

Felipe Thiago de Jesus

**SISTEMA DE CALEFAÇÃO PARA NINHOS DE
ABELHAS-SEM-FERRÃO COM CONTROLE E LEITURA DE
TEMPERATURA INTERNA POR SISTEMA REMOTO**

*Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Agroecossistemas da Universidade
Federal de Santa Catarina, para a
obtenção do grau de Mestre em
Agroecossistemas.*

Florianópolis
Abril de 2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Jesus, Felipe Thiago
SISTEMA DE CALEFAÇÃO PARA NINHOS DE ABELHAS-SEM
FERRÃO COM CONTROLE E LEITURA DE TEMPERATURA
INTERNA POR SISTEMA REMOTO / Felipe Thiago Jesus ;
orientador, Giorgini Augusto Venturieri, 2017.
75 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Agroecossistemas. 3.
meliponídeos. 4. Zootecnia. 5. Tecnologia. I.
Augusto Venturieri, Giorgini. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação
em Agroecossistemas. III. Título.

Felipe Thiago de Jesus

**SISTEMA DE CALEFAÇÃO PARA NINHOS DE
ABELHAS-SEM-FERRÃO COM CONTROLE E LEITURA DE
TEMPERATURA INTERNA POR SISTEMA REMOTO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Agroecossistemas e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Florianópolis, 27 de Abril de 2017.

Prof. Luis Carlos Pinheiro Machado, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Giorgini Augusto Venturieri, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Tânia Lúcia Monteiro, Dr.^a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. André Luís Ferreira Lima, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Antônio Augusto Alves Pereira, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado às abelhas, a Deus por iluminar meus pensamentos e à Família que sempre esteve presente.

AGRADECIMENTOS

Na vida, temos muitas opções cujas escolhas devem seguir nossos instintos e coração. Durante a graduação em Agroecologia, esse dom (aptidão), foi-se afluindo cada vez mais forte, aumentando o amor pelo planeta, a vontade de estudar, de poder realizar algo que realmente importasse a todos, que me fizesse sentir vivo e que me desse a convicção que precisava para seguir firme neste propósito. Toda essa motivação veio a mim através das plantas e das flores, especialmente neste trabalho com as abelhas sem ferrão. Agradeço muito ao Senar-PR e à UFPR-Litoral, por terem oferecido o curso em 2008, e ao Sítio Permacultural Sol Nascente, onde pude praticar e me aperfeiçoar nas técnicas de manejo das abelhas. Não posso me esquecer dos grandes Mestres, como o Sr. Benedito e a Dona Salete – meliponicultores de Mandirituba-PR – que me foram grandes exemplos de dedicação e profissionalismo na atividade.

Agradeço a Deus por me dar forças e sabedoria, por manter-me firme neste aprendizado e trazer-me a capacidade de interpretar as respostas e sempre acreditar que é possível trabalhar com aquilo que amamos. Agradeço imensamente à minha família, minha mãezinha Doris, Cleis e a vó Maria, pois sem o apoio delas seria impossível chegar até aqui. À minha querida noiva Carol, que sempre esteve presente em cada seminário, em cada apresentação e em cada relatório. Meu muito obrigado pelo apoio. Amo todos vocês.

Aos colegas de trabalho: Murillo Colombo pela assistência técnica do sistema de aquecimento; ao Jonas – graduando de Engenharia Eletrônica da IFSC – pelo trabalho em noites de sábado viradas no CCA para o desenvolvimento e implementação do sistema de monitoramento. Obrigado irmãos. Sou grato também aos colegas do dia a dia que entre risos, seminários, e discussões sempre estiveram presentes e tornaram o período do Mestrado mais fácil e alegre. Agradeço também aos antigos amigos Olímpio e ao querido Bruno Briani e também aos novos: Priscila, Jussara, Daisy, João, Gefferson, Leandro, Andrea, Natália, Luís, Luiz, Jairo, Jamile, Ana Cecília, Alana e Mari. Aos Colegas do CCA: Dylan, Álvaro, Diego, doutorandos do programa. Ao Professor Rosa, pela confiança no estágio de docência. Ao Professor Antônio Augusto, às secretárias do programa Marlene e Fabiana, por sempre me manterem informado dos prazos e deveres. Agradeço também a oportunidade de realizar este projeto ao professor Doutor Giorgini Augusto Venturieri, pela orientação, dedicação e pela paciência, que me fez sentir muito mais preparado para enfrentar desafios e resolver

entraves. O agradecimento por sempre estimular o melhor de mim.

Agradeço aos demais professores que sempre estão contribuindo para a minha formação. Obrigado pelas críticas, conversas, ideias e incentivos. À Universidade Federal de Santa Catarina, ao Centro de Ciências Agrárias pela estrutura e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas pelo apoio. Agradeço, ainda à CAPES pela bolsa concedida durante o desenvolvimento deste trabalho.



Rainha de *Plebeia droryana* durante o experimento. Elaborada pelo autor

“Se as abelhas desaparecerem da face da Terra, a humanidade terá apenas mais quatro anos de existência. Sem abelhas não há polinização, não há reprodução da flora, sem flora não há animais, sem animais não haverá raça humana.”

Albert Einstein

RESUMO

O declínio de polinizadores em todo o mundo demanda atenção e a necessidade de se aprofundar os conhecimentos sobre estes insetos. O Brasil, possui aproximadamente 300, das 400 espécies existentes de abelhas-sem-ferrão que é o grupo mais eficiente de polinizadores da flora brasileira, mas, apesar desta singularidade carece de incentivos para pesquisas para o manejo e preservação destes insetos. Neste estudo foi desenvolvido um sistema de aquecimento, via resistência elétrica comandada por termostato digital adaptado a caixas de criação racional com a intenção de, pelo calor, incentivar a multiplicação de ninhos voltados para polinização. No interior das caixas foram implantados sensores de temperatura e umidade, conectados a um microcontrolador, que enviava os dados, via *wi-fi*, para um servidor em nuvem cujos dados poderiam ser acessados por qualquer aparelho com conexão *online*. O experimento foi montado no Centro de Ciências Agrárias da UFSC em Florianópolis-SC, ao lado de uma mata em estágio avançado de regeneração. Os dados foram coletados em seis caixas, cada uma contendo um ninho de *Plebeia droryana*, os quais foram submetidos a dois tratamentos: com temperatura controlada para ficar próxima a 30°C (sistema aquecido), e com as condições térmicas naturais (sistema controle). Foi desenvolvida uma plataforma, para acesso livre dos dados. Os componentes eletrônicos usados foram todos de baixo custo e acessível no mercado mundial. No sistema controle a umidade relativa foi superior à observada no sistema aquecido e a temperatura ambiente esteve correlacionada à temperatura interna dos ninhos. A umidade do sistema aquecido ficou sempre abaixo da umidade do ambiente externo. No sistema controle, a temperatura interna e externa variou na casa de 2°C, ou seja, comparável ao ambiente natural de nidificação dentro de fendas ou árvores em ambiente natural. O volume dos ninhos decresceu no sistema aquecido. Este estudo ressalta a importância da umidade relativa de ar no bem-estar desta espécie. Os resultados obtidos sugerem que o sistema de aquecimento deve ser aprimorado para evitar baixar a umidade relativa do ar. Além do baixo custo, a disponibilização do *software* permitirá melhorias no sistema que poderão proporcionar novos estudos e avanço na meliponicultura.

Palavras-chave: Meliponídeos. Sensoriamento. Aquecimento. Umidade. Temperatura.

ABSTRACT

The decline of pollinators around the world deserves attention and deeper knowledge about these insects. In Brazil, there are approximately 300 of the 400 existing species of stingless bees, which is the most efficient group of pollinators in Brazilian flora, but despite this uniqueness, it lacks incentives for research on the management and preservation of these insects. In this study, a heating system was developed, controlled by a digital thermostat, adapted to vertical wooden hive boxes with the intention of encouraging a multiplication of nests to be used in pollination. Inside the boxes were installed temperature and humidity sensors, connected to a microcontroller, which sent the data, via wi-fi, to a cloud server whose data could be accessed by any device with an online connection. The experiment was set up at the Center of Agricultural Sciences of the UFSC in Florianópolis-SC, next to a forest in an advanced stage of regeneration. The data were collected in six boxes, each with a nest of *Plebeia droryana*, which were submitted to two treatments: temperature controlled to be close to 30°C (heated system) and natural thermal conditions (control system). A platform was developed for free access to data. The electronic systems were subjected to all aspects of the low cost and accessible in the world market. In the control system the relative humidity was higher than that observed in the heated system and the ambient temperature was correlated to the internal temperature of the nests. The humidity of the heated system was always below the humidity of the external environment. In the control system, the internal and external temperature varied in 2°C approximately, that is, comparable to the natural nesting environment inside fends of trees in natural environment. The volume of the nests decreased in the heated system. This study highlights the importance of relative air humidity in the well-being of this species. The results suggest that the heating system should be improved to avoid lowering the relative humidity of the air. In addition to the low cost, the availability of the software will allow improvements in the system that may provide new studies and advances in meliponiculture.

Keywords: Stingless bee. Sensing. Heating. Humidity. Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Indicação do local de estudo.....	32
Figura 2 - Modelo da caixa racional utilizado no experimento	34
Figura 3 - Sistema de aquecimento instalado na caixa racional.	35
Figura 4 - Distribuição das caixas na área experimental.	36
Figura 5 - Distribuição das caixas de apoio e suporte aos equipamentos do sistema de aquecimento e monitoramento.....	37
Figura 6 - Esquema de ligação dos componentes dos sensores de temperatura e umidade.....	38
Figura 7 - Modelo de ligação interna da placa ESP	39
Figura 8 - Parte do banco de dados com os valores brutos.....	40
Figura 9 - Layout da plataforma online da coleta de dados avaliados	42
Figura 10 - A área experimental e fotografia de como os ninhos foram medidos.	43
Figura 11 - Dados de temperatura e umidade informados pela EPAGRI/CIRAM durante o período de outubro/2016 a dezembro/2016	44
Figura 12 - Temperaturas médias, mínimas e máximas e umidade relativa média no sistema aquecido e no sistema controle	46
Figura 13 – Comportamento médio de temperatura e umidade apresentado no sistema aquecido (com a caixa aquecida n. 1 excluída) e no sistema controle	47
Figura 14 – Comportamento da temperatura e umidade interna e externa aos ninhos no sistema aquecido e no sistema controle	49
Figura 17 – Foto principal de cada caixa dos dois tratamentos	51
Figura 18 - Invólucro dos ninhos com o sistema aquecido	52
Figura 19 – Média do volume aparente do invólucro nos ninhos de <i>Plebeia droryana</i> em função da data de avaliação	52
Figura 20 - Flutuação do volume aparente do invólucro (linha sólida preta) em relação à temperatura interna (barras cinzas) e temperatura externa (barra branca) (eixo secundário) entre os dias 15 de outubro a 30 de novembro de 2016.	53
Figura 21 - Flutuação do volume aparente do invólucro (linha sólida preta) em relação à umidade relativa interna (barras cinzas) e umidade relativa externa (barra branca) (eixo secundário) entre os dias 15 de outubro a 30 de novembro de 2016.	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVO	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. HIPÓTESE	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1. As abelhas (<i>Hymenoptera</i> , Apoidea).....	18
4.2 Zona de conforto térmico	20
4.3 Monitoramento e sensores apícolas.....	22
4.4 Redes Sem Fio.....	23
4.5 Sensores.....	23
4.6 Banco de Dados.....	23
4.7 MYSQL.....	23
4.8 PHP.....	24
4.9 HTML.....	24
4.10 JAVASCRIPT	24
4.11 Meliponicultura	25
4.12 Meliponário e obtenção de novas colônias.....	25
4.13 Transporte das colônias	26
4.14 Transferência da colônia	26
4.15 Caixas racionais.....	27
4.16 Inimigos naturais e ferramentas utilizadas no manejo.....	28
4.17 Serviços ecossistêmicos	29
5. JUSTIFICATIVA	31
6. MATERIAL E MÉTODOS	32
6.1 Local e período de estudo.....	32
6.2 Origem dos enxames	32
6.3 Caixas de criação racional	33
6.4 Sistema de aquecimento e monitoramento	34
6.5 Coleta de dados e plataforma <i>online</i>	40
6.6 Análise dos dados.....	43
7. RESULTADOS	44
7.1 Comportamento da temperatura e umidade relativa externa ..	44
7.2 Comportamento da temperatura e umidade relativa nos sistemas aquecido no sistema controle	44
9. CONCLUSÃO	57

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXO 1: Código do ESP-12E	66
ANEXO 2: Estrutura do banco de dados.....	71
ORÇAMENTO DE PRODUÇÃO	74

1. INTRODUÇÃO

Os meliponíneos são himenópteros sociais, popularmente conhecidos como abelhas sem ferrão e que ocorrem essencialmente nas regiões dos trópicos e subtropicais do planeta. A maior abundância e diversidade dos meliponíneos estão na região Neotropical, onde estima-se a ocorrência de aproximadamente 400 espécies (CAMARGO; PEDRO, 2007). Os meliponíneos são muito importantes para garantir a manutenção da biodiversidade das plantas, sendo responsáveis por cerca de 40 a 90% da polinização das árvores nativas brasileiras (KERR, 1996).

Como insetos sociais, o conjunto de abelhas sem ferrão pode ser considerado como um organismo único onde cada indivíduo desempenha funções específicas. Etxerrebia; Moreno (2007) destacam que os organismos desses sistemas dependem de cooperação das partes integrantes para formar e organizar a colônia.

Para compreender a biologia dessas abelhas faz-se necessário compreender quais variáveis ambientais são relevantes para a manutenção do metabolismo e reprodução dos indivíduos. Nas abelhas eussociais, isto é, aquelas que vivem em sociedade, o controle das condições internas da colônia é essencial para a sobrevivência do grupo.

Diversas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos insetos estão associadas aos sinais resultantes de variações ambientais (HOCHACHKA; SOMERO, 2002). Dentre estes, pode-se citar: a alteração da temperatura ambiente que pode ocasionar mudanças no metabolismo do inseto, da umidade gerando atrasos e deformações no desenvolvimento entre outros (HOCHACHKA; SOMERO, 2002).

O ciclo de vida nas colônias é dividido em três fases: fundação, crescimento e reprodução. No período de fundação da colônia ocorre edificação do ninho e inicia-se a produção de novos indivíduos. Em seguida se dá o processo de crescimento, podendo variar em intensidade, de acordo com a disponibilidade de alimento bem como das condições ambientais. Em um determinado ponto, a colônia começa a produzir indivíduos reprodutores, que saem de suas colônias e iniciam outras, desta forma, repetindo o ciclo (OSTER; WILSON, 1978).

