



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA



**ADAPTABILIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS**  
*(Apis mellifera)* **EM COLMEIAS DE CONCRETO LEVE**  
**COM VERMICULITA EXPANDIDA**

CAMPINA GRANDE - PB

AGOSTO - 2019

IGOR TORRES REIS

**ADAPTABILIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS**  
*(Apis mellifera)* **EM COLMEIAS DE CONCRETO LEVE**  
**COM VERMICULITA EXPANDIDA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado

Campina Grande - PB

Agosto - 2019

R375a

Reis, Igor Torres.

Adaptabilidade e produção de abelhas (*Apis mellifera*) em colmeias de concreto leve com vermiculita expandida / Igor Torres Reis. – Campina Grande, 2019.

73 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado".

Referências.

I. Apicultura. 2. Colmeia Langstroth. 3. Ambiência – Isolamento Térmico. I. Furtado, Dermeval Araújo. II. Título.

CDU 638.1/.19(043)

IGOR TORRES REIS

**ADAPTABILIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS**  
**(*Apis mellifera*) EM COLMEIAS DE CONCRETO LEVE**  
**COM VERMICULITA EXPANDIDA**

Aprovado em: 27 de Agosto de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado  
Orientador - UFCG/UEAg

---

Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto  
Examinador Interno - UFCG/UEAg

---

Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento  
Examinador Interno - UFCG/UEAg

---

Profa. Dra. Maria Luiza Souza Rezende  
Examinadora Interna - UFCG/UAEM

---

Profa. Dra. Adriana Evangelista-Rodrigues  
Examinadora Externa - UFPB/CCA

Aos meus familiares, minha esposa e meus filhos, por se fazerem sempre presentes em minha vida, superando juntos todas as dificuldades que se passaram durante a execução deste trabalho, sendo eles os principais responsáveis por minha dedicação nessa tese.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Campina - UFCG, através do curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiente, pela possibilidade de realização do presente projeto de tese.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, *Campus*: Picuí por consentir a minha liberação para que eu pudesse cursar esta pós-graduação.

Ao meu orientador prof. Dr. Dermeval Furtado Araújo pela amizade, orientações e dúvidas retiradas ao longo da execução do presente projeto.

Ao prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto e ao prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento, pela amizade e por todo conhecimento repassado durante as disciplinas.

Ao técnico de laboratório Joselito Araújo, pela amizade e grande colaboração nos ensaios técnicos de materiais, no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente - LaCRA

Ao amigo e prof. Dr. Lucas Borchardt Bandeira do Instituto Federal de Ciência e Educação, *Campus*: Sousa, pela ajuda na parte estatística do projeto.

Ao amigo e prof. Dr. José Lucínio de Oliveira Freire do Instituto Federal de Ciência e Educação, *Campus*: Picuí, pela ajuda na discussão dos dados do projeto.

A minha esposa e colega de doutorado, Francisca Lígia Aurelio Mesquita Reis, pelos constantes debates sobre os assuntos de nossa área em comum, pela paciência, amizade e pelas ajudas prestadas durante todo o trabalho.

Aos meus filhos, Igor Aurelio Reis e Rodrigo Aurelio Reis, que apesar de tão pequenos já cooperam inocentemente com meus objetivos, tendo disciplina, alegria e principalmente, saúde para permanecerem durante todos os dias letivos longe daqui, em prol de um ensinamento futuro, esperando que lhe sirva de exemplo, espelho e orgulho por toda sua vida.

Aos meus pais Francisco Edilberto Fernandes dos Reis e Vera Lúcia Falcão Torres Reis, que apesar da distância geográfica, são pais extremamente presentes, me acompanham e me apoiam em todas as minhas decisões, e muito me incentivam nos estudos.

Aos meus irmãos Iury Torres Reis e Ivana Torres Reis, e todos os meus familiares e amigos que me apoiam e torcem pelo meu sucesso.

A todos os colegas de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no qual, sempre me acolheram muito bem, ampliando meus conhecimentos acadêmicos na área de Engenharia, em especial à aluna Jaciara Ribeiro Miranda que me ajudou nas coletas dos dados e ao aluno Jackson Rômulo de Sousa Leite que me ajudou na execução do experimento em campo.

A todos que direta ou indiretamente estiveram comigo durante essa caminhada torcendo para que tudo desse certo.

## EPÍGRAFE

“Quem busca algo com vontade,  
Sabe o que quer de verdade,  
Enfrenta tudo com coragem,  
Não mede as dificuldades,  
E sem nenhuma maldade,  
Sempre alcança a felicidade”.

(Fca. Ligia A. M. Reis)



## LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Partes da colmeia Langstroth: tampa (A), melgueira (B), ninho (C), fundo (D), quadros de ninho e quadros de melgueiras (E).....	23
Figura 2	Preparação dos corpos de prova.....	36
Figura 3	Tanque de cura dos corpos de prova.....	37
Figura 4	Prensa hidráulica para rompimento dos corpos de prova.....	38
Figura 5	Placas para desempenha térmico.....	42
Figura 6	Câmara térmica.....	42
Figura 7	<b>9A:</b> preparadas em betoneira; <b>9B e C:</b> Deposição do concreto na forma de ninho pré-moldada; <b>9D:</b> Adensamento do concreto em mesa vibratória.....	44
Figura 8	Implantação das colmeias no campo .....	45
Figura 9	Inspeções nas colmeias.....	46
Figura 10	Favos de crias.....	47
Figura 11	Sensor DHT11 e arduino placa UNO R3.....	48
Figura 12	Inserção do DHT11 no centro da colmeia.....	49
Figura 13	Resistência à compressão axial dos corpos de prova com vermiculita na composição do concreto em função dos tempos de cura.....	51
Figura 14	Resistência a compressão axial com 7 e 28 dias.....	52
Figura 15	Resistência à compressão axial de corpo de prova de concreto com substituição da areia por percentagem de vermiculita.....	53
Figura 16	Absorção em função do percentual de vermiculita no corpo de prova.	55
Figura 17	Índice de vazio no corpo de prova em função de percentuais de vermiculita na composição do traço.....	56
Figura 18	Massa específica saturado corpo de prova em razão do uso de diferentes percentuais de vermiculita na composição do traço.....	57
Figura 19	Massa específica do corpo de prova em função de percentuais de vermiculita na composição do traço.....	58
Figura 20	Condutividade térmica das colmeias de concreto confeccionadas com diferentes composições de vermiculita.....	59
Figura 21	Contraste entre a temperatura interna das colmeias e temperatura do ar externa.....	62
Figura 22	Contraste entre a umidade interna das colmeias e umidade externa	63
Figura 23	Número de quadros de cria em colmeias confeccionadas com vermiculita no traço.....	65
Figura 24	Tamanho populacional de abelhas em colmeias com uso de vermiculita na confecção.....	66

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Propriedades físicas dos materiais utilizados no estudo.....	50
Tabela 2. Resumo das análises de variância e de regressão referente à resistência (RES), capacidade de absorção (ABS), índice de vazio (IV), massa específica (ME) e massa específica saturada (MESAT) de corpo de prova de alvenaria com substituição de areia por percentagens de vermiculita.....	51
Tabela 3. Peso das colmeias de concreto com vermiculita e de madeira.....	60
Tabela 4. Correlação.....	64
Tabela 5. Contraste realizado entre as colmeias de concreto e de madeira, na avaliação do tamanho populacional de abelhas, número de quadros com cria e produção de mel.....	67

REIS, Igor Torres. **ADAPTABILIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS**(*Apis mellifera*) **EM COLMEIAS DE CONCRETO LEVE COM VERMICULITA EXPANDIDA**. 2019. AUTOR. 72f. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB.

## RESUMO

A apicultura é uma atividade agrícola, no qual as colmeias Langstroth de madeira são utilizadas para produção de mel. Essas colmeias podem ser confeccionadas com materiais alternativos, sendo um desses o concreto. Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo analisar as propriedades físicas, mecânicas e térmicas de concretos com diferentes porcentagens de vermiculita expandida, e madeira, na confecção de colmeias Langstroth com vistas à adaptabilidade e produção de abelhas *Apis mellifera*. Para a análise das propriedades mecânicas, foi realizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos: concreto, concreto mais vermiculita (33,3; 66,6 e 100% de vermiculita em substituição a areia natural) e dez repetições. Para a segunda etapa foi feito um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e seis repetições. Na construção de colmeias Langstroth, o aumento da percentagem da vermiculita no traço do concreto, proporcionou aumento da absorção de água e percentual de índice de vazios e redução das resistências à compressão axial e massa específica, sendo que este aumento reduz a condutividade térmica do concreto. Colmeias com concreto simples podem substituir as de madeira, pois o uso da vermiculita proporcionou uma redução no peso das colmeias, e a utilização do concreto com ou sem vermiculita, reduz os custos de fabricação de colmeias. Além disso, ocorreu uma diminuição do número de quadros de crias e, conseqüentemente, no tamanho populacional de abelhas *Apis*, em colmeias construídas de concreto com vermiculita, tendo produção mínima ou ausência de mel, principalmente, em razão da excessiva umidade relativa presente no interior das colmeias.

**Palavras-chave:** Apicultura, ambiência, colmeia Langstroth, isolamento térmico.

## **ABSTRACT**

Beekeeping is an agricultural activity in which Langstroth wood hives are used for honey production. These hives can be made with alternative materials, one of which is concrete. The research aimed to analyze the physical, mechanical and thermal properties of concretes with different percentages of expanded vermiculite and wood in the production of Langstroth hives with a view to adaptability and production of *Apis mellifera* bees. For the analysis of mechanical properties, a completely randomized design with four treatments was carried out: concrete, more vermiculite concrete (33.3, 66.6 and 100% vermiculite replacing natural sand) and ten replications. For the second stage, a randomized block design with five treatments and six replications was performed. In the construction of Langstroth hives, the increase in the percentage of vermiculite in the concrete trait provided an increase in water absorption and void content percentage and a reduction in axial compressive strength and specific mass. This increase reduces the thermal conductivity of the concrete. Simple concrete hives can replace wooden ones, and the use of vermiculite has reduced the weight of the hives, and the use of concrete with or without vermiculite reduces the costs of manufacturing hives. There was a reduction in the number of cubs and, consequently, in the population size of *Apis* bees, in hives built of concrete with vermiculite, with minimal or no honey production, mainly due to the excessive relative humidity present inside the hives.

