

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

NILTON CARDOSO TRINDADE

**ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS DE MONITORAMENTO DE
COLMEIAS DE ABELHAS**

**Santa Maria, RS
2018**

NILTON CARDOSO TRINDADE

**ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS DE MONITORAMENTO DE COLMEIAS DE
ABELHAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão, Linha de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas à Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientador: Prof. Dr. Elódio Sebem

Santa Maria, RS
2018

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com dados fornecidos pelo autor.

Trindade, Nilton
ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS DE MONITORAMENTO DE
COLMEIAS DE ABELHAS / Nilton Trindade - 2018.
50 p.; 30 cm

Orientador: Elódio Sebem
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em
Agricultura de Precisão, RS, 2018

1. Apicultura Digital 2. Análise séries temporais,
método ARIMA 3. Termorregulação 4. Peso, umidade
das colmeias 5. DCC I. Sebem, Elódio II. Título.

©2017

Todos os direitos autorais reservados a Nilton Cardoso Trindade. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Plácido Chiquiti, 733 São Sepé RS CEP 97340-000

Fone: (055) 55 98451 2453; E-mail: nctrindade@gmail.com

Nilton Cardoso Trindade

**ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS DE MONITORAMENTO DE COLMEIAS DE
ABELHAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão, Linha de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas à Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Aprovado em 27 de agosto de 2018.

Elódio Sebem, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Adriano Mendonça Souza, Dr. (UFSM)

Rodrigo Elesbão de Almeida, Dr. (IFFAR)

Santa Maria, RS
2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós, aos meus pais, minha esposa Márcia, meus filhos Larissa, Bruno e Carolina que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a DEUS, por ter colocado sempre pessoas tão especiais junto a mim.

A meus pais, Rosalino e Esmeralda, meu infinito agradecimento, pois sempre me inspiraram a fazer o melhor de mim.

Agradeço a minha querida esposa Marcinha, por ser tão importante na minha vida. Sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado.

Agradeço aos meus filhos Larissa, Bruno e Carolina, que sempre me incentivam e me fazem crer que é possível ir além da capacidade que imaginamos ter.

Agradeço ao meu genro David, grande parceiro neste projeto por escutar com atenção as minhas sugestões e trazer soluções muito melhores que as solicitadas.

Ao meu vizinho Antônio Carlos Guedes (Tunico) pequeno apicultor que muito me auxiliou com seus conhecimentos de apicultura, bem como com o empréstimo das colmeias para o experimento utilizado neste trabalho.

Agradeço ao Prof. Telmo Jorge Carneiro Amado, coordenador do PPGAP através do qual agradeço aos demais docentes, a Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de cursar o Mestrado Profissionalizante em Agricultura de Precisão.

Ao Prof. Adriano Mendonça de Souza pela ajuda com as séries temporais, sem o qual não teria concluído este trabalho.

Meu agradecimento especial ao Professor Orientador Elódio Sebem pelo incentivo e auxílio com seus ensinamentos didáticos sem o qual não teria concluído este trabalho.

A todos os colegas de turma do Mestrado PPGAP, pelo companheirismo e troca de experiências fundamentais para o enriquecimento profissional.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a finalização deste trabalho.

Para quem só sabe usar martelo, todo problema é um prego.

Abraham Maslow

RESUMO

ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS DE MONITORAMENTO DE COLMEIAS DE ABELHAS.

AUTOR: Nilton Cardoso Trindade

ORIENTADOR: Elódio Sebem

Este trabalho propõe uma nova perspectiva para o modelo de gestão apícola, através da análise temporal de dados de monitoramento de colmeias de abelhas. Partindo da análise de gestão existente na apicultura e em face da sua importância para o desenvolvimento e sustentação do modelo agrícola mundial de fruticultura em face da necessidade quase umbilical de ambos. A nova proposta de gestão apícola digital é baseada na utilização e coleta de dados através de sensores, cujos dados são transmitidos via satélite e armazenados numa nuvem que permitindo o acesso dos apicultores sobre as condições existentes interna e externamente nas colmeias. O apicultor poderá efetuar a gestão com base nas informações recebidas acerca da umidade e temperatura interna e externa da colmeia, bem como direção e velocidade dos ventos, além de quantidade de chuva e principalmente a massa das colmeias por intervalo de tempo decorrido. Essas informações permitirão ao apicultor saber o momento exato de fazer alguma intervenção na colmeia, sabendo com antecedência e não por especulação a necessidade de cada manejo apícola. Todos esses dados permitirão acompanhar o comportamento das Colônias, que poderão contribuir para estudo de um dos mais sérios problemas atuais que é o Distúrbio do Colapso das Colônias.

Palavras-chave: Apicultura, DCC, Apicultura de Precisão, *Apis mellifera*, Termorregulação.

ABSTRACT

TEMPORAL SERIES OF BEE HIVE MONITORED DATA

AUTHOR: Nilton Cardoso Trindade

ADVISOR: Elódio Sebem

This study proposes a new perspective for the beekeeping management, thru time series analysis of monitoring data of beehives. Starting from the analysis of the current management on beekeeping and its importance for development and sustainability of the agricultural world model of fruit growing in the face of the almost umbilical need of both. The new view of digital beekeeping management is based on data collection based on sensors, whose data are transmitted by satellite and stored in a cloud that allows beekeepers access to the conditions existing inside and outside the hives. It's allow the beekeeper a management based in the received information about the humidity and internal and external temperature of the beehive, as well the direction and speed of wind, besides rainfall and mainly the mass of the hives by time elapsed. This information allows the beekeeper to know the exact moment of doing some intervention in the hive, knowing in advance and not by speculation the need for each beekeeping management. All these data will allow following the behavior of the Colonies, which may contribute to the study of one of the most serious current problems that is the Colony Collapse Disorder.

Key words: Beekeeping, CCD, Precision Beekeeping, *Apis mellifera*, Thermoregulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Apiário.....	25
Figura 2 - Equipamento utilizado para monitorar a Colmeia.	25
Figura 3 - Colmeia de abelhas com o equipamento instalado.	26
Figura 4 - Estatística de peso (kg) das Colmeias Monitoradas.	34
Figura 5 - Evolução da Temperatura Interna (°C) das Colmeias Monitoradas.	35
Figura 6 - Estatística da Umidade do Ar (%) das Colmeias Monitoradas.....	36
Figura 7 – Evolução do peso das colmeias a cada 3 horas durante o período de análise.	38
Figura 8 - Peso diário da colmeia 1 durante o período de análise.	39
Figura 9 - Série temporal estatística do peso da colmeia 1 monitorada no trabalho.	39
Figura 10 - Autocorrelação e autocorrelação parcial do peso da colmeia 1.	40
Figura 11 – Resíduos , série original e série prevista.	41
Figura 12 - Valores previstos.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística Descritiva da Massa (peso) da Colmeia 1.....	28
Tabela 2 - Estatística Descritiva da Temperatura Interna da Colmeia 1.	29
Tabela 3 - Estatística Descritiva da Umidade Interna da Colmeia 1.	30
Tabela 4 - Estatística Descritiva da Massa da Colmeia 2.....	30
Tabela 5 - Estatística Descritiva da Temperatura Interna da Colmeia 2.	31
Tabela 6 - Estatística Descritiva da Umidade Interna da Colmeia 2.	32
Tabela 7 - Estatística Descritiva da Massa da Colmeia 4.....	32
Tabela 8 - Estatística Descritiva da Temperatura Interna da Colmeia 4.	33
Tabela 9 - Estatística Descritiva da Umidade Interna da Colmeia 4.	34
Tabela 10 - Evolução do Peso das Colmeias a cada 3 horas durante o período de análise.	37
Tabela 11 – Modelo ARIMA (3,1,0) ajustado para a variável Peso	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Apicultura	12
2.2 Colônia.....	13
2.3 Distúrbio do Colapso das Colônias.....	14
2.4 Termorregulação	15
2.5 Umidade.....	17
2.6 Peso.....	18
2.7 Manejo das colmeias.....	19
2.8 Inovação.....	21
2.9 Apicultura e a tecnologia	22
2.10 Ferramentas de Análise.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Descrição da área experimental	24
3.2 Análise dos Dados	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2014) a agricultura familiar é responsável pela produção de 80% dos alimentos no mundo e também é responsável por cerca de 75% dos recursos agrícolas no mundo, portanto, mais vulneráveis às consequências do esgotamento dos recursos e as alterações climáticas. Sabemos que as abelhas são responsáveis pela polinização de cerca de 85% das florestas no mundo.

Sem as abelhas, tanto a renovação das matas e florestas, como a produção mundial de frutas e grãos ficariam comprometidas. O equilíbrio dos ecossistemas e da biodiversidade sofreria um sério impacto, o que afetaria diretamente o ser humano de diversas maneiras (PERUCHI, GONÇALVES 2015).

Culturas como as da maçã, pera, laranja, melão, melancia, café, castanha, abacate, morango, mirtilo, pepino, algodão, pêssego, abóbora, cebola, castanhas, entre várias outras, dependem diretamente da polinização feita pelas abelhas. Sem abelhas, além da diminuição da produtividade dessas culturas, também a qualidade da formação do fruto e, em alguns casos, o seu próprio desenvolvimento, ficam comprometidos.

Historicamente, para o modelo agrícola brasileiro, diferentemente de países como os EUA ou da Europa, pouca atenção foi preciso dar à importância da presença dos polinizadores, uma vez que nossa ampla biodiversidade sempre ofereceu estes serviços ecossistêmicos de forma gratuita e natural no campo. Mas é de se esperar que um déficit acentuado de polinizadores imponha a necessidade de que os produtores rurais tenham que demandar e remunerar os serviços de criadores de abelhas para compensar este impacto.

A busca da sustentabilidade é uma prioridade para famílias de produtores rurais. Melhoria nas condições ambientais, nas fontes de renda e oportunidades para mulheres e crianças que podem ser alcançadas através da criação de abelhas e beneficiamento de produtos, desde que aspectos como a qualidade, uso adequado de insumos, embalagens, tecnologias apropriadas, políticas de profissionalização dos produtores e de esclarecimentos sobre o produto sejam levados em consideração.

No Brasil há cerca de 300.000 apicultores que obtém uma produção média anual de 15 kg de mel por colmeia (EMBRAPA). Existem apicultores com boas técnicas de manejo conseguem produção entre 50 a 90 kg por colmeia.

A apicultura é uma atividade econômica de baixo impacto ambiental que possibilita a utilização permanente de recursos naturais. Mas até o presente momento é explorado quase que exclusivamente, a produção de mel sendo limitado ou até mesmo ausente o aproveitamento dos outros produtos apícolas diretos tais como geleia real, pólen, própolis, apitoxina e cera que agregam valor a toda cadeia produtiva (SEBRAE 2009).

Uma grande parte das colmeias fica localizada a muitos quilômetros de distância do apicultor, em face da disponibilidade de reservas naturais longe das cidades. Além das distâncias os apicultores utilizam fumaça para manejo das colmeias. O objetivo da fumigação não é tontear as abelhas, mas sim, fazê-las crer que há perigo de incêndio, pois elas também acreditam que "onde há fumaça, há fogo". Por essa razão, correm logo a encher o papo com mel para que, se necessário abandonar a colmeia, possam levar a maior quantidade possível, como garantia da sua sobrevivência, para a construção dos favos e para a sua alimentação.

Um dos problemas é a qualidade dos produtos que utilizam para fazer a fumaça, pois em alguns casos a fumaça fica tóxica e ao invés de tontear as abelhas acaba por mata-las.

Cada vez que o apicultor interfere na rotina de trabalho das abelhas, certamente também está prejudicando a produção sem afastar o perigo de promover um possível acidente com a rainha. Por esses motivos, o apicultor deve evitar mexer nas abelhas sem um motivo justo, sem esquecer que existem momentos em que é necessário abrir a colmeia para examinar a colônia e fazer algum serviço, além de observar o comportamento das abelhas (WIESE, 2005).

A nova proposta de gestão apícola digital (MOJARAVSCKI, 2018), através da análise temporal de dados de monitoramento, por sensores, de colmeias de abelhas, é o resultado de dois anos de pesquisas tanto na agricultura familiar, como na apicultura, utilizando sensores visando aprimorar o manejo à distância, além de introduzir na Agricultura de Precisão o conceito da utilização de dados na nuvem e compartilhamento informações.

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo do peso, umidade e temperatura interna das colmeias e, prever por meio da análise de séries temporais o peso da colmeia de tal forma que possa dar subsídios de monitoramento em tempo real do apiário.

2 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

2.1 Apicultura

Na evolução da vida, as abelhas surgiram há cerca de cem milhões de anos, junto com o desenvolvimento das flores. Desde então, esses dois grupos biológicos mantêm intensa relação de dependência recíproca (simbiose): a abelha encontra nas flores o néctar e o pólen indispensáveis à sua sobrevivência; por sua vez, uma parte do pólen adere ao seu corpo e é transportada para longe, onde irá fecundar outra flor (SANTOS, 2002).

No início, o homem promovia uma verdadeira "caçada ao mel", tendo que procurar e localizar os enxames, que muitas vezes formavam ninhos em locais de difícil acesso e de grande risco para os coletores. Naquela época, o alimento ingerido era uma mistura de mel, pólen, crias e cera, pois o homem ainda não sabia como separar os produtos do favo. Os enxames, muitas vezes, morriam ou fugiam, obrigando o homem a procurar novos ninhos cada vez que necessitasse retirar o mel para consumo (EMBRAPA, 2003).

Segundo historiadores, o uso das colmeias silvestres se deu dez mil anos antes de Cristo, quando se começou a controlar as abelhas. Somente em 400 a.C. é que começaram a armazenar em potes, sendo que os egípcios foram os primeiros na sua criação. Algumas civilizações antigas as consideravam sagradas e em alguns países símbolo de riqueza, aparecendo em brasões, moedas, coroas (FERNANDES, 2009).

As abelhas sem ferrão já existem no mundo desde o período Cretáceo Médio, há mais ou menos 120 milhões de anos. O fóssil mais antigo já descoberto foi encontrado em New Jersey (EUA), e se tratava de uma abelha operária da espécie *Trigona prisca* (VELTHUIS et al., 1997).