Considerando a importância da meliponicultura, aliada aos conhecimentos de fatores ambientais que podem influenciar o ciclo de vida das abelhas sem ferrão, este trabalho foi conduzido com o intuito de desenvolver e testar um sistema de aquecimento, via resistência

regulada por termostato, associado a um sistema de coleta de dados por sensores eletrônicos de temperatura e de umidade, para realizar o envio dos dados a uma plataforma *online*, baseada em *software* livre de forma automatizada, trazendo inovação com uso da tecnologia para o desenvolvimento da meliponicultura.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquecimento e monitoramento de parâmetros físicos (temperatura e umidade) de caixas racionais da abelha-mirim – *Plebeia droryana* – com vistas à maior possibilidade de desenvolvimento dos ninhos e conseqüentemente aumento da multiplicação da espécie.

2.2 Objetivos Específicos

Com o uso de *P. droryana*:

- Implantar um sistema de calefação para os ninhos, em caixas racionais;
- Testar o sistema de calefação implantado e avaliar o desenvolvimento do ninho;
- Implantar um sistema de sensoriamento eletrônico via plataforma *online* em caixas racionais;
- Testar o sistema de sensoriamento eletrônico via plataforma *online* em caixas racionais.

3. HIPÓTESE

A temperatura e a umidade do ar no interior da colônia influenciam o desenvolvimento dos ninhos das colônias de *P. droryana*.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. As abelhas (Hymenoptera, Apoidea)

As abelhas são insetos da ordem Hymenoptera, e são reunidas na superfamília Apoidea, a qual é constituída por onze famílias: Andrenidae, Anthophoridae, Apidae, Colletidae, Ctenoplectridae, Fideliidae, Halictidae, Megachilidae, Melittidae, Oxaeidae e Stenotritidae (KERR; FILHO, 1999).

Estima-se a ocorrência de aproximadamente 20.000 espécies de abelhas reunidas em coleções entomológicas pelo mundo. No entanto, este número pode ser ainda maior, devido à quantidade de novas espécies descritas nos últimos anos (ROUBIK, 1989; SANTOS, 2002).

Existe uma enorme diversidade de abelhas na fauna brasileira. Estas possuem variadas formas, cores e tamanhos, sendo as principais as mamangavas, as abelhas-sem-ferrão (meliponíneos) e as solitárias (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004). A maior parte das espécies de abelhas que vivem em ambientes tropicais possui o hábito de vida solitário, sendo aproximadamente 5% delas eussociais (MICHENER, 2007). Por eussociais, entendem-se os organismos que vivem em sociedades organizadas em castas e por divisões de trabalho (NOGUEIRA-NETO, 1997). As abelhas eussociais fazem parte do grupo de insetos com a maior organização comportamental, o que provavelmente levou ao êxito evolutivo desse táxon (HICKMAN *et al.*, 2004; RUPPERT *et al.*, 2005).

Os meliponíneos, da subfamília Meliponinae (*Hymenoptera*, Apidae) não possuem ferrão e por isto são conhecidas como “abelhas-sem-ferrão” (SILVEIRA, 2002). Formam o principal grupo de polinizadores de espécies vegetais, constituindo a maior fração da biomassa de insetos que se alimentam de pólen e néctar em áreas tropicais (JOHNSON; HUBELL, 1974). Ocorrem essencialmente em regiões tropicais e subtropicais do planeta, com a maior abundância e diversidade no Neotrópico onde existem aproximadamente 400 espécies identificadas (CAMARGO; PEDRO, 2007). Outro aspecto importante diz respeito à ramificação do grupo em duas tribos (Meliponini e Trigonini) diferenciadas principalmente pelos aspectos morfológicos e pela nidificação dos discos de cria (MOURE, 1961).

O Brasil apresenta a maior diversidade de espécies da tribo Meliponini, a qual é constituída por um único gênero *Melipona* (CAMARGO; PEDRO, 1992; KERR, 2001). A tribo Trigonini, por sua

vez, é constituída por 27 gêneros: *Leurotrigona*; *Trigona*; *Oxytrigona*; *Geotrigona*; *Cephalotrigona*; *Trichotrigona*; *Nannotrigona*; *Ptilotrigona*; *Scaptotrigona*; *Paratrigona*; *Aparatrigona*; *Tetragonisca*; *Trigonisca*; *Tetragona*; *Camargoia*; *Friseomelitta*; *Partamona*; *Duckeola*; *Lestrimellita*; *Dolichotrigona*; *Schwarzula*; *Friesella*; *Scaura*; *Mourella*; *Nogueirapis*; e *Plebeia*. São abelhas de menor porte, que constroem células reais maiores que as células de operárias e dos machos (MOURE, 1961; NOGUEIRA-NETO, 1997).

Na Trigonini, o gênero *Plebeia* (Schwartz, 1938) ocorre desde o norte do México até a região da província de Buenos Aires, na Argentina. Este gênero possui 40 espécies descritas, sendo 10 predominantemente encontradas na região subtropical da América do Sul (CAMARGO; PEDRO, 2013). Nos ecossistemas naturais, estes organismos apresentam papel fundamental na conservação de angiospermas (ROUBIK 1989), sendo descritos também como importantes polinizadores de diversas culturas agrícolas, tais como: maçã; morango; café; pepino e laranja (SILVA, 2012). Além disso, é importante ressaltar seu papel na polinização da palmeira juçara, a qual é considerada espécie chave na Mata Atlântica (DORNELES *et al.*, 2013; TSCHOEKE *et al.*, 2015).

A abelha-mirim, *Plebeia droryana* (Friese, 1900), é uma espécie social, mansa, e que costuma utilizar desde árvores até barrancos ociosos para a confecção de seus ninhos (NOGUEIRA-NETO, 1970). Possui de 2 a 3 mm de comprimento (SILVEIRA *et al.*, 2002). De acordo com Araújo (2004), esse tamanho está diretamente relacionado à distância de voo no qual o organismo é capaz de percorrer. É relatado um alcance de voo de 540 m, distância consideravelmente baixa quando comparada à distância percorrida por outros meliponíneos – que podem chegar até um raio de 4 km (ARAUJO, 2004).

A característica de voo é determinante em casos de polinização controlada, dentro de casas de vegetação e cultivos agrícolas (KERR, 1987). O campo de forrageamento será predominante na área de cultivo desejada pela espécie. Este fato pode motivar os meliponicultores a preservar e multiplicar *P. droryana*, a fim de utilizar a espécie como polinizadora, uma vez que não há grande interesse atual, devido à sua baixa produção de mel, quando comparada à produção de outras espécies de mesmo gênero.

4.2 Zona de conforto térmico

Os animais vivem em equilíbrio dinâmico com o meio e a ele reagem de forma individual. Desse modo, sua produção está relacionada às influências do ambiente, as quais não se mantêm constantes ao longo do tempo. A suscetibilidade dos animais às condições meteorológicas após serem deslocados para um ambiente diferente ou frente às mudanças dentro do mesmo ambiente faz com que os organismos recorram a mecanismos de adaptação fisiológica para manter a homeostase (BACCARI-JÚNIOR, 2001).

O estresse térmico é um dos elementos limitantes no desenvolvimento e reprodução das abelhas sem ferrão e por isso é um importante fator a ser considerado na utilização desses organismos como prestador de “serviços ecossistêmicos”. O termo de “zona de conforto térmico” deve ser entendido como as condições do ambiente em que o animal gasta o mínimo de energia para manter sua temperatura corporal (SILVA *et al.*, 2006). É um conceito importante a ser considerado durante a reprodução artificial, uma vez que poderá melhorar o seu desempenho. A temperatura do ar influencia os mecanismos reguladores energéticos, térmicos, hormonais e de água, capazes de afetar o crescimento e a reprodução dos animais (FARIA, 2011).

As abelhas são consideradas estenotérmicas, ou seja, são capazes de viver apenas dentro de uma pequena faixa de temperatura, sendo, portanto, indispensável a regulação da temperatura para o desenvolvimento adequado destes organismos (HIMMER, 1932; KOENIGER, 1978). São insetos sensíveis às variações do clima (temperatura, umidade, luminosidade, precipitação). No inverno, elas tendem a se aglomerar nas áreas de cria, vibrando os músculos torácicos na tentativa de gerar calor (JONES *et al.*, 2005). Por isso, ao se criar abelhas artificialmente, é necessário fornecer um ambiente adequado para que ocorra produção satisfatória dos subprodutos, assim como sua reprodução. Além da habilidade de manter constante a homeostase da colônia, as abelhas elevam a temperatura no interior das caixas para se defender de infecções (DEANS, 1940; BAILEY, 1981).

A sobrevivência das abelhas em baixas temperaturas depende de adaptações bioquímicas e fisiológicas que resultam em períodos de diapausa (BLOCHTEIN, 2002), como observado no gênero *Plebeia*. A diapausa é definida como uma baixa atividade metabólica em resposta a sinais ambientais que precedem condições ambientais desfavoráveis ou baixa disponibilidade de recursos biológicos (NECHOLS *et al.*, 1999;

PICK; BLOCHTEIN, 2002; SANTOS *et al.*, 2015).

Segundo Denlinger (2002), a entrada da diapausa em um ciclo de vida requer mecanismos de percepção do monitoramento ambiental e armazenamento desta informação até o cessar do desenvolvimento ou da atividade reprodutiva. Estudos com abelhas sociais mostram que a interrupção das atividades de postura das rainhas e as consequentes alterações comportamentais das operárias também podem estar relacionadas a fatores climáticos (JULIANI, 1967; IMPERATRIZ-FONSECA; OLIVEIRA, 1976; KLEINERT-GIOVANNINI, 1982; VAN BENTHEM *et al.*, 1995; WITTER; WITTMANN, 1997; PICK; BLOCHTEIN, 2002 e RIBEIRO *et al.*, 2003).

Imperatriz-Fonseca; Oliveira (1976) observaram que a diapausa pode ser influenciada pela mudança abrupta de temperatura. Em *Tetragonisca angustula*, por exemplo, a quantidade de pólen e néctar nas flores no campo também apresenta influência no período de diapausa (IWAMA, 1997). Além disso, outros fatores internos das colônias, como a substituição da rainha ou diminuição da construção dos ninhos são importantes para o início desse período de "resguardo" da espécie (VAN BENTHEM *et al.*, 1995).

Existem limites de temperatura da zona de conforto, na qual os animais mantêm a homeotermia com mínimo de esforço do sistema termorregulador e quando a temperatura ultrapassa estes limites, os animais passam a sofrer estresse térmico (SILVA *et al.*, 2006). Contudo, são escassos os trabalhos que determinam intervalos de temperaturas ideais para criação de abelhas nativas, principalmente do gênero *Plebeia*.

As abelhas utilizam a ventilação produzida através do batimento de suas asas para dispersar gotículas d'água, além da saída de parte das operárias da colônia a fim de diminuir a temperatura interna da colônia quando esta está acima da zona de conforto térmico. É de se esperar, portanto, um alto gasto energético (DYER; SEELEY, 1991). Contudo, tais mecanismos nem sempre são suficientes para solucionar os problemas ocasionados pelas variações da temperatura uma vez que, para realizar essas funções, as abelhas tendem a parar a produção de mel, concentrando seu gasto energético na sua sobrevivência – um fator indesejável para o produtor.

4.3 Monitoramento e sensores apícolas

A apicultura de precisão surgiu na Europa com vistas ao monitoramento da espécie *Apis mellifera* e trata-se de uma estratégia de gestão, com base no monitoramento do ciclo de desenvolvimento das abelhas, distinguindo períodos ativos e passivos (STALIDZANS, 2013). As medições podem ser usadas de diferentes maneiras com a intenção de antecipar informações como a alta movimentação, atividade de voo, diferenças de temperatura relacionadas à produtividade e até mesmo à morte da colônia (ZACEPINS, 2012).

O uso de tecnologia para monitoramento das caixas de abelhas pode ser aplicado para medir diversos parâmetros das colônias tais como temperatura, umidade do ar, teor de gás, vibração, som e mesmo o controle da entrada e saída desses insetos. É importante ressaltar que estas informações são obtidas em tempo constante e real, sendo consideradas informações-chave para estudar o comportamento e a saúde das colônias (ZACEPINS, 2011).

O histórico do controle da temperatura das colônias de abelhas pode ser realizado utilizando diversos métodos e tecnologias. Com esse intuito, o sistema manual foi testado pela primeira vez em 1962 por Wedunham (SANCHEZ, 2015) quando se usou oito termopares para medir a temperatura das caixas. Entretanto, essa técnica não apresentou sucesso, pois os dados não eram contínuos, tampouco armazenados ao logo do tempo.

Com o desenvolvimento da tecnologia da informação foi possível criar sensores em redes, armazenando as informações em banco de dados. A partir destes sensores realizou-se outro experimento por um grupo de apicultores na Europa. Neste caso a finalidade era testar as atividades das colônias nas condições climáticas da Letônia, utilizando-se, para isto, sensores digitais DS18520 ligados em rede, por fio. Este estudo, porém, não apresentou a eficiência esperada, visto que não foi possível o acesso remoto aos dados (KRISTAPSONS, 1996).

Avanços posteriores, não só na área de tecnologia da informação, mas também em métodos de automação, possibilitaram aumento da eficiência na utilização das medidas via *web*, uma vez que foi possível armazenamento e transmissão de dados em tempo real, mesmo entre diferentes países. Além dos sensores, foi iniciada a utilização de infravermelhos, os quais podem indicar o calor, a atividade de voo e a distribuição das abelhas (SHAW, 2011).

Atualmente, os sensores são sem fio via *web*, podendo ser

aplicados para diferentes tarefas de monitoramento. Contudo, apenas um protótipo de sistema para observação das colônias está disponível comercialmente (TEKIN, 2012) e é composto de painéis solares de energia, programa com base de dados e *software* de análise dos dados, denominado de Beehive.

4.4 Redes Sem Fio

Segundo Pereira (2008), as redes sem fio se baseiam no conjunto de padrões IEEE 802.11 e vêm expandindo rapidamente nos últimos anos, tanto no meio empresarial quanto no uso doméstico.

De acordo com Moraes (2011), as redes sem fio são hoje largamente utilizadas devido, principalmente, à facilidade de uso e de instalação. Além disso, a tecnologia sem fio atende às demandas dos usuários atuais.

4.5 Sensores

Segundo Wendling (2010), sensor é um termo usado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente – luminosa, térmica, ou cinética – relacionando informações sobre grandezas físicas a serem medidas, tais como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição entre outros.

4.6 Banco de Dados

Conforme Date (2003), o sistema de banco de dados é basicamente um sistema computadorizado, tendo como propósito geral armazenar informações e permitir ao usuário a busca e atualização de informações.

4.7 MYSQL

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL (versão 5.7.15) foi criado por David Axmark, Allan Larsson e Michael "Monty" Widenius. É um banco de dados relacional (LONGO, 2006) eficaz, que armazena dados sob a forma de tabelas de dados brutos, sendo necessário formatar esses dados para serem exibidos ao usuário final. Além disso, é aperfeiçoado para aplicações *web* e empregado para firmar um meio de comunicação entre as aplicações e os bancos de

dados facilitando aos clientes portar informações que estão registradas no banco de dados, concretizando assim consultas no mesmo.