**Keywords:** Beekeeping, ambience, Langstroth hive, thermal insulation.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1.</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>17</b>
1.1.1.	Objetivo geral.....	17
1.1.2.	Objetivos específicos.....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1.</b>	<b>Concreto</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2.</b>	<b>Vermiculita</b> .....	<b>20</b>
2.2.1.	Aplicações na construção civil.....	21
<b>2.3.</b>	<b>Materiais de construção das colmeias</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.</b>	<b>Abelhas Apis</b> .....	<b>24</b>
<b>2.5.</b>	<b>Apicultura no Brasil</b> .....	<b>27</b>
<b>2.6.</b>	<b>Clima</b> .....	<b>29</b>
<b>2.7.</b>	<b>Termorregulação</b> .....	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Local experimental</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Materiais utilizados no concreto leve</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Ensaio de caracterização dos materiais</b> .....	<b>35</b>
<b>3.4</b>	<b>Determinação dos traços do concreto leve</b> .....	<b>35</b>
<b>3.5</b>	<b>Preparação dos corpos de prova</b> .....	<b>35</b>
<b>3.6</b>	<b>Ensaio tecnológicos</b> .....	<b>38</b>
3.6.1	Resistência à compressão.....	38
3.6.2	Determinação da capacidade de absorção de água, índice de vazios, massa específica da amostra seca e massa específica da amostra saturada .....	39
3.6.2.1	<i>Procedimento do ensaio</i> .....	39
3.6.2.2	<i>Absorção</i> .....	40
3.6.2.3	<i>Índice de vazios</i> .....	40
3.6.2.4	<i>Massa específica da amostra seca</i> .....	41
3.6.2.5	<i>Massa específica da amostra saturada</i> .....	41
3.6.3	Ensaio de desempenho térmico.....	41
<b>3.7</b>	<b>Construção das colmeias</b> .....	<b>43</b>
<b>3.8</b>	<b>Inspeção das colônias</b> .....	<b>44</b>

<b>3.9</b>	<b>Pesagem das melgueiras das colônias do experimento.....</b>	<b>47</b>
<b>3.10</b>	<b>Coleta de dados das variáveis climáticas.....</b>	<b>47</b>
<b>3.11</b>	<b>Análise estatística das variáveis.....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Propriedades físicas e mecânicas do concreto leve.....</b>	<b>50</b>
4.1.1	Resistência à compressão.....	51
4.1.2	Absorção de água.....	54
4.1.3	Índice de vazios.....	55
4.1.4	Massa específica saturada.....	57
4.1.5	Massa específica seca.....	57
<b>4.2</b>	<b>Condutividade das colmeias experimentais.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3</b>	<b>Peso das colmeias .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4</b>	<b>Fatores climáticos e as interações destes com as abelhas.....</b>	<b>61</b>
<b>4.5</b>	<b>Adaptabilidade das abelhas as colmeias experimentais.....</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade relevante nos sistemas de produção agrícola, se apresentando como uma alternativa de emprego e renda para o agricultor, além de ser uma atividade de fácil manutenção e baixo custo inicial, sendo que em 2016, foram produzidas 39,6 mil toneladas de mel no Brasil, das quais 17,1 mil toneladas no sul do país (IBGE 2018).

A maioria das colmeias Langstroth utilizadas no Brasil, para produção de mel são construídas com madeira, material que representa o maior custo de produção das colmeias, não sendo também, os tipos ideais para a fabricação encontrados facilmente. Normalmente, são madeiras mais nobres, sendo seu uso considerando uma atitude antiecológica. Entre os materiais que podem ser utilizados como alternativas à madeira, destaca-se o concreto, sendo possível localizar enxames em construções artificiais como postes de luz, manilhas, embaixo de pontes, etc., o que indica que esses materiais são atrativos para a nidificação de enxames. O concreto leve, utilizando materiais como a vermiculita expandida, tem sido usado como material de construção, por apresentar baixa massa específica, acarretando diminuição do peso no produto final, por ser um material com propriedades de isolamento térmico, a colmeia de abelhas construída pode vir a alterar os efeitos dos fatores ambientais no seu interior.

A temperatura e umidade relativa do ar atuam sobre o desenvolvimento e o comportamento de colônias de abelhas, fatores importantes na produção. As abelhas têm elevada adaptabilidade a vários ambientes, devido à capacidade de controlar o superaquecimento interno da colmeia, empregando mecanismos de resfriamento, iniciando com a dispersão dos adultos no ninho e, com a elevação da temperatura, as operárias podem realizar ventilação pelo batimento das asas, promover a evaporação de pequenas gotículas de água depositadas sobre os alvéolos e a saída de operárias do ninho, formando agrupamentos de abelhas do lado de fora da colmeia. Assim, para evitar o gasto energético e tempo das

abelhas no resfriamento do ninho e para que as colmeias mantenham uma temperatura interna constante, entre 33 e 36°C, deve-se dar preferência a locais onde existam espécies arbóreas que forneçam sombreamento adequado ou colmeias que propiciem melhores condições de conforto.

Na área de cria do ninho, as temperaturas são mantidas entre 33e36°C, faixa ótima para o desenvolvimento (Winston, 2003), pois, temperaturas acima desta faixa, por longo período, podem afetar severamente a metamorfose da cria. Além do mais os favos de cera, quando repletos de mel, podem amolecer e quebrar quando submetidos a temperaturas acima de 40°C (Seeley, 2006). A exposição das colmeias as variáveis climáticas, também pode afetar características físico-químicas do mel, como o índice de hidroximetilfurfural (HMF), teor de umidade e reações de invertase e diástase (a-amilase) (Mendes et al., 2009). Existem outros produtos das abelhas, como a própolis, que também pode ser influenciado por fatores como luminosidade e insolação, verificando-se maior produção em colmeias mantidas à sombra (Lopes et al., 2011).Logo, torna-se necessário desenvolver materiais alternativos para a confecção de colmeias que venham a garantir a termorregulação das colônias de abelhas.



## 1.1. Objetivos:

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar as propriedades físicas, mecânicas e térmicas de concretos com diferentes percentagens de vermiculita expandida, e madeira, na confecção de colmeias Langstroth com vistas à adaptabilidade e produção de abelhas *Apis mellifera*.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar e analisar os valores de resistência à compressão simples, testes de absorção de água, índices de vazios, massa específica da amostra seca, massa específica da amostra saturada dos corpos de prova dos diferentes tratamentos.
- Avaliar a condutividade térmica de placas construídas com concreto leve e vermiculita expandida.
- Analisar o desenvolvimento das colônias e produção de mel nos diferentes tratamentos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Concreto

O concreto é um material usado na construção civil, normalmente, feito com a mistura de cimento Portland, areia, pedra e água, sendo que os principais ingredientes para a execução do concreto de cimento Portland, os agregados, são relativamente de baixo custo e, comumente, disponíveis nas diversas regiões do Brasil (Rossignolo, 2009). Comparada à maioria dos materiais de engenharia, a produção de concreto requer, consideravelmente, menor consumo de energia (Macambira, 2001), pois ao ser hidratado pela água, num processo exotérmico o cimento forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados naturais (pedra e areia), formando um bloco monolítico.

A proporção entre os materiais que fazem parte do concreto é conhecida por dosagem ou traço, e pode-se obter concretos com características especiais ao se acrescentar à mistura outros materiais, como aditivos, argila expandida, isopor, vermiculita, agregados sintéticos, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições (Evangilista et al., 2010). Cada material utilizado na dosagem deve ser analisado previamente, a fim de se verificar a qualidade os dados necessários à elaboração do traço ideal, verificando a massa específica, granulometria, etc. (Rossignolo, 2009).

O concreto é amplamente utilizado nas construções civis e rurais, na sua composição, 75% do volume da mistura é ocupado pelos agregados. Por causa do elevado custo do cimento, sua quantidade deve ser reduzida a um mínimo compatível com a resistência e as qualidades exigidas do concreto. Podendo ser alcançada através da graduação do agregado, convenientemente realizada, de modo que as partículas pequenas possam encher os vazios existentes entre as partículas maiores (Rossignolo, 2009). Cada partícula de agregado deve

ficar completamente envolvida pela pasta de cimento e água, e não pelos vazios e pelo ar incorporado ao concreto.

A massa específica do concreto endurecido é de  $2.250 \text{ kgm}^{-3}$ , com exceção dos concretos leves e dos especialmente pesados. Os concretos são dosados para que em 28 dias apresentem uma resistência mínima à compressão ( $f_c$ ) que varia de 14,7MPa a 44,1MPa (Bezerra, 2002). A resistência à tração ( $f_t$ ) do concreto é baixa, mas é proporcional a resistência à compressão. O módulo de elasticidade (MOE) do concreto é aproximadamente 1.000 vezes seu limite de resistência à compressão, embora, a deformação dos concretos não seja proporcional à tensão (Bezerra, 2002). Enquanto, os concretos normais têm sua densidade variando entre 2,3 e 2,5  $\text{g.cm}^{-3}$ , os leves chegam a atingir valores próximos a 0,5  $\text{kgm}^{-3}$ , como também são reconhecidos pelo seu reduzido peso específico e pela elevada capacidade de isolamento térmico e acústico.

A diminuição da densidade afeta diretamente a resistência do concreto (Bezerra, 2002). Os concretos leves mais utilizados são os celulares, produzidos com agregados leves, como isopor, vermiculita e argila expandida, tendo como finalidade atender as exigências específicas de algumas obras, como enchimento de lajes, fabricação de blocos, regularização de superfícies, envelopamento de tubulações, bem como, isolamento térmicos e acústicos.

Nas peças de concreto leve, consideram-se os índices físicos, densidade aparente (DA), absorção d'água (AB) e porosidade aparente (PA), que definem relações básicas entre a massa, resistência e o volume das amostras de um determinado tipo de compósito. O termo "aparente", utilizado para a massa específica (densidade) e a porosidade, indica que o volume medido para as determinações é relativo ao volume de sólidos mais o volume de poros (espaços vazios) (Baêta, 2004). A DA é expressa em  $\text{gcm}^{-3}$  a PA e percentagem (% total de espaços vazios em um volume) e a AB (teor de espaços vazios intercomunicantes nesse mesmo volume) são expressas em percentagem. Um compósito com alta porosidade não tem,

necessariamente, alta AB, pois, seus poros e cavidades podem não ser comunicantes (Baêta, 2004).

A DA e a PA fornecem indicações sobre a resistência físico-mecânica do compósito, mediante esforços compressivos e de flexão. O índice de absorção d'água, por sua vez, indica a capacidade do compósito ser saturado por líquidos. Quanto maior o volume de espaços vazios, maior será a porosidade aparente. Tanto maior a porosidade, que traduz a existência de poros e/ou cavidades intercomunicantes, maior será a AB esperada e, provavelmente, menor a resistência físico-mecânica (Baêta, 2004).

Em razão das suas características químicas, mineralógicas e macroestruturais, é bastante disseminado o uso de vermiculita expandida em argamassas leves, uma vez que, confere propriedades interessantes tais como: diminuição de peso estrutural, ausência de toxidez, incombustibilidade, capacidade de absorção de líquidos e isolamento térmico e acústico.(Cintra et al., 2014)

## **2.2. Vermiculita**

A descoberta da vermiculita e o início de sua utilização ocorreu nos Estados Unidos da América, remontam há quase um século, atualmente, sua produção em escala industrial é realizada de forma concentrada em algumas regiões do mundo e sua aplicação está grandemente concentrada em nações de maior desenvolvimento. Pode-se afirmar, por essa razão, que a sua intensidade de uso pode ser considerada um indicador do grau de desenvolvimento tecnológico do país em foco (Karaipekli, 2010).

Em relação ao comércio, a vermiculita se apresenta na forma de concentrados (vermiculita não expandida) e expandida. No processo de expansão, em temperaturas próximas a 900°C, seu volume pode aumentar de 10 até 30 vezes (Karaipekli, 2010). A

comercialização na forma expandida, geralmente, requer que sua transformação (expansão) seja feita próxima aos pontos de aplicação, considerando o grande volume a ser manuseado e transportado. O comércio internacional e vendas para aplicações distantes das minas ocorrem, em geral, na forma de concentrados.

A aplicação da vermiculita na construção civil é importante na fabricação de elementos estruturais mais leves, que propiciam conforto térmico e acústico, influenciando na redução de custos de construção além de melhoria da qualidade de moradia e instalações. Os concentrados de vermiculita são comercializados de acordo com sua granulometria, dependendo do tipo de aplicação. Segundo Sznelwar (2009) as principais características da vermiculita expandida que justificam a sua utilização em diversas áreas são:

- **Condutividade térmica:** Caracterizada pela alta porosidade, comum aos isolantes térmicos, por conter uma grande quantidade de espaços entre lamelas preenchidos pelo ar, que fica confinado na maioria das aplicações.

- **Incombustibilidade:** Não possui componentes orgânicos nem outros produtos combustíveis, podendo suportar temperaturas de até 1.100°C sem sofrer alterações na sua estrutura. A sinterização da vermiculita ocorre a partir dos 1150°C.

- **Elevada capacidade de retenção de água:** Importante nas aplicações agrícolas em regiões onde a água é escassa.