As abelhas cujo manejo para a polinização é comum em boa parte do mundo são: as abelhas de mel *Apis mellifera* (LINNAEUS, 1758) nas mais diversas culturas; as *Bombus terrestris* (LINNAEUS, 1758) manejadas, de modo particular, no cultivo de solanáceas, e, em especial, em plantações de tomate; as abelhas carpinteiras (*Xylocopa* sp) (LINNAEUS, 1758), no maracujá; diversas espécies do gênero *Osmia* (, em plantações de maçã e outras frutíferas; e na polinização de alfafa (MALAGODI BRAGA, 2005).

Estima-se que existam mais de quatro mil gêneros e cerca de 25 a 30 mil espécies distribuídas nas diferentes regiões do mundo (MICHENER, 2000). Cerca de 85%

das espécies de abelhas descritas são solitárias, sendo que muitas dessas espécies pertencem à família Apidae (BATRA, 1984; ROIG-ALSINA; MICHENER1993).

Representantes dessa família podem voar longas distâncias nas matas tropicais em busca de espécies vegetais preferenciais, promovendo a polinização cruzada (FRANKIE et al. 1983; ROUBIK, 1993).

A apicultura é uma atividade de grande importância, pois apresenta uma alternativa de ocupação e renda para o homem do campo. É uma atividade de fácil manutenção e de baixo custo inicial em relação às demais atividades agropecuárias.

Esta atividade desperta muito interesse em diversos segmentos da sociedade por se tratar de uma atividade que corresponde ao tripé da sustentabilidade: o social, o econômico e o ambiental. O social por se tratar de uma forma de geração de ocupação e emprego no campo. Quanto ao fator econômico, além da geração de renda, há a possibilidade de obtenção de bons lucros, e na questão ambiental pelo fato de as abelhas atuarem como polinizadores naturais de espécies nativas e cultivadas, preservando-as e conseqüentemente contribuindo para o equilíbrio do ecossistema e manutenção da biodiversidade (PAXTON, 1995).

Os principais produtos obtidos e comercializados da atividade apícola são o mel, a cera, a própolis, a geleia real e o veneno (apitoxina). Há também um segmento da apicultura que vem se desenvolvendo ao longo dos últimos anos, que é o de serviços de polinização, em que as colmeias são alugadas para produtores de outra cultura agrícola com a finalidade de aumento da produção desta cultura (FREITAS, 1998).

O mel é considerado o produto apícola mais fácil de ser explorado, sendo também o mais conhecido e aquele com maiores possibilidades de comercialização. Além de ser um alimento, é também utilizado em indústrias farmacêuticas e cosméticas, pelas suas conhecidas ações terapêuticas.

2.2 Colônia

As abelhas melíferas organizam-se em três castas principais: as operárias, que providenciam a alimentação, a rainha que põem ovos e o zangão, que se acasala com a rainha. Uma colônia de tamanho médio compreende uma rainha e cerca de cem zangões e sessenta mil operárias (SANTOS, 2002).

A rainha coloca cerca de 1000 ovos por dia durante aproximadamente um ano. Antes da postura, a rainha efetua o voo de acasalamento, sendo fecundada por um número

variável de zangões, podendo chegar a 17. A capacidade de postura da rainha é variável, quanto mais nova, maior o número de ovos depositado, em razão disso, é aconselhável substituir a rainha de uma colmeia anualmente (GALLO et al., 2002).

As operárias podem chegar a 50.000 dentro de uma colônia, transportam néctar e água no papo e entregam depois o conteúdo desta a outra abelha da colmeia. Depois de passar de uma abelha para outra, o néctar acaba por ser introduzido num alvéolo do favo, durante esta operação, a água do néctar evapora-se e são acrescentadas enzimas que transformam os açúcares compostos em açúcares simples e facilmente assimiláveis (glicose e frutose); quando o mel está maduro, a célula é selada com uma tampa (mel operculado) (SEGEREN, 2004). São indivíduos do sexo feminino, mas possuem órgão reprodutor atrofiado e transformado em ferrão que é seu órgão de defesa (GALLO et al., 2002).

Os zangões são os machos da colônia e tem como função a fecundação da rainha, morrem logo após a cópula, pois seu órgão genital fica preso ao órgão genital da fêmea, quando ocorre escassez de alimento os zangões deixam de ser alimentados pelas operárias e são expulsos do ninho (GALLO et al., 2002; SEGEREN, 2004).

2.3 Distúrbio do Colapso das Colônias

O Distúrbio do Colapso das Colônias (DCC) é caracterizada pela ausência de abelhas vivas ou mortas na colônia ou em locais próximos a ela, mas com a presença de larvas, pupas e alimento, podendo ser encontradas, dentro da colmeia, uma pequena quantidade de operárias jovens e a rainha. Nas colônias em que está iniciando o DCC, observa-se uma quantidade de cria maior do que a capacidade das operárias as cuidarem, o crescimento na proporção de operárias novas na população de abelhas adultas da colônia, a presença da rainha e uma relutância da colônia em consumir o alimento energético ou proteico fornecido (EMBRAPA, 2010).

Relatada pela primeira vez nos EUA em 2004 e, posteriormente, em países da Europa, ainda não se sabe quais as causas do DCC (OLDROYD, 2007), Órgãos oficiais como ARS (*Agriculture Research Service*) e USDA (*United States Department of Agriculture*) estão realizando intensas investigações para descobrir as causas. O impacto tem sido tão preocupante que em abril de 2007, o ARS realizou um Workshop reunindo cerca de 80 pesquisadores da área, representantes da indústria e agentes de extensão, com a finalidade de discutir um plano de ação denominado “*Colony Collapse Disorder Action Plan*” para pesquisar as causas do fenômeno (PINTO & MIGUEL, 2008).

Vários fatores têm sido citados por pesquisadores como: novas doenças, parasitoses, genética, nutrição, aumento da temperatura, pesticidas agrícolas e alterações no agro ecossistema e o uso de plantas geneticamente modificadas. No entanto, ainda não existe um consenso definitivo sobre as causas (DE JONG & MESSAGE, 2008).

Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, órgão responsável por informar oficialmente a ocorrência de problemas sanitários animais e vegetais no Brasil, não existem relatos oficiais da ocorrência da Desordem do Colapso das Colônias em nosso país. No entanto, problemas de doenças, morte de abelhas e mesmo abandono de 20 colônias foram relatados pelos apicultores de vários Estados do Brasil, mas não se sabe se as causas e os sintomas são iguais ou diferentes dos causados pelo DCC e descritos inicialmente nos Estados Unidos (EMBRAPA, 2010).

2.4 Termorregulação

Termorregulação é o controle da temperatura em um sistema físico qualquer ou em um organismo vivo. Parte do sucesso ecológico de insetos sociais é que eles têm pelo menos alguma capacidade de regular a temperatura dentro de seus ninhos (WILSON, 1971). MAY (1979) define termorregulação como a capacidade que um organismo apresenta de controlar, manter e normalizar suas condições internas através da temperatura, na forma de resposta comportamental ou fisiológica ao seu ambiente natural. As abelhas melíferas, *Apis mellifera*, regulam a temperatura do ninho dentro de limites específicos, às vezes muito estreitos, apesar de extremos na temperatura ambiente. Elas conseguem manter a temperatura da colônia dentro do intervalo de 33-36°C, com média de 34,5° C (JONES & OLDROYD, 2007). Se as temperaturas do ninho não são mantidas dentro dos limites específicos da espécie, muitas vezes há consequências indesejáveis, que podem inclusive afetar o comportamento das abelhas (TAUTZ et al., 2003). A perda de controle da termorregulação de uma colônia pode levar as abelhas ao abandono ou comportamento enxameatório por abandono.

O controle da temperatura dentro da colônia é importante principalmente para o sucesso do desenvolvimento da cria e, conseqüentemente, para a sobrevivência da colônia. Além de afetar características morfológicas e a sobrevivência da cria, um desenvolvimento em temperaturas “inadequadas” pode afetar outros fatores fisiológicos dos indivíduos e assim gerar conseqüências posteriores na sua vida adulta (TAUTZ et al., 2003). O desenvolvimento e o comportamento de colônias de abelhas recebem influência de fatores

ambientais como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar (Lorenzon et al., 2004). Dentro de um ninho existem abelhas que coordenam as atividades de termorregulação de tal forma que a temperatura do ninho se mantenha estável. A quantidade de abelhas envolvidas neste trabalho de arrefecimento ou aquecimento irá aumentar ou diminuir de acordo com a temperatura atual do ninho. TAUTZ et al. (2003) relataram que em *Apis mellifera* as maiores quantidades de alimento depositados nas células de cria puderam originar indivíduos mais resistentes ao ambiente em condições desfavoráveis. Entretanto, se os indivíduos sofreram durante seu desenvolvimento algum tipo de alteração na temperatura, estas podem causar malefícios para a colônia, originando indivíduos com deformação no corpo, alta mortalidade dos mesmos e indivíduos que até mesmo não desempenham com eficácia as funções realizadas no ninho (TAUTZ et al., 2003)

Espécies de insetos sociais evoluíram para regular a temperatura dentro do ninho através de uma série de mecanismos, que podem variar desde a seleção do local do ninho para otimizar a temperatura interna, ou até mesmo um comportamento simples como a translocação das crias para regiões dentro do próprio ninho, onde as temperaturas são mais favoráveis. Há ainda os mecanismos que os indivíduos desenvolvem a fim de modificar a temperatura do ninho, através de atividades físicas como a ventilação utilizando as asas (HEINRICH & ESCH, 1994) e o transporte de gotas de água para dentro da colmeia com o objetivo de reduzir a temperatura do ambiente interno da colônia. Nas abelhas, os graus de controle da temperatura são variados, sendo que as abelhas melíferas, são excelentes termorreguladoras (JONES & OLDROYD, 2007), logo, os padrões térmicos de uma espécie de abelhas para outra não podem ser generalizados, uma vez que há uma grande variedade de comportamentos e arquiteturas do ninho (LOLI, 2008).

A principal resposta comportamental em baixas temperaturas é o agrupamento. As operárias são capazes de manter a temperatura do ninho estável formando grupos em torno da área do ninho, promovendo assim, geração de calor metabólico (JONES & OLDROYD, 2007), principalmente pela rápida contração e liberação dos seus músculos torácicos de voos (KRONENBERG & HELLER, 1982). Quanto mais baixa a temperatura, mais apertado será o agrupamento.

Quando agrupadas, as abelhas assumem uma posição relativa que força o entrelaçamento dos seus pelos torácicos, aumentando a capacidade de isolamento térmico das sucessivas camadas. Essas camadas são formadas por abelhas voltadas para o centro do grupo, e há um revezamento entre as que estão em posição mais externa e as que estão

mais ao centro. Elas também são ajudadas pela presença de alvéolos vazios, que formam câmaras de ar parado, que é um bom isolante. Se ainda assim a temperatura continuar caindo, as abelhas passam a produzir calor pela vibração da sua musculatura torácica. Nesse caso, porém, elas necessitam ingerir quantidades maiores de mel para repor a energia perdida. KLEINHENZ et al. (2003) perceberam que as abelhas fazem a vibração dos músculos também dentro da colmeia, para o aquecimento interno do ninho e individualmente das larvas e pupas em desenvolvimento.

As abelhas também utilizam respostas comportamentais para promover o arrefecimento do ninho, em condições de altas temperaturas. Dentre os comportamentos de refrigeração mais comum estão a de ventilação promovida pelo batimento das asas, onde as operárias ficam em uma posição estacionária para dirigir o ar quente para fora do ninho (DYER & SEELEY, 1991), essa ventilação, permite ao ninho “respirar” um novo ar, já que este pode ser trocado frequentemente. Essa corrente de ar, além de esfriar a colmeia, auxilia na evaporação da umidade do néctar, transformando-o em mel. No interior da caixa, outras operárias batem as asas, ajudando na circulação da corrente de ar. Se houver duas entradas na colmeia, o ar é aspirado por uma entrada e expelido pela outra; caso contrário, usa-se parte da entrada para aspirar e outra parte para expelir.

2.5 Umidade

A umidade relativa do ar, ou simplesmente umidade, pertence ao grupo de elementos climáticos que tem um importante papel na vida dos insetos, assim como a temperatura e o vento. O teor de umidade no habitat de um inseto determina diretamente se um indivíduo sobrevive ou não. A umidade também tem efeitos indiretos sobre as populações de insetos através da sua influência no crescimento das plantas. As formas de umidade ambiental (umidade atmosférica, chuva, neve, granizo, orvalho, umidade do solo e águas) influenciam o equilíbrio de água dos insetos (MAVI; TUPPER, 2004). Com o objetivo de prevenir doenças e exercer um controle, as abelhas ficam na entrada da colmeia para manter os níveis de umidade constante, deslocando o ar quente e úmido da colmeia com o ar fresco e seco do exterior (TENNANT; CHADWICK, 2016).

A umidade na câmara de criação é um fator crítico para a boa qualidade das condições físicas-ambientais tão necessárias a um desenvolvimento saudável das colônias de abelhas. Numerosos estudos demonstraram que os níveis extremos de umidade, sejam elevados, sejam baixos, afetam a saúde das abelhas e da sua criação. Por exemplo, a níveis

inferiores a 50% de umidade relativa os ovos não eclodem (DOUL, 1976), o que é particularmente impactante nos pequenos núcleos de abelhas. Outro exemplo, a umidade entre 68% a 87% aumenta a percentagem de mumificação das larvas em 8%, também conhecida por criação de giz.

A umidade no ninho numa colônia forte e saudável situa-se entre os 50% e 60%. Raramente se encontra abaixo dos 40% ou acima dos 80%. Numa colônia forte e em condições normais, este valor é estável e não está dependente das condições ambientais. Pelo contrário, numa colônia fraca as condições internas são muito influenciadas pelas condições ambientais externas.

Um fator importante que influencia o nível de umidade no ninho é a quantidade de criação não operculada/selada. Sabemos que os ovos e as larvas são altamente sensíveis à dissecação. Pensa-se que as áreas de criação têm um microclima com uma umidade relativa significativamente maior que o conjunto do ninho. Isto é conseguido pela presença de geleia real, que tem um conteúdo de água alto. Por outro lado, os casulos são higroscópicos e promovem a absorção de água (HUMAN, 2006). Além disso, as abelhas nutrizas/amas que cobrem os quadros de criação limitam a quantidade de água que se evapora.