4.8 PHP

Conforme Barreto (2000), PHP é a linguagem de programação criada por Rasmus Lerdorf em 1995. Permite criar sites *web* dinâmicos, possibilitando a interação com o usuário através de formulários, parâmetros da URL e *links*. A linguagem PHP foi criada pelo programador Rasmus Lerdorf em 1995.

É interessante ressaltar a diferença das linguagens para que se possam entender os seus nichos de atuação. A grande diferença entre a linguagem PHP e JavaScript que os *scripts* PHP são executados no lado servidor (*backEnd*) ao passo que os *scripts* de JavaScript são executados no lado do cliente (*frontEnd*). Como a linguagem PHP é executada no ambiente do servidor, essa proximidade possibilita a interação com bancos de dados.

4.9 HTML

De acordo com Tanenbaum (2003), HTML (*Hyper Text Markup Language*) é uma linguagem de marcação, ou seja, que descreve como os documentos devem ser formatados. A linguagem marcada, com marcação, tem seus meios justificados para que os navegadores possam assim interpretar o código escrito e apresentar o resultado. Assim, seguindo essa formatação específica é possível desenvolver sites, inserindo os arquivos digitalizados como: textos, gráficos, sons e vídeos.

4.10 JAVASCRIPT

De acordo com Flanagan (2004), JavaScript é uma linguagem de criação de *scripts*, que tem a função de interpretar recursos de orientação a objeto. Essa linguagem trouxe a possibilidade de aplicar recursos dinâmicos ao HTML como, por exemplo, acompanhar as ações executadas pelo mouse do usuário, e tomar ações secundárias pré-definidas.

4.11 Meliponicultura

No Brasil, antes da introdução da *A. mellifera*, em 1838, os meliponídeos eram utilizados pelos povos indígenas como fonte de mel, própolis e ceras (KERR, 2001). A criação e/ou manejo de abelhas-sem-ferrão é chamado de meliponicultura. É uma prática antiga entre as populações indígenas e tradicionais do Brasil e da América Latina, principalmente no México (CARVALHO *et al.*, 2003). Em grande parte do Brasil, as abelhas-sem-ferrão eram mantidas em cabaças, potes de barro e troncos retirados do habitat natural, mas atualmente este hábito vem sendo substituído por sistemas de produção mais eficientes com o uso de caixas racionais de criação (VILLAS-BOAS, 2012).

Existem, basicamente, dois tipos de produtos das abelhas nativas: os produtos diretos e os indiretos. Os produtos diretos são o mel, as próprias colônias, o pólen, cerume e a própolis. Quanto aos indiretos, destacam-se a polinização, o agro-turismo e educação ambiental (VILLAS-BOAS, 2012).

Atualmente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é responsável pela normalização das práticas na utilização das abelhas silvestres nativas no Brasil, bem como a implantação de meliponários através da lei número 6.938, de 31 de agosto de 1981. Esta lei é regulamentada pelo decreto 99.274, de 6 de junho de 1990, junto a resolução CONAMA número 346, de agosto de 2004.

A biodiversidade brasileira pode estar em crise, pois, pelo menos 80 espécies de abelhas nativas encontram-se em extinção (KERR, 2001). Neste trabalho, foi discutido que a preservação destas espécies não pode ficar apenas por conta de parques e reservas de preservação, mas deve incluir também inovações tecnológicas em diversas áreas do conhecimento. Essas inovações deverão promover o desenvolvimento de manejo com métodos modernos de meliponicultura, tais como o uso das caixas racionais, multiplicações das colônias e alimentação artificial, cooperando, desta forma, com a conservação das abelhas nativas. A criação dessas abelhas se torna essencial para perpetuação de diversas espécies da flora nativa (KERR, 1996).

4.12 Meliponário e obtenção de novas colônias

Meliponário é o nome designado ao local para a criação racional das abelhas sem ferrão. A colônia deve ficar afastada de estradas e defensivos agrícolas. As estruturas devem ser simples e bem

consolidadas, em locais arejados, porém devem ser protegidas de ventos fortes. Além disso, deve apresentar luminosidade adequada, ausência de incidência de luz direta (principalmente elétrica, uma vez que isso atrai outros insetos; devem estar próximas de vegetação para fornecimento de alimentos; conter fonte de água natural limpa ou bebedouros artificiais e com acesso a barro limpo. As colônias podem ser abrigadas de forma coletivas, em galpão coberto, ou em suportes individuais, devendo ser cobertas por telhas de barro (NOGUEIRA-NETO, 1970, 1997; CARVALHO *et al.*, 2003).

Segundo a Resolução CONAMA no 346/2004 no Art. 4º, apenas é permitida a comercialização de colônias, ou parte delas, desde que seja resultado de métodos de multiplicação artificial ou de captura por meio da utilização de ninhos-isca.

4.13 Transporte das colônias

Diversas situações podem gerar a necessidade de transportar uma colônia ou todo um meliponário. Neste processo alguns cuidados devem ser seguidos para evitar a perda das colônias. É necessário garantir que a colônia tenha um estoque interno de alimentação suficiente, caso contrário aconselha-se fornecer alimentação artificial alguns dias antes da viagem.

O fechamento do orifício da entrada deve ser feito na noite anterior à viagem e no horário em que as abelhas estão dentro da caixa. Este fechamento deve ser feito com telas para permitir a entrada de ar, e evitar a passagem das abelhas. As caixas devem ser bem amarradas para que as suas partes não se desprendam. Durante a viagem se deve tomar cuidado especial para não virar, tampouco chacoalhar a caixa, a fim de evitar estresse aos ninhos de cria. Chegando ao destino, se indica abrir a caixa somente no outro dia, quando as abelhas já estiverem calmas (NOGUEIRA-NETO, 1997).

4.14 Transferência da colônia

A criação em troncos ocos de árvores, ou em caixas caboclas, dificulta o manejo bem como a extração do mel, pólen e própolis além da multiplicação das colônias. A transferência da colônia para a caixa racional traz grande vantagem para o manejo. Ao se fazer a transferência, deve-se evitar temperaturas extremas, sol forte ou chuvas (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Para iniciar o processo, deve-se colocar a caixa racional ao lado da caixa cabocla e, com uma faca, cortar cuidadosamente as colunas de cerume que protegem os discos de cria, retirando-os com cuidado para não bater e/ou virar. Todo o material biológico deve ser transferido, em conjunto, para a nova colônia. Após a transferência é importante ressaltar que a caixa deve ser posicionada com o orifício de entrada da colônia na mesma direção da caixa cabocla. Caso a colônia precise ser transferida do local de origem, deve-se manter uma distância mínima de 4 km (NOGUEIRA-NETO, 1997; KEER, 1996).

Após a conclusão desse processo, é preciso vedar todas as frestas da colônia racional com fita crepe, de 3 ou 6 centímetros de largura, para evitar a entrada de inimigos naturais e para proteger do vento, até que a colônia se adéque à nova caixa, preenchendo as frestas com própolis, barro ou também geoprópolis (NOGUEIRA-NETO, 1997). Aconselha-se pesar a colônia vazia posteriormente para saber o progresso encontrado (LUCIANO, 2011).

4.15 Caixas racionais

A diversidade dos modelos de caixas para a criação de abelhas sem ferrão varia de acordo com a região e a espécie a ser trabalhada. Basicamente existem dois modelos, os horizontais e verticais. As caixas horizontais são as mais usadas principalmente no norte e nordeste do Brasil.

Atualmente observa-se um o crescimento do uso de caixas verticais, que se aproxima da nidificação natural das espécies dentro dos troncos das árvores. O precursor deste formato de caixa foi o professor angolano Virgílio Portugal Araújo (PORTUGAL-ARAÚJO, 1955; KERR, 1996) que inspirou pesquisadores e meliponicultores para aprimorá-las como o modelo INPA, o EMBRAPA, e o Fernando Oliveira, todos com a segmentação do ninho em módulos (fundo, ninhos, sobre ninho e melgueira). Venturieri (2004) indicou ajustes nesse modelo para o manejo das espécies de potencial zootécnico no estado do Pará.

As caixas racionais devem proporcionar às abelhas: isolamento térmico e proteção de ventos e chuvas. Além disso, devem atender às necessidades da colmeia em relação ao espaço interno sob o tamanho da colônia, como observado nos espaços ociosos das árvores. Tais cuidados tem como objetivo principal facilitar o manejo desejado, seja ele para produção de mel, de própolis ou para multiplicação dos enxames.

A escolha da madeira é de grande importância na confecção das caixas. As madeiras de lei, como o mogno, cedro e canela, são mais indicadas por serem mais resistentes (NOGUEIRA-NETO, 1997). No entanto, a escassez e o alto preço de mercado inviabilizam a produção das caixas com este tipo de material. Nesse contexto, as caixas produzidas com madeiras de cultivo como pinus e eucalipto, se tornam uma alternativa economicamente viável e acessível para maioria dos meliponicultores (VILLAS-BOAS, 2012).

4.16 Inimigos naturais e ferramentas utilizadas no manejo

As abelhas sem ferrão possuem inimigos e predadores naturais, como mamíferos (macacos, tatus, furão, tamanduá) e aves como o bem-te-vi (NOGUEIRA-NETO, 1970; KERR, 1996; VENTURIERI, 2008). Para contornar estes problemas é possível amarrar um arame para que o animal não consiga derrubar a colônia, e/ou permitir a presença de cães para espantar os predadores. No caso de aves, indica-se não deixar espaço na base da caixa, para que elas não possam pousar e comer as abelhas.

Os forídeos são pequenas moscas, muito prolíferas, facilmente reconhecidas porque se movimentam rapidamente. Elas depositam os seus ovos em favos de cria e potes de pólen. Em caso de ataque, deve-se limpar todo material contaminado e colocar iscas recipientes com vinagre, feitas com furos pequenos, para que as abelhas não possam entrar. Estas iscas podem ser instaladas dentro ou fora da colônia (VENTURIERI, 2008). Aranhas, formigas, moscas e outros insetos também apresentam riscos às abelhas, mas o manejo e a limpeza constantes ajudam a prevenir eventuais ataques (NOGUEIRA-NETO, 1970).

Durante o manejo, é adequado estar com os aparatos necessários para solucionar eventuais problemas: uma espátula para raspar e limpar externa e internamente resíduos de própolis e cera, formão para abrir a caixa, alimentadores e xarope (alimento artificial) (NOGUEIRA-NETO, 1997). Segundo Kerr (1996) é altamente recomendável o uso de fita gomada após a abertura da colônia, a qual evita a entrada de inimigos (principalmente formigas) e ajuda na recomposição da colônia após o manejo.

4.17 Serviços ecossistêmicos

As abelhas são essenciais para a polinização de qualquer ecossistema vegetal. Possibilitam o encontro entre gametas oriundos de plantas da mesma espécie que estejam distantes, diminuindo o isolamento reprodutivo e favorecendo o aumento da diversidade genética (ABSY; CAMARGO; KERR, 1984). As abelhas também promovem a conservação natural dos biomas, conectando populações, e assim, assumem um papel essencial na conservação.

Os meliponíneos são responsáveis por cerca de 40 a 90% da polinização das matas nativas brasileiras (KERR *et al.*, 1996). Segundo Roubik (1979), a sua eficácia como polinizadores da maioria das espécies vegetais nativas das regiões tropicais, deve-se à grande variabilidade de tamanho do corpo das diferentes espécies.

A ocorrência das espécies de *Plebeia* em florestas na Ilha de Santa Catarina (SC) foi confirmada em um inventário de abelhas realizado por Steiner *et al.* (2011), onde se demonstrou que as mesmas agem como polinizadoras em uma vasta gama de espécies floríferas.

Segundo Dornelles *et al.* (2013), 11 das 15 espécies de abelhas sociais registradas na ilha de Florianópolis (SC) foram visitantes florais da palmeira *E. edulis*, conhecida popularmente como juçara sendo comprovada a efetividade polinizadora do gênero *Plebeia*. As flores das palmeiras são usualmente dependentes da polinização por insetos. As flores da juçara são de proporções diminutas que se adequam bem à morfologia das operárias de *Plebeia*.

Desde 1960, *E. edulis* tem sido um dos principais produtos florestais não madeireiros da mata atlântica, mas devido à exploração predatória para a extração do palmito esta espécie foi quase extinta nos ecossistemas naturais (REIS; REIS, 2000). Além disso, vem sendo valorizada e explorada pela produção dos seus frutos para a confecção de um suco (DORNELLES, 2013).

. Para aproveitar a popularidade atual do açaí da Amazônia, passou a ser nomeado como açaí-juçara, ou açaí-da-mata-atlântica e devido a este aumento de popularidade, a produção de polpa, que em 2010 era de 5 toneladas, em 2011 passou para 97 toneladas (TREVISAN *et al.*, 2015).

Conforme resultados do trabalho realizado sobre a polinização do *E. edulis*, em Santa Catarina, no norte da ilha de Florianópolis na região de Ratonas, a *P. droryana* destacou-se, com a maior frequência na visitação das flores femininas e masculinas sendo identificada como a

polinizadora efetiva da palmeira.

A vegetação natural em torno do cultivo é essencial para conservação dos serviços de polinização. Na Austrália, a produção de macadâmia foi correlacionada com a quantidade de *Trigona carbonaria*, oriunda das vegetações naturais do entorno dos cultivos (HEARD; EXLEY, 1994). Reafirmando a necessidade da conservação dos nichos naturais dos polinizadores.

O uso intensivo do solo, pela agricultura convencional, representa um dos principais fatores na diminuição da riqueza e da quantidade de polinizadores em todo o mundo (TAKI *et al.*, 2011). Outras atividades antrópicas também interferem no desaparecimento de espécies de abelhas nativas como: desmatamentos, queimadas, extrativismo, uso de agrotóxicos nas lavouras e a perda de habitat, fatores que preocupam e que estão levando à diminuição de polinizadores por quase todo o mundo (KERR, 1997).

Tal diminuição torna o manejo de polinizadores importante para garantir a produção de frutos e sementes, tanto dos cultivos agrícolas como das plantas nativas (ROUBIK, 1989). No Brasil abelhas sem ferrão foram testadas em casa de vegetação por Malagodi; Kleinert (2004) na polinização do morango, onde foi constatada a eficiência da *Tetragonisca angustula* chegando a quase 100% de desenvolvimento dos frutos, contra 88% quando polinizadas em campo aberto. Outro caso de sucesso é o uso da *Bombus terrestris* em casas de vegetação de tomate na Holanda e na Bélgica, que resultou no desenvolvimento de uma grande indústria de cultivo de abelhas para polinização que hoje são usadas em todo o mundo (VELTHIUS; VAN DOORN, 2006).