- **Capacidade de troca iônica:** Significativa nas aplicações da vermiculita na agricultura, pois ela é utilizada como veículo não só de nutrientes orgânicos, como também, como portador de defensivos agrícolas.

### 2.2.1 Aplicações na Construção Civil

As principais aplicações da vermiculita expandida na construção civil, são como agregados para concretos leves, utilizados no enchimento de lajes metálicas, na composição de argamassas acústicas e térmicas de revestimento de paredes, tetos e revestimentos de lajes sob

o telhado em climas quentes, na composição de argamassas asfálticas antivibratórias e acústicas para recobrimento de assoalhos, argamassas acústicas e decorativas fabricadas com mistura de gesso e vermiculita, na composição de argamassas projetáveis para revestimento “*antifogo*” de estruturas metálicas, escadas de incêndio ou estruturas de suporte de equipamentos, como componente de divisórias retardantes ao fogo e proteção térmica de impermeabilizantes em lajes expostas ao tempo (Sznelwar, 2009).

### **2.3. Materiais de construção das colmeias**

O Reverendo Lorenzo Lorraine Langstroth, em 1851, verificou que as abelhas depositavam própolis em qualquer espaço inferior a 4,7 mm e construíam favos em espaços superiores a 9,5 mm, medidas denominadas de "espaço abelha". Com estas informações ele criou a colmeia Langstroth, onde suas principais características são a consideração do “espaço abelha” (espaço interno entre os favos) e a mobilidade de suas peças internas (quadros). A partir desta idealização é que se deu o maior avanço na apicultura mundial, em função da facilidade de manejo que ela proporciona e a consideração das necessidades biológicas das abelhas. O modelo indicado pela Confederação Brasileira de Apicultura como padrão de colmeia é o modelo Langstroth (Figura 1).

**Figura 1.** Partes da colmeia Langstroth: tampa (A), melgueira (B), ninho (C), fundo (D), quadros de ninho e quadros de melgueiras (E).



Fonte: MAPA - Ceplac

Na apicultura industrial, a madeira é o material mais utilizado na construção das colmeias, já que apresenta características importantes para ser um abrigo adequado para as abelhas, tendo bom isolamento térmico, que mantém a temperatura interna da colmeia e resistência as variações ambientais. Estas condições físicas auxiliam as abelhas a manterem a homeostase térmica da colônia. Outros materiais podem ser empregados na construção das colmeias, como concreto, tanto isoladamente como agregados a compósitos, a exemplo da fibra de vidro, amianto, isopor, E.V.A etc. No entanto, dá-se preferência, por razões de ordem prática e econômica, a madeira.

A aceitação das abelhas aos ninhos produzidos de cimento ocorre de forma natural, mas o peso dos ninhos dificulta o manejo e transporte das colmeias, mas, em contrapartida, aumenta o tempo de uso dos ninhos (Celestino et al., 2014). O ninho sendo feito de cimento, por ser uma parte que se manipula menos que a melgueira, reduzem-se custos e aumenta a durabilidade, sendo um fator relevante no custo-benefício das colmeias para os apicultores. Lorenzon et al. (2004), constataram que colmeias construídas com argamassa de cimento e vermiculita expandida com traço de 1:4, apresentaram fragilidade em sua estrutura, ocorrendo fraturas em algumas partes da colmeia, principalmente, na tampa e borda superior

do ninho, onde o apicultor exerce uma força para realizar a abertura da tampa da colmeia, para iniciar a revisão das colônias de abelhas.

Cavalcanti Filho et al. (2010), identificaram que as colmeias Lansgtroth construídas com concreto leve com resíduo de EVA, podem substituir as colmeias de madeira, proporcionando as abelhas um ambiente favorável com temperatura de aproximadamente 35°C. Os autores Lorenzon et al. (2004), avaliando o efeito de colmeias construídas em argamassa de cimento-vermiculita em comparação à colmeias construídas em madeira, quanto às condições ambientais internas e o desempenho produtivo de abelhas africanizadas, verificaram a capacidade das abelhas de termorregular o ambiente da colmeia, seja para dias frios, quentes ou amenos, apresentando uma temperatura interna média de 34,5°C.

Quanto à área de alimento pode-se verificar o melhor comportamento das caixas de madeira; quanto à área de cria, pode-se verificar o melhor comportamento das caixas de cimento-vermiculita; quanto à pesagem de abelhas campeiras as caixas testadas não apresentaram diferença significativa, tais fatos mostram que o uso de colmeia de argamassa de cimento-vermiculita não ocasiona prejuízo de produção ao criador, sendo seu custo de produção menor e a sua durabilidade maior que a da colmeia de madeira (Lorenzon et al. 2004).

## **2.4 Abelhas Apis**

As abelhas surgiram a partir de um grupo de vespas que utilizavam insetos e ácaros na alimentação, passando a fazer uso do néctar e pólen para obtenção de nutrientes. Atualmente, existem 10 famílias de abelhas catalogadas, com aproximadamente 700 gêneros e 20.000 espécies sociais e solitárias (Souza, 2006). As abelhas pertencem à ordem *Hymenopterae* à família *Apidae*, na qual é conhecido grande número de espécies, sendo as



abelhas do gênero *Apis* mais conhecidas e difundidas. A espécie que mais se destaca nesse gênero é a *Apis mellifera*, que é utilizada como agente polinizador, ajudando na agricultura, além de serem excelentes na produção de mel, geleia real, cera, própolis e pólen (Ramos& Carvalho, 2007). Esses insetos são sociais, vivem em colônias organizadas e se dividem em castas, tendo em média 10.000 a 80.000 abelhas operárias, de 100 a 400 zangões e uma rainha, apresentando funções bem definidas para o desempenho da colônia (Winston, 2003).

O mecanismo básico de determinação das castas em *Apis mellifera* é regulado pela quantidade e pela qualidade do alimento na fase larval, onde células que contêm ovos que poderão ser transformados em futuras rainhas serão alimentadas, em todo o seu estágio de desenvolvimento, com geleia real, ao passo que as operárias são alimentadas em todo o seu estágio de desenvolvimento com mel e pólen. Além disso, as operárias e as rainhas se desenvolvem em células diferentes (Ramos& Carvalho, 2007).

A rainha tem por função a postura de ovos e a manutenção da ordem social na colônia, onde coloca cerca de 1000 a 3000 ovos por dia, após ocorrer seu primeiro e único voo de acasalamento, onde é fecundada por um número variável de zangões, podendo chegar a dezessete (Pereira et al., 2003). Ainda segundo os autores, as operárias, por sua vez, executam todo o trabalho para a manutenção da colmeia, como: limpeza, construções de favos, alimentação das larvas em desenvolvimento, defesa da colônia e coleta de pólen, néctar e água. Essas sequências de tarefas são denominadas divisão de trabalho, sendo 17 delas realizadas segundo a idade, já a característica de rotina é o que determina a organização (Seeley, 2006). Elas não possuem o aparelho reprodutor desenvolvido, porém na falta de rainha podem pôr ovos, mas nascem somente zangões. (Winston, 2003).

Os zangões são os indivíduos machos da colônia, não desenvolvem nenhum tipo de atividade dentro ou fora da colmeia, são maiores e mais pesados do que as operárias (Winston, 2003). Nascerem do ovo não fecundado, nas células maiores, tendo como única

função fecundar a rainha durante o voo nupcial, morrendo logo após a cópula, pois seu órgão genital fica preso ao órgão genital da fêmea. Quando há escassez de alimento, os zangões deixam de ser alimentados pelas operárias e são expulsos do ninho (Pereira et al., 2003).

O desenvolvimento dos três tipos de castas de uma colônia envolve uma mudança por quatro fases principais: ovo, larva, pupa e adultos, sendo, portanto, considerados insetos holometábolos (Seeley, 2006). A rainha inicia a postura, geralmente, após o terceiro dia de sua fecundação, depositando um ovo em cada alvéolo. Três dias após a postura, ocorre o nascimento da larva. A fase larval acontece quando os alvéolos ainda estão abertos e, corresponde ao período de alimentação, ganho de peso e crescimento do inseto, finalizando no momento em que sucede a operculação dos alvéolos pelas operárias, onde nessa ocasião, a larva tece seu casulo e passa para a fase de pupa. Ao finalizar a metamorfose, a abelha já adulta rompe o opérculo e sai do alvéolo, terminando o seu desenvolvimento (Winston, 2003). Esse processo varia de acordo com a casta, sendo que, da fase de ovo a adulto leva 16 dias para a rainha, 21 dias para operária e 24 para o zangão (Nunes-Silva et al., 2006).

O tempo de vida também é diferente entre os indivíduos da colônia, onde a rainha pode viver em média quatro anos, as operárias, em condições normais, vivem de 20 a 40 dias e os zangões que não acasalam podem viver até 80 dias, se houver alimento na colmeia (Pereira et al., 2003). A longevidade desses insetos pode ser influenciada, além de outros fatores, pela temperatura, a quantidade e a qualidade do alimento disponível, a termorregulação e as diferenças genotípicas existentes entre as abelhas (Winston, 2003).

Para completar o seu desenvolvimento e crescimento, as abelhas necessitam de proteínas, carboidratos, minerais, lipídios, vitaminas e água. Esses nutrientes são obtidos através do comportamento forrageiro, onde as abelhas operárias coletam pólen, néctar e água, sendo o pólen utilizado na alimentação das crias como fonte de proteína, minerais,

lipídios, vitaminas e, o néctar, matéria prima para a produção de mel (fonte de energia) (Costa et al., 2007).

De acordo com Wiese (2000), a saída das abelhas campeiras em busca de alimento pode ser influenciada por fatores genéticos, ambientais e espécies de plantas existentes em seu raio de visitação. Ramos & Carvalho (2007), afirmam que as abelhas *Apis mellifera* apresentam um habitat bastante diversificado incluindo savana, florestas tropicais, deserto, regiões litorâneas e montanhosas. Essa grande variedade de clima e vegetação possibilitou a origem de diversas subespécies ou raças de abelhas, com características diferentes e adaptadas às diversas condições ambientais.

A *Apis mellifera* tem o comportamento mais desenvolvido dentre os Himenópteros, não gera detritos ou poluentes de qualquer tipo, e é ecologicamente indispensável, grande parte da polinização entomófila das plantas da dieta alimentar humana é realizado por elas (Silva, 2004). Possui como característica marcante, a capacidade de abandonar a colmeia quando as condições ambientais não estão favoráveis ao desenvolvimento da colônia (Couto, 2006).

## **2.5. Apicultura no Brasil**

A criação racional das melíferas vem se destacando como uma atividade de benefícios sociais, econômicos e ecológicos. No Brasil, muitos empregos são gerados através da criação das abelhas, como a fabricação e comércio de equipamentos apícolas, beneficiamento dos produtos e polinização de culturas agrícolas (Omran, 2011). Além de ser considerada uma atividade agroecológica, pois, atende aos critérios técnicos do tripé de sustentabilidade, que são o ecológico, social e econômico (Almeida & Carvalho, 2009).

Na agricultura familiar, a cadeia produtiva da apicultura proporciona a geração de uma gama de postos de trabalho, empregos e fluxo de renda, tornando-se determinante na melhoria da qualidade de vida e fixação do homem no meio rural. Com o aumento da demanda, a apicultura no Brasil está deixando de ser artesanal e voltada unicamente para o mercado interno, para tornar-se empresarial, tecnicizada e produtiva, atendendo assim, o mercado externo.

Sendo considerada essencialmente ecológica, comprovadamente rentável, podendo ser desenvolvida praticamente em todo o espaço geográfico, que apresenta condições de solo, clima favorável e uma vegetação exuberante, rica em floradas (Santos & Ribeiro, 2009). Ainda ajuda na preservação de matas nativas com a polinização de áreas agrícolas e não demanda alterações no meio ambiente (Pinheiro et al., 2013). Permite a oferta de diversos produtos de interesse econômico como o mel, a geleia real, a cera, o própolis, o pólen e a apitoxina (Silva, 2004).