Sabe-se que as colônias de abelhas regulam a umidade interna do ninho pelo batimento das asas, pelo transporte e depósito de água para o ninho, e pelos dissipadores de umidade, como o néctar e os casulos (ELLIS, 2008).

Além disso, já sabemos há algum tempo que a umidade desempenha um papel significativo na reprodução de varroa, com umidade ideal para reprodução variando de 55% a 70% e somente reproduções limitadas ocorrem com umidade mais alta (VELTHIUS, 1997).

2.6 Peso

Os dados de peso das colmeias fornecem informações sobre a interação de uma colônia e seu ambiente com pouca ou nenhuma perturbação para a colônia. As mudanças no peso da colmeia são uma função de vários fatores, incluindo coleta e consumo de alimentos, desenvolvimento e desaparecimento da abelha, ganho e perda de umidade devido a influxo de néctar, umidade relativa do ar, respiração e bebida (HAMBLETON, 1925), bem como roubo, fuga e enxameação. Um objetivo central dos pesquisadores que empregam escalas de colmeia foi caracterizar esses eventos de colônia usando dados de

peso combinados com melhorias na tecnologia de sensores e abordagens analíticas (MEIKLE, HOLST 2015).

O peso da colmeia, que também foi monitorado, colabora para identificação de eventos como a presença de alimento durante o inverno, o desenvolvimento da colmeia durante a época de grande quantidade de alimentos, como a primavera e verão e no caso de apicultura comercial, a identificação do surgimento de novos enxames (ZACEPINS et al., 2014). O peso também pode indicar o abandono das abelhas, a presença de predadores e eventos aleatórios como mudanças repentinas, como a queda, causada pelo vento. Segundo um documento da NASA, o peso da colmeia provê para o apicultor uma visão valiosa do estado da colônia, informa sobre novos enxames e o estado durante o inverno. E se monitorado continuamente constrói um registro das variações e como resultado informações dos efeitos das mudanças climáticas e do uso da terra ao longo das décadas.

O desenvolvimento de sensores automatizados para monitoramento contínuo permitiu que os pesquisadores quantificassem as métricas de colônia para além das mudanças diárias no peso da colmeia, devido ao armazenamento líquido de alimentos e mudanças na população. A ligação de balanças eletrônicas a dataloggers foi relatada pela primeira vez em 1990, para mostrar o abandono por infestação de ácaros traqueais (*Acarapis woodi* (RENNIE, 1921) (BUCHMANN, THOENES, 1990). Dados contínuos de peso da colmeia mostraram fornecer informações sobre efeitos climáticos (BUCHMANN, THOENES, 1990), enxameação (MEIKLE, et al 2006), crescimento e consumo de colônias (MEIKLE, et al 2008), abandono de colmeias (THOENES, BUCHMANN, 1992), hibernação (STALIDZANS E, ZACEPINS A, et al. 2017).

2.7 Manejo das colmeias

Entende-se por manejo básico das colmeias, o conjunto de técnicas aplicadas a uma criação racional de abelhas com o objetivo de se obter o melhor desempenho produtivo destes animais, ao tempo em que se assegura as condições adequadas ao desenvolvimento e conforto das colônias.

Na apicultura o manejo pode ser dividido em Básico (revisões) e Especiais, sendo o primeiro destinado às ações rotineiras, que visam o acompanhamento das colmeias, e os especiais às ações específicas, realizadas eventualmente.

Em todo manejo deve ser utilizado o fumigador, é importante que o material utilizado para queima no fumigador produza fumaça que não irrite as abelhas e o apicultor. A fumaça

deve ser fria, clara, densa e sem cheiro forte. Os materiais mais utilizados são: serragem, raspa de madeira, fragmentos de sabugo de milho, bucha de coco, folhas secas, cascas secas de árvores e outros. Não se deve utilizar esterco de animais e outros materiais de origem animal, pois o seu uso pode contribuir para contaminar o mel. Opcionalmente, alguns pedaços de cera, própolis, borra do derretimento da cera ou folhas de plantas aromáticas, como eucalipto, podem ser utilizados para tornar a fumaça menos irritante.

A fumaça faz com que as abelhas, sentindo-se ameaçadas, encham os papos de mel, ficando mais pesadas e por isso menos agressivas. A fumaça também age mascarando os feromônios produzidos pelas abelhas, conturbando a comunicação da colônia. Com isso, ocorre uma verdadeira desorganização no sistema de alarme e de defesa da colônia, permitindo que o apicultor realize seu trabalho de forma rápida e tranquila (SOUZA,2007).

Em uma revisão deve-se observar:

- A presença da rainha: pode ser constatada pela postura de rainha nos favos, que se caracteriza pela colocação de um único ovo por célula;
- Qualidade da postura da rainha: é observada pelo padrão de distribuição dos ovos no favo, devendo ser uniforme, não sendo aceitas falhas constantes.
- Condição de desenvolvimento do enxame: é avaliada pelo número de quadros com cria e alimento;
- Presença de alimento (mel e pólen): observar a quantidade de alimentos estocados nos favos, para avaliação da necessidade de alimentação dos enxames;
- Espaço disponível na colmeia: é avaliado pela presença de quadros vazios ou não, devendo esta relação estar adequada ao tamanho do enxame e à época do ano;
- Sanidade da colônia: verificar a presença de sintomas de doenças e de inimigos naturais das abelhas na colônia.

Como o objetivo das revisões é o acompanhamento das condições das colmeias, o intervalo entre elas vai depender da época do ano e das condições climáticas da região. Desta forma, é recomendado que as visitas ocorram nos seguintes intervalos:

- Em períodos de floradas, quando o fluxo de néctar é grande, as revisões devem ser feitas de 15 em 15 dias. Isso possibilita que o apicultor controle melhor o espaço disponível às abelhas para estocagem de mel;
- Em períodos de escassez de alimento as revisões devem ocorrer em intervalos de 20 a 30 dias, pois nesse período deve-se apenas viabilizar as condições necessárias à manutenção dos enxames (SOUZA 2007).

Cada vez que o apicultor interfere na rotina de trabalho das abelhas, certamente também está prejudicando a produção sem afastar o perigo de promover um possível acidente com a rainha. Por esses motivos, o apicultor deve evitar mexer nas abelhas sem um motivo justo, sem esquecer que existem momentos em que é necessário abrir a colmeia para examinar a colônia e fazer algum serviço, além de observar o comportamento das abelhas (WIESE, 2005).

2.8 Inovação

Conforme é observado, a globalização vem deixando cada dia que passa o mercado mais competitivo e exigente, fazendo com que as organizações busquem inovar oferecendo um diferencial aos seus clientes. Uma das diretrizes da vantagem competitiva nas organizações é através da diferenciação, desse modo, a inovação tecnológica se torna uma visão fundamental para que as organizações possam se diferenciar.

De acordo com Porter (1993) a competitividade é a “habilidade ou talento, resultantes de conhecimentos adquiridos, capazes de criar e sustentar um desempenho superior ao desenvolvido pela concorrência”. Para Porter (1993) a compreensão mais correta para a competitividade é a produtividade e produtividade é fazer mais com menos recursos. Aperfeiçoar recursos está diretamente conectado à estratégia competitiva das organizações, com conceito definido de metas a atingir, aplicando os meios que lhe são concedidos. Ainda segundo Porter (1993) é necessário diferenciar-se no mercado e, esta diferenciação, é parte complementar das vantagens competitivas que as organizações tem como desafio diante de seus competidores e a maneira certa para a diferenciação é a Inovação.

Segundo Porter (1989) a Inovação é o alicerce para a competitividade e não é “moda”. Inovação é modo – modo de realizar, de progredir, de visionar, de ser e estar, de competir, de sobreviver. Já não é mais o bastante somente diminuir os custos, e o ponto chave de diferenciação já não é mais a qualidade. Qualidade é conceito básico para as organizações, porém a Inovação incorpora valores a produtos e processos.

De acordo com Porter (1989) neste cenário torna-se impreterível para as organizações de qualquer porte fomentar a inovação de um modo rápido e sistemático, tendo em vista a ampliação de sua competitividade e rentabilidade.

A inovação tem a competência de valorizar os produtos de uma empresa, tornando-os diferenciados no mercado competitivo, sendo ainda mais significativa em ambientes com alto nível de competição e do qual os produtos são quase proporcionais entre os fabricantes, empresas que optam por inovar neste cenário, seja em marketing, organizacional, de produto

ou processo, do modo radical ou incremental, acabam por obter vantagem sobre os concorrentes, atingindo novos mercados, aumentando seus faturamentos, criando novas parcerias. As inovações proporcionam aos países e regiões a entrada no mundo globalizado e o aumento de renda e o nível de emprego. Levando em consideração que as inovações são um modo eficaz de gerar vantagens competitivas a médio e longo prazo, inovar torna-se imprescindível para as empresas se manterem ou alcançarem novos mercados (MANUAL DE OSLO, 2010).

2.9 Apicultura e a tecnologia

Assim como outros sub-ramos agrícolas como a pecuária de precisão, horticultura de precisão e viticultura de precisão.

Apicultura ou é um dos sub-ramos da agricultura, onde os métodos de Agricultura de Precisão (AP) podem ser aplicados com sucesso. Bem como a integração das tecnologias da informação no processo apícola para melhorar o conhecimento dos apicultores sobre o manejo das colmeias de abelhas (*Zacepins, Stalidzans*). Um conceito recente, que continua o processo de transformação tecnológica da Apicultura, é a Apicultura Digital (*Digital Beekeeping*) é uma coleção de atividades tecnológicas relacionadas a apicultura que tem como objetivo expandir os limites do negócio, através de extração do valor de múltiplas fontes de dados para otimizar a produção, prover rastreabilidade, reduzir a invasão durante o manejo, conhecer o entorno do apiário, criar históricos das colmeias e apiários para colaborar na tomada de decisão e utilizar esses dados para pesquisas(principalmente o DCC), sustentabilidade das operações agrícolas e por fim, prover uma gestão integrada do apiário onde clientes, fornecedores e parceiros fazem parte de todo o ciclo produtivo (MOJARAVSCKI, 2018).

2.10 Ferramentas de Análise

Nesta fase para entender o conjunto de dados relevante e pertinente ao estudo, torna-se necessário trabalhar os dados para transformá-los em informações, para compará-los com outros resultados ou, ainda, para julgar a sua adequação a alguma teoria (MORETTIN & BUSSAB, 2013)

Conforme Francisca Mendonça Souza (apud SOUZA), uma série temporal é uma sequência de observações sobre uma variável de interesse. Os dados são observados em diferentes instantes do tempo, seja diariamente (preço de ações, relatórios meteorológicos, etc.),

mensalmente (taxa de desemprego, IPC, etc.), trimestralmente (PIB) ou anualmente, (SOUZA, F., 2006).

Uma das técnicas usadas pela econometria contemporânea para previsão do comportamento de variáveis se constitui no emprego de modelos univariados. A construção dos modelos de séries temporais univariados é fundamentada na teoria de que existe uma grande quantidade de informações presente na série de dados, sendo esses dados capazes de fornecer estimativas sobre o comportamento futuro da variável. Assim, será apenas o próprio comportamento da variável que responderá pela sua dinâmica futura. Este tipo de modelo é conhecido na literatura como modelo autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA – Auto Regressive Integrated Moving Average), ou definido simplesmente por modelo ARIMA, desenvolvido por Box e Jenkins em 1970 (SOUZA, F, 2016).

A construção do modelo ARIMA parte da concepção de que as séries temporais envolvidas na análise são geradas por um processo estocástico estacionário, cuja natureza pode ser representada a partir de um modelo matemático. Um processo é estacionário quando ele oscila em torno de uma média constante, com variância também constante, conhecido por homocedástica e é definido como estocástico por ser controlado por leis probabilísticas. (SOUZA, F, 2016).

BURNHAM E ANDERSON (2004), enfatizam a importância de selecionar modelos baseando-se em princípios científicos. Dentre as diversas metodologias utilizadas para este fim, neste trabalho realizamos uma análise comparativa dos critérios de informação de Akaike (AIC), e Bayesiano (BIC), quanto a sua performance na seleção de modelos. Tais critérios são comparados via simulação em modelos normais e em modelos de séries temporais.

De acordo com MENTZER E BIENSTOCK (1998), o Erro Absoluto Médio (EAM) mede o afastamento médio das previsões em relação aos valores observados, constituindo na média dos erros da previsão. Neste sentido, seu valor ideal seria igual a zero. Assim, o erro médio tende a ser pequeno na medida em que os erros negativos e positivos se compensem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As colmeias foram monitoradas no período de 1 a 17 de dezembro de 2016, nesse período não houve nenhum manejo nas colmeias, esses dados foram coletados de forma autônoma, através de um equipamento protótipo de Apicultura Digital, onde um conjunto de equipamentos monitora o apiário constantemente e envia para Internet os dados coletados, objetivando neste trabalho a criação de histórico para descrever o comportamento das variáveis coletadas (MOJARAVSCKI, 2018). As variáveis monitoradas das colmeias foram: i) temperatura; ii) umidade; iii) massa (peso); e no entorno do apiário foram monitorados: i) temperatura; ii) umidade;

A nova proposta de gestão apícola é baseada na utilização e coleta de dados através de sensores, cujos dados são transmitidos via satélite e armazenados numa nuvem que permitirá o acesso dos apicultores sobre as condições existentes interna e externamente nas colmeias. O apicultor poderá efetuar a gestão com base nas informações recebidas acerca da umidade e temperatura interna e externa da colmeia, bem como direção e velocidade dos ventos, além de quantidade de chuva e massa das colmeias por intervalo de tempo decorrido. Essas informações permitirão ao apicultor saber o momento exato de fazer alguma intervenção na colmeia, sabendo com antecedência e não por especulação a necessidade do manejo apícola.