5. JUSTIFICATIVA

Existe a necessidade do desenvolvimento de novas metodologias e estudos que contribuam para o conhecimento da biologia da espécie de *P. droryana*, e que relacionem este conhecimento a aspectos fisiológicos e comportamentais, servindo de base para estudos zootécnicos.

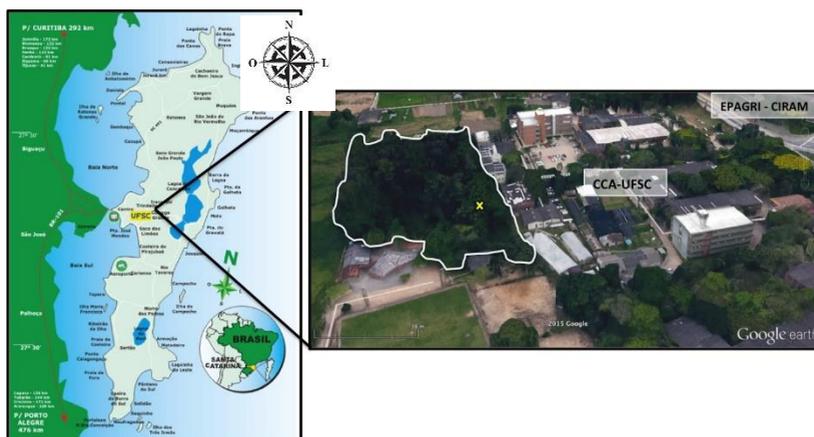
A obtenção deste conhecimento contribuirá para o melhor manejo e planejamento do uso desta espécie como polinizador tanto da flora nativa quanto de culturas agrícolas, assim como permitirá coletar dados de maneira mais precisa. Desta forma, visa promover o interesse na criação desta espécie pelos meliponicultores, assim como o seu uso pelos agricultores, no incremento aos cultivos pelo serviço de polinização. Este estudo poderá resultar em desenvolvimento socioeconômico, ambiental e científico.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Local e período de estudo

A pesquisa foi realizada em Florianópolis, SC, no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao lado de um fragmento de Mata Atlântica em fase adiantada de regeneração (capoeira arbórea) (**Figura 1**) entre Outubro/2016 e Novembro/2016.

Figura 1 - Indicação do local de estudo. À esquerda a localização na ilha de Santa Catarina. À direita, a visão geral do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e a EPAGRI - CIRAM, onde os dados meteorológicos foram obtidos. O experimento foi desenvolvido na área indicada com X (em amarelo).



Fonte: Adaptado de Google (2016).

6.2 Origem dos enxames

Os enxames usados no experimento foram adquiridos de um meliponicultor de Criciúma-SC (com registro na Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC), sob o número de inscrição RSP 01.401.436-0) que relatou tê-los multiplicados artificialmente depois de capturados, há aproximadamente quatro anos, a partir de troncos de árvores abatidas que lhes foram doados. Os enxames, ao serem adquiridos, estavam em caixas caboclas que foram

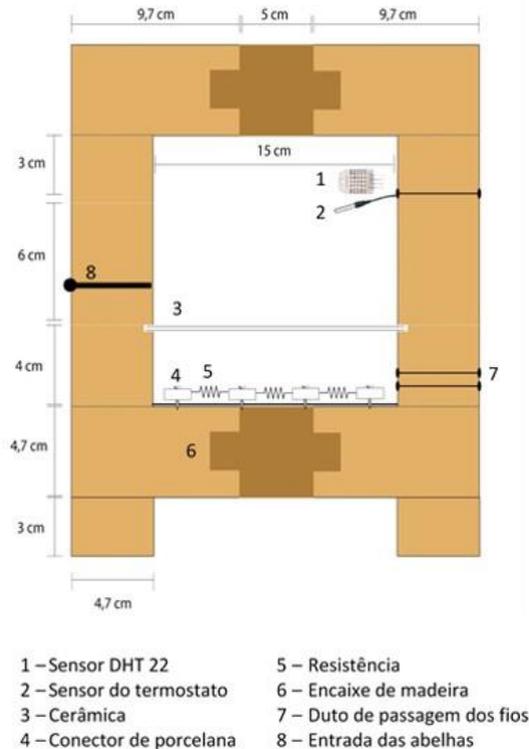
transferidas para caixas racionais similares ao modelo EMBRAPA (VENTURIERI,2008).

6.3 Caixas de criação racional

Caixas de criação racional, específicas para abelhas-sem-ferrão, foram construídas com base no modelo EMBRAPA (VENTURIERI, 2008) com adaptações (**Figura 2**). Foi utilizada a madeira de pinus (*Pinus elliotti*) com aumento da espessura da madeira, de 2,5 para 4,7 cm, e diminuição da altura dos ninhos e melgueiras, de 10 para 9 cm. O aumento da espessura da madeira foi feito para evitar a perda de calor das colônias nas épocas mais frias. A diminuição da altura, por sua vez, foi realizada a fim de que se pudessem usar caibros de 5x10x30 cm, disponíveis no comércio local, que depois de plainados, deram as dimensões ora mencionadas.

As medidas internas das caixas foram definidas de acordo com o volume máximo ocupado pelos ninhos nas caixas originais. Para melhorar a preservação da madeira, bem como a aceitação pelas abelhas, estas caixas foram pintadas com “verniz de própolis”. O verniz de própolis é uma mistura desenvolvida neste trabalho, composta de 50 ml de álcool de cereal e 5 g de geoprópolis obtido de ninhos da abelha tubuna (*Scaptotrigona bipunctata*).

Figura 2 - Modelo da caixa racional utilizado no experimento. Caixa construída com base no modelo EMBRAPA (VENTURIERI, 2008) com adaptações.



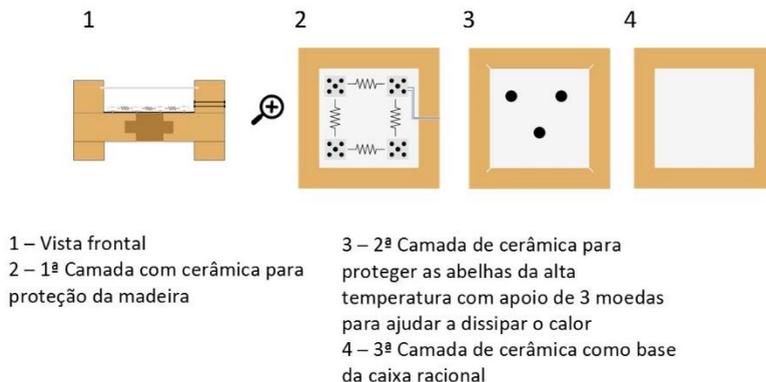
Fonte: Autor (2016).

6.4 Sistema de aquecimento e monitoramento

O sistema de aquecimento foi feito com uma resistência elétrica em espiral, de 130 Watts - 220 V, ligada por conectores e apoiadas sobre uma placa de cerâmica, a qual foi instalada na parte inferior da caixa. A placa de cerâmica serviu como dissipadora de calor para a área interna da caixa, e como proteção para as abelhas, do contato direto com a resistência (**Figura 3**). Em todas as caixas foram instalados sistemas de aquecimento sendo que, na caixa controle, este sistema permaneceu desligado. Isto foi feito para que a distribuição de massas e, por conseguinte, a capacidade de armazenamento de calor, fosse

considerada igual para todos os tratamentos.

Figura 3 - Sistema de aquecimento instalado na caixa racional.



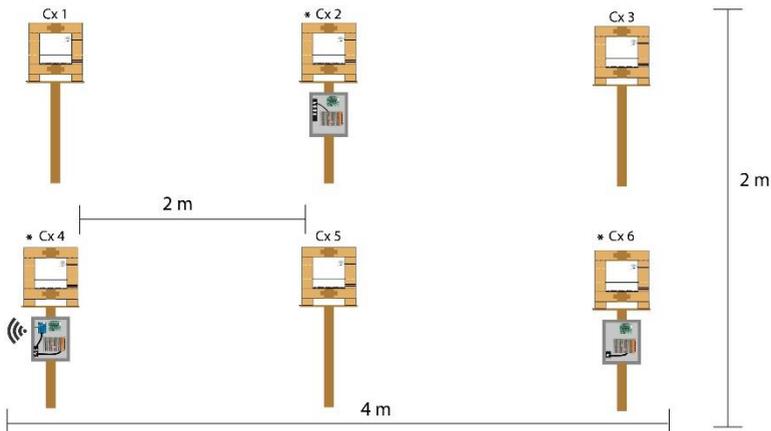
Fonte: Autor (2016).

O sistema de aquecimento foi ativado sempre que a temperatura interna das caixas atingisse 29°C, e desligado quando a temperatura ultrapassasse 31°C. O controle da temperatura foi feito através de termostato digital configurado com os seguintes parâmetros: variação de temperatura de 1°C; ausência de retardo mínimo; e ativação do alarme quando a temperatura fosse inferior a 26°C ou superior a 34°C.

O sistema foi ajustado para manter a temperatura interna da caixa a 30°C. Tal temperatura foi assumida como ideal com base nas médias internas dos ninhos de *M. pressipes*, na época primaveril, em que a atividade das abelhas costuma ser a mais alta (KERR, 1981).

As caixas foram povoadas com ninhos de abelhas-mirim (*P. droriana*) e dispostas sobre suportes de 1,20 m altura, espaçados 2 m entre si (**Figura 4**). Para evitar a subida de inimigos naturais (cupins, formigas, aranhas e lagartixas) foi aplicada graxa automotiva nos primeiros 30 cm do suporte. As caixas foram cobertas individualmente por telhas de barro para protegê-las da chuva.

Figura 4 - Distribuição das caixas na área experimental. As caixas identificadas com um asterisco (*) tiveram o sistema de aquecimento ativado.



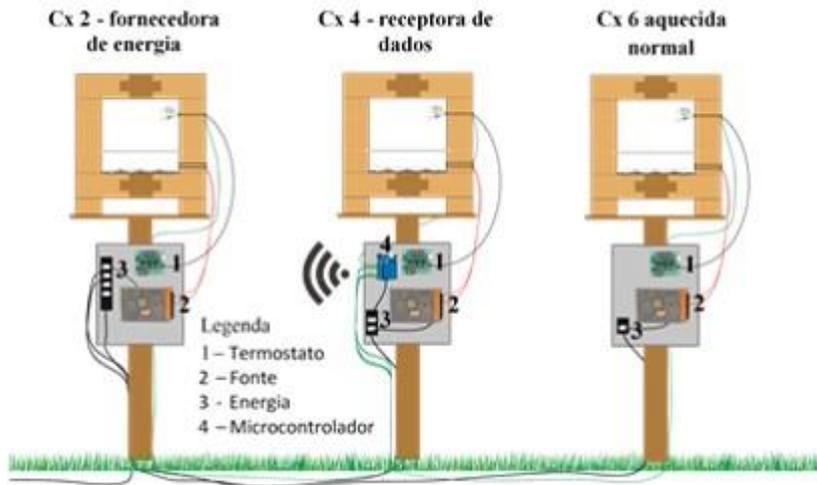
Fonte: Autor (2016).

No ato das transferências dos ninhos para as caixas, estes tiveram o diâmetro e a altura do invólucro dos discos de cria medidos. As medições prosseguiram, por toda a fase experimental, a cada 5 dias, por 11 vezes.

O sistema de aquecimento foi instalado na parte inferior da caixa e conectado a um termostato, com visor e controle de temperatura digitais (modelo W1209, Banggod, China).

Os equipamentos eletrônicos foram acondicionados em caixas plásticas vedadas (caixas de apoio), e afixados nos suportes de sustentação das caixas racionais (**Figura 5**) da seguinte forma: caixa de apoio número 2 – fornecedora de energia; caixa de apoio número 4 – receptora de dados; e caixa de apoio número 6 – aquecimento normal.

Figura 5 - Distribuição das caixas de apoio e suporte aos equipamentos do sistema de aquecimento e monitoramento.



Fonte: Autor (2016).

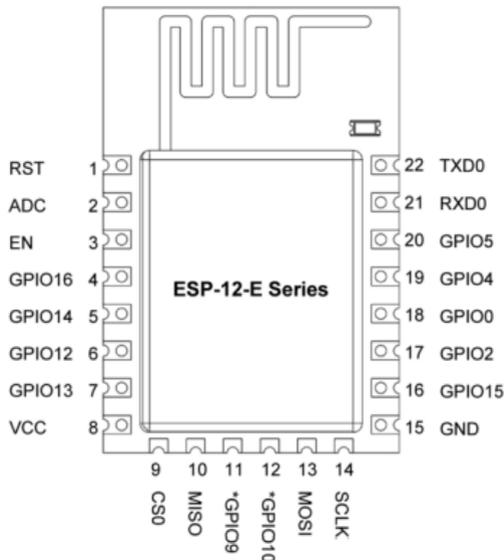
Para captura dos parâmetros de umidade relativa do ar e temperatura ambiente foi utilizado sensor eletrônico com sistema de captação em termistor NTC (modelo DHT 22, Aosong Electronics, Guangzhou, China). Estes sensores são fabricados com material semiconductor, o qual é sensível à umidade relativa e através de um sistema capacitivo, permitem a coleta de dados com grande precisão. Para que funcionem corretamente, os sensores precisam ser alimentados por uma fonte de tensão contínua, com amplitudes de tensão que variam dentro da faixa de 3,3 à 6V.

O sistema de controle dos sensores e envio de dados foi feito através de uma placa de circuito integrado que se utiliza da plataforma de comunicação *wireless* ESP8266. O circuito utilizado neste projeto é do modelo ESP-12E e possui dimensões de 1.6cm (L) x 2.5cm (A) e é alimentado com 3.3V. Internamente, possui uma CPU-RISC (*Central Processing Unit - Reduced Instruction Set Computing*) de 32-bit Tensilica Xtensa LX106 de 80MHz, 64KiB de RAM para instruções, 96KiB de RAM para dados, memória flash de 4MB, 16 pinos I/O de uso genérico, suporte para *Wi-fi* IEEE 802.11 b/g/n com

WEP/WPA/WPA2, e um pino de conversor analógico digital com precisão de 10 bits (ESP 8266, Espressif, Shanghai, China)

Podem ser observado o esquema de funcionamento da placa ESP na (Figura 7). As portas GPIO são conectadas aos pinos fazendo, assim, a conexão dos sensores ao microcontrolador, indicado na Figura 6.

Figura 6 - Esquema de ligação dos componentes dos sensores de temperatura e umidade



Fonte: Modelo utilizado Espressif, 2015

A plataforma de conectividade ESP8266 tem revolucionado o setor de projetos embarcados voltados a IoT. Isso porque, para utilização em sistemas de transmissão sem fio (eliminando a necessidade de cabos, que elevam consideravelmente o custo de muitos projetos), oferece várias vantagens sobre os microcontroladores tradicionais (Arduino, PIC, Raspberry), tais como baixo consumo de energia, e capacidade de armazenamento na própria placa, o que favorece sua aplicação para diversos objetivos dentro da área de IoT (SANTOS, 2016).