Para Freitas (2004), trata-se de uma das mais atividades mais rentáveis entre aquelas desenvolvidas com a finalidade de lucro. Isso se deve ao fato de não ser necessária dedicação exclusiva para a criação, podendo o apicultor ter outros trabalhos e reservar às abelhas somente algumas horas semanais. Embora não seja tão dependente de manejos diários, ela necessita dos recursos naturais para tornar-se rentável, por isso, sua produção oscila segundo as condições climáticas e ambientais de cada região. Em épocas de ausência de floradas, onde o estoque de alimento na colônia é insuficiente, recomenda-se o fornecimento de alimentação artificial às abelhas (Pereira, 2006).

No Nordeste brasileiro, as condições de ambiente são bastante favoráveis para a exploração apícola, em razão da grande diversidade florística propiciada pelas plantas nativas, o clima tropical e a ausência de defensivos agrícolas (Queiroz et al., 2001). Essa região nos anos em que a precipitação pluviométrica é favorável representa cerca de 40% da produção

brasileira de mel. No entanto, nos anos que apresentam fatores climáticos adversos, como observado no ano de 2012, onde o clima foi seco com florada insuficiente, houve uma elevada queda de produção de mel na região. Nessa mesma época aconteceu uma perda notável de enxames por abandono (UNAMEL, 2012).

## **2.6. Clima**

O tema “mudanças climáticas” tem gerado pesquisas em todo o mundo, com o intuito de compreender e encontrar soluções para conter o processo de aquecimento global, que poderá num futuro próximo atingir diversos organismos presentes em ambientes naturais ou mantidos pelo homem. Em relação às abelhas, este interesse não é menor, já que esses insetos, por serem sensíveis às mudanças ambientais, podem ser bons indicadores para o processo de Aquecimento Global (Gonçalves et al., 2010).

As abelhas, que já vem sofrendo forte pressão de diversos fatores como os desmatamentos, que destroem tanto as suas fontes de alimento como de abrigo, o uso indiscriminado de pesticidas nas lavouras e os surtos de pragas e doenças, encontram no processo de Aquecimento Global mais uma importante barreira para seu sucesso. Nos últimos anos, tem sido grande a preocupação com os casos de desaparecimento de populações desses insetos em vários países, principalmente, por seu importante papel como agente polinizador de culturas agrícolas e de ambientes naturais (Gonçalves et al., 2010)

Apesar da capacidade de adaptação das abelhas a diferentes ambientes, as variações das condições climáticas podem ocasionar grandes prejuízos às colônias. Embora as abelhas adultas sejam relativamente tolerantes às variações térmicas, suas crias são sensíveis a pequenas variações da temperatura do ninho. Para o bom desenvolvimento das formas jovens, a área de cria do ninho deve ser mantida a temperatura entre 33 a 36 °C, já que as

temperaturas acima desta faixa podem prejudicar o desenvolvimento larval, em especial, a metamorfose. Além disso, em temperaturas acima de 40 °C, os favos de cera cheios de mel podem amolecer e quebrar (Shawet al., 2011). Uma temperatura elevada no interior da colônia pode por em risco tanto o desenvolvimento populacional como o armazenamento de alimento; por isso, as abelhas tomam uma série de medidas para evitar o superaquecimento. As operárias podem promover a evaporação de pequenas gotas de água, espalhadas nos favos ou expostas nas suas próprias línguas (Freitaset al., 2007).

Percebe-se então, a importância da manutenção de fontes de água nas proximidades da colônia. Também visando à diminuição da temperatura, parte das abelhas pode sair da colmeia, formando aglomerados do lado de fora para reduzir a produção de calor e facilitar a ventilação. Entretanto, tudo isso gera um gasto energético extra para a colônia, que demanda tempo e recursos para o controle da temperatura, deixando de realizar outras atividades como coleta de néctar e pólen para o armazenamento de alimento (Lopeset al., 2011).

Apesar destes mecanismos de termorregulação permitirem a sobrevivência das abelhas em situações de estresse térmico, existe determinadas condições que dificultam estas medidas; por exemplo, quando ocorre a escassez de água ou quando a colônia se encontra enfraquecida com população pequena, dificulta o controle da temperatura. Nesses casos, pode ocorrer o que se chama “abandono de enxame”, quando toda a colônia deixa aquele local devido às condições desfavoráveis, e o enxame sai à procura de outro lugar para o estabelecimento do ninho (Lopeset al., 2011).

Esta situação é indesejável para os apicultores, que terão que recapturar ou comprar novos enxames para repor os que foram perdidos, o que pode comprometer a produtividade. Além do que, as colônias que enfrentam esta situação têm sua capacidade produtiva comprometida, visto que estão ocupadas na manutenção da temperatura e não na coleta de néctar e pólen. Outros elementos climáticos como umidade relativa do ar, radiação solar,

precipitação e velocidade do vento são fundamentais para o desenvolvimento de colônias de abelhas. Dessa forma, considera-se importante o monitoramento dessas variáveis e a avaliação de sua influência nas colônias de abelhas, visando o estudo dos impactos que as mudanças climáticas podem provocar sobre esses organismos e possíveis ações que possam minimizar esses efeitos (Corrêa Fernandes et al., 2003).

O excesso de umidade pode causar apodrecimento das instalações do apiário e o emboloramento dos favos. A insolação e o sombreamento devem ser suficientes para que em determinadas horas do dia, o apiário receba luz solar e em outras tenha sombra. O apicultor deve procurar locais com sombreamento suficiente para inibir as altas temperaturas, o que pode prejudicar na qualidade do mel e o desenvolvimento das crias (Corrêa Fernandes et al., 2003).

## **2.7. Termorregulação**

A temperatura é um fator limitante para a distribuição dos insetos, ao mesmo tempo em que regula seu índice de atividade e é também um fator de regulação do crescimento e do metabolismo (Shaw et al., 2011). As abelhas melíferas, *Apis mellifera*, são conhecidas por controlar rigorosamente a temperatura interna de seus ninhos dentro de uma faixa térmica estreita entre 33 e 36°C (Shaw et al., 2011). Esse controle ou regulação da temperatura é realizado predominantemente, por meio das próprias abelhas. No frio, as operárias aquecem o ninho por meio da produção de calor metabólico (Jones & Oldroyd, 2007), no verão, em temperaturas acima de 36 °C, elas vibram as asas para gerar uma corrente de ar, e assim, esfriar o ninho.

Em temperaturas muito excessivas, elas utilizam também a ventilação e a evaporação de água, e em condições extremas evacuam a colmeia (Freitas et al., 2007). Conforme Tan et al.

(2010), esse tipo de regulação da temperatura praticado por abelhas é denominado termorregulação ativa, pois nesses mecanismos as abelhas utilizam atividades fisiológicas, ou seja, elas utilizam partes do corpo como os músculos das asas e também o acionamento dos músculos do tórax (Jones & Oldroyd, 2007).

Estudos sobre termorregulação de abelhas africanizadas e enxameação induzida foram realizados sob condições artificiais em câmaras climáticas, nas quais a temperatura do ar, umidade, radiação e vento eram facilmente controlados, e principalmente, as abelhas se privavam de exercer seus comportamentos naturais, sendo constatado que ao se atingir internamente a temperatura de 41°C as abelhas abandonam as colmeias, mesmo na presença de crias e rainha (Brasileto et al., 2013). Entretanto, no ambiente natural onde estes insetos vivem normalmente, os fatores climáticos se modificam continuamente e podem causar alterações significativas no comportamento do animal, como também na sua termorregulação. As estruturas internas do ninho e/ou o local onde ele esteja alojado, também podem proporcionar isolamento térmico das abelhas e da colônia (Kleinhenz, 2003).

A influência de fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa do ar e insolação, sobre o desenvolvimento e comportamento de colônias de abelhas tem sido demonstrada em pesquisas (Almeida, 2008). Mas, a maioria dos estudos têm sido conduzidos em regiões onde as temperaturas baixas são, frequentemente, o fator limitante, o que não se aplica à região Nordeste do Brasil, onde as condições climáticas são bastante diferenciadas.

Temperaturas acima de 36°C, por longo tempo, podem afetar severamente a metamorfose da cria. Bem como os favos de cera quando repletos de mel podem amolecer e quebrar a temperaturas acima de 40°C (Seeley, 2006). A exposição das colmeias às variáveis ambientais também pode afetar características físico-químicas do mel, assim como a produção de outros produtos das abelhas, como a própolis que é influenciada por fatores como



luminosidade e insolação, verificando-se maior produção em colmeias mantidas a sombra (Gonçalves& Sombra, 2011).

O controle de temperatura dentro da colônia (termorregulação) é importante, especialmente, para o sucesso do desenvolvimento da cria, e 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 gerar consequências na vida adulta (Almeida, 2013). O crescimento e o comportamento de colônias de abelhas recebem influência de fatores ambientais como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar (Alencar, 2006).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local do experimento**

O experimento foi realizado em duas etapas, organizadas da seguinte maneira: a primeira com os ensaios dos materiais, nas instalações do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente - LACRA, situado no *Campus* da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, Paraíba, com latitude ( $07^{\circ}12'52''$ ) Sul, longitude ( $35^{\circ}54'61''$ ) Oeste e altitude 547,56 metros. Já a segunda, a construção e análise das colmeias no campo, feita nas instalações da Escola Técnica Redentorista - ETER, Campina Grande, Paraíba, com latitude  $07^{\circ}13'50''$  Sul, longitude  $35^{\circ}52'54''$  Oeste e altitude 512 metros, no período de janeiro a julho de 2018. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger Campina Grande é classificada como Aw (clima tropical de savana com chuvas de verão).

#### **3.2. Materiais utilizados no concreto leve**

Na primeira etapa, para a construção dos corpos de prova, foi utilizada areia lavada, brita com granulometria de 9,5mm, cimento Portland CP II Z-32, marca nacional, água e vermiculita expandida. A areia utilizada no preparo do concreto foi peneirada com peneira número 4 (abertura 4,8 mm), a vermiculita expandida granulometria média, com um módulo de finura de 4,8 mm, CP II Z-32, sendo a água utilizada no preparo do concreto fornecida pela UFCG oriunda da CAGEPA, via sistema de abastecimento local de Campina Grande - PB.

### **3.3. Ensaio de caracterização dos materiais**

Inicialmente, foram realizados os ensaios de caracterização da areia e vermiculita expandida, realizando-se a análise da granulométrica por peneiramento e sedimentação, NBR NM248 (ABNT, 2003), e a densidade real e aparente NBR NM 52 (ABNT, 2002).

### **3.4. Determinação dos traços do concreto leve**

A dosagem no traço foi feita em volume, 1:3:2 de cimento: areia: brita e substituindo parte da areia por agregado leve (vermiculita expandida) nas percentagens de 0,0; 33,3; 66,6; 100% que correspondem aos tratamentos: T1- 1:(3:0):2; T2- 1:(2:1):2; T3- 1:(1:2):2 e T4 1:(0:3):2.

As dosagens dos concretos em todos os tratamentos foram realizadas em betoneira, de forma a garantir uma melhor homogeneização da massa de concreto. A relação água/cimento para o T1 foi de 0,55; já para os tratamentos T2, T3 e T4 se precisou alterar para 0,70, uma vez que, a presença da vermiculita expandida na mistura em uma condição seca exigiu uma quantidade de água maior, consequência da sua elevada porosidade e, portanto, maior absorção. Alterou-se então, a relação água/cimento, a fim de que o concreto apresentasse uma consistência moldável.