3.1 Descrição da área experimental

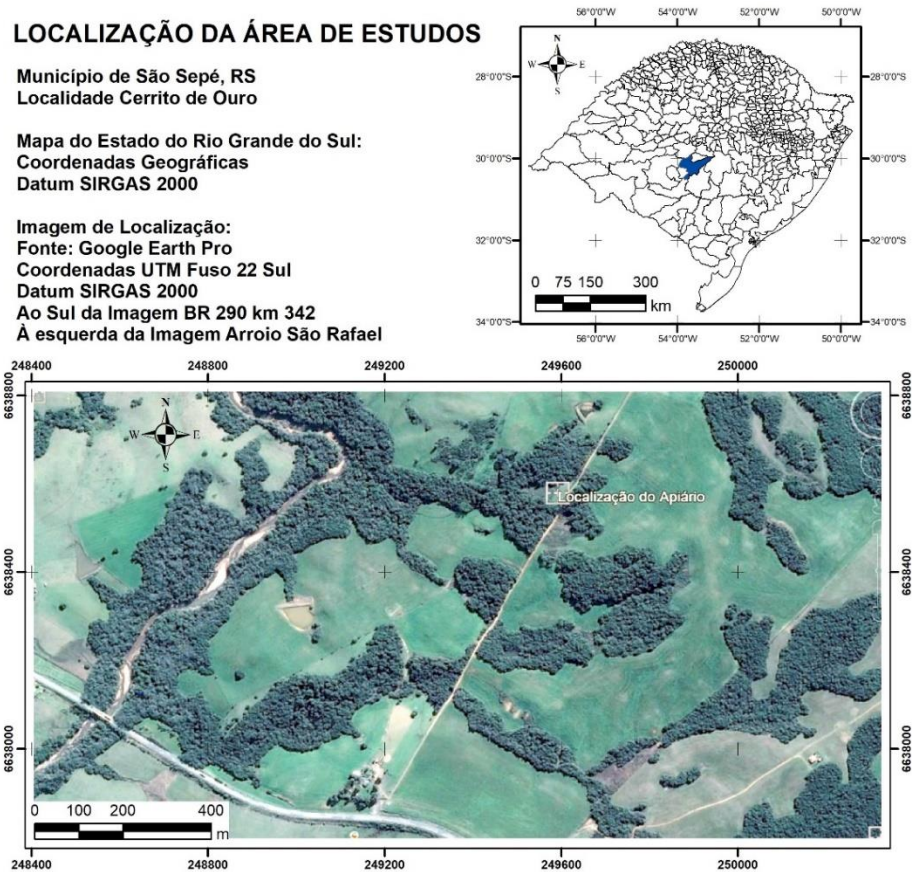
Foi realizado o experimento na propriedade rural Santa Esmeralda localizada no km 342,9 da BR390, na cidade de São Sepé, subdistrito Cerrito do Ouro. Dentro dos 85 hectares da propriedade foi destacada uma área em meio a mata de aproximadamente 1,000 m², à aproximadamente 900m da BR290. As coordenadas geográficas são 31°21'31" S e 53°36'18" O e na figura 1 podemos observar a localização do apiário.

Foram dispostas 12 colmeias em caixas padrão LANGSTROTH¹ com abelhas do tipo "Apis mellifera". Em três colmeias foram alocados internamente um sensor de temperatura, umidade e massa, os equipamentos utilizados podem ser observados nas figuras 2 e 3. Na parte

¹ Lorenzo Lorraine Langstroth, apicultor americano, foi o criador do "padrão Langstroth" para abelhas melíferas.

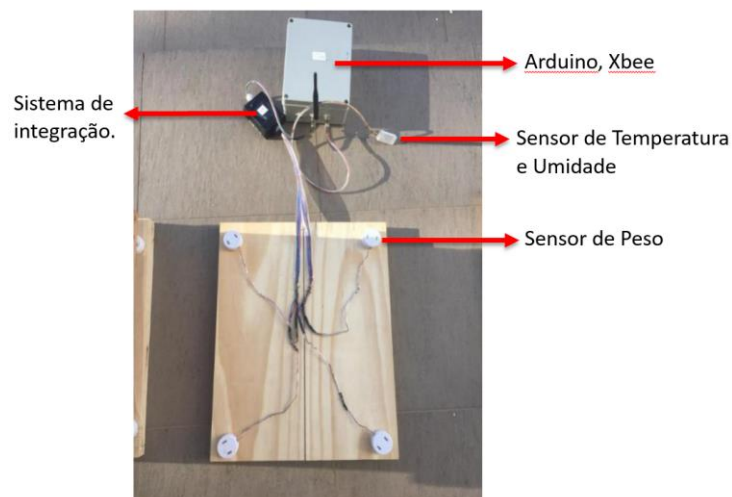
externa das colmeias foram alocados sensores de temperatura, umidade durante o período de 1 a 17 de dezembro de 2016. (MOJARAVSCKI, 2018).

Figura 1 - Localização do Apiário.



Fonte: Google Earth Pro. Do Autor.

Figura 2 - Equipamento utilizado para monitorar a Colmeia.



Fonte: Mojaravski, 2018

Figura 3 - Colmeia de abelhas com o equipamento instalado.



Fonte: Mojaravski, 2018

As colmeias utilizadas são padrão *Langstroth* constituídas de um fundo, um ninho e uma melgueira ou alça com cobertura de tambor, confeccionadas em madeira de Pinho brasileiro.

Medidas dos componentes das colmeias utilizadas:

- Fundo ou assoalho: 555mm de comprimento, 370mm de largura (medida interna), 50mm de altura.

Obs.: o espaço entre a parte inferior do quadro e o assoalho o espaço é de 15mm para permitir livre circulação das abelhas e ventilação.

- Ninho: 465mm de comprimento, 370mm de largura, 240mm de altura, as medidas são internas.

Obs.: com rebaixo nas duas cabeceiras para encaixe dos quadros (19x10mm)

- Melgueira ou alça: 465mm de comprimento (interno), 370mm de largura (interno), 145mm de altura.

- Tampa da colmeia: 555mm de comprimento, 430mm de largura e 50mm de altura.

- Quadro de ninho (medidas externas): 465mm de comprimento superior, 450mm de comprimento inferior e 232,50mm de altura.

- Peças laterais do quadro: 232,50mm de altura, 35mm de largura superior, 25mm de largura inferior, 100mm de espaço superior, e 132,50mm de espaço circulação.

- Varetas: vareta superior 481x25x20/15mm, vareta inferior 450x15x12mm.

Quadro das melgueiras (medidas externas): 481mm de comprimento superior, 450mm de comprimento inferior e 137,50 de altura.

3.2 Análise dos Dados

Para análise, organização e visualização dos dados foi utilizado o Microsoft Excel 2013 e o Assistat 7.7 para testes de normalidade.

Os dados foram demonstrados utilizando a estatística descritiva e análise de séries temporais.

A estatística descritiva é um ramo da estatística que aplica várias técnicas para descrever e sumarizar um conjunto de dados. Diferencia-se da estatística inferencial, ou estatística indutiva, pelo objetivo: organizar, sumarizar dados ao invés de usar os dados em aprendizado sobre a população. (MORETTIN & BUSSAB, 2013).

Para análise estatística das séries temporais foi utilizado o sistema Eviews 9.0 SV.

Traça-se o gráfico da série original em nível, para verificar se existe tendências, sazonalidades e prováveis ciclos, também nesta etapa verifica-se a estacionariedade da série.

Após análise das características da série, traça-se a função de autocorrelação (FAC) e a função de autocorrelação parcial (FACP), a primeira sugere o tipo de modelo, se AR (Auto Regressivo), MA (Médias Móveis) ou ARIMA e a segunda mostra a ordem do modelo. Havendo um decaimento lento da FAC é mais um indício de não estacionariedade da série. E, neste caso diferenças de ordem “d” devem ser realizadas, surgindo assim o modelo ARIMA.

Uma vez determinado o tipo de modelo e a ordem, estima-se o modelo por meio de método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

Após estimado o modelo passa-se a unificação dos resíduos, os quais devem apresentar características de ruído branco (RB), com média zero, variância constante e não autocorrelacionados.

Os modelos que apresentam características de RB, são avaliados por meio das estatísticas AIC e BIC, assim os modelos com RB e menores valores das estatísticas de ajustes AIC e BIC são selecionados.

Este modelo selecionado será utilizado para se realizar previsões e estas previsões são avaliadas pela estatística de Erro Absoluto Médio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado do cenário descrito anteriormente, são apresentadas as tabelas e gráficos com seus respectivos estudos, onde são explicados os itens monitorados (peso, temperatura e umidade).

Na tabela 1 são apresentados os dados de massa obtidos entre os dias 1 a 17 de dezembro de 2016, da colmeia 1. O dia 3 de dezembro de 2016 foi desconsiderado na análise dos dados devido a inconsistências dos dados coletados nesta data. Por esse conjunto de dados é possível verificar aumento na massa (peso) médio da colmeia.

Tabela 1 - Estatística Descritiva da Massa (peso) da Colmeia 1.

Dia	\bar{X}	<i>Md</i>	<i>Mo</i>	<i>S</i>	<i>Ampl.</i>	X_{\min}	X_{\max}	<i>n</i>
1	27,44	27,31	26,74	0,713	1,97	26,53	28,50	93
2	28,26	28,43	28,65	0,607	1,81	27,41	29,22	185
3	30,64	29,14	29,18	4,441	21,17	27,44	48,61	200
4	28,27	28,42	27,51	0,713	2,08	27,27	29,35	186
5	27,77	27,99	28,42	0,686	1,99	26,62	28,61	153
6	28,77	29,44	29,49	1,039	3,10	26,69	29,79	155
7	29,10	29,29	28,42	0,533	1,70	28,07	29,77	183
8	29,04	29,31	29,83	0,671	1,79	28,07	29,86	161
9	29,20	28,99	28,71	0,526	1,73	28,36	30,09	192
10	29,59	29,74	28,89	0,515	1,64	28,77	30,41	187
11	29,97	30,08	29,22	0,626	1,97	28,85	30,82	179
12	29,88	29,77	29,74	0,520	2,11	29,17	31,28	180
13	30,57	30,54	30,01	0,618	2,69	29,27	31,96	831
14	30,49	30,65	31,16	0,531	1,64	29,54	31,18	200
15	30,68	30,88	30,15	0,592	1,81	29,70	31,51	185
16	30,96	30,98	31,82	0,656	2,08	29,88	31,96	201
17	30,65	30,67	30,44	0,184	0,71	30,41	31,12	49

Legenda: \bar{X} = Média; ***Md*** = Mediana; ***Mo*** = Moda; ***S*** = Desvio Padrão; ***Ampl.*** = Amplitude da variável; X_{\min} = Valor Mínimo da variável; X_{\max} = Valor Máximo da Variável, ***n*** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

A tabela 2 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da temperatura interna da colmeia 1. É possível verificar uma média de 26,9°C na colmeia o que equivale ao trabalho realizado pelas abelhas para a manutenção da temperatura necessária para a sobrevivência da colmeia.

Os dados coletados mostram uma média de temperatura menor que a indicada na revisão de literatura, que pode demonstrar a interferência da temperatura externa, bem como a quantidade de abelhas existente na colmeia.

Tabela 2 - Estatística Descritiva da Temperatura Interna da Colmeia 1.

Dia	\bar{X}	<i>Md</i>	<i>Mo</i>	<i>S</i>	<i>Ampl.</i>	X_{min}	$X_{máx}$	<i>n</i>
1	28,56	30,00	32,00	3,640	10,00	22,00	32,00	93
2	26,62	28,00	30,00	4,298	12,00	20,00	32,00	185
3	25,85	26,00	25,00	2,019	7,00	23,00	30,00	200
4	25,51	26,50	30,00	3,842	11,00	19,00	30,00	186
5	27,44	28,00	31,00	3,181	11,00	21,00	32,00	153
6	27,37	27,00	30,00	3,963	14,00	21,00	35,00	155
7	25,67	26,00	30,00	3,886	11,00	20,00	31,00	183
8	25,73	26,00	22,00	3,294	10,00	20,00	30,00	161
9	27,36	28,00	30,00	2,641	8,00	23,00	31,00	192
10	27,80	29,00	31,00	3,257	9,00	23,00	32,00	187
11	28,81	29,00	27,00	2,351	8,00	24,00	32,00	179
12	25,42	25,00	25,00	1,940	8,00	22,00	30,00	180
13	24,45	23,00	22,00	2,837	8,00	21,00	29,00	202
14	25,76	25,00	23,00	2,780	9,00	22,00	31,00	200
15	29,17	29,00	31,00	1,882	6,00	26,00	32,00	185
16	29,30	30,00	30,00	1,604	7,00	25,00	32,00	201
17	27,06	27,00	27,00	1,281	4,00	25,00	29,00	49

Legenda: \bar{X} = Média; ***Md*** = Mediana; ***Mo*** = Moda; ***S*** = Desvio Padrão; ***Ampl.*** = Amplitude da variável; X_{min} = Valor Mínimo da variável; $X_{máx}$ = Valor Máximo da Variável, ***n*** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

A tabela 3 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da umidade interna da colmeia 1. É possível verificar uma média de 95% de umidade na colmeia.

Os dados coletados mostram um índice de umidade muito alto o que pode gerar o aparecimento de ácaros se o apicultor não fizer uma intervenção, pois a umidade ideal conforme revisão de literatura é abaixo de 50%.

A tabela 4 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento e evolução da massa (peso) da colmeia 2. É possível verificar o aumento de massa (peso) médio da colmeia o que equivale ao aumento de mel produzido no período.

Tabela 3 - Estatística Descritiva da Umidade Interna da Colmeia 1.

Dia	\bar{X}	<i>Md</i>	<i>Mo</i>	<i>S</i>	<i>Ampl.</i>	X_{min}	$X_{máx}$	<i>n</i>
1	88,60	99,00	99,00	13,779	43,00	56,00	99,00	93
2	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	185
3	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	200
4	97,45	99,00	99,00	3,657	17,00	82,00	99,00	186
5	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	153
6	97,61	99,00	99,00	2,072	8,00	91,00	99,00	155
7	97,98	99,00	99,00	1,820	6,00	93,00	99,00	183
8	98,89	99,00	99,00	0,353	2,00	97,00	99,00	161
9	98,43	99,00	99,00	1,383	5,00	94,00	99,00	192
10	88,24	93,00	99,00	10,907	32,00	67,00	99,00	187
11	95,61	98,00	99,00	4,136	15,00	84,00	99,00	179
12	84,24	90,00	99,00	12,048	37,00	62,00	99,00	180
13	93,04	96,00	99,00	6,708	23,00	76,00	99,00	202
14	93,79	94,50	99,00	5,575	17,00	82,00	99,00	200
15	96,00	98,00	99,00	4,198	17,00	82,00	99,00	185
16	98,52	99,00	99,00	1,342	6,00	93,00	99,00	201
17	97,31	97,00	97,00	1,372	6,00	93,00	99,00	49

Legenda: \bar{X} = Média; ***Md*** = Mediana; ***Mo*** = Moda; ***S*** = Desvio Padrão; ***Ampl.*** = Amplitude da variável; X_{min} = Valor Mínimo da variável; $X_{máx}$ = Valor Máximo da Variável, ***n*** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

Tabela 4 - Estatística Descritiva da Massa da Colmeia 2.