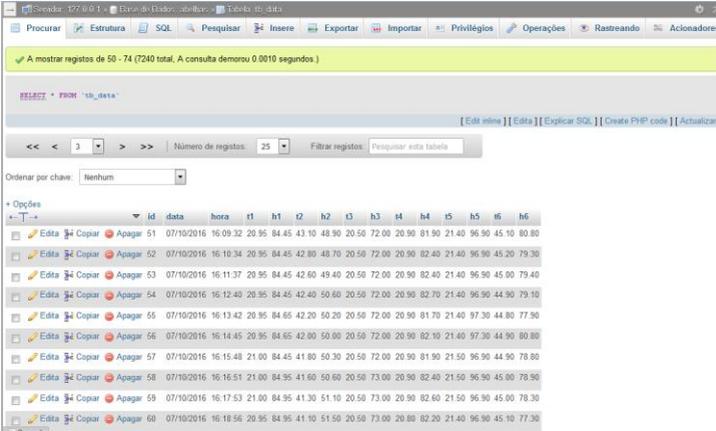
Os recursos mais comuns de entrada e saída de dados, na arquitetura embarcada, são as portas digitais de I/O ou GPIO. Essas

6.5 Coleta de dados e plataforma *online*

Foi desenvolvida uma plataforma *online* para receber, armazenar, e disponibilizar os dados.

Com o microcontrolador em regime de trabalho, e com a conexão *Wifi*, os dados foram coletados e transmitidos para um servidor (*Amazon EC2*) através do método POST (método de requisição HTTP em que as informações não estão explícitas na URL, ou seja, ficam ocultas). Os dados foram armazenados em linhas e colunas, sendo as colunas referentes à: identificação numérica (*id*), data, temperatura e umidade (**Figura 8**).

Figura 8 - Parte do banco de dados com os valores brutos. T: temperatura; H: umidade.



	id	data	hora	t1	h1	t2	h2	t3	h3	t4	h4	t5	h5	t6	h6
	51	07/10/2016	16:09:32	20.95	84.45	43.10	48.90	20.50	72.00	20.90	81.90	21.40	96.90	45.10	80.80
	52	07/10/2016	16:10:34	20.95	84.45	42.80	48.70	20.50	72.00	20.90	82.40	21.40	96.90	45.20	79.30
	53	07/10/2016	16:11:37	20.95	84.45	42.60	49.40	20.50	72.00	20.90	82.40	21.40	96.90	45.00	79.40
	54	07/10/2016	16:12:40	20.95	84.45	42.40	50.60	20.50	72.00	20.90	82.70	21.40	96.90	44.90	79.10
	55	07/10/2016	16:13:42	20.95	84.65	42.20	50.20	20.50	72.00	20.90	81.70	21.40	97.30	44.80	77.90
	56	07/10/2016	16:14:45	20.95	84.65	42.00	50.00	20.50	72.00	20.90	82.10	21.40	97.30	44.95	80.80
	57	07/10/2016	16:15:48	21.00	84.45	41.80	50.30	20.50	72.00	20.90	81.90	21.50	96.90	44.90	78.80
	58	07/10/2016	16:16:51	21.00	84.95	41.60	50.60	20.50	73.00	20.90	82.40	21.50	96.90	45.00	78.90
	59	07/10/2016	16:17:53	21.00	84.95	41.30	51.10	20.50	73.00	20.90	82.60	21.50	96.90	45.00	78.30
	60	07/10/2016	16:18:56	20.95	84.95	41.10	51.50	20.50	73.00	20.80	82.20	21.40	96.90	45.10	77.30

Fonte: Autor (2016).

Para uma melhor visualização das informações, foi criada uma aplicação *web*, responsável por exibir os dados coletados nas caixas de abelhas. Para o desenvolvimento dessa aplicação, utilizou-se: serviço *web Amazon EC2*, Sistema Gerenciador de Banco de Dados *MySQL* e as linguagens de programação *PHP*, *HTML*, *CSS* e *Javascript*.

O serviço *web* da empresa norte americana *Amazon* consiste em uma plataforma de serviços disponíveis na “nuvem”, responsável por oferecer acesso rápido a recursos de tecnologia da informação (TI), evitando grandes investimentos iniciais em *hardware* e, deste modo, perda de tempo nas atividades de manutenção e gerenciamento do mesmo. Dentre os recursos disponíveis no serviço *Amazon EC2*, foi

utilizado um servidor web que consiste em um programa de computador responsável por receber as requisições e enviar respostas HTTP, ou seja, fazer a comunicação entre o microcontrolador e a aplicação web.

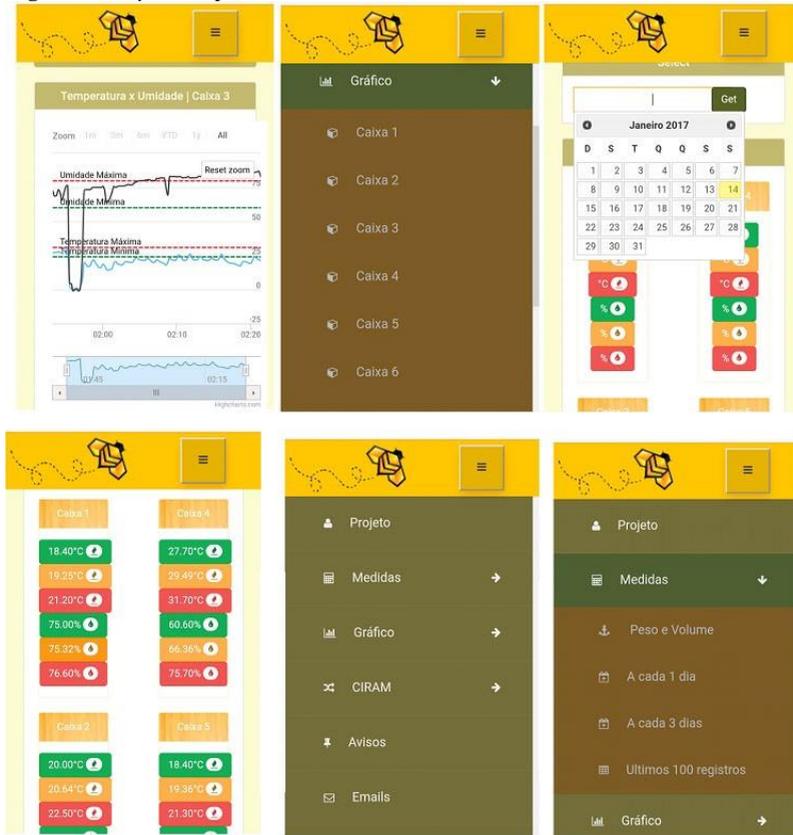
A codificação da aplicação *web* foi feita com o uso da linguagem de programação PHP. A criação das interfaces da aplicação web foi desenvolvida nas linguagens HTML, CSS e Javascript através das bibliotecas Bootstrap (desenvolvida por Mark Otto e Jacob Thornton e jQuery (desenvolvida por John Resig).

É importante ressaltar que as ferramentas utilizadas neste projeto, com exceção do serviço EC2 da Amazon, são gratuitas não sendo, portanto, necessário pagamento de licenças de uso.

Os dados de temperatura ambiente e umidade foram coletados, em intervalos de 1 minuto. Na plataforma, foram compilados e disponibilizados sob a forma de valores máximos, médios e mínimos, os quais também podem ser acessados segundo a data de coleta.

A plataforma online (**Figura 9**) foi programada para mandar uma mensagem eletrônica quando houvesse problema com algum dos sensores ou quando as temperaturas extrapolassem o programado, ou seja, um aquecimento acima de 42°C ou erro de leitura, caracterizado, por programação, para ter valor de -1, por pelo menos 2 horas seguidas.

Figura 9 - Layout da plataforma *online* da coleta de dados avaliados.



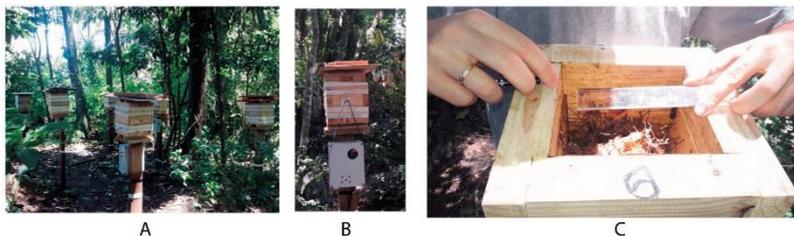
Fonte: Autor (2016).

Parar a avaliação do desenvolvimento dos ninhos assumiu-se que os mesmos tenham a forma de um cilindro, calculado com base na fórmula:

$$V = h\pi r^2 \quad (1)$$

Onde o raio foi estimado com base na média entre o maior e o menor diâmetro e altura do ninho medidos com uma régua (**Figura 10**). A título de documentação, fotografias digitais foram tiradas da caixa sem a tampa, a uma distância fixa de 30 cm.

Figura 10 - A área experimental e fotografia de como os ninhos foram medidos.



- A – Visão geral do experimento
B – Visão frontal da caixa com aquecimento
C – Método de coleta do diâmetro dos ninhos

Fonte: Autor (2016).

6.6 Análise dos dados

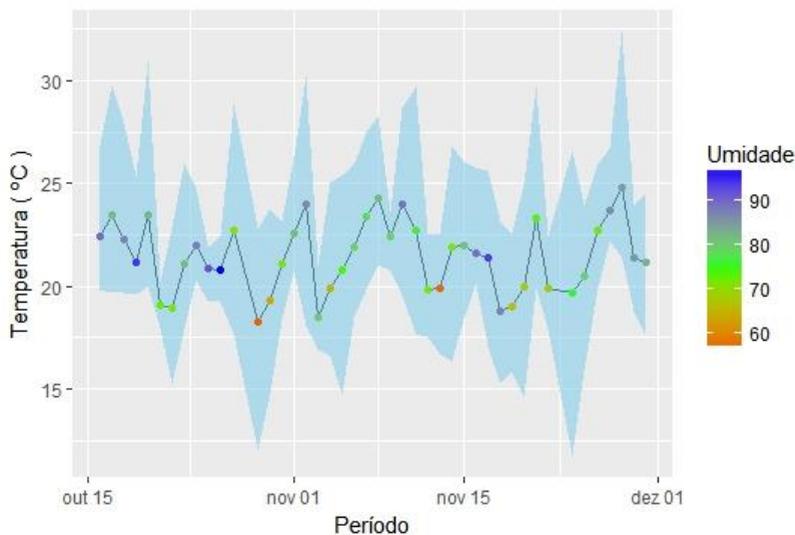
Os dados obtidos foram comparados aos disponibilizados pela estação meteorológica da EPAGRI/CIRAM Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Foi utilizada estatística descritiva e os gráficos foram plotados utilizando-se o software R (R Core Team, 2016) através do pacote ggplot2 (Wickham, 2009).

7. RESULTADOS

7.1 Comportamento da temperatura e umidade relativa externa

Durante o experimento, a temperatura ambiente média foi de 21,79°C. As temperaturas máximas e mínimas foram 32,8°C e 11,7°C, respectivamente. A umidade relativa média, por sua vez, foi de 78,84% sendo a máxima igual a 96,7% (medida no dia 26 de outubro) e a mínima igual a 57% (observada no dia 29 de outubro) (**Figura 11**).

Figura 11 - Dados de temperatura e umidade informados pela EPAGRI/CIRAM durante o período de outubro/2016 a dezembro/2016. A área em azul representa a amplitude de variação da temperatura. A linha sobreposta à área azul representa a média da temperatura e as alterações de cores sobre esta linha, representam a umidade relativa.



7.2 Comportamento da temperatura e umidade relativa nos sistemas aquecido no sistema controle

No sistema aquecido ligado esperava-se que a temperatura interna, ao longo do experimento, sofresse pequena variação, o que não ocorreu possivelmente devido a um retardo na dissipação de calor da

cerâmica, isto é, a amplitude foi de 17,4 °C com máxima de 42.6 °C e mínima de 25.2 °C (**Figura 12**). O sistema controle, por outro lado, apresentou variação de temperatura superior ao apresentado pelo grupo anterior. Isto é, a amplitude foi de 18,9° C com máxima de 28,7 °C e mínima de 9,8 °C. O sistema aquecido apresentou temperaturas médias superiores aos apresentados pelo sistema controle (

Figura 13), o que demonstra que o processo de aquecimento desenvolvido esteve ativo nas caixas selecionadas, exceto na caixa aquecida de número 1, a qual apresentou um curto no sistema e se comportou durante o período seguinte como uma caixa controle.

Figura 12 - Temperaturas médias, mínimas e máximas e umidade relativa média no sistema aquecido e no sistema controle. A área em azul representa a amplitude de variação da temperatura. A linha sobreposta à área azul representa a média da temperatura e sobre ela, as alterações de cores, representam a umidade relativa.

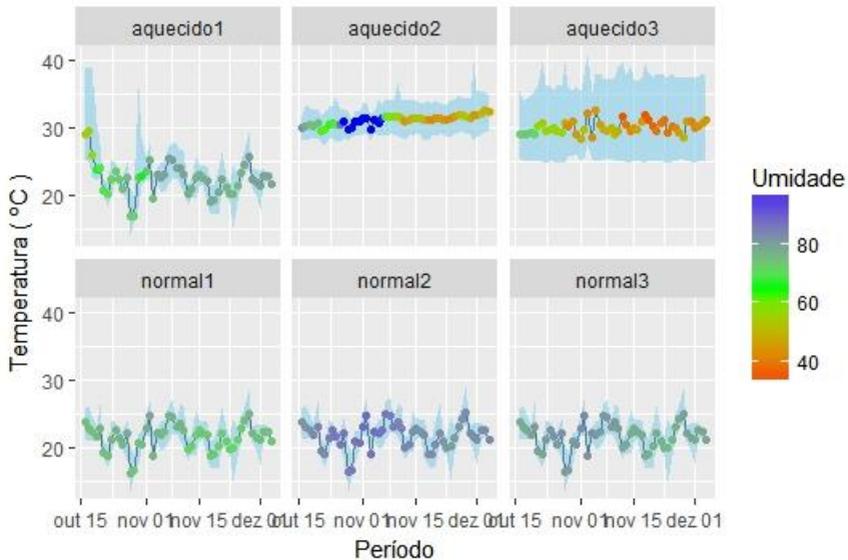
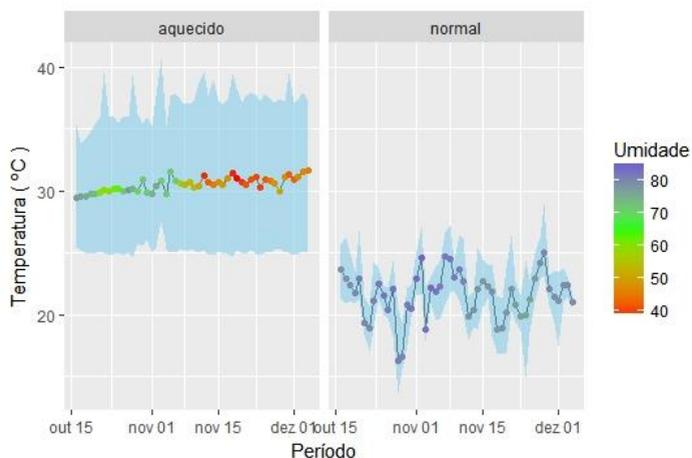


Figura 13 – Comportamento médio de temperatura e umidade apresentado no sistema aquecido (com a caixa aquecida n. 1 excluída) e no sistema controle. A área em azul representa a amplitude de variação da temperatura. A linha sobreposta à área azul representa a média da temperatura e as alterações de cores sobre ela, representam a umidade relativa.