### **3.5. Preparação dos corpos de prova**

Os ensaios tecnológicos foram realizados em corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, seguindo a NBR 5738 (ABNT, 2003) (Figura 2). Foram confeccionados 120 corpos de prova, 30 para cada tratamento, sendo que

deste total, 20 foram utilizados para testes de resistência a compressão simples, e 10 para testes de absorção de água, índice de vazios, massa específica da amostra seca e massa específica da amostra saturada.

**Figura 2:** Preparação dos corpos de prova



Antes do preenchimento das fôrmas de corpo de prova, foi aplicada uma camada de óleo mineral em suas faces internas, para diminuir a aderência do concreto no equipamento, facilitando assim, sua retirada, sendo percebido seu fechamento e vedação para evitar o extravasamento do material.

O procedimento de adensamento foi manual, utilizando uma haste de adensamento feita de aço, cilíndrica, com superfície lisa, de  $16,0 \pm 0,2$  mm de diâmetro e comprimento de 600 mm a 800 mm, tendo um dos seus pontos extremos em forma semiesférica, com diâmetro igual ao da haste. Posteriormente, foram colocadas dentro das fôrmas de corpo de prova, três camadas da amostra com o mesmo volume, sendo nivelado antes de iniciar o adensamento de cada camada. Foram aplicados 25 golpes em cada camada da amostra, distribuídos uniformemente em toda a seção. A primeira camada foi atravessada pela haste em toda a sua altura; nas demais camadas (segunda e terceira) a haste atingiu 20 mm da camada inferior.

A terceira e última camada, foi moldada com excesso de concreto, evitando o posterior preenchimento do cilindro, estando de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2015). Após o

adensamento de cada camada, foram aplicados golpes na face externa lateral da fôrma dos corpos de prova, para fechar os espaços vazios, em seguida se fez o rasamento da superfície utilizando uma colher de pedreiro, eliminando o material em excesso. As fôrmas dos corpos-de-prova foram colocadas sobre uma superfície plana, protegidas de vibrações e de intempéries por 24h (Figura 2); em seguida, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e armazenados em tanque de cura, de acordo com a NBR 9479 (Figura 3). Para o nivelamento das fases superior e inferior dos corpos de prova, foi preparada uma pasta de água e cimento. Os corpos de prova foram desmoldados, colocados em tanques e cobertos com água; após 7 e 28 dias de cura, eles foram ensaiados.

**Figura 3.** Tanque de cura



### **3.6. Ensaio tecnológicos**

#### **3.6.1. Resistência à compressão**

Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados na prensa hidráulica, manual, de capacidade de 24000kgf CONTENCO Pavitest® (Figura 4) obedecendo ao

procedimento descrito pela NBR 5739 (ABNT, 2007). Os corpos de prova tiveram relação altura/diâmetro com máxima de 2, mantidos em tanque de imersão até o momento do ensaio. Sidos retirados para a preparação das suas bases (nivelamento), retornando assim que possível. Também foi determinada a média das duas medidas ortogonais do diâmetro do corpo de prova, nametade da sua altura, com precisão de 0,1 mm. Bem como a altura do corpo de prova no eixo longitudinal, incluindo o capeamento.

**Figura 4:** Prensa hidráulica para rompimento dos corpos de prova.



Fonte: Dias(2018)

O corpo de prova foi apoiado no prato inferior da prensa, centrado e com o topo de moldagem para cima, onde foi aplicado o carregamento contínuo e sem choques, na velocidade entre: 0,30 + 0,60MPa/segundo, até a ruptura, sendo calculado a resistência à compressão ( $f_c$ ) com três algarismos significativos, através da equação:

$$f_c = \frac{4 \times F}{\pi \times D^2} \text{MPa}$$

Equação 1.

Onde:

$f_c$  = Resistência à compressão, em MegaPascals (MPa);

F = força máxima, em N;

D = diâmetro do corpo de prova, em milímetros.

### 3.6.2. Capacidade de absorção de água, índice de vazios, massa específica da amostra seca e massa específica da amostra saturada.

Os ensaios dos corpos de prova foram realizados utilizando a NBR 9778 (2005).

#### 3.6.2.1. Procedimento

**Secagem da amostra em estufa:** As amostras foram secas em estufa na temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , por um período de 72h. Após a retirada das amostras da estufa, elas foram colocadas em dessecadores, para que ocorresse o resfriamento das amostras ao ar seco na temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ . Só depois da secagem e do resfriamento é que se verificou a massa da amostra seca (**Ms**), em gramas.

**Saturação da amostra e determinação de sua massa na condição saturada e imersa em água:** A amostra foi imersa na água à temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante 72 horas. Depois de saturada, a amostra foi colocada em um recipiente cheio de água que progressivamente foi levada à ebulição; mantida por 5 horas, repondo a água evaporada, na mesma temperatura. Após este procedimento, a amostra esfriou naturalmente até  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  sendo então, determinada a massa da amostra imersa em água na balança hidrostática (**Mi**) em gramas. A amostra foi seca com um pano úmido e estabelecida a massa da amostra saturada (**Msat**) em gramas.

### 3.6.2.2. Absorção

Foi calculada a absorção de água (**A**) através da equação (2), com duas casas decimais.

$$A = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100\% \quad \text{Equação 2.}$$

Onde:

- Msat = Massa da amostra saturada em água após imersão e fervura.
- Ms = Massa da amostra seca em estufa.

### 3.6.2.3 Índice de vazios

Foi calculado o índice de vazios (**Iv**), através da equação 3, com duas casas decimais.

$$I_v = \frac{M_{sat} - M_s}{M_{sat} - M_i} \times 100\% \quad \text{Equação 3.}$$

Onde:

- Mi = Massa da amostra saturada imersa em água após fervura.

### 3.6.2.4 Massa específica da amostra seca

Foi calculada a massa específica da amostra seca (**Ps**), através da equação 4, com duas casas decimais.



$$P_s = \frac{M_s}{M_{sat} - M_i} (g / cm^3)$$

Equação 4

#### 3.6.2.5 Massa específica da amostra saturada

Foi calculada a massa específica da amostra saturada após fervura (**Psat**), através da equação 5, com duas casas decimais.

$$P_s = \frac{M_{sat}}{M_{sat} - M_i} (g / cm^3)$$

Equação 5.

#### 3.6.3 - Ensaio de desempenho térmico

Para a análise do desempenho térmico, foram construídas cinco placas de cada tratamento proposto, medindo 52 x 24 x 2cm, de comprimento, largura e espessura, respectivamente (Figura 5).

**Figura 5.** Placas para desempenho térmico



As placas foram aquecidas, durante 30 minutos, a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  com o auxílio de uma resistência elétrica, com a resistência em uma distância de 21 cm da placa. Foi colocado no centro de cada face da placa, um termopar tipo T cobre constantan fixado a um datalogger CR1000, no qual registrou as medições das temperaturas nas duas faces da placa (Figura 6).

**Figura 6.** Câmara térmica.



Para o cálculo das propriedades térmicas, foi utilizado à temperatura nas duas faces das placas de concreto simples, concreto leve com vermiculita. O valor da condutividade térmica de cada material, foi definido aplicando-se a própria definição da Lei de Fourier.

### **3.7 - Construção das colmeias**

Foram utilizadas 30 colmeias modelo Langstroth, distribuídas em cinco tratamentos e seis repetições: T1 - colmeias construídas com concreto composto de cimento, areia e brita; T2 - colmeias construídas com concreto leve com substituição de 33,3% de areia por vermiculita; T3 - colmeias construídas com concreto leve com substituição de 66,6% de areia por vermiculita; T4 - colmeias construídas com concreto leve com substituição de 100% de areia por vermiculita; T5 - colmeias Langstroth construídas em madeira *Pinus* (controle). Todas as colmeias ficaram expostas diretamente ao sol, de forma que todas foram submetidas às mesmas condições climáticas.

Para a construção das colmeias, apenas as partes correspondes aos ninhos, tampas e fundos foram dos materiais referentes aos tratamentos, sendo as melgueiras e os quadros dos ninhos e das melgueiras construídas com madeira *Pinus*, para facilitar o manejo das colônias. Na elaboração dos ninhos foi utilizada uma fôrma metálica de chapa nº 18, construída especificamente para moldar o material cimentante no formato de um ninho da colmeia modelo Langstroth (Figura 7). Para a construção das tampas e dos fundos das colmeias, foram utilizadas duas fôrmas de aço com as dimensões internas de 52 cm x 43 cm x 2cm (comprimento, largura e espessura) para as tampas, e as dimensões internas de 64 cm x 43cm x 2cm (comprimento, largura e espessura) para os fundos.

As proporções de vermiculita no concreto foram preparadas em betoneira e após a homogeneização do concreto, ele foi depositado na fôrma do ninho pré-moldada, que teve nas faces internas uma fina camada de óleo mineral, a fôrma esteve sobre uma mesa vibratória para completa compactação do concreto (Figura 7).

**Figura 7.7 A:** Preparadas em betoneira; **7B e C:** Deposição do concreto na forma de ninho pré-moldada; **7D:** Adensamento do concreto em mesa vibratória.



### 3.8. Inspeção das colônias

Todas as colmeias foram identificadas através de numerações impressas na lateral e colonizadas com enxames de abelhas africanizadas *Apis mellifera*, pertencentes ao ETER (Figura 8), onde tiveram população uniforme, com a mesma quantidade de quadros de cria e as melgueiras adicionadas à medida que fosse necessário, em condições alimentares das mais idênticas possíveis, e durante o experimento, as colônias não foram alimentadas artificialmente. Além disso, próximo ao apiário experimental ficou disponibilizado água potável para o consumo “*ad libitum*” das abelhas.

**Figura 8.** Implantação das colmeias no campo



Foram realizadas inspeções nas colmeias a cada 10 dias (Figura 9), durante 3 meses (maio a julho), registrando-se o número de quadros com crias, presença de rainha, de postura, de realeiras, avaliação do tamanho populacional (códigos de 0 a 4) e presença de pragas. Para a análise do tamanho populacional das colmeias, foi estabelecido um código de 0 a 4 sendo 0=sem abelhas, 1= população fraca, 2= população média, 3= população boa ou forte, 4= população ótima.



**Figura 9:** Inspeções nas colmeias



A cada 10 dias foram contados os alvéolos de todos os favos da colmeia através da metodologia adaptada de Al-Tikrity (1971) (Figura 10). A avaliação da adaptação consistiu de fotografias de todos os favos de sobreposição de uma imagem com redes virtuais para obedecer a proporcionalidade de  $4\text{cm}^2$ , independentemente da distância ou da situação em que as fotos foram tiradas em cada fase do experimento. A contagem dos alvéolos foi realizada usando o programa OdoPlus, que conta os cliques do mouse, onde a cada clique um respectivo alvéolo é contado, deixando as medições mais precisas. No final da contagem, o número de alvéolos foi dividido por quatorze, desde que cada quadrado da imagem contivesse, em média, quatorze alvéolos. O número encontrado após esta divisão foi multiplicado por quatro, permitindo assim, a determinação da área de postura, cria (aberta e operculada), néctar e pólen. Durante o experimento todas as colônias que enxamearem (enxameação por abandono) foram devidamente registradas e substituídas por novas colônias.