Dia	\bar{X}	<i>Md</i>	<i>Mo</i>	<i>S</i>	<i>Ampl.</i>	X_{min}	$X_{máx}$	<i>n</i>
1	28,817	28,730	29,230	0,375	0,94	28,34	29,28	74
2	29,385	29,210	29,190	0,338	1,34	28,73	30,07	166
3	30,172	29,900	29,950	2,319	19,80	27,20	47,00	267
4	29,269	29,260	29,580	0,363	1,41	28,46	29,87	213
5	29,264	29,370	29,470	0,260	0,88	28,70	29,58	181
6	29,264	29,370	29,470	0,260	0,88	28,70	29,58	181
7	31,485	31,585	31,650	0,182	0,76	30,91	31,67	156
8	31,238	31,365	31,450	0,246	0,74	30,77	31,51	156
9	31,029	30,940	31,320	0,245	0,83	30,64	31,47	183
10	31,028	31,000	31,300	0,247	0,76	30,60	31,36	211
11	31,078	31,060	31,310	0,212	0,65	30,73	31,38	194
12	31,222	31,225	31,040	0,179	0,74	30,82	31,56	212
13	30,974	30,970	31,190	0,187	0,86	30,45	31,31	212
14	30,813	30,760	31,070	0,195	0,69	30,45	31,14	240
15	30,837	30,800	30,620	0,182	0,62	30,53	31,15	219
16	30,986	30,940	30,830	0,276	0,99	30,46	31,45	251
17	30,759	30,750	30,750	0,063	0,28	30,57	30,85	36

Legenda: \bar{X} = Média; ***Md*** = Mediana; ***Mo*** = Moda; ***S*** = Desvio Padrão; ***Ampl.*** = Amplitude da variável; X_{min} = Valor Mínimo da variável; $X_{máx}$ = Valor Máximo da Variável, ***n*** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

A tabela 5 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da temperatura interna da colmeia 2. É possível verificar uma média de 28,3°C na colmeia o que equivale ao trabalho realizado pelas abelhas para a manutenção da temperatura necessária para a sobrevivência da colmeia.

A tabela 6 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da umidade interna da colmeia 2. É possível verificar uma média de 85% de umidade na colmeia o que equivale ao trabalho realizado pelas abelhas para a manutenção da temperatura necessária para a sobrevivência da colmeia.

Tabela 5 - Estatística Descritiva da Temperatura Interna da Colmeia 2.

Dia	\bar{X}	<i>Md</i>	<i>Mo</i>	<i>S</i>	<i>Ampl.</i>	X_{min}	$X_{máx}$	<i>n</i>
1	30,53	32,00	33,00	2,920	9,00	24,00	33,00	74
2	27,99	29,00	23,00	3,618	10,00	23,00	33,00	166
3	26,94	26,00	26,00	2,381	9,00	23,00	32,00	267
4	28,16	30,00	31,00	3,675	11,00	21,00	32,00	213
5	28,96	29,00	31,00	2,291	10,00	23,00	33,00	181
6	28,96	29,00	31,00	2,291	10,00	23,00	33,00	181
7	26,97	28,00	32,00	4,374	13,00	20,00	33,00	156
8	27,92	29,00	32,00	3,469	11,00	21,00	32,00	156
9	28,89	30,00	31,00	2,419	8,00	24,00	32,00	183
10	28,74	30,00	30,00	2,963	9,00	24,00	33,00	211
11	28,77	29,00	32,00	2,807	9,00	24,00	33,00	194
12	25,35	25,00	25,00	1,597	7,00	22,00	29,00	212
13	26,60	27,00	24,00	3,998	13,00	20,00	33,00	212
14	28,57	29,00	32,00	2,935	10,00	23,00	33,00	240
15	30,39	31,00	32,00	1,984	7,00	26,00	33,00	219
16	29,88	30,00	30,00	1,788	7,00	26,00	33,00	251
17	27,75	28,00	27,00	1,025	4,00	26,00	30,00	36

Legenda: \bar{X} = Média; ***Md*** = Mediana; ***Mo*** = Moda; ***S*** = Desvio Padrão; ***Ampl.*** = Amplitude da variável; X_{min} = Valor Mínimo da variável; $X_{máx}$ = Valor Máximo da Variável, ***n*** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

A tabela 7 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento e evolução da massa (peso) da colmeia 4. É possível verificar o aumento de massa (peso) médio da colmeia o que equivale ao aumento de mel produzido no período.

A tabela 8 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da temperatura interna da colmeia 4. É possível verificar uma média de 25,3°C na colmeia o que equivale ao trabalho realizado pelas abelhas para a manutenção da temperatura necessária para a sobrevivência da colmeia.

Tabela 6 - Estatística Descritiva da Umidade Interna da Colmeia 2.

Dia	\bar{X}	Md	Mo	S	Ampl.	X_{\min}	X_{\max}	n
1	90,97	99,00	99,00	12,750	48,00	51,00	99,00	74
2	98,99	99,00	99,00	0,078	1,00	98,00	99,00	166
3	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	267
4	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	213
5	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	181
6	97,35	99,00	99,00	2,378	7,00	92,00	99,00	168
7	92,77	94,00	99,00	6,247	16,00	83,00	99,00	156
8	87,32	90,00	76,00	7,823	24,00	75,00	99,00	156
9	92,05	93,00	97,00	5,464	17,00	82,00	99,00	183
10	70,28	71,00	58,00	9,974	31,00	58,00	89,00	211
11	75,84	76,00	83,00	5,413	17,00	67,00	84,00	194
12	61,35	65,00	69,00	9,542	30,00	44,00	74,00	212
13	54,98	53,00	53,00	10,145	45,00	44,00	89,00	212
14	66,84	67,00	60,00	8,076	39,00	53,00	92,00	240
15	73,38	72,00	69,00	7,728	34,00	60,00	94,00	219
16	95,54	99,00	99,00	5,611	19,00	80,00	99,00	251
17	98,22	98,00	99,00	0,760	2,00	97,00	99,00	36

Legenda: \bar{X} = Média; **Md** = Mediana; **Mo** = Moda; **S** = Desvio Padrão; **Ampl.** = Amplitude da variável; X_{\min} = Valor Mínimo da variável; X_{\max} = Valor Máximo da Variável, **n** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

Tabela 7 - Estatística Descritiva da Massa da Colmeia 4.

Dia	\bar{X}	Md	Mo	S	Ampl.	X_{\min}	X_{\max}	n
1	31,40	31,30	31,04	0,308	0,99	31,01	32,00	98
2	31,79	31,61	31,49	0,450	1,54	31,21	32,75	163
3	38,27	32,29	32,45	43,299	344,64	31,45	376,09	179
4	31,79	31,78	31,78	0,209	1,22	31,08	32,30	172
5	31,90	31,97	32,01	0,233	0,92	31,26	32,18	176
6	32,51	32,62	32,55	0,477	1,58	31,45	33,03	175
7	32,62	32,60	32,49	0,169	0,70	32,27	32,97	161
8	32,43	32,41	32,33	0,125	0,50	32,22	32,72	150
9	32,44	32,43	32,37	0,183	0,75	32,10	32,85	164
10	32,39	32,36	32,32	0,223	0,84	31,96	32,80	168
11	32,55	32,55	32,44	0,167	0,64	32,24	32,88	168
12	32,59	32,59	32,73	0,142	0,58	32,25	32,83	160
13	32,35	32,32	32,21	0,159	0,76	32,05	32,81	171
14	32,70	32,76	32,82	0,267	1,12	32,06	33,18	182
15	33,22	33,23	33,33	0,174	0,82	32,77	33,59	167
16	33,84	33,80	33,74	0,164	0,60	33,60	34,20	159
17	33,48	33,44	33,44	0,121	0,58	33,27	33,85	30

Legenda: \bar{X} = Média; **Md** = Mediana; **Mo** = Moda; **S** = Desvio Padrão; **Ampl.** = Amplitude da variável; X_{\min} = Valor Mínimo da variável; X_{\max} = Valor Máximo da Variável, **n** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

Tabela 8 - Estatística Descritiva da Temperatura Interna da Colmeia 4.

Dia	\bar{X}	<i>Md</i>	<i>Mo</i>	<i>S</i>	<i>Ampl.</i>	X_{min}	$X_{máx}$	<i>n</i>
1	28,64	31,00	31,00	3,684	14,00	19,00	33,00	98
2	24,93	25,00	29,00	4,550	15,00	17,00	32,00	163
3	23,50	23,00	23,00	2,560	9,00	20,00	29,00	179
4	22,65	22,00	18,00	4,804	14,00	17,00	31,00	172
5	24,65	23,00	20,00	4,491	14,00	19,00	33,00	176
6	25,46	24,00	19,00	5,796	16,00	19,00	35,00	175
7	22,96	22,00	18,00	4,221	12,00	18,00	30,00	161
8	23,92	23,00	21,00	3,960	12,00	18,00	30,00	150
9	26,21	27,00	29,00	3,582	13,00	21,00	34,00	164
10	25,02	24,00	30,00	4,255	13,00	19,00	32,00	168
11	25,74	25,00	30,00	4,202	15,00	20,00	35,00	168
12	23,98	24,00	24,00	1,887	9,00	20,00	29,00	160
13	32,35	32,32	32,21	0,159	0,76	32,05	32,81	171
14	23,05	22,00	28,00	3,795	11,00	18,00	29,00	182
15	26,43	26,00	30,00	3,416	10,00	21,00	31,00	167
16	27,77	28,00	29,00	2,873	12,00	21,00	33,00	159
17	23,17	23,00	23,00	1,315	4,00	22,00	26,00	30

Legenda: \bar{X} = Média; ***Md*** = Mediana; ***Mo*** = Moda; ***S*** = Desvio Padrão; ***Ampl.*** = Amplitude da variável; X_{min} = Valor Mínimo da variável; $X_{máx}$ = Valor Máximo da Variável, ***n*** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

A tabela 9 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da umidade interna da colmeia 4. É possível verificar uma média de 88% de umidade na colmeia o que equivale ao trabalho realizado pelas abelhas para a manutenção da temperatura necessária para a sobrevivência da colmeia.

A figura 4 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento e evolução da massa (peso) das colmeias 1, 2 e 4. É possível verificar o aumento de peso médio das colmeias o que equivale ao aumento de mel produzido no período.

É possível verificar o aumento de peso das colmeias, entretanto observou-se uma variação para menos durante o dia, essa variação demonstra o horário de saída e retorno das abelhas operárias encarregadas de buscar água, néctar e pólen.

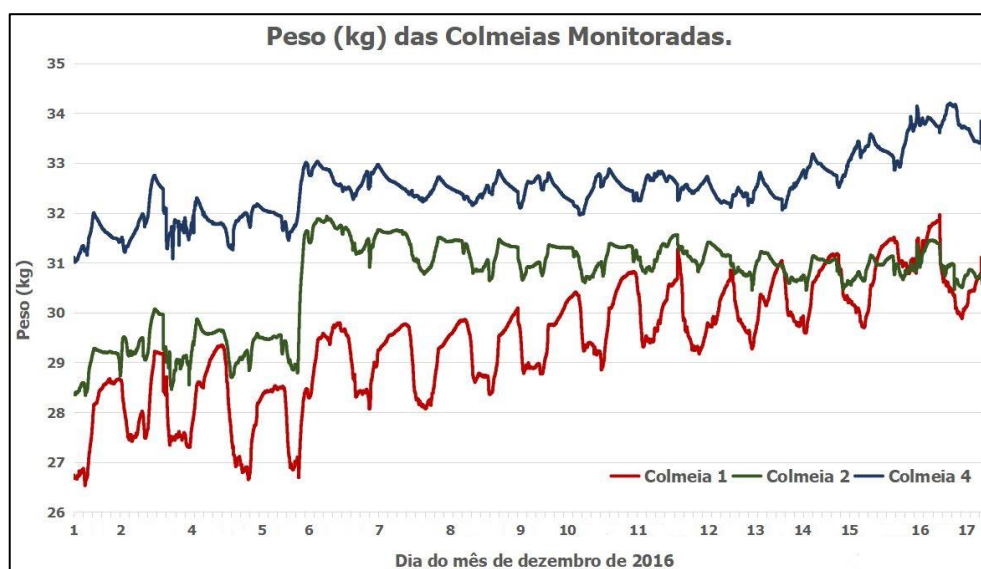
Destaca-se que no dia 6 ocorreu uma variação fora da curva normal na colmeia 2, em face de chuva que naquela data que interferiu no peso daquela colmeia por causa da sua exposição diferente das demais. Note-se que a colmeia 2 diminui o seu peso quando começou a secar.

Tabela 9 - Estatística Descritiva da Umidade Interna da Colmeia 4.

Dia	\bar{X}	Md	Mo	S	Ampl.	X_{\min}	X_{\max}	n
1	62,11	60,00	61,00	13,530	53,00	46,00	99,00	98
2	97,18	99,00	99,00	2,925	9,00	90,00	99,00	163
3	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	179
4	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	172
5	98,84	99,00	99,00	0,397	2,00	97,00	99,00	176
6	97,80	98,00	99,00	1,339	5,00	94,00	99,00	175
7	96,24	95,00	94,00	2,274	5,00	94,00	99,00	161
8	92,11	91,00	91,00	2,834	12,00	87,00	99,00	150
9	92,64	93,00	95,00	1,937	7,00	90,00	97,00	164
10	81,76	80,00	79,00	3,851	13,00	78,00	91,00	168
11	84,09	84,00	88,00	3,380	12,00	78,00	90,00	168
12	77,80	80,50	82,00	5,753	21,00	66,00	87,00	160
13	76,12	75,00	72,00	4,104	17,00	69,00	86,00	171
14	78,80	79,00	79,00	3,328	13,00	73,00	86,00	182
15	81,20	82,00	85,00	4,528	17,00	73,00	90,00	167
16	93,36	97,00	99,00	5,789	14,00	85,00	99,00	159
17	99,00	99,00	99,00	0,000	0,00	99,00	99,00	30

Legenda: \bar{X} = Média; **Md** = Mediana; **Mo** = Moda; **S** = Desvio Padrão; **Ampl.** = Amplitude da variável; X_{\min} = Valor Mínimo da variável; X_{\max} = Valor Máximo da Variável, **n** = Número de medições realizados no dia. Fonte: do Autor.