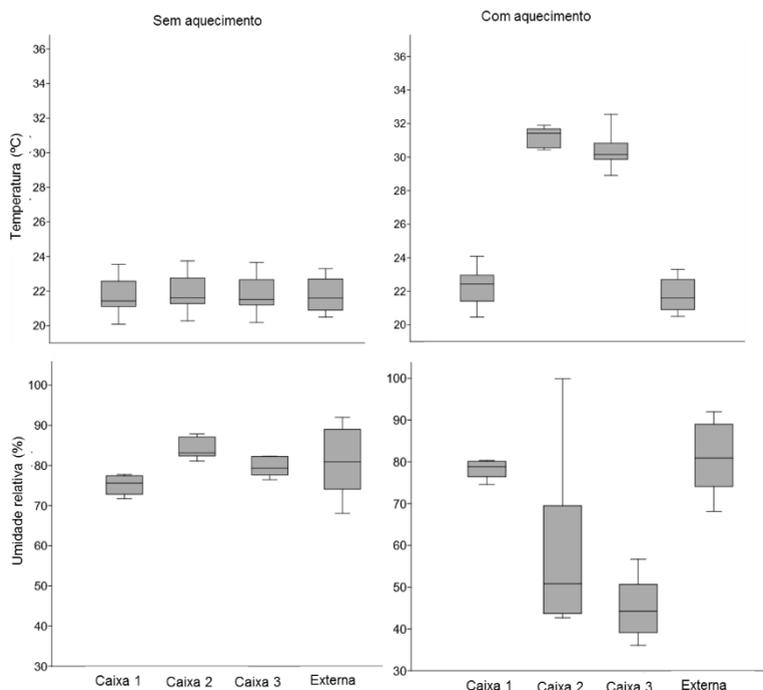


Quando foi avaliada a umidade interna dos sistemas se observou que no controle a umidade média foi de 79,19% (máx. =99% e mín. = 28,5%) e no aquecido foi de 51,95% (max. = 90% e mín= 62,3%) (

Figura 13). Na comparação individual entre as caixas também se observa maior uniformidade nas temperaturas e umidades relativas no sistema controle do que no sistema aquecido. O aumento da temperatura no sistema aquecido foi a possível causa da redução da umidade interna das caixas.

A maior variação observada no sistema aquecido pode ser atribuída ao alto calor específico da cerâmica que, embora o sistema estivesse programado para desligar a resistência após atingir entre 29 e 31°C, o resfriamento do material não era acontecia de imediato.

Figura 14 – Comportamento da temperatura e umidade interna e externa aos ninhos no sistema aquecido e no sistema controle. As linhas verticais simbolizam A amplitude de variação sendo a mínima e a máxima. As caixas simbolizam maior concentração dos dados e as linha horizontais dentro delas representam a média padrão.



A temperatura ambiente foi acompanhada pela temperatura dentro do sistema controle (**Figura 14**) que apresentou temperaturas ligeiramente mais baixas que o ambiente externo, e com uma diferença média de aproximadamente 2°C, demonstrando que o isolamento proporcionado pelo uso da madeira, mais espessa do que o prescrito para climas tropicais, foi apropriado.

A umidade relativa do sistema controle dentro de cada caixa variou apenas 2%, porém, a temperatura ambiente oscilou 10%, o que indica a existência de algum sistema, proporcionado pelas abelhas, para manter a umidade quase que constante dentro das caixas. Este sistema mostrou-se mais eficiente do que o controle da temperatura (**Figura 14**). A baixa discrepância entre as temperaturas internas e externas pode ter sido, pelo menos em parte, decorrente do isolamento térmico que as

paredes (aqui espessadas propositadamente) da caixa racional ofereceram, um análogo ao ambiente natural de nidificação que ocorre dentro de fendas ou árvores..

Trabalhos anteriores (KLINGNER *et al.*, 2005) demonstraram que abelhas nativas apresentam mecanismos de termorregulação das colmeias. Deste modo, pode-se hipotetizar que, os indivíduos que estavam sob influência dos sistemas aquecidos, tenham adotado algum mecanismo, a fim de estabilizar a umidade no interior das caixas. Entretanto, também é factível a hipótese de que a demanda energética para tal tenha sido muito superior à capacidade das abelhas, ocasionando dano aos invólucros.

Os diferentes estágios do invólucro foram documentados (**Figura 15 e Figura 16**). Podemos observar na **Figura 16**, o resultado das caixas aquecidas (2, 4 e 6). Contudo, apenas as caixas 4 e 6 apresentaram sistema de aquecimento operante por todo período. Como discutido previamente, o aumento da temperatura resultou em diminuição da umidade no interior das caixas, ocasionando o ressecamento dos discos de cria e diminuição do invólucro.

Figura 15 – Foto principal de cada caixa dos dois tratamentos

N. da caixa	Tratamento	Dano ao invólucro	Descrição do dano
2*	Sistema aquecido		Manteve a estrutura sem modificações.
4			Ressecamento e morte da postura dos discos de cria realizado pela rainha.
6			Destruição do invólucro, ressecamento dos discos e morte de abelhas.
1	Sistema controle		Manteve o desenvolvimento natural sem modificações.
3			Manteve o desenvolvimento natural sem modificações.
5			Manteve o desenvolvimento natural sem modificações.

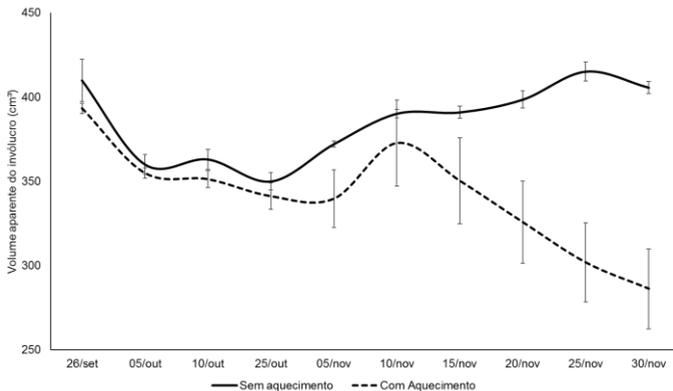
*Obs: O sistema de aquecimento não esteve operante na maior parte do tempo, portanto o comportamento poderá ser considerado como decorrente do sistema controle.

Figura 16 - Invólucro dos ninhos com o sistema aquecido. Na caixa 2 o sistema apresentou defeito e não funcionou e não foram observados danos. Nas demais o sistema funcionou e provocou sérios danos ao invólucro.



O volume aparente dos invólucros também foi avaliado, sendo possível verificar a ocorrência do aumento deste volume em sistemas controle quando comparado às caixas submetidas ao sistema de aquecimento (**Figura 17**).

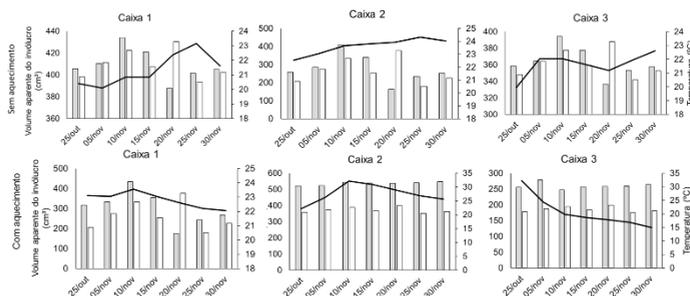
Figura 17 – Média do volume aparente do invólucro nos ninhos de *Plebeia droryana* em função da data de avaliação. Linha contínua: sistema controle; linha interrompida: sistema aquecido. As barras verticais simbolizam o coeficiente de variação.



Tendo-se como base as caixas 2 e 3, em que o sistema de aquecimento esteve ativo durante todo o experimento e as temperaturas internas médias foram bastante similares (barras em cinza), pode-se observar que a diminuição do volume aparente do invólucro não se

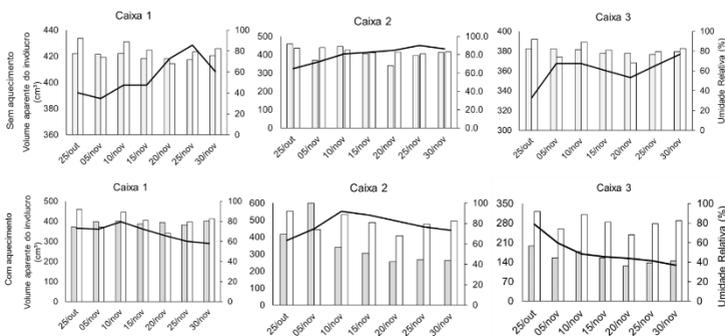
mostrou tão associados à temperatura interna dos ninhos como o foi para a umidade relativa interna (**Figura 18 e 21**). Para as demais caixas, este padrão não se mostrou tão evidente possivelmente devido a outros fatores não mensurados no presente experimento

Figura 18 - Flutuação do volume aparente do invólucro (linha sólida preta) em relação à temperatura interna (barras cinzas) e temperatura externa (barra branca) (eixo secundário) entre os dias 15 de outubro a 30 de novembro de 2016.



Por outro lado, quando o volume aparente do invólucro foi correlacionado à umidade (**Figura 19**), é possível verificar uma relação direta entre a diminuição da umidade interna (barras em cinza) e redução do volume do invólucro, sobretudo nas caixas submetidas ao sistema aquecido.

Figura 19 - Flutuação do volume aparente do invólucro (linha sólida preta) em relação à umidade relativa interna (barras cinzas) e umidade relativa externa (barra branca) (eixo secundário) entre os dias 15 de outubro a 30 de novembro de 2016.



8. DISCUSSÃO

As flutuações na temperatura impactam diretamente a vida dos insetos, uma vez que estes ganham e perdem calor rapidamente (TEIXEIRA; CAMPOS, 2005). Para reproduzir e sobreviver, cada organismo desenvolve adaptações que permitam manter a temperatura corporal dentro de limites toleráveis (RODRIGUES, 2004; VOLLET-NETO, 2011). O controle da temperatura, em alguns grupos de insetos, facilitou o surgimento das sociedades (HEINRICH, 1993), onde a temperatura dentro dos ninhos é conseguida com a cooperação de um conjunto de indivíduos (SEELEY, 2006). A facilidade de manter a temperatura constante dentro do ninho garantiu a permanência e sucesso da eussocialidade (LOLI, 2008).

Larvas de abelhas são seres estenotérmicos, necessitando de limites estreitos de temperatura para sobrevivência e crescimento. Por isso, torna-se vital que estes animais desenvolvessem mecanismos para reter energia térmica na colônia, principalmente em locais de criação dos ovos, larvas e pupas (SCHMOLZ *et al.*, 2005; STABENTHEINER *et al.*, 2010). O resultado final é a termorregulação de toda a colônia. Em abelhas sem ferrão, o conhecimento sobre a biologia térmica, além de contribuir na determinação de estratégias de conservação das espécies frente às alterações climáticas, ajuda na preservação de ecossistemas que dependem desses organismos para a manutenção do seu equilíbrio ecológico (VOLLET-NETO, 2011).

Abelhas melíferas necessitam de água para regular a temperatura da colônia através de resfriamento evaporativo, para diluir o mel estocado e para a produção de geleia para alimentar as larvas (SEELEY, 2006). Além disso, elas usam água para resfriarem o corpo em temperaturas ambientais elevadas (COOPER; SCHAFFER, BUCHMANN, 1985) e, conseqüentemente, evitar o superaquecimento (ROBERTS; HARRISON, 1999). Portanto, água é um recurso importante na sobrevivência das abelhas adultas quando são expostas a temperaturas acima do ideal (HEINRICH, 1981; MARDAN; KEVAN, 2002) e conseqüentemente para sua tolerância térmica. Mardan e Kevan (2002) estudando a tolerância térmica de operárias adultas de *A. dorsata* verificaram um aumento acentuado no consumo de água em temperaturas acima de 38°C. Em *M. subnitida*, verifica-se que operárias expostas a altas temperaturas que tiveram acesso à água apresentaram uma tolerância térmica maior. Em abelhas sem ferrão, aparentemente, a umidade relativa está bastante relacionada com o desenvolvimento da

cria, pois durante o aprimoramento das técnicas de criação *in vitro* de rainhas de *Scaptotrigona depilis*, Menezes (2010) verificou-se que as larvas se desenvolvem melhor em umidades relativas próximas a 100% durante as fases iniciais de desenvolvimento, e 75% durante a fase pupal. Quando a umidade não foi controlada, tanto as larvas quanto o alimento larval, desidrataram, levando à morte da larva. Conforme nossos dados mostraram, a umidade relativa da região do torno do invólucro onde estão localizadas as crias de *P. droryana* no sistema controle variou dentro de uma faixa de umidade relativas similar a utilizada por Menezes (2010). Humam *et al.* (2006) investigaram com maior precisão a regulação da umidade. Eles verificaram que a presença das operárias influencia na umidade, de modo que existe um ajuste ativo (coleta de água) e/ou passivo (desidratação do néctar e transpiração dos adultos) na umidade relativa. Os ovos da abelha *A. mellifera* não eclodem em umidades relativas inferiores a 50%, apresentando maior taxa de eclosão em umidades relativas entre 90 e 95% (DOULL, 1976).

O estudo da tolerância térmica das espécies é importante por inúmeras razões (TERBLANCHE *et al.*, 2011), dentre as quais está a providenciar informações acerca das condições limitantes para a vida durante o curso da evolução (BOUSSAU *et al.* 2008) e fornecer informações dos impactos que as alterações climáticas globais podem exercer sobre a biologia das espécies (HELMUTH *et al.*, 2010). Em meliponídeos estudos destinados a conhecer a biologia básica das espécies poderão trazer soluções práticas na conservação e manejo dos ecossistemas atuais (KERR *et al.*, 1996). Assim sendo, o conhecimento acerca das faixas térmicas preferenciais das diferentes espécies de abelhas sem ferrão pode ser importante para a preservação dos organismos e do ecossistema, bem como para o manejo das espécies utilizadas com fins econômicos, tais como, a polinização de culturas e a meliponicultura.

