores traçando uma relação com a temperatura, tornaria-se possível saber o que a colmeia faz internamente perante temperaturas inadequadas.

Como já mencionado, diante de baixas temperaturas há o agrupamento das abelhas dentro da colmeia na busca pelo calor metabólico e a vibração dos músculos torácicos, já para temperaturas elevadas há o bater das asas resultando na renovação de corrente de ar quente para amenizar o microclima. Portanto, com o registro sonoro do comportamento dessas abelhas, em caso de temperatura muito elevada ou muito baixa, se o sistema for capaz de captar uma variação de movimento que foge dos níveis registrados cotidianamente, o mesmo pode evitar a perda da colmeia pelo apicultor, pois este poderá ser alertado pelo sistema perante uma possível enxameação.



**6 CONCLUSÃO**

O estudo de caso demonstrou o uso do protótipo implantado na sede da Embrapa Meio- Norte permitindo averiguação dos valores de temperaturas internas (caixas racionais) e externas (ambiente - meliponário) durante vários minutos das horas do dia no período que esteve ligado.

É importante destacar que a época que o protótipo esteve em funcionamento não é considerada de risco pelo fato de não ser comum o registro de altas temperaturas climáticas. Porém, quando a época mais quente do ano chega, o risco de perdas de colmeias é alto, caso não haja técnicas de manejo adequadas para manter a colônia no espaço de criação. Por isso, a importância de manter um sistema de monitoramento de temperatura pode contribuir com a meliponicultura, não apenas em épocas de maiores temperaturas, mas no cotidiano das abelhas faz-se de suma importância para a promoção do bem-estar e desenvolvimento da colônia.

Através da implantação do sistema BeeFresh, dados importantes para a manutenção da temperatura das colmeias foram colhidos alertando as pesquisadoras da Embrapa Meio-Norte sobre como as abelhas melíponas nativas cuidadas para a conservação das espécies estão lidando com as temperaturas locais.

**REFERÊNCIAS**

- Bastos, T. R. and Freitas, B. (2016). Especialista dá dicas para manter produção de mel em climas extremos. <http://twixar.me/whdn>. Online; Accessed 07 may 2019.
- Benaglia, B. G. E. et al. (2017). Sensores no monitoramento da temperatura e umidade interna de colônias de apis melífera africanizadas alojadas em caixa de madeira e ou isopor. Master's thesis, Universidade Estadual de Maringá.
- CidadeVerde (2018). Produção de mel do pi cresce e gera quase r\$ 45 milhões, aponta ibge. <https://cidadeverde.com/economiaenegocios/94364/producao-de-mel-do-pi-cresce-e-gera-quase-r-45-milhoes-aponta-ibge>. Online; Accessed 05 may 2019.
- Domingos, H. G. T. and Gonçalves, L. S. (2014). Termorregulação de abelhas com ênfase em apis mellifera. *Acta Veterinaria Brasilica*, 8(3):150–154.
- Dutra, T. F. S. (2016). Beehiveior-sistema de monitoramento e controle de colmeias de produção apícola. Master's thesis, Brasil.

FilipeFlop (2019). Sensor de temperatura ds18b20 a prova d'água. <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua>. Online; Accessed 14 jul 2019.

Guimarães, E. (2018). Mel brasileiro se destaca nos mercados europeu e norteamericano. [https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2018/01/22/interna\\_agropecuario,932500/mel-brasileiro-se-destaca-nos-mercados-europeu-e-norte-americoano.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2018/01/22/interna_agropecuario,932500/mel-brasileiro-se-destaca-nos-mercados-europeu-e-norte-americoano.shtml). Online; Accessed 05 may 2019.

Incaper (2019). Apicultura. <https://incaper.es.gov.br/apicultura>. On-line; Accessed 04 may 2019.

Jesus, F. T. d. et al. (2017). Sistema de calefação para ninhos de abelhas-sem-ferrão com controle e leitura de temperatura interna por sistema remoto.

Lima, M., Alves, F., and Juca, S. (2018). Sistema iot para monitoramento de temperatura e umidade ambientes e acionamento remoto de cargas. In *Anais da IV Escola Regional de Informática do Piauí*, pages 232–237. SBC.

Moecke, F. E. et al. (2019). Controle de potência em um sistema de monitoramento de abelhas off-grid.

Oliveira, A. (2019). Abelhas - termorregulação da colmeia. <https://www.cpt.com.br/cursos-criacaodeabelhas/artigos/abelhas-termorregulacao-da-colmeia>. Online; Accessed 08 may 2019.

PostgreSQL (2019). What is postgresql? why use postgresql? <https://www.postgresql.org/about/>. Online; accessed 10 jul 2019.

Silva, A. d. L. (2017). MocIoT - monitoramento não invasivo de colmeias através da iot. Silva, M. G., Dantas, M. C. d. A. M., Moreira, J. N., Junior, E. B. P., de Oliveira Neto,

J. N., de Medeiros, A. C., and Gadelha, H. S. (2019). Criação racional de abelhas jan-daíra e sua importância ambiental. *REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO AMBIENTAL (BRAZILIAN JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)*, 13(1):13–18.

Siteo, N. (2019). Introdução ao django rest framework. <https://medium.com/@nelziositeo/introducao-ao-django-rest-framework-47ecb9ae0e6b>. Online; Accessed 08 may 2019.

Trindade, N. C. et al. (2018). Análise temporal de dados de monitoramento de colmeias de abelhas.