Figura 4 - Estatística de peso (kg) das Colmeias Monitoradas.

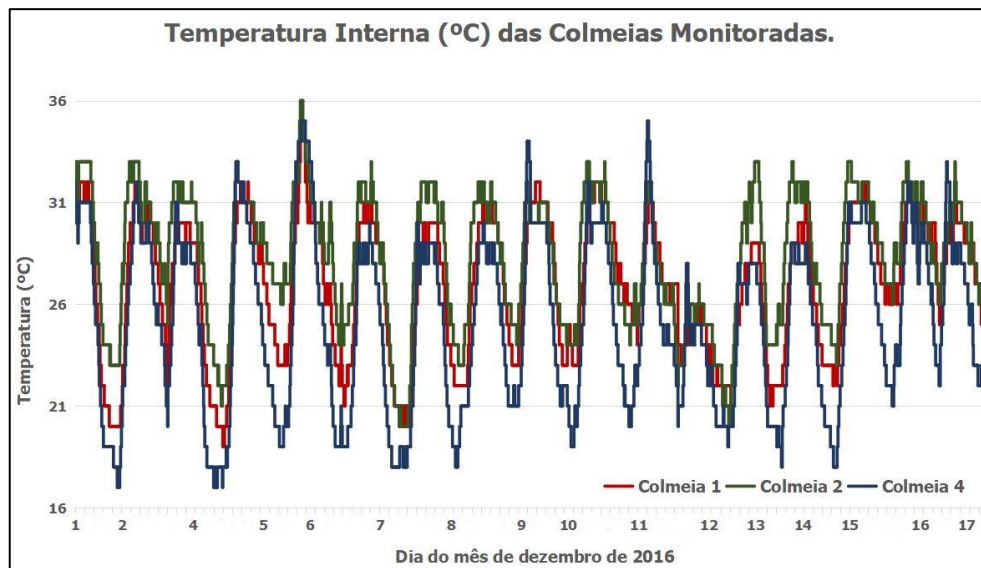


Fonte: Autor.

A figura 5 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da temperatura interna das colmeias 1, 2 e 4. É possível verificar uma média de 26,83°C nas colmeias o que equivale ao trabalho realizado pelas abelhas para a manutenção da temperatura necessária para a sobrevivência da colmeia. Os dados coletados

mostram uma média de temperatura menor que a indicada na revisão de literatura, que pode demonstrar a interferência da temperatura externa, bem como a quantidade de abelhas existente na colmeia

Figura 5 - Evolução da Temperatura Interna (°C) das Colmeias Monitoradas.



Fonte: Autor.

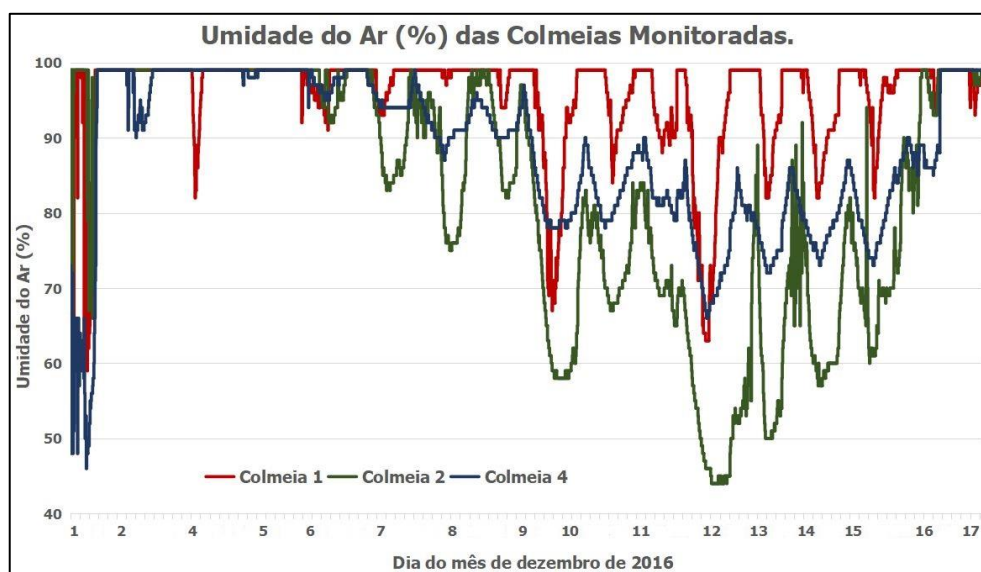
A quantidade de abelhas envolvidas neste trabalho de arrefecimento ou aquecimento irá aumentar ou diminuir de acordo com a temperatura atual do ninho. TAUTZ et al. (2003) relataram que em *Apis mellifera* as maiores quantidades de alimento depositados nas células de cria puderam originar indivíduos mais resistentes ao ambiente em condições desfavoráveis. Entretanto, se os indivíduos sofreram durante seu desenvolvimento algum tipo de alteração na temperatura, estas podem causar malefícios para a colônia, originado indivíduos com deformação no corpo, alta mortalidade dos mesmos e indivíduos que até mesmo não desempenham com eficácia as funções realizadas no ninho (TAUTZ et al., 2003).

A figura 6 ilustra a coleta de dados obtida entre os dias 1 e 17 de dezembro de 2016, referente ao acompanhamento da umidade interna da colmeia nas colmeias 1, 2 e 4. É possível verificar uma média de 88% de umidade na colmeia o que equivale ao trabalho realizado pelas abelhas para a manutenção da temperatura necessária para a sobrevivência da colmeia. Os dados coletados mostram um índice de umidade muito alto o que pode gerar o aparecimento de ácaros se o apicultor não fizer uma intervenção, pois a umidade ideal conforme revisão de literatura é abaixo de 50%.

Esta informação é importante para o apicultor verificar se há presença do ácaro Varroa. Pois a umidade é um de seus principais aliados, especialmente com a elevação da temperatura na primavera. O que pode acarretar até a perda da colmeia.

Com o intuito de analisar a evolução do peso das colmeias em horas específicas do dia foram selecionados os seguintes horários que estão apresentados na tabela 10: 01:00; 04:00; 07:00; 10:00; 13:00; 16:00; 19:00 e 22:00.

Figura 6 - Estatística da Umidade do Ar (%) das Colmeias Monitoradas.



Fonte: Autor.

A Figura 7 ilustra a coleta de dados obtida no período de análise por intervalos horários de 3 horas. É possível verificar um incremento constante de peso da colmeia.

Esse incremento permite analisar o comportamento da colmeia, uma vez que demonstra o horário de saída e retorno das abelhas operárias encarregadas de buscar água, néctar e pólen. Entretanto nota-se um aumento de peso constante devido a produção de mel.

Destaca-se que no dia 6 ocorreu uma variação fora da curva normal na colmeia 2 (figura 7b), em face de chuva que naquela data que interferiu no peso desta colmeia por causa da sua exposição diferente das demais. Entretanto nota-se que a colmeia diminui o seu peso quando começou a secar.

Para observar com mais propriedade o horário de saída das abelhas operárias das colmeias para o trabalho a figura 8 mostra a evolução diária do peso da colmeia 1 obtida em intervalos de 10 minutos, durante o período experimental de campo.

Tabela 10 - Evolução do Peso das Colmeias a cada 3 horas durante o período de análise.

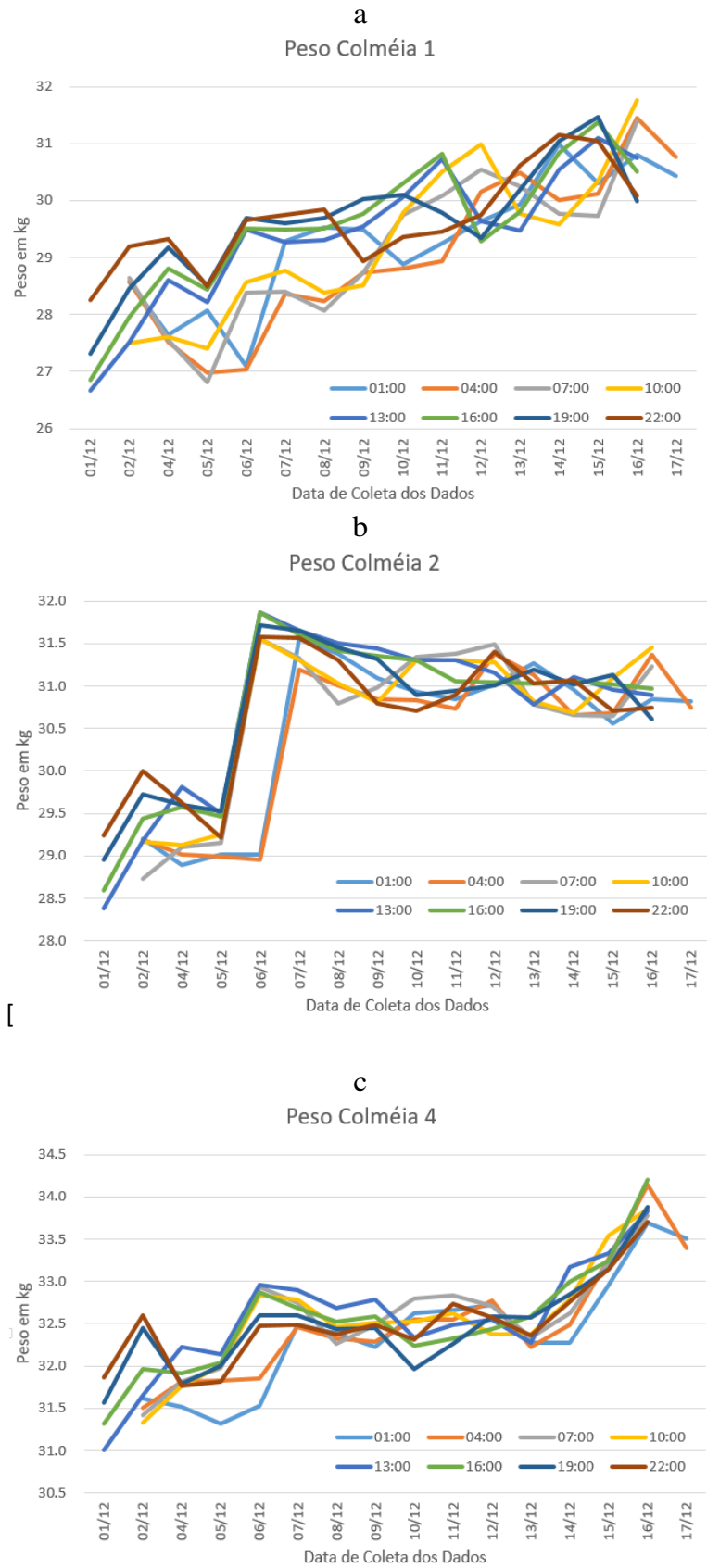
Hora	C	Dia do Mês de Dezembro de 2016															
		1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
01:00	1		28,6	27,7	28,1	27,1	29,3	29,5	29,5	28,9	29,3	29,6	29,9	31,0	30,3	30,8	30,4
	2		29,2	28,9	29,0	29,0	31,6	31,4	31,1	30,9	30,9	31,0	31,3	31,0	30,6	30,8	30,8
	4		31,6	31,5	31,3	31,5	32,5	32,4	32,2	32,6	32,7	32,7	32,3	32,3	33,0	33,7	33,5
04:00	1		28,6	27,5	27,0	27,0	28,4	28,2	28,7	28,8	28,9	30,2	30,5	30,0	30,1	31,5	30,8
	2		29,2	29,0	29,0	29,0	31,2	31,0	30,9	30,8	30,7	31,4	31,1	30,7	30,7	31,4	30,7
	4		31,5	31,8	31,8	31,9	32,5	32,3	32,3	32,6	32,6	32,8	32,2	32,5	33,3	34,1	33,4
07:00	1		28,7	27,6	26,8	28,4	28,4	28,1	28,7	29,7	30,1	30,5	30,2	29,8	29,7	31,4	
	2		28,7	29,1	29,2	31,6	31,3	30,8	31,0	31,3	31,4	31,5	30,8	30,7	30,7	31,2	
	4		31,4	31,8	32,0	32,9	32,8	32,3	32,5	32,8	32,8	32,7	32,3	32,6	33,2	33,8	
10:00	1		27,5	27,6	27,4	28,6	28,8	28,4	28,5	29,8	30,5	31,0	29,8	29,6	30,3	31,8	
	2		29,2	29,1	29,3	31,6	31,3	31,0	30,8	31,3	31,3	31,3	30,8	30,7	31,1	31,5	
	4		31,3	31,8	32,0	32,8	32,8	32,5	32,5	32,5	32,6	32,4	32,4	32,8	33,5	33,9	
13:00	1	26,7	27,5	28,6	28,2	29,5	29,3	29,3	29,6	30,1	30,7	29,6	29,5	30,5	31,1	30,8	
	2	28,4	29,2	29,8	29,5	31,9	31,7	31,5	31,4	31,3	31,3	31,2	30,8	31,1	31,0	30,9	
	4	31,0	31,7	32,2	32,1	33,0	32,9	32,7	32,8	32,3	32,5	32,6	32,3	33,2	33,3	33,8	
16:00	1	26,9	28,0	28,8	28,4	29,5	29,5	29,5	29,8	30,3	30,8	29,3	29,8	30,8	31,4	30,5	
	2	28,6	29,4	29,6	29,5	31,9	31,6	31,4	31,4	31,3	31,1	31,0	31,0	31,1	31,0	31,0	
	4	31,3	32,0	31,9	32,0	32,9	32,7	32,5	32,6	32,2	32,3	32,4	32,6	33,0	33,2	34,2	
19:00	1	27,3	28,5	29,2	28,5	29,7	29,6	29,7	30,0	30,1	29,8	29,3	30,2	31,1	31,5	30,0	
	2	29,0	29,7	29,6	29,5	31,7	31,7	31,5	31,3	30,9	30,9	31,0	31,2	31,0	31,1	30,6	
	4	31,6	32,5	31,8	32,0	32,6	32,6	32,4	32,5	32,0	32,3	32,6	32,6	32,9	33,1	33,9	
22:00	1	28,3	29,2	29,3	28,5	29,7	29,8	29,8	28,9	29,4	29,5	29,7	30,6	31,2	31,0	30,1	
	2	29,2	30,0	29,6	29,2	31,6	31,6	31,3	30,8	30,7	30,9	31,4	31,0	31,1	30,7	30,7	
	4	31,9	32,6	31,8	31,8	32,5	32,5	32,4	32,5	32,3	32,7	32,6	32,4	32,8	33,1	33,7	

Fonte: Autor.