**Figura 10.** Favos de cria



### **3.10. Pesagem das melgueiras das colônias do experimento**

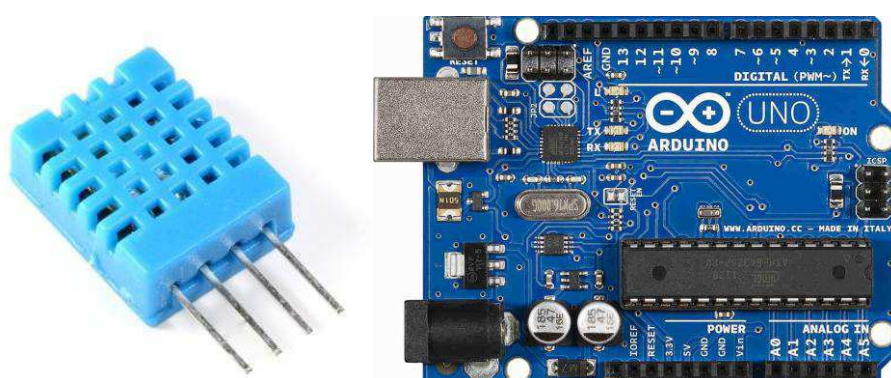
As pesagens das melgueiras, para a estimativa da produção de mel das colônias, foram realizadas diretamente no campo quando estavam aptas a serem coletadas. Para se determinar a tara da melgueira para o cálculo do efetivo desenvolvimento da produção de mel, uma melgueira vazia, juntamente com seus quadros, foram pesados e referenciados como tara. Os dados das pesagens foram anotados para edição de um banco de dados com o número de colmeias, número de pesagem, data de pesagem e dados de desenvolvimento.

### **3.11. Coleta de dados das variáveis climáticas**

Para determinar a temperatura e umidade relativa do ar no ambiente interno das 30 colmeias, foram utilizados sensores de umidade e temperatura DHT11, que operam em uma

escala de temperatura recorde de 0 a 50°C e 20 a 90% de umidade relativa, com precisão de  $\pm 0,2$  °C e  $\pm 5\%$ , respectivamente, conectados a ArduinosPlaca Uno R3 (Figura 11).O equipamento foi programado para gravar os dados de temperatura e umidade a cada hora do dia, a gravação de dados começou na manhã seguinte a instalação dos dispositivos das colônias. Os dados armazenados no Dataloggersde cada colônia foram coletados a cada de 10 dias, tempo que podem ocorrer as seguintes etapas do ciclo de vida das abelhas: postura (2-3 dias) de incubação de ovos, desenvolvimento de larvas não operculadas (4 a 8 dias), de pupas (9 a 20 dias) e o surgimento de abelhas adultas (20 ou 21 dias) (Ramos e Carvalho, 2007).

**Figura 11.** Sensor DHT11 e arduíno placa UNO R3



Para analisar a possível influência das variáveis climáticas externa no desenvolvimento das colônias, foi realizada a coleta de dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

A instalação do sensorDHT11, dentro da colônia foi realizada no favo central do ninho. A gaiola com o DHT11 foipostaentre os quadros centraisdo ninho da colmeia. Ao final do procedimento, a colmeia foi imediatamente fechada.A metodologia foirepetida para todas as outras colmeias selecionadas de cada tratamento (Figura 12).



**Figura 12.** Inserção do DHT11 no centro da colmeia



### 3.12. Análise estatística das variáveis

Para a análise dos resultados, a primeira etapa foi em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (percentagens de vermiculita) e dez repetições. Na segunda etapa, foi realizado um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e seis repetições.

A análise das variáveis de resistência à compressão foi feita pela análise de variância aplicando o teste F a 5% de probabilidade, e as médias significativas foram submetidas à análise de regressão polinomial. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F a 1 e 5% de probabilidade de erro e para as médias que foram significativas aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Foi realizada a análise de correlação de Person entre as condições climáticas internas e externas (temperatura e umidade relativa do ar) com as variáveis: número de quadros com crias, avaliação do tamanho populacional e produção de mel, considerando a significância de  $p < 0,05$  pelo teste “t”. Todas as análises foram processadas utilizando o software estatístico SAS®, versão 9.3 (Statistical Analysis System, 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Propriedades físicas e mecânicas do concreto leve

A granulometria da vermiculita foi semelhante à da areia, classificada como agregado miúdo, sendo as densidades aparente e real mais elevadas na areia (Tabela 1). A vermiculita apresentou uma densidade real e aparente média cinco e onze vezes menor, respectivamente, podendo, dessa maneira, proporcionar uma redução de peso do concreto em instalações rurais, urbanas e nas colmeias. A vermiculita absorveu 306% de água (Tabela 1), em razão da sua alta porosidade e do processo de expansão, já que apresenta bolsões de ar entre as lâminas das quais é formada, característica que possibilita alta capacidade de absorção hídrica, segundo Karaipekli, (2010). A elevada absorção de água pode aumentar a umidade relativa no interior das colmeias, o que pode prejudicar o desenvolvimento das crias e a produção de mel.

**Tabela 1.** Propriedades físicas dos materiais utilizados no estudo.

<b>Propriedades físicas</b>	<b>Areia</b>	<b>Vermiculita</b>
Granulometria	4,8mm	4,8mm
Densidade real	2,65g cm <sup>-3</sup>	0,5 g cm <sup>-3</sup>
Densidade aparente	1,48g cm <sup>-3</sup>	0,13 g cm <sup>-3</sup>
Absorção de água	0,48%	306%

A resistência a compressão axial, capacidade de absorção, índice de vazios, massa específica seca e massa específica saturada dos corpos de provas, foram alterados pela substituição da areia por vermiculita, sendo que todas as variáveis apresentaram efeito quadrático (Tabela 2).

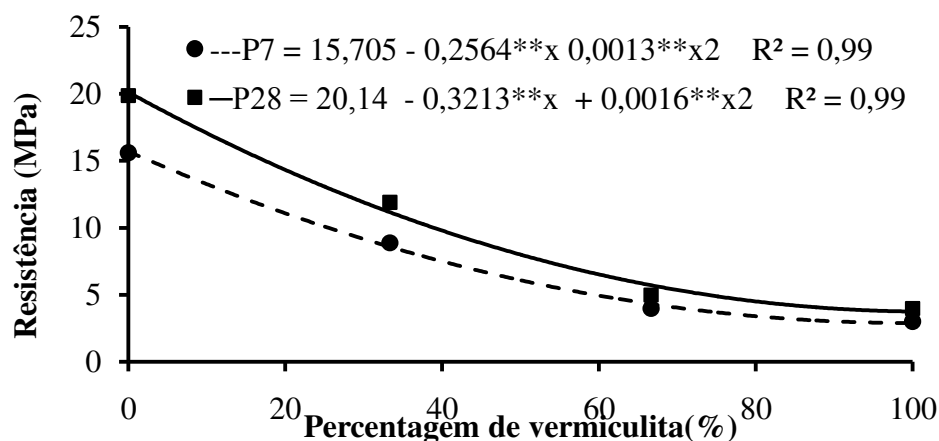
**Tabela 2.** Resumo das análises de variância e de regressão referente à resistência (RES), capacidade de absorção (ABS), índice de vazio (IV), massa específica (ME) e massa específica saturada (MESAT) do corpo de prova de alvenaria com substituição de areia por percentagens de vermiculita.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		RES	ABS	IV	ME	MESAT
Percentagem de vermiculita	3	541,53**	2.262,54**	1.646,09**	1,29**	0,54**
Efeito quadrático	1	122,50**	445,06**	33,39*	0,06**	0,04**
Resíduo	36	0,02	12,78	5,41	0,005	0,004
Coeficiente de variância. (%)		1,46	15,64	7,42	4,69	3,30

#### 4.1.1 Resistência à compressão

A resistência a compressão aos 7 e 28 dias foi reduzida significativamente ( $P < 0,01$ ), com a elevação da percentagem de vermiculita, onde no 7º dias a resistência do corpo de prova foi reduzida de 15,7 MPa (0,0% de vermiculita) para 3,06 Mpa (100,0% de vermiculita), ou seja uma redução de 80,5% já, no 28º dias o tratamento com 100% de vermiculita reduziu em 96,0% (Figura 13).

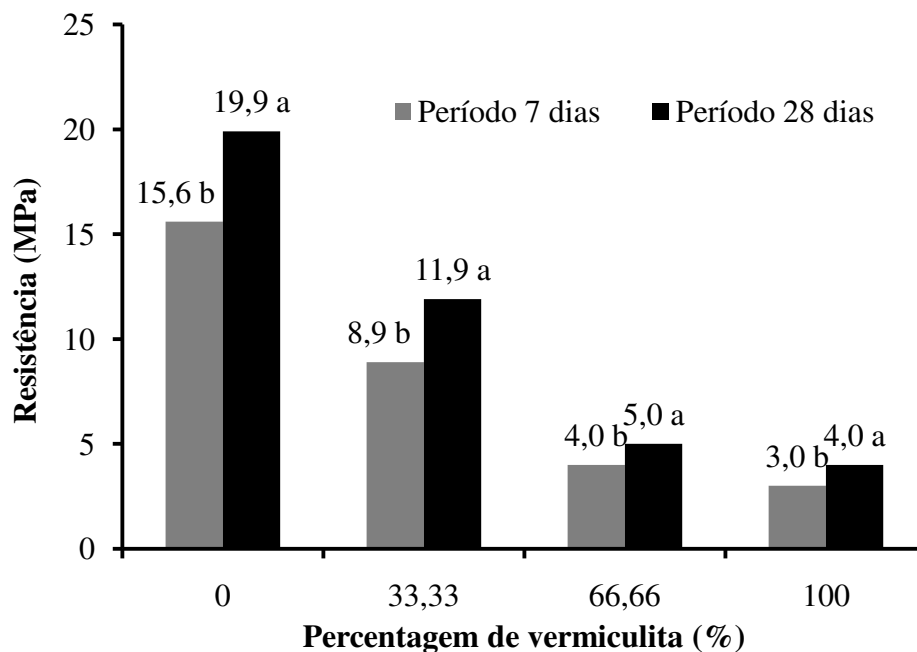
**Figura 13.** Resistência à compressão axial dos corpos de prova com vermiculita na composição do concreto em função dos tempos de cura.



Esta redução nos valores de resistência a compressão devido à elevação da vermiculita, explica-se pelo empacotamento granular menos eficiente com a inclusão da mesma, apresentando vazios e discontinuidades, seja no concreto ou em pastas de argamassa. A menor resistência aos 28 dias, corrobora com os resultados de Rocha (2015) em pesquisas com a incorporação de vermiculita no concreto, que verificou maior resistência a compressão com aumento do tempo de cura.

A elevação do tempo de cura de 7 para 28 dias, aumentou a resistência dos corpos de prova ( $P < 0,01$ ), independente do percentual de vermiculita na composição, mais expressivamente sem o mineral na composição (Figura 14). Portanto, quanto maior o tempo de cura, melhores foram as características do compósito e, dependendo da necessidade do concreto, condições climáticas e ambientais, este tempo pode ser reduzido, de acordo com Yao et al., (2019).

**Figura 14.** Resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias ( $P < 0,01$ ).

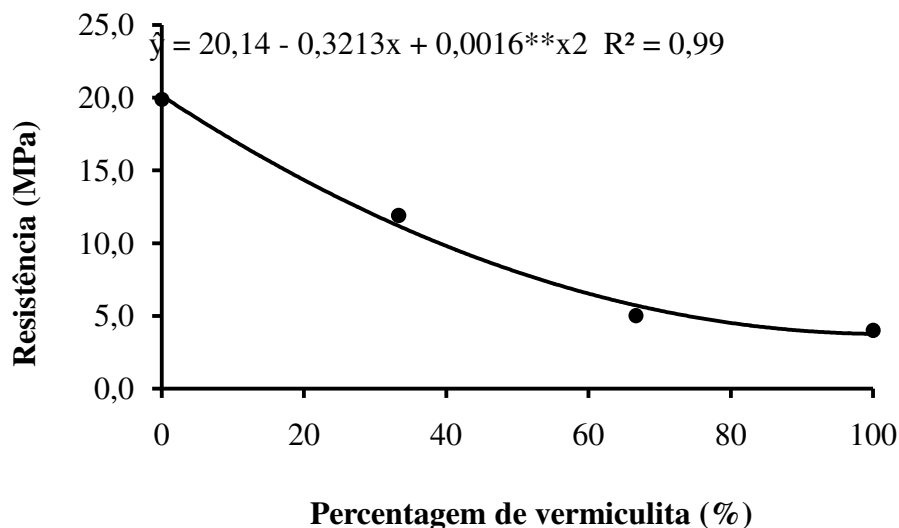


A maior resistência à compressão com maior tempo de cura, ocorre pela hidratação do concreto, diminuindo os efeitos da evaporação prematura da água na estrutura, reduzindo a ocorrência de fissuras e trincas nas estruturas de edificações (Chenet al., 2017). Por conseguinte, a cura do concreto é um processo essencial para garantir que compósitos como o concreto e a argamassa, tenham as características desejadas quando em estado endurecido. As condições de cura, em especial o tempo, tem influência na durabilidade do concreto e este efeito, por sua vez, depende do teor de cimento e a cura deve ser otimizada em relação à resistência.