Os resultados deste trabalho indicam relevantes diferenças comportamentais entre o sistema aquecido e controle, para equilíbrio de temperatura e de umidade. As caixas que estiveram sob o sistema de aquecimento baixaram o nível de umidade relativa do ar, o que gerou malefícios às colmeias de *P. droryana*. Um forte indicador que este parâmetro deva ser estudado com maior detalhe.

Em relação ao sistema controle, os resultados deste trabalho mostram que as temperaturas oscilaram mais do que a umidade relativa interna. Isso indica que os indivíduos dentro do ninho conseguem tolerar

melhor as flutuações de temperatura do que de umidade. Outro aspecto interessante atrelado a este estudo foi a tentativa da colônia de diminuir as oscilações térmicas internas, mesmo com as quedas bruscas de temperatura externa. Em um ou outro sistema, há demanda de energia que, se poupada poderá refletir em economia energética que poderá ser direcionada para o aumento da população.

O presente estudo deixa questões metodológicas que deverão ser aprimoradas, como a certificação de que os sensores estejam refletindo a temperatura e a umidade reais de dentro dos ninhos e a inclusão de algum parâmetro, não invasivo, que possa estimar a atividade das abelhas, como por exemplo, a entrada e saída das abelhas campeiras por contagem eletrônica. Aponta ainda que, a relação entre temperatura e umidade deva ser balanceada para promover uma zona de conforto capaz de favorecer a saúde e economia de energia das abelhas que possam refletir na sua reprodução.

9. CONCLUSÃO

O presente trabalho desenvolveu um sistema de aquecimento e monitoramento de parâmetros físicos (temperatura e umidade) das caixas racionais de abelhas-mirim.

O sistema de calefação foi implantado, apresentou falhas, uma vez que se identificaram picos de aquecimento atribuído a cerâmica usada como acumuladora/dissipadora de calor. Além disso, a resistência ocasionou a redução da umidade relativa dentro da caixa, o que gerou comportamento biológico estranho a colmeia. Todavia estes resultados permitiram verificar a maior tolerância de *Plebeia droryana* às variações de temperatura quando comparado às variações de umidade.

Por outro lado, o sistema de sensoriamento implantado demonstrou-se satisfatório. Houve eficiência do monitoramento via *software* livre, disponibilizado via *web* e em tempo real. Além disso, esse sistema é de fácil acesso, e seu custo é reduzido e é possível a utilização de outros tipos de sensores, tais como: sensores de ruído (vibração) e câmera infravermelha.

Outro ponto importante se refere ao fato de que a umidade relativa alta aparentemente se mostra essencial para o bem-estar de *P. droryana*. Em estudos futuros poderão ser contemplados o sensoriamento de outras variáveis externas e internas às colmeias a saber: umidade, luminosidade, precipitação, nebulosidade, pressão, ventos e vibrações. Além disso, poderão ser usados sensores de bulbo, como forma de verificar a reprodutibilidade dos dados até então analisados.

Por fim, esta pesquisa foi realizada para abelha mirim (*P. droryana*) uma entre as muitas espécies de abelhas sem ferrão. Uma sugestão de perspectiva seria estender os estudos aqui realizados para outras espécies de abelhas, e outros sistemas de calefação para poder se posicionar da validade ou não da sua aplicação.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M. L., CAMARGO, J. D., KERR, W. E., & MIRANDA, I. D. A. Espécies de plantas visitadas por Meliponinae (*Hymenoptera*; Apoidea), para coleta de pólen na região do médio Amazonas. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 44, n.2, p 227-237, 1984.

ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (*Hymenoptera*: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**. v. 64, n. 3, p. 563-568, 2004.

BACCARI JUNIOR, Flávio. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001.

BAILEY, Leslie. **Honeybee pathology**. London: Academic Press, 1981.

BARRETO, Mauricio Vivas de Souza. Curso Linguagem PHP. 2000.

Disponível em:

<<http://www.etelg.com.br/paginaete/downloads/informatica/php.pdf>>

Acesso em 01 Fev 2017.

BLATT, J.; ROCES, F. Haemolymph sugar levels in foraging honeybees (*Apis mellifera carnica*): dependence on metabolic rate and in vivo measurement of maximal rates of trehalose synthesis. **Journal of Experimental Biology**, v. 204, n. 15, p. 2709-2716, 2001.

BLOCK, B. A. Thermogenesis in muscle. **Annual Review of Physiology**. v. 56, p.535-577, 1994.

BOUSSAU, Bastien *et al.* Parallel adaptations to high temperatures in the archaean. **Nature**, v. 456, p. 942-945, 2008.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. E. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S. *et al.* (eds) **Catalogue of Bees (*Hymenoptera*, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, p. 272-578, 2007.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S R. M. Systematics, phylogeny and biogeography of the Meliponinae (*Hymenoptera*, Apidae): a mini-review. **Apidologie**, v. 23, p. 509-522, 1992.

CAMARGO, J. M. F. & PEDRO, S. E. M. Meliponini Lepeletier,

1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D. & MELO, G. A. R. eds. **Catalogue of Bees (*Hymenoptera*, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia. p. 272-578. 2013.

CARVALHO, C. A. L. *et al.* **Criação de abelhas sem ferrão: aspectos práticos**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/Seagri-BA, 2003.

CRAILSHEIM, K. A. *et al.* Oxygen consumption at different activity levels and ambient temperatures in isolated honeybees (*Hymenoptera*: Apidae). **Entomology Generalis**. v. 24, n. 1. p. 1-12, 1999.

COOPER, P. D.; SCHAFFER, W. M.; BUCHMANN, S. L. Temperature regulation of honey bees (*Apis mellifera*) foraging in the Sonoran desert. **Journal of Experimental Biology**, v. 114, n. 1, p. 1-15, 1985.

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. Elsevier Brasil, 2004.

DEANS, A. S. C. Chalk brood. **Bee World**. n. 21, p. 46, 1940.

DENLINGER, D. L. Regulation of diapause. **Annual Review of Entomology**. n. 31, p. 239-264, 2002.

DORNELES, L. Polinização de *Euterpe edulis* (Arecaceae) por abelhas em sistema agroflorestal na Ilha de Santa Catarina. **Iheringia - Botânica**. v. 68, n. 1, p. 47-57, 2013.

DOULL, Keith M. The effects of diferente humidities on the hatch of the eggs of honeybees. **Apidologie**. v. 7, v.1, p. 61-66, 1976.

DYER, F. C; SEELEY, T. D. Nesting behavior and the evolution of worker tempo in four honey bee species. **Ecology**, v.72, p.156-170, 1991.

ETXEBERRIA, A.; MORENO, Á. La idea de autonomía en biología. In: **Logos. Anales del Seminario de Metafísica**. 2007. p. 21-37.

FARIA, L. A.i N. *et al.* Produto à base de própolis (LLOS) na dieta de bovinos inteiros confinados: comportamento animal e respostas sanguíneas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 79-85,

2011.

FLANAGAN, D. **Javascript**: O Guia Definitivo. 4º ed. Porto Alegre: Artmed Editora S.A, 2004.

WITTER, S.; WITTMANN, D. Poliginia temporária em *Plebeia wittmanni* Moure and Camargo, 1989 (*Hymenoptera*, Apidae, Meliponinae). **Biociências**, v. 5, p. 61-69, 1997.

HEARD, T.A.; EXLEY, E.M. Diversity, abundance and distribution of insect visitors to macadamia flowers. **Environmental Entomology**, v.23, p.91-100, 1994.

HEINRICH, B. **Hot blooded insects**: Strategies and mechanisms of thermoregulation. USA: Harvard University Press, 1993.

HELMUTH, B. *et al.* Organismal climatology: Analyzing environmental variability at scales relevant to physiological stress. **Journal of Experimental Biology**. v. 213, p. 995-1003, 2010.

HIMMER, A. D. Temperaturverhältnisse bei den sozialen Hymenopteren. **Biological Reviews**, v. 7, n. 3, p. 224-253, 1932.

HICKMAN Jr, C. P; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de Zoologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 11 ed, 2004, 846 p

HOCHACHKA, P. W.; SOMERO, G. N. **Biochemical Adaptation**: Mechanism and Process in Physiological Evolution. New Jersey: Princeton University Press. 2002.

HUMAN, H.; NICOLSON, S. W.; DIETEMANN, V. Do honeybees, *Apis mellifera scutellata*, regulate humidity in their nest? **Naturwissenschaften**, v. 93, n. 8, p. 397-401, 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; OLIVEIRA, M.A.C. Observations on a queenless colony of *Plebeia saiqui* (Friese) (*Hymenoptera*, Apidae, Meliponinae). **Boletim do Museu de Zoologia da USP**, v. 1, p. 299-312, 1976.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização**, 2004. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/vinces/logo/servicos%20aos%20ecossistemas_polinizadores_vera.pdf> Acesso em: 01 Fev 2017.

IWAMA, S. A influência de fatores climáticos na atividade externa de *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponinae). Bo. Zool., São Paulo, n. 2, p.189-201, 1977.

JOHNSON, L.K.; HUBBELL, S.P. Aggression and competition among stingless bees: field studies. **Ecology**, n.55, p. 120-127, 1974.

JONES, J. C. *et al.* The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. **Journal of Comparative Physiology**, v.191, p.1121-1129, 2005.

JULIANI, L. A descrição do ninho e alguns dados biológicos sobre a abelha *Plebeia julianii* Moure. 1962 (*Hymenoptera*, Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.12, n. 3 p. 1-58, 1967.

KERR, W. E.; BLUM, M.; FALES, H. M. Communication of food source between workers of *Trigona* (*Trigona*) *spinipes*. **Revista Brasileira de Biologia**, 1981.

KERR, . E. Biologia, manejo e genética de *Melipona compressipes fasciculata* Smith (*Hymenoptera*, Apidae). **Tese (Prof. titular)**. Universidade Federal do Maranhão, São Luis, Brasil, 141p.1987.

KERR, W. E. *et al.* Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Parcerias Estratégicas INPA**. v. 12, p. 20-41, 2001.

KERR, W. E. *et al.* **Abelha uruçú**: Biologia, manejo e conservação. Belo Horizonte: Fundação Acangaú, 1996.

KERR, W. E. A importância da meliponicultura para o país. **Biotecnologia, ciência e desenvolvimento**, v. 1, n. 3, p. 42-44, 1997.

KLEINERT-GIOVANNINI, A. Influence of climatic factors on flight activity of *Plebeia emerina* Friese (*Hymenoptera*, Apidae, Meliponinae)

in winter. **Revista Brasileira de Entomologia**, n. 26, v. 1, p. 371-424, 1982.

KLINGNER, R. *et al.* The role of moisture in the nest thermoregulation of social wasps. **Naturwissenschaften**. v.92, n.1, p.427-30, 2005.

KOENIGER N. Das Wärmern der Brut bei der Honigbiene (*Apis mellifera* L). **Apidologie**, v. 9, p. 305-320, 1978.

KRISTAPSONS, E. *et al.* Rational beehive wintering places. **Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti (Latvia)**, 1996.

LOLI, D. Termoregulação colonial e energética individual em abelhas sem ferrão *Melipona quadrifasciata* lepeletier (*Hymenoptera*, Apidae, Meliponini). **Tese (Doutorado)**. São Paulo: Instituto de Biociências USP, 2008.

LONGO, R. Estudo e Avaliação da Utilização de Bancos de Dados para o Armazenamento de Dados MIDI. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)**. Joinville: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

MALAGODI-BRAGA, K.S. & KLEINERT, A. M. P. Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be effective as strawberry pollinator in greenhouses? **Aust. J. of Agric. Res.** n. 55, v. 7, p. 771-773, 2004.

MARDAN, M.; KEVAN, P. G. Critical temperatures for survival of brood and adult workers of the giant honeybee, *Apis dorsata* (*Hymenoptera*: Apidae). **Apidologie**, v. 33, n. 3, p. 295-302, 2002.

MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Criação *in vitro* de rainhas de abelhas sem ferrão: Uma ferramenta para a produção racional de colônias. **Anais do IX Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil**, p. 216-219, 2010.

MORAES, A. F.de. **Redes de Computadores: Fundamentos**. 7. ed. São Paulo: Ática, 2011.

MOURE, J. S. A preliminary supra-specific classification of the old world Meliponine bees (*Hymenoptera*, Apoidea). **Studia Entomologica**. v. 4, p. 181-242, 1961.

NECHOLS, J. R. *et al.* Adaptations to hazardous seasonal conditions: dormancy, migration and polyphenism. In: HUFFAKER, C.; GUTIERREZ, A. (Eds). **Ecological Entomology**. 2ed. New York: John Wiley & Sons, p. 159-200, 1999.

NOGUEIRA-NETO, P. **A criação das abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Tecnapis. p. 365, 1970.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis. p. 446, 1997.

OSTER, G. F.; WILSON, E. **Caste and Ecology in the Social insects**. New Jersey: Princeton University Press, p. 352, 1978.

PEREIRA, H P. Segurança em redes wireless 802.11 infra estruturadas. **Monografia (especialização)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras MG (UFLA), 2008.

PICK, R. A.; BLOCHTEIN, B. Atividade de coleta e origem floral do pólen armazenado em colônias de *Plebeia saiqui* (Holmberg) (*Hymenoptera*, Apidae, Meliponinae) no sul do Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 289-300, 2002.

PORTUGAL-ARAÚJO, V. Colmeia para “abelhas sem ferrão”. **Boletim do Instituto de Angola**, n.7, p.9-31, 1955.

R Core Team R: **A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2016.

REIS, M. S.; REIS, A. *Euterpe edulis* Martius – (Palmitreiro): biologia, conservação e manejo. **Herbário Barbosa Rodrigues**. p. 335, 2000.

RIBEIRO, M. de F. *et al.* A interrupção da construção de células de cria e postura em *Plebeia remota* (Holmberg) (*Hymenoptera*, Apidae, Meliponini). In: SANTOS, Isabel A. **Apoidea Neotropica: Homenagem Aos 90 Anos De Jesus Santiago Moure**. Criciúma: UNESC, p.177-188, 2003.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam o desenvolvimento dos

insetos. **Info Insetos**. v.1, n.4, p. 1-4, 2004.

ROBERTS, S. P.; HARRISON, J. F. Mechanisms of thermal stability during flight in the honeybee *Apis mellifera*. **Journal of Experimental Biology**, v. 202, n. 11, p. 1523-1533, 1999.

ROUBIK, D. W. Nest and colony characteristics of stingless bees from French Guiana (*Hymenoptera*: Apidae). **Journal of the Kansas entomological Society**, p. 443-470, 1979.