É possível inferir que nos horários de oscilação de pesos, coincide com a saída das abelhas operárias e as encarregadas da segurança, de buscar água, néctar e pólen em grupos diferentes. No início do período de análise o horário de menor peso aconteceu entre as 07:00 e as 10:00, passando a ser de madrugada no meio do período de análise e nos últimos dias acontecendo no período da tarde.

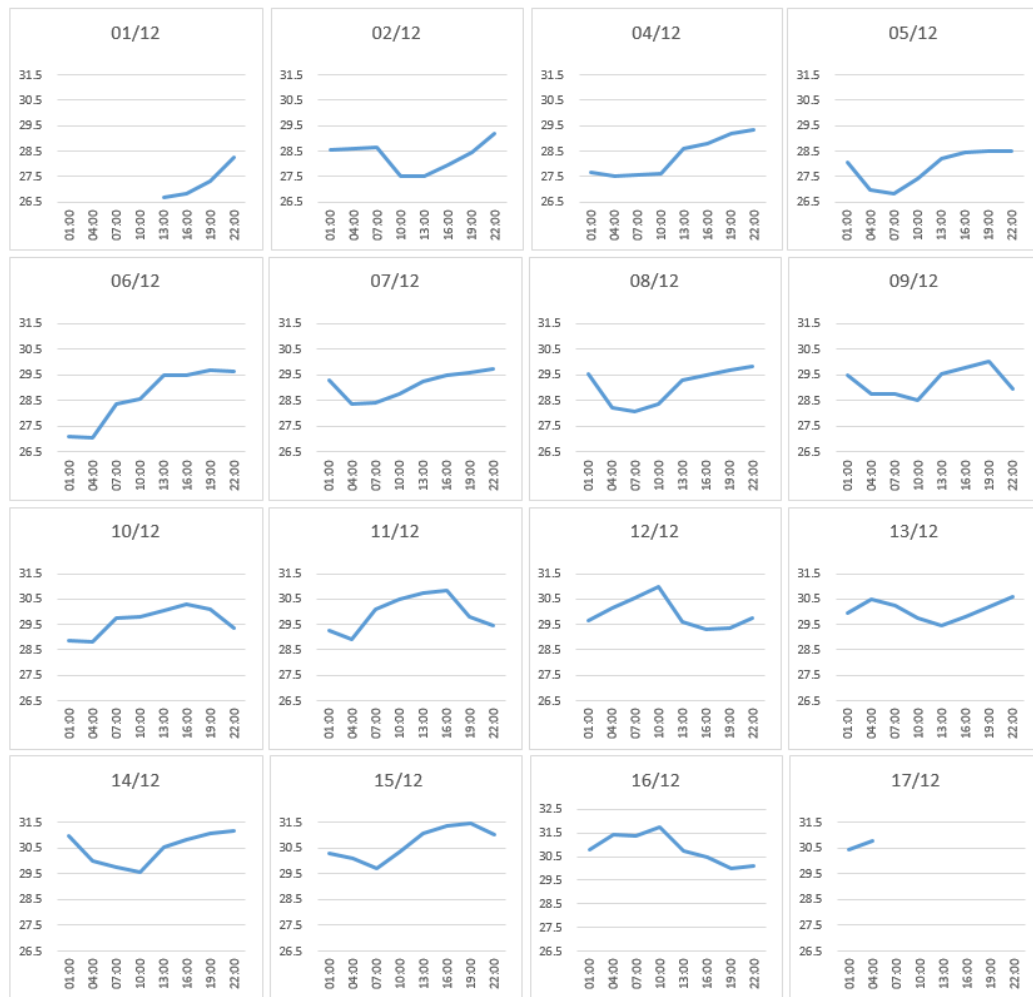
De acordo com a figura 9 observa-se que a série é não estacionária, pois com o passar do tempo há um acréscimo de peso. Como prerrogativa de modelagem de Box e Jenkins (1970) a série deve ser estacionária, portanto há a necessidade de se tomar diferenças.

Figura 7 – Evolução do peso das colmeias a cada 3 horas durante o período de análise.



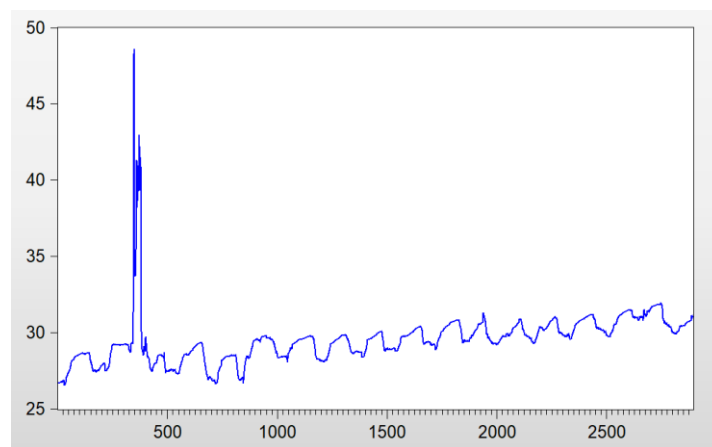
Fonte: Autor.

Figura 8 - Peso diário da colmeia 1 durante o período de análise.



Legenda: Eixo Horizontal: Hora do dia; Eixo Vertical: Peso da Colmeia 1. Fonte: Autor.

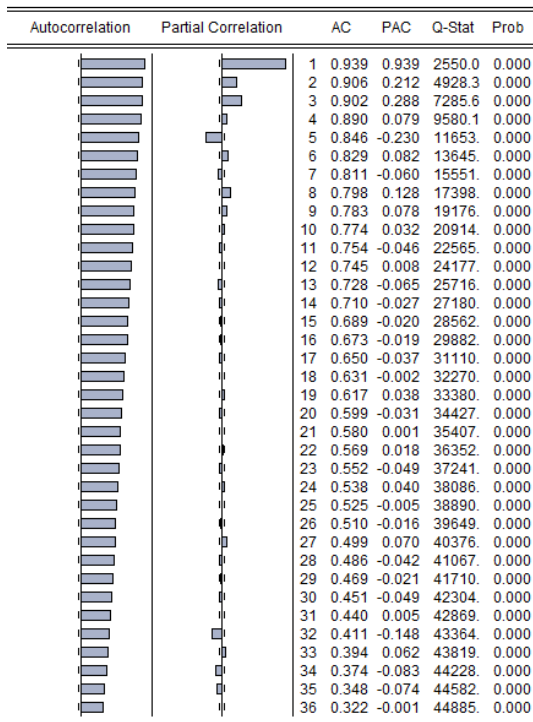
Figura 9 - Série temporal estatística do peso da colmeia 1 monitorada no trabalho.



Fonte: Autor.

Observando a função de autocorrelação (FAC) e a função de autocorrelação parcial (FACP), observa-se um decaimento lento do FAC o que corrobora a ideia de não estacionariedade da variável de peso.

Figura 10 - Autocorrelação e autoocorrelação parcial do peso da colmeia 1.



Fonte: Autor.

O modelo ARIMA selecionado foi um ARIMA (3,1,0), isto é, 3 parâmetros autoregressivos nos lags 1, 2, e 4 respectivamente e uma diferença simples $d+1$ e nenhum parâmetro de médias móveis, conforme tabela 11.

Tabela 11 – Modelo ARIMA (3,1,0) ajustado para a variável Peso

Modelo	Coefficiente	Erro padrão	T-Estatística	p-Valor
AR(1)	-0,314904	0,001597	-197,1788	0,0000
AR(2)	-0,254403	0,002027	-125,5186	0,0000
AR(4)	0,225392	0,001987	113,4594	0,0000

Fonte: Autor.

Observa-se da tabela 1, que todos os parâmetros são significativos, pois o valor de p é menor que zero (p -valor $< 0,00$). O modelo proporciona resíduos com características

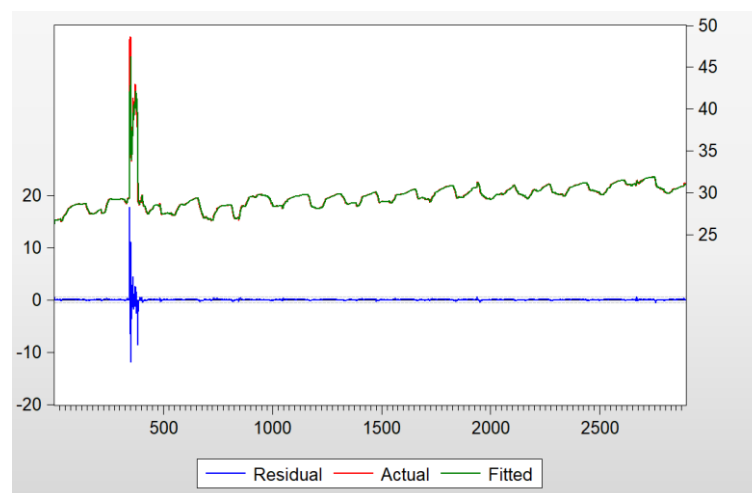
de ruído branco, com média zero, não autocorrelacionados e variância residual homocedástica.

A variável peso depende de instantes de tempo com uma defasagem $A(1)$ que corresponde aos 10 minutos anteriores, representados pelo $AR(2)$ e por uma defasagem de 40 minutos representados pelo $AR(4)$, dado que os dados foram coletados em intervalos de 10 em 10 minutos.

As estatísticas de ajuste do modelo fora de $AIC = 1,520923$ e $BIC = 1,529185$ o que valida um modelo parcimonioso em relação aos demais que foram estimados, os quais são aptos para se realizar previsões.

Como validação do modelo apresenta-se a figura 11, a série original, a série prevista e os resíduos.

Figura 11 – Resíduos , série original e série prevista.



Fonte: Autor.

Observa-se na figura 11, que a série ajustada converge para a série original, de modo que a mesma está sobreposta, o que indica que o modelo foi capaz de captar todos os movimentos da série original.

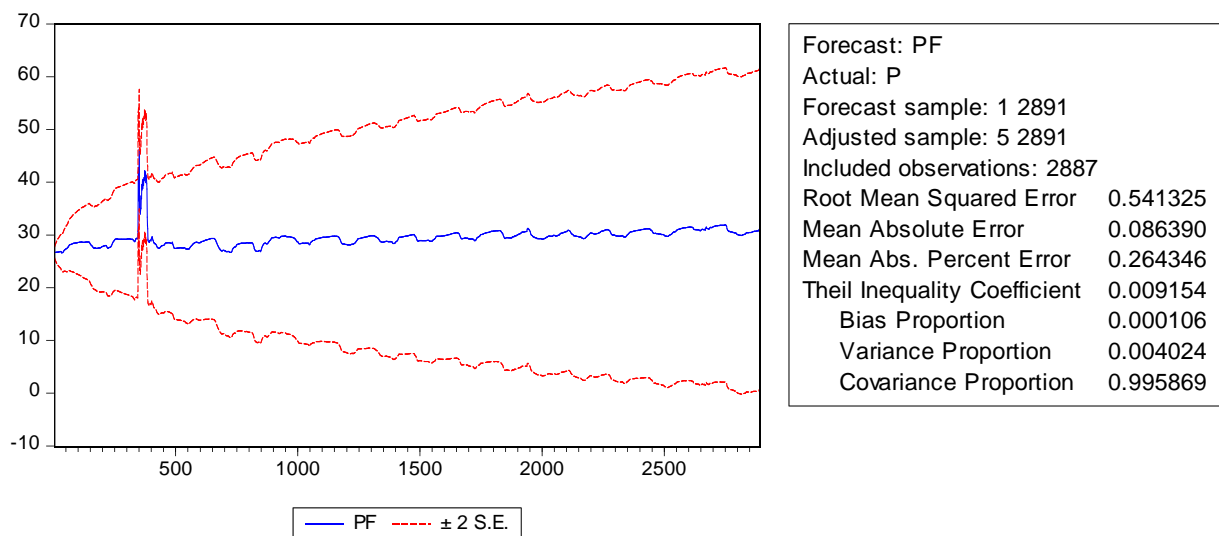
Ao determinar a série de resíduos ($et = Y_t - Y^t$) ou ($et = Z_t - Z^t$) (real – previsto) real menos a ajustada. Desta forma observa-se que a série residual (azul) se desenvolve em torno de zero, por isso média zero, apresenta variabilidade apenas no início da coleta de dados, o que mostra variância constante (homocedasticidade).

Cumpridas as etapas de estimação e validação do modelo pelas estatísticas de ajuste (foi o AIC, BIC e o ruído branco) realiza-se a previsão que apresentou Estatísticas

de $U - Theil = 0,009154$ o que mostra que o modelo estimado apresenta melhores condições de previsibilidade que a média da série, em U-Theil menor que 1 é bom indicativo para isso (figura 12).

Outra estatística para dar suporte para as previsões é o Erro Absoluto Médio – EAM ou *Mean Absolute Error* = 0,264346 que quanto menor este valor comparado a outros valores previstos de outros modelos melhor.

Figura 12 - Valores previstos.



Fonte: Autor.

Desta forma é possível afirmar que o modelo analisado reflete a realidade encontrada na pesquisa de campo.

5 CONCLUSÃO

Entender os mecanismos de termorregulação, é uma forma útil para estudos de mecanismos de auto-organização das abelhas, por causa da temperatura, tanto do ambiente, como do interior do ninho. A regulação da temperatura em abelhas pode envolver uma série de mecanismos, seja de aquecimento em condições de baixas temperaturas, ou arrefecimento, se a temperatura estiver elevada. Todos os mecanismos envolvidos no controle da temperatura são coordenados pela colônia, afim de manter a temperatura ideal do ninho. Embora o mecanismo de termorregulação das abelhas seja bastante conhecido nas abelhas do gênero *Apis* que conseguem manter com bastante eficiência o controle da temperatura interna de suas colônias, o mesmo não se verifica nas abelhas sem ferrão com o mesmo rigor observado nas *Apis mellifera*, sendo este tema ainda sujeito a mais estudos para uma melhor compreensão.