Yao et al. (2019), estudando o tempo de cura observaram influência significativa na tenacidade à fratura. Para cada argamassa estudada, a tenacidade dinâmica à fratura sob as taxas de carregamento similares aumentou com o tempo de cura, explicando que isto ocorre pelas mudanças químicas nos ligantes ativados por álcalis à medida que se aumenta o tempo de cura. O aumento da percentagem de vermiculita ocasionou uma redução de 44,4%; 71,1% e 88,1% na resistência (Figura 15), verificando-se entre a testemunha (T1) e os respectivos

percentuais de 33,33% (T2); 66,66% (T3) e 100% (T4) de vermiculita na composição, com valores estimados de 20,14, 11,20, 5,83 e 4,01 MPa, respectivamente.

**Figura 15.** Resistência à compressão axial de corpo de prova de concreto com substituição da areia por percentagem de vermiculita.



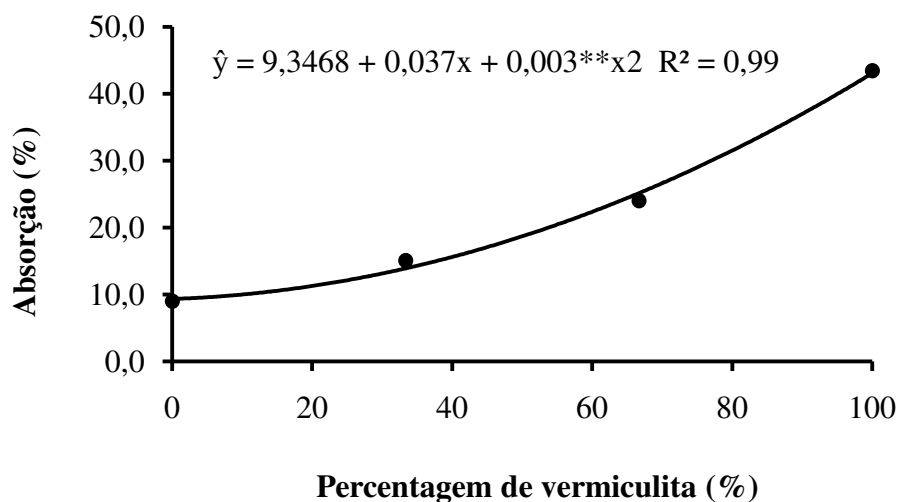
Para Soares e Marmore (2016), a resistência mecânica é uma propriedade dos materiais que revela a capacidade do suporte a esforços de tração, compressão e cisalhamento. A ocorrência das reduções na resistência do material com a elevação do percentual de vermiculita, pode ser devido às suas características, proporcionando maiores espaços vazios entre as lamelas da vermiculita, logo reduzindo a densidade, aumentando a porosidade do material e diminuindo a sua resistência. A vermiculita possui vazios existentes entre as lamelas e, com isso, a perda da resistência à compressão também pode ser atribuída a maior necessidade de água, para uma trabalhabilidade adequada do concreto com vermiculita. Um dos fatores que influenciam a redução da resistência à compressão é a característica hidrófila da vermiculita expandida. Pois, agregados com tal característica absorvem água do concreto até sua saturação o que acaba permitindo o surgimento de bolhas de ar aprisionadas no interior das paredes dos blocos (Silva, 2014).

#### 4.1.2 Absorção de água

Com a elevação da percentagem de vermiculita houve aumento na absorção de água (Figura 16), que ficou em média de 9,35% (testemunha), 13,91% (T2), 25,14% (T3) e 43,04% (T4), com acréscimo de 360,3% do maior percentual de vermiculita em relação à testemunha. De acordo com Aguiar (2017), quanto maior o teor de vermiculita expandida, maior a retenção de água da argamassa, este comportamento revela uma propriedade que está associada a capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade, podendo ser justificado pela alta porosidade da vermiculita expandida, que ao absorver água, impede que esta seja perdida pelo substrato

Silva(2014), ao trabalhar com blocos de concreto com substituições de 25,0, 50,0 e 75,0% de agregados por vermiculita, constatou que o aumento da capacidade de absorção de água dos blocos foi diretamente proporcional ao aumento da concentração de vermiculita, isso se dá pelo fato dos flocos de vermiculita ao serem expandidos aumentarem de tamanho e, conseqüentemente, sua porosidade.

**Figura 16.** Absorção em função do percentual de vermiculita no corpo de prova.



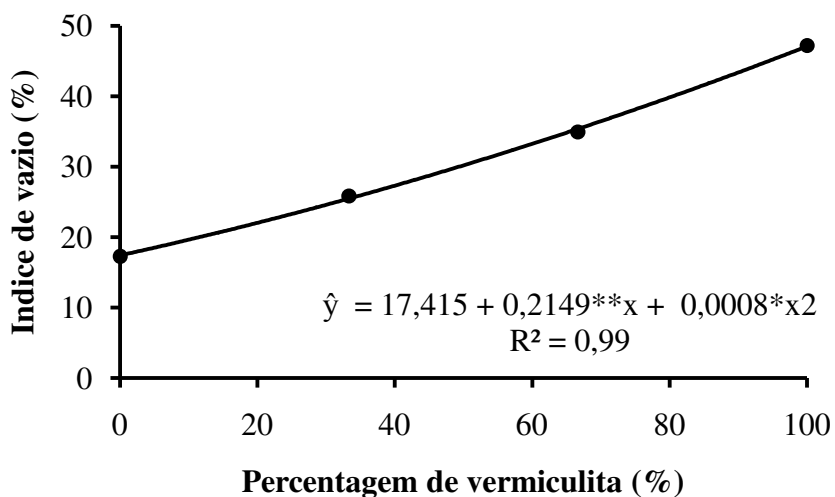
#### 4.1.3 Índice de vazios

O índice de vazios mínimo foi de 16,6% quando não se utilizou vermiculita e o máximo de 46,2% adicionando 100% de vermiculita (T4), tendo um acréscimo de 0,21% para cada aumento unitário de percentual de vermiculita na composição (Figura 17), representando um aumento de 26,4%; 36,3%, com o uso dos traços com substituição por vermiculita T2 e T3, respectivamente, se comparado ao tratamento sem adição da vermiculita (T1).

O aumento do índice de vazios nos traços pela maior utilização de vermiculita, ocorre devido à grande quantidade de agregados leves na mistura, levando então a maior presença de poros, fato que também foi observado por Angelin (2014). O menor abatimento em decorrência da maior utilização de vermiculita, também pode ser uma das explicações, já que o traço torna-se menos moldável que os de concreto sem vermiculita (T1), o que resulta no aumento de vazios. No processo de expansão, em temperaturas próximas a 900°C, o volume da vermiculita pode aumentar de 10 até 30 vezes (Karaipekli, 2010). Além do que, quanto maior o volume de espaços vazios, maior será a porosidade aparente. Tanto maior a porosidade, que traduz a existência de poros e/ou cavidades intercomunicantes, tanto maior será a absorção esperada e, provavelmente, menor a resistência físico-mecânica (Baêta, 2004).



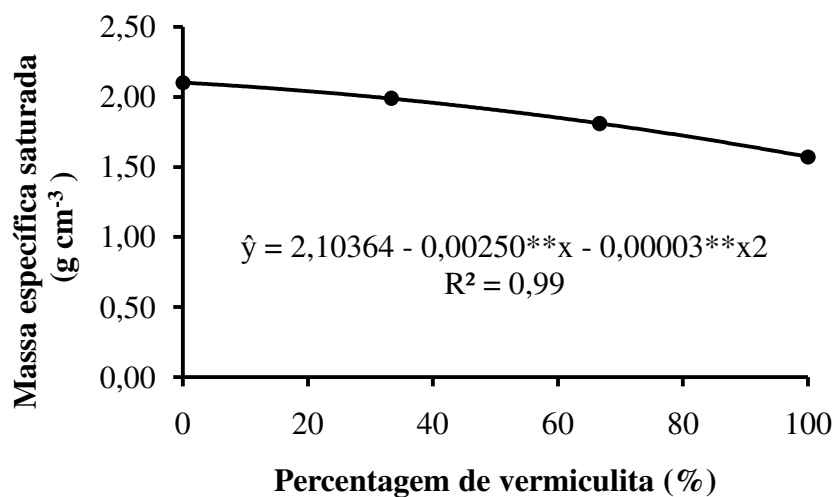
**Figura 17.** Índice de vazio nos corpos de prova em função de percentuais de vermiculita na composição dos concretos.



#### 4.1.4 Massa específica saturada

O aumento do percentual de vermiculita no traço, promoveu perdas na massa específica saturada do corpo de prova (Figura 18). O uso de 33,33% de vermiculita (T2) diminuiu a variável de 2,10 para 1,96 gcm<sup>-3</sup>; de 2,10 para 1,78 gcm<sup>-3</sup> (66,66% de vermiculita) e de 2,10 para 1,60 g cm<sup>-3</sup> (100% de vermiculita), resultando em perdas de 8,0; 16,4 e 24,9% nas massas específicas saturadas observadas entre a testemunha (0,0% de vermiculita) e os tratamentos com 33,33; 66,66 e 100% de vermiculita, respectivamente.

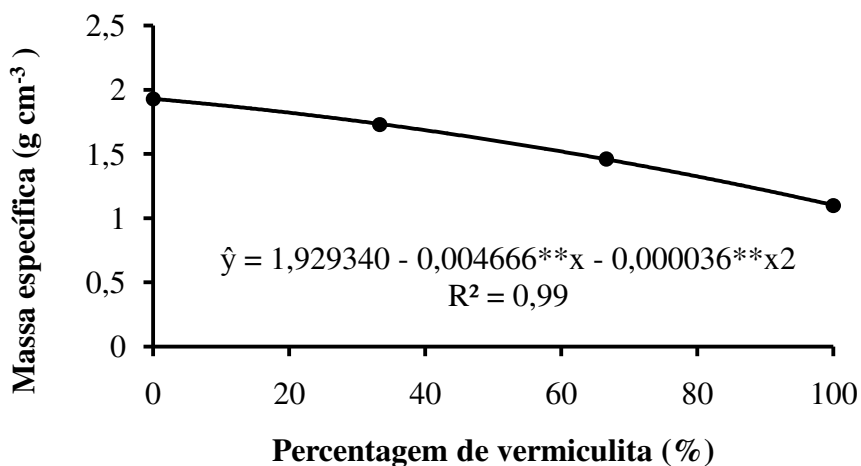
**Figura 18.** Massa específica saturada do corpo de prova em razão do uso de diferentes percentuais de vermiculita na composição do traço.



#### 4.1.5 Massa específica seca

A massa específica apresentou decréscimos quadrático de  $0,004666\text{gcm}^{-3}$  a cada aumento unitário do percentual de vermiculita na composição do material, com valores estimados de massa específica decrescendo de  $1,92\text{gcm}^{-3}$  até  $1,14\text{gcm}^{-3}$  com uso de 100% de vermiculita (Figura 19).