ROUBIK, D. W. **Ecology and Natural History of Tropical Bees**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 514, 1989.

RUPPERT, E. *et al.* **Zoologia dos Invertebrados**. 7ª ed. São Paulo: Ed. Roca, p. 1145, 2005.

SALCIC, Z.; RADOJEVIC, I. **Embedded Systems Design Based on Formal Models of Computation**. New York, NY, USA: Springer, 2011. 200 p.

SÁNCHEZ, V. *et al.* Implementation of an electronic system to monitor the thermoregulatory capacity of honeybee colonies in hives with open-screened bottom boards. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 119, p. 209-216, 2015.

SANTOS, I. A. **A Vida de uma Abelha Solitária**. Disponível em: <<http://eco.ib.usp.br/beelab/solitarias.htm>> 2002.

SANTOS, W S. E *et al.* Anais da Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação (SBC)–Regional de Mato Grosso, v. 1, n. 7, 2016.

SCHMOLZ, E.; KÖSECE, F; LAMPRECHT, I. Energetics of honeybee development: Isoperibol and combustion calorimetric investigations. **Thermochemica acta**, v. 437, n. 1, p. 39-47, 2005.

SEELEY, T. D. **Ecologia da abelha**: um estudo de adaptação na vida social. Porto Alegre: Paixão Editores LTDA. p.256, 2006.

SHAW J. A. *et al.* Long-wave infrared imaging for non-invasive

beehive population assessment. **Optics Express**, v. 19, n.1, p. 399-408, 2011.

SILVA, G. de A. *et al.* Influência da dieta com diferentes níveis de lipídeo e proteína na resposta fisiológica e hematológica de reprodutores caprinos sob estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 154-161, 2006.

SILVEIRA, F. A *et al.* **Abelhas Brasileiras** - Sistemática e Identificação. 1ª ed, Belo Horizonte: Biblioteca Nacional, p. 253, 2002.

STALIDZANS, E.; BERZONIS, A. Temperature changes above the upper hive body reveal the annual development periods of honey bee colonies. **Computers and Electronics in Agriculture**, 90, pp. 1-6, 2013.

STABENTHEINER, A. *et al.* Oxygen consumption and body temperature of active and resting honeybees. **Journal of Insect Physiology**, v. 49, n. 9, p. 881-889, 2003.

STABENTHEINER, A.; KOVAC, H.; BRODSCHNEIDER, R. Honeybee colony thermoregulation—regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. **PLoS One**, v. 5, n. 1, p. e8967, 2010.

STEINER, J. *et al.* Bees and melittophilous plants of secondary Atlantic forest habitats at Santa Catarina Island, southern Brazil. **Oecologia australis**, v. 14, n. 1, p. 16-39, 2010.

TAKI, H. *et al.* Plantation vs. natural forest: Matrix quality determines pollinator abundance in crop fields. **Cientific Reports**. v. 1, p. 132, 2011.

TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

TEIXEIRA, L. V.; CAMPOS, F. N. M. Início da atividade de voo em abelhas sem ferrão (*Hymenoptera*, apidae): Influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Zootecias**. v.7, n.2, p.195-202, 2005.

TEKIN S., DURGUN M. Online Remote Monitoring of Honeybee

Colonies Using Wireless Network Technologies. Unpublished paper, 2012.

TERBLANCHE, J. S. *et al.* Ecologically relevant measures of tolerance to potentially lethal temperatures. **Journal of Experimental Biology**, v. 214, p. 3713 – 3725, 2011.

TREVISAN, A. C. D. *et al.* Market for Amazonian Açaí (*Euterpe oleraceae*) Stimulates Pulp Production from Atlantic Forest Juçara Berries (*Euterpe edulis*). **Agroecology sustainable food systems**, v.39, p. 762-781, 2015.

TSCHOEKE, P. H. *et al.* Diversity and flower-visiting rates of bee species as potential pollinators of melon (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Cerrado. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 207-216, 2015.

VAN BENTHEM, F. D.J. *et al.* Biology of the stingless bee *Plebeia remota* (Holmberg). Observations and evolutionary implications. **Insectes Sociaux**, v. 42, p.71-87, 1995.

VELTHUIS, H. HW; VAN DOORN, A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. **Apidologie**, v. 37, n. 4, p. 421, 2006.

VENTURIERI, G. C. Criação de abelhas indígenas sem ferrão. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental, 2004

VENTURIERI, G. C. Floral biology and management of stingless bees to pollinate assai palm (*Euterpe oleracea* Mart., Arecaceae) in Brazil in eastern amazon. In: Pollinators management in Brazil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008a. p. 41.

VENTURIERI, G. C. Contribuição para a criação racional de meliponídeos amazônicos. 1. ed. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 330, 2008b.

VILLAS-BOAS, J. **Mel de Abelhas sem Ferrão: Série Manual Tecnológico**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), p.96 2012.

VOLLET-NETO, A. Biologia térmica de *Scaptotrigona depilis* (Apidae,

meliponini) adaptações para lidar com altas temperaturas. **Dissertação (mestrado)**. FFCLRP, Ribeirão Preto, p. 98, 2011.

WENDLING, M. **Sensores**. Guaratinguetá: UNESP, 2010.

WICKHAM, Hadley. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. New York: Springer-Verlag, 2009.

ZACEPINS, A. *et al.* Applications of bee hive temperature measurements for recognition of bee colony state. In: **International Scientific Conference: Applied Information and Communication Technologies, 5, Jelgava (Latvia)**, 26-27 Apr 2012. [LLU], 2012.

ZACEPINS, A. *et al.* Temperature sensor network for prediction of possible start of brood rearing by indoor wintered honey bees. In: **Carpathian Control Conference (ICCC), 2011 12th International**. IEEE, 2011. p. 465-468.

ANEXO 1: Código do ESP-12E

```
/*
 * Autor: Jonas Vieira de Souza
 * Data : 13/09/2016
 */

// Bibliotecas
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "DHT.h"

// Definições de Projeto
const char* ssid = "ABELHA MIRIM";
const char* password = "12345678";
const char* host = "52.67.135.7";
const int httpPort = 80;

#define DHTTYPE DHT22

#define CX_1 12 // mudar p/ 4
#define CX_2 13
#define CX_3 14
#define CX_4 1
#define CX_5 4 // mudar p/ 6
#define CX_6 5 // mudar p/ 5

// Protótipos de funções
void conectar_wifi(void);
void iniciar_sensores(void);
void enviar_novo_pacote(void);

DHT dht_1( CX_1, DHTTYPE );
DHT dht_2( CX_2, DHTTYPE );
DHT dht_3( CX_3, DHTTYPE );
DHT dht_4( CX_4, DHTTYPE );
DHT dht_5( CX_5, DHTTYPE );
DHT dht_6( CX_6, DHTTYPE );

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);

  conectar_wifi();
  iniciar_sensores();
}

void loop()
{
  if( WiFi.status() != WL_CONNECTED ){
    conectar_wifi();
  }else{
    enviar_novo_pacote();
  }
  delay(60000);
}

void conectar_wifi(void){
  Serial.print("Conectando a ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
```

```

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}

Serial.println("Conectado!");
Serial.println("IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

void enviar_novo_pacote(void){
  WiFiClient client;

  if (!client.connect(host, httpPort)) {
    Serial.println("connection failed");
    return;
  }

  // Sensor 1
  float h_1 = dht_1.readHumidity();
  float t_1 = dht_1.readTemperature();

  if (isnan(h_1) || isnan(t_1)) {
    Serial.println("Falha na leitura do sensor!");
    h_1 = -1;
    t_1 = -1;
  }

  // Sensor 2
  float h_2 = dht_2.readHumidity();
  float t_2 = dht_2.readTemperature();

  if (isnan(h_2) || isnan(t_2)) {
    Serial.println("Falha na leitura do sensor!");
    h_2 = -1;
    t_2 = -1;
  }

  // Sensor 3
  float h_3 = dht_3.readHumidity();
  float t_3 = dht_3.readTemperature();

  if (isnan(h_3) || isnan(t_3)) {
    Serial.println("Falha na leitura do sensor!");
    h_3 = -1;
    t_3 = -1;
  }

  // Sensor 4
  float h_4 = dht_4.readHumidity();
  float t_4 = dht_4.readTemperature();

  if (isnan(h_4) || isnan(t_4)) {
    Serial.println("Falha na leitura do sensor!");
    h_4 = -1;
    t_4 = -1;
  }

  // Sensor 5
  float h_5 = dht_5.readHumidity();
  float t_5 = dht_5.readTemperature();
}

```

```

if (isnan(h_5) || isnan(t_5)) {
    Serial.println("Falha na leitura do sensor!");
    h_5 = -1;
    t_5 = -1;
}

// Sensor 6
float h_6 = dht_6.readHumidity();
float t_6 = dht_6.readTemperature();

if (isnan(h_6) || isnan(t_6)) {
    Serial.println("Falha na leitura do sensor!");
    h_6 = -1;
    t_6 = -1;
}

String url = "/abelhas/php/post.php";
url += "?t1=";
url += t_1;
url += "&h1=";
url += h_1;

url += "&t2=";
url += t_2;
url += "&h2=";
url += h_2;

url += "&t3=";
url += t_3;
url += "&h3=";
url += h_3;

url += "&t4=";
url += t_4;
url += "&h4=";
url += h_4;

url += "&t5=";
url += t_5;
url += "&h5=";
url += h_5;

url += "&t6=";
url += t_6;
url += "&h6=";
url += h_6;

Serial.print("Requesting URL: ");
Serial.println(url);

client.print ( String("GET ") +
                url +
                " HTTP/1.1\r\n" +
                "Host: " + host + "\r\n" +
                "Connection: close\r\n\r\n"
                );

unsigned long timeout = millis();
while (client.available() == 0) {
    if (millis() - timeout > 5000) {
        Serial.println(">>> Client Timeout !");
        client.stop();
    }
}

```

```
    return;
  }
}

while(client.available()){
  String line = client.readStringUntil('\r');
  Serial.print(line);
}

Serial.println();
Serial.println("closing connection");
}

void iniciar_sensores(void)
{
  dht_1.begin();
  dht_2.begin();
  dht_3.begin();
  dht_4.begin();
  dht_5.begin();
  dht_6.begin();
}
```

ANEXO 2: Estrutura do banco de dados

```
-- phpMyAdmin SQL Dump
-- version 4.5.1
-- http://www.phpmyadmin.net
--
-- Host: 127.0.0.1
-- Generation Time: 01-Fev-2017 às 11:29
-- Versão do servidor: 10.1.16-MariaDB
-- PHP Version: 5.6.24

SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
SET time_zone = "+00:00";

/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_CLIENT=@@CHARACTER_SET_CLIENT */;
/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_RESULTS=@@CHARACTER_SET_RESULTS */;
/*!40101 SET @OLD_COLLATION_CONNECTION=@@COLLATION_CONNECTION */;
SET NAMES utf8mb4 */;

--
-- Database: `abelhas`
--
-----

--
-- Estrutura da tabela `ar_max`
--
CREATE TABLE `ar_max` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `datadia` text NOT NULL,
  `valor` text NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

-----

--
-- Estrutura da tabela `ar_min`
--
CREATE TABLE `ar_min` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `datadia` text NOT NULL,
  `valor` text NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

-----

--
-- Estrutura da tabela `aviso`
--
CREATE TABLE `aviso` (
```

```
`id` int(11) NOT NULL,  
`data` text NOT NULL,  
`hora` text NOT NULL,  
`caixa` text NOT NULL,  
`temp` float NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

```
--  
-- Estrutura da tabela `email`  
--
```

```
CREATE TABLE `email` (  
  `id` int(11) NOT NULL,  
  `email` text NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

```
--  
-- Estrutura da tabela `peso_e_volume`  
--
```

```
CREATE TABLE `peso_e_volume` (  
  `id` int(11) NOT NULL,  
  `datadia` text NOT NULL,  
  `datahora` text NOT NULL,  
  `peso` text NOT NULL,  
  `volume` text NOT NULL,  
  `caixa` tinyint(4) NOT NULL,  
  `modelo` text NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

```
--  
-- Estrutura da tabela `prec_tt`  
--
```

```
CREATE TABLE `prec_tt` (  
  `id` int(11) NOT NULL,  
  `datadia` text NOT NULL,  
  `valor` text NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

```
--  
-- Estrutura da tabela `tb_data`  
--
```

```
CREATE TABLE `tb_data` (  
  `id` int(11) NOT NULL,  
  `data` varchar(45) NOT NULL,  
  `hora` varchar(45) NOT NULL,  
  `t1` varchar(45) NOT NULL,  
  `h1` varchar(45) NOT NULL,  
  `t2` varchar(45) NOT NULL,  
  `h2` varchar(45) NOT NULL,  
  `t3` varchar(45) NOT NULL,  
  `h3` varchar(45) NOT NULL,
```

```

\t4` varchar(45) NOT NULL,
\h4` varchar(45) NOT NULL,
\t5` varchar(45) NOT NULL,
\h5` varchar(45) NOT NULL,
\t6` varchar(45) NOT NULL,
\h6` varchar(45) NOT NULL,
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

-----

--
-- Estrutura da tabela `umi_rel`
--

CREATE TABLE `umi_rel` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `datadia` text NOT NULL,
  `valor` text NOT NULL,
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

-----

--
-- Estrutura da tabela `vel_max`
--

CREATE TABLE `vel_max` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `datadia` text NOT NULL,
  `valor` text NOT NULL,
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

-----

--
-- Estrutura da tabela `vel_med`
--

CREATE TABLE `vel_med` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `datadia` text NOT NULL,
  `valor` text NOT NULL,
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

-----

```

Todos os códigos estão disponíveis no website Github, que é uma plataforma de desenvolvimento voltado para tecnologia open source, ou seja, é possível hospedar, atualizar código, gerenciar projetos e criar software junto com milhões de outros desenvolvedores. O acesso aos códigos se dá através do usuário /felipectj com o objetivo de que esta tecnologia possa ser aprimorada em pró do desenvolvimento científico e preservação dos polinizadores.

ORÇAMENTO DE PRODUÇÃO

Produto	Quantidade	Valor (R\$) Unidade	Total
ESP-12E, ESP8266EX.	1	6	6
Adaptador Wi-Fi	1	35	35
Sensor de Temp. e Umidade DHT22	6	20	120
Mini Protoboard 810 pontos	6	25	150
Resistores e Fios	6	10	60
Termostato	3	50	150
Resistência	6	20	120
Case vedada	3	50	150
Madeira para caixa	6	20	120
Madeira para suporte	6	15	90
Espátula	1	15	15
Pregos	1	16	16
Combustível	2	150	300
Fita Gomada	4	5	20
Mel/Própolis	8	10	80
Enxames	6	200	1200
Hospedagem Site Amazon	1	5	5
Modem Wifi	1	50	50
		TOTAL	R\$ 2.687,00