Com este estudo é possível entregar ao apicultor um sistema que lhe permita obter informações precisas, em tempo real sobre algumas condições essenciais para a sanidade das colmeias. Tais como a temperatura e a umidade interna e externa das colmeias, direção e velocidade dos ventos, quantidade de chuva diária e acumulada por período, peso e localização das colmeias, pois esses dados são extremamente importantes para o manejo racional das colmeias.

Durante o período de análise observou-se que o peso médio das colmeias aumentou de 26,83 kg para 31,63 kg, o que permite ao apicultor saber sobre a alimentação das colmeias.

Durante o período de análise observou-se que a temperatura média das colmeias variou de 22,65 °C até 30,53 °C, o que permite ao apicultor saber sobre a alimentação das colmeias, o que permite ao apicultor informação importante sobre o comportamento da colmeia.

Durante o período de análise observou-se que a umidade média das colmeias variou entre 54,98% e 99,00%, o que permite ao apicultor saber se há risco de infestação de Varroa, para fazer intervenção sanitária.

Durante o período de análise utilizando as séries temporais é possível afirmar que o modelo analisado reflete a realidade encontrada na pesquisa de campo, relativamente ao peso das colmeias e predição sugerida pelo modelo, podendo ser aplicado em outras colmeias.

Além da obtenção dessas informações à distância de forma não invasiva, o apicultor poderá perceber se há falta de alimento, se houve algum invasor predador das abelhas, comparar

a produção entre colmeias, acessando um perfeito diário de inspeções e finalmente poderá ser informado acerca do roubo de colmeias.

Espera-se um acompanhamento do comportamento das colônias que permitam coletar dados que possibilitem auxiliar no esclarecimento de um grande problema que é o desaparecimento das abelhas, chamado de Distúrbio do Colapso das Colônias (DCC).

A viabilidade econômica do presente modelo demonstra inicialmente um custo acima do esperado, para os padrões conhecidos para investimento em novas tecnologias pelos apicultores brasileiros, porém quando produzido em larga escala demonstra viabilidade econômica com rápido retorno dos investimentos.

Dado que a delimitação do estudo reside no tamanho amostral, pois o modelo estimado não investigou as diferentes estações do ano e fenômenos climatológicos, tais como intensidade do vento, insolação e o índice pluviométrico.

Sugere-se também uma modelagem multivariada de modo a captar as influências simultâneas de temperatura, umidade e peso das colmeias.

REFERÊNCIAS

- BATRA, S.W. **Solitary bees**. *Scientific American*. 1984.
- BUCHMANN SL, THOENES S.C. **The electronic scale honey bee colony as a management and research tool**. *Bee Sci* 1: 40–47. 1990.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Multimodel inference: understanding aic and bic in model selection**. *Sociological Methods and Research*. Beverly Hills, v.33, n.2, p.261-304, May 2004.
- DE JONG, D.; MESSAGE, D. **New and exotic disease threats for Brazilian bees**. In: VIII Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, SP, Anais...2008.
- DYER, F. C. and SEELEY, T. D. **Nesting behavior and the evolution of worker tempo in four honey bee species**. *Ecology* 72, 156–170. 1991.
- DOUL K.M., **The effects of different humidities on the hatching of the eggs of honeybees**. *Apidologie* 7 (1) 61-66, (1976)
- ELLIS M.B. **Homeostasis: Humidity and Water Relation in Honeybee Colony**, Master Thesis (University of Pretoria), (2008).
- EMBRAPA MEIO NORTE (Terezina-PI) **Apicultura: Sistema de Produção** ,3.ISSN 1678-8818. Versão Eletrônica, Jun 2003.
- FAO. **Key Statistics of food and agriculture external trade**.2004. Disponível em <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em 19-06-2016.
- FAO. **The State of Food and Agriculture**.2014. Disponível em <<http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>>. Acesso em 01-08-2018.
- FAO - **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**, sites: <http://www.onu.org.br/rio20>, <http://faostat3.fao.org>
- FERNANDES,T. **A importância das abelhas na vida do planeta**. Disponível em: <http://www.rondoniagora.com/noticias/a-importancia-das-abelhas-na-vida-do-planeta-por-tadeu-fernandes.htm>. Acesso em: 19/07/2016.
- FRANKIE, G. W., HABER, W.W.; OPLER, P. A.; BAWA, K.S..**Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rica dry forest**. In.; C. E. Jones e R. J. Little (eds.), *Handbook of experimental pollination biology*. New York, Scientific and Academic Editions, 1983, 558 p.
- FREITAS, B.M. **O uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas**. Mensagem doce. N.46, p.16-20, São Paulo: APACAME, 1998.
- GALLO. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ. 920 p. 2002.

- HEINRICH, B. & ESCH, H. **Thermooregulation in bees.**, *American Scientist*. 82:164-170. 1994.
- HUMAN H, NICOLSON SW, DIETEMANN V, **Do honeybees, *Apis mellifera scutellata*, regulate humidity in their nest?** *Naturwissenschaften* 93(8):397-401, (2006)
- JONES, J.C. & OLDROYD, B.P. **Nest thermoregulation in social insects.** *Advances in Insect Physiology*. 33:153-191. 2007.
- KLEINHENZ, M., BUJOK., FUCHS, S., TAUTZ, J. **Hot bees in empty broodnest cells: heating from within.** *J. Exp. Biol.* 206, 4217–4231. 2003.
- KRAUS B, VELTHIUS HHW. **High humidity in the honey bee (*Apis mellifera* L.) brood nest limits reproduction of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud.** *Natur-wissenschaften* 84:217–18, 1997.
- KRONENBERG, F., HELLER, H. C. **Colonial thermoregulation in honey bees (*Apis mellifera*).** *J. Comp. Physiol. B*, 148, 65–76. 1982.
- LINNAEUS, CARL, **Natureza do sistema através dos três reinos da natureza, as classes, ordens, géneros e espécies, com os caracteres, as diferenças, sinónimos, lugares** (em) (10 ed.). Ed. Lorenzo Salvius, 1958.
- LOLI, D. **Termorregulação colonial e energetic individual em abelhas sem ferrão *Melipona quadrifasciata* Lepeletier** (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP. 229p. 2008.
- LORENZON, M. C.; OLIVEIRA, C. de; JORDÃO, A. R.; CORDEIRO, G. D. **Carga térmica de radiação de dois apiários de abelhas africanizadas dispostos ao sol e à sombra.** In: Congresso brasileiro de apicultura, 15.; congresso brasileiro de meliponicultura, 1., 2004, Natal. Anais... Natal: Confederação Brasileira de Apicultura: SEBRAE-RN, 2004.
- MALAGODI BRAGA, K. S. **Abelhas: por quê manejá-las para a polinização?** <http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/abelhas2.htm>. Acessado em 15/7/16
- MANUAL DE OSLO – **Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação.** Uma publicação conjunta de OCDE e Eurostat | Financiadora de Estudos e Projetos, terceira edição. 2010.
- MAVI, H. S. & TUPPER, G. J., **Agrometeorology. Principles and applications of climate studies in agriculture.** Food Products Press. (2004).
- MAY, MICHAEL.L. **Insect thermoregulation.** *Ann. Review Entomology*, 1979.
- MEIKLE WG, HOLST N **Application of continuous monitoring of honey bee colonies,** *Apidologie*46:10–22. doi: [10.1007/s13592-014-0298-x](https://doi.org/10.1007/s13592-014-0298-x), 2015.
- MEIKLE WG, HOLST N, MERCADIER G, DEROUANÉ F, JAMES RR, **Using balances linked to dataloggers to monitor honey bee colonies,** *J Apic Res* 45(1): 39–4, 2006.

- MEIKLE WG, RECTOR BG, MERCADIER G, HOLST N, **Within-day variation in continuous hive weight data as a measure of honey bee colony activity**. *Apidologie* 39: 694-707. 2008.
- MENTZER, J. T.; BIENSTOCK, C. C. **SALES FORECASTING MANAGEMENT**. CALIFORNIA, SAGE, 1998.
- MICHENER, CHARLES D. **The Bees of the World**. Baltimore and London. The John Hopkins University Press. 2000
- MOJARAVSKI, DAVID FERREIRA, **Apicultura Digital. Dissertação de Mestrado**, UFSM, 2018.
- MORETTIN, PEDRO A. BUSSAB, WILTON DE O. **Estatística Básica**. 8 ed. – São Paulo: Saraiva, 2013.
- OLDROYD, B.P. **What's Killing American Honey bees?** *PLOS Biology*, 5: e-168. 2007. Site <http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0050168>, acessado em 24/06/16
- PAXTON, R. **Conserving wild bees**. *Bee World*. N.76, v.2, p.53-55. Inglaterra, 1995.
- PERUCHI, R. M. G., GONÇALVES, L. S., **Sem abelha sem alimento – Caderno do atividades para educação ambiental**, FUNBIO, Rio de Janeiro-RJ. 2015)
- PINTO, M. R.; MIGUEL, W. **Mortalidade de abelhas *Apis mellifera* em Santa Catarina: intoxicação por inseticidas carbamatos**. 35º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária – CONBRAVET, Gramado – RS. 2008.
- PORTER, MICHAEL E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 2ª Edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2004 – 3ª reimpressão, Michael E. Porter; tradução de Elizabeth Maria de pinho Braga.
- ROIG-ALSINA, A. & C.D. Michener. **Studies of the phylogeny and classification of long-tongued bees** (Hymenoptera: Apoidea) *The University of Kansas science bulletin*. 1993.
- ROUBIK, D.W. **Tropical pollinators in the canopy and understory: field data and theory for stratum preferences**. *J. Ins. Behav.* 1993. 6: 659-73.
- SANTOS, A. S. **A vida de uma abelha solitária**. Disponível em: <http://www.abelhas.noradar.com/artigos.htm>. Jan 2002. Acesso: 17/05/2016.
- SEBRAE, **Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Bahia**. SEBRAE, Bahia – BA, 2009.
- SEGEREN, P. **Apicultura nas regiões tropicais**. *Agrodok* 32. Fundação Agromisa, ISBN: 90-77073-77-9. 2004 USAID/Brasil. **Análise da indústria do mel**. Inserção de micro e pequenas empresas no mercado internacional. Volume 2. Nov 2006.

SOUZA, DARCEY COSTA – **Org. Apicultura: Manual do agente de desenvolvimento rural / organizado por Darcey Costa Souza**. 2. ed. rev.._Brasília: Sebrae 2007.

SOUZA, FRANCISCA MENDONÇA. **Modelos de Previsão: aplicações à energia elétrica – ARIMA- ARCH – AI e ACP**. 1. Ed. – Curitiba: Appris Editora, 2016.

STALIDZANS E, ZACEPINS A, KVIESIS A, BRUSBARDIS V, MEITALOVS J, PAURA L, et al. Dynamics of weight change and temperature of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies in a wintering building with controlled temperature. *J Econ Entomol* 110(1): 13–23. doi: [10.1093/jee/tow282](https://doi.org/10.1093/jee/tow282) [[PubMed](#)], 2017.

TAUTZ, J., MAIER, S., GROH, C., RÖSSLER, W. & BROCKMANN, A. **Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development**. Site <http://www.pnas.org/content/100/12/7343.long>, acessado em 15/5/16. 2003.

TENNANT, EMMA SARAH; CHADWICK, FERGUS, **The Bee Book – Discover the wonder of bees and how to protect them for generations to come**, Ed. Dorling Kindersley Limited, 2016.

THOENES SC, BUCHMANN SL, **Colony abandonment by adult honey bees: A behavioral response to high tracheal mite infestation?** *J Apic Res* 31: 167–168. 1992.

VELTHUIS, H. H. W. 1997. **The biology of the stingless bees**. Utrecht, Department of Ethology, Utrecht University, The Netherlands and Department of Ecology, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, 33 p. +8 plates.

WIESE, HELMUTH, **Apicultura Novos Tempos**. 2. Ed. – Guaíba : Agrolivros, 2005.

WILSON, E. O. (1971). **The Insect Societies**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

ZACEPINS. A., STALIDZANS. E. **Aplicação de Tecnologias de Informação na Apicultura de Precisão** (Application of Information Technologies in Precision Apiculture). Universidade de Agricultura da Letônia. Artigo acessado no site https://www.ispag.org/abstract_papers/papers/abstract_1023.pdf em 02/11/2016.

GLOSSÁRIO

Apidae: é uma família de abelhas que inclui, entre outras tribos, o grupo das abelhas corbiculadas - Apini, que inclui algumas das abelhas mais importantes da região Neotropical - as tribos de abelhas Euglossini e Meliponini.

Apis mellifera é uma abelha social, originária do Sul da Europa, cujas operárias medem de 12 mm a 13 mm de comprimento e apresentam faixas amarelas nos segmentos abdominais. Também é conhecida como abelha-amarela e abelha-italiana-amarela. Foi introduzida em outros países da Europa e na América, para a apicultura. Sua baixa agressividade, aliadas a alta produtividade e a rápida produção de favos de mel e própolis, faz as abelhas italianas serem muito populares no mundo todo, sendo, de fato, a preferida dos apicultores.

Corbícula ou cesta de pólen é a parte da tíbia da perna traseira da abelha, presente em quatro tribos de Apinae (subfamília da família Apidae): abelhas melíferas, mamangava, abelhas sem ferrão e abelhas-das-orquídeas. Devido a isto, elas também são chamadas de abelhas corbiculadas,

Enxameação é a multiplicação das colônias de abelhas, pela emigração de uma parte da população de uma colmeia.

Feromônio também conhecido como feromona, os feromônios são hormônios sexuais que permitem que seres da mesma espécie se reconheçam e se interajam. Essas substâncias são secretadas por mamíferos e insetos com o objetivo de impulsionar a atração sexual entre indivíduos intraespecíficos. O termo foi criado pelos cientistas Adolf Butenandt e Peter Karlson, que tem origem grega, *pheren* = transmitir, *hormon* = excitar.