**Figura 19.** Massa específica do corpo de prova em função de percentuais de vermiculita na composição do traço.

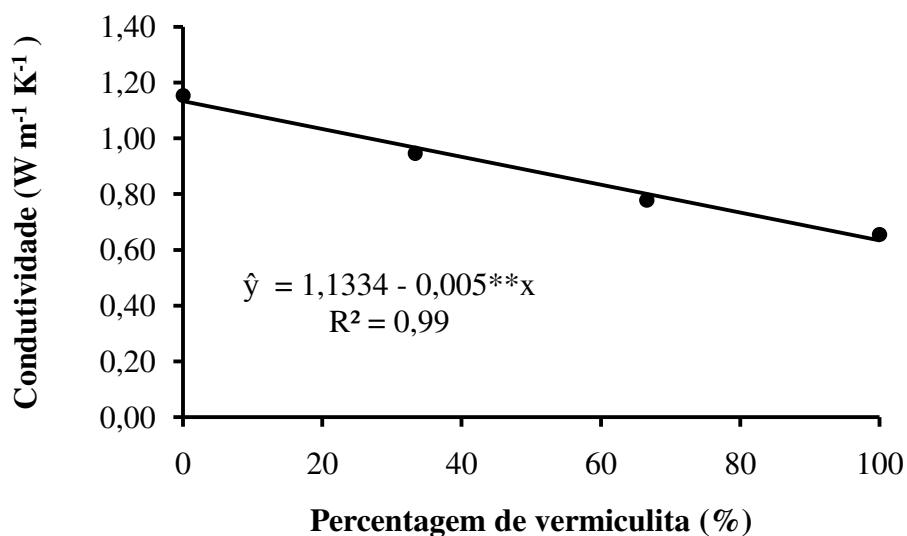


Os resultados estimados para massa específica seca e saturada são coerentes com os encontrados para índice de vazios (Figura 17), pois, conforme Soares e Marmore (2016) essas propriedades dos materiais são inversamente proporcionais. Para Grassi (2016) tal comportamento pode ser explicado pelo índice de vazios, que denota a relação entre o volume de poros permeáveis e o volume total da amostra. Esta propriedade está associada à absorção de água, uma vez que a água tende a ocupar os poros permeáveis do concreto. Portanto, tradicionalmente, o aumento do índice de vazios corresponde ao aumento na absorção de água.

#### 4.2. Condutividade das colmeias experimentais

Observou-se decréscimos lineares na condutividade térmica dos materiais utilizados, nas colmeias de  $0,005 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  a cada aumento unitário do percentual de vermiculita na composição do material, com valores estimados de condutividade decrescendo de  $1,13 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  até  $0,63 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  com uso de 100% de vermiculita (Figura 20).

**Figura 20.** Condutividade térmica das colmeias de concreto confeccionadas com diferentes composições de vermiculita.



Esses resultados concordam com os apresentados por Silva (2014), que identificou baixa condutividade térmica em blocos de vedação, quando houve o aumento da concentração de vermiculita nos traços de concreto, tendo assim, diminuição da absorção de calor pelos blocos. Pois, ao ser expandida, a vermiculita cria bolsões de ar entre as lâminas das quais é formada, o que dificulta a passagem de calor dentro da molécula, conferindo à vermiculita a característica de isolante térmico. Segundo Sznelwar (2009), a principal característica da vermiculita expandida, que justifica a sua utilização, é a baixa condutividade térmica. Esta é caracterizada pela alta porosidade, comum aos isolantes térmicos, por conter uma grande quantidade de espaços entre lamelas preenchidos pelo ar, que fica confinado na maioria das aplicações.

Compreende-se então que, a diminuição da condutividade térmica dos concretos estudados encontra-se diretamente relacionada com as características intrínsecas da vermiculita expandida, considerando sua baixa capacidade de condução de energia térmica. Esses dados evidenciam a afirmativa de que a vermiculita, considerada como bom isolante térmico, contribui para a construção de compósito cimentício com menor coeficiente de condutividade térmica, melhorando a propriedade de isolamento térmico do concreto. Foi percebido, também, que a variação da condutividade térmica se encontra diretamente

relacionada com a densidade do material, ou seja, quanto menor a densidade menor será a condutividade térmica.

O isolamento térmico em uma colmeia de abelha é essencial para um bom desenvolvimento da colônia, pois uma temperatura elevada no interior da colônia pode pôr em risco, tanto o desenvolvimento populacional como o armazenamento de alimentos. As abelhas tomam uma série de medidas para evitar o superaquecimento, a exemplo das operárias que podem promover a evaporação de pequenas gotas de água, espalhadas nos favos ou expostas nas suas próprias línguas (Freitas et al., 2007).

Entretanto, tudo isso gera um gasto energético extra para a colônia, que emprega tempo e recursos para o controle da temperatura, deixando de realizar outras atividades como coleta de néctar e pólen para o armazenamento de alimento (Lopes et al., 2011). Para o bom desenvolvimento das formas jovens, a área de cria do ninho deve ser mantida entre 33 a 35 °C, já que as temperaturas acima desta faixa podem prejudicar o desenvolvimento larval, principalmente a metamorfose. Além disso, acima de 40 °C, os favos de cera cheios de mel podem amolecer e quebrar (Shaw et al., 2011).

### **4.3. Peso das colmeias**

Ocorreu redução no peso das colmeias de concreto com a elevação da percentagem de vermiculita (Tabela 3), com médias estimadas decrescentes de 12,12% (T2), 24,24% (T3) e 36,36% (T4), com relação à colmeia sem vermiculita (T1). No entanto, quando se compara os pesos das colmeias de concreto com a de madeira, observa-se um aumento no peso das colmeias, com médias estimadas crescentes de 440% (T1), 386% (T2), 333% (T3) e 280% (T4). Nota-se que a redução no peso das colmeias de concreto com maior percentual de

vermiculita, ocorreu devido este material ter uma densidade menor que a areia, logo, onde se utilizou 100% de vermiculita foi à colmeia considerada mais leve.

Esse peso excessivo das colmeias de concreto em comparação as de madeira, justifica-se em razão dos materiais utilizados nas suas construções terem maior densidade, mas como o sistema de produção foi o apiário fixo, local em que não há o transporte de colmeias de um lugar para outro, com exceção da melgueira confeccionada em madeira, este sistema de apiário não inviabiliza a utilização de colmeias de concreto para a produção de mel, a não ser que o sistema de produção seja migratório, o que não é aconselhado, pois iria causar fissuras, ou rompimento das colmeias de concreto.

Lorenzon et al.(2004), constataram que colmeias construídas com argamassa de cimento e vermiculita expandida com traço de 1:4, apresentaram fragilidade em sua estrutura, ocorrendo fraturas em algumas partes da colmeia, principalmente, na tampa e borda superior do ninho, onde o apicultor exerce uma força para realizar a abertura da tampa da colmeia, para iniciar a revisão das colônias de abelhas.

**Tabela 3:** Peso das colmeias de concreto com vermiculita e colmeias de madeira pinus.

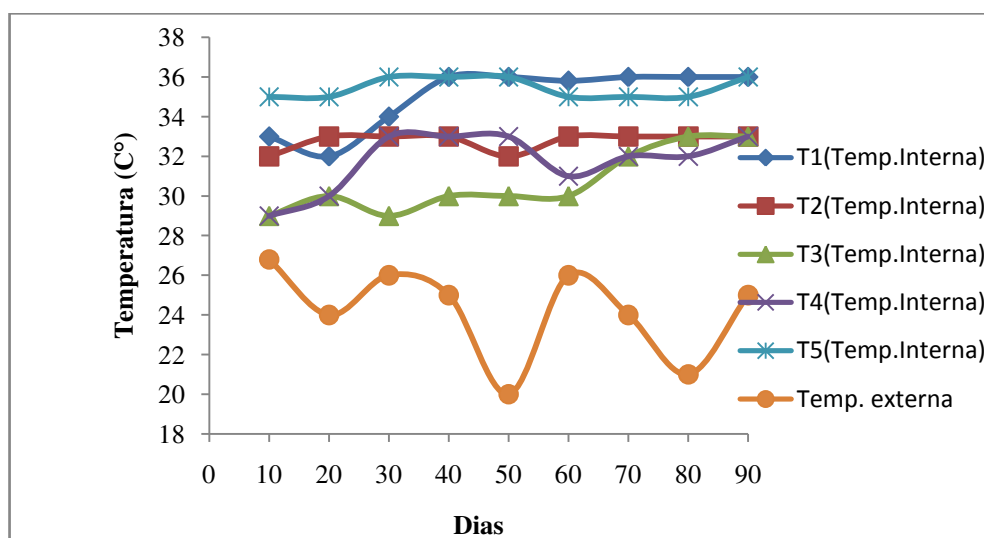
Tratamento	Peso (kg)
T1	66
T2	58
T3	50
T4	42
Madeira	15

#### 4.5 Fatores climáticos e as interações destes com as abelhas

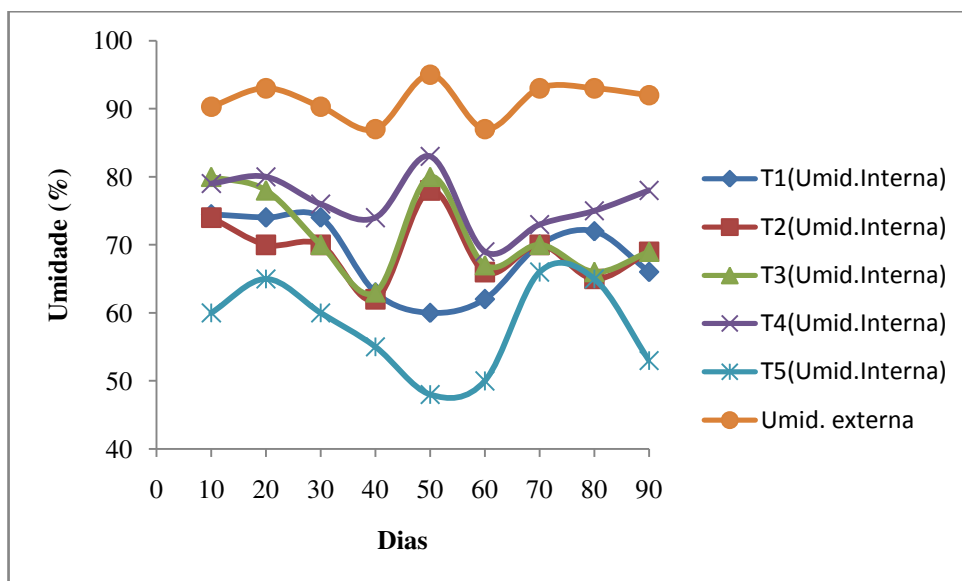
A temperatura interna das colmeias, independentemente da composição de vermiculita na confecção e do espaço de dias, foi superior à temperatura externa (Figura 21). Para Domingos et al. (2014), a temperatura interna ideal da colmeia, para que haja bom

desenvolvimento das crias, situa-se em torno de 33 a 36 °C, condições térmicas observadas nas colmeias com 0% de vermiculita, 33,3% de vermiculita e a de madeira, bem como as colmeias produzidas com 66,6% e 100% de vermiculita.

**Figura 21.**Contraste entre a temperatura interna das colmeias e temperatura do ar externa.



O teor de umidade do ambiente externo foi superior ao percebido no interior das colmeias, independente da composição da confecção da colmeia (Figura 22). A elevada umidade no ambiente externo é em razão do período de realização da pesquisa e do local do experimento, que está localizado em uma região serrana do brejo paraibano apresentando temperaturas entre de 19° e 27 °C e umidade relativa do arentre 86 e 96 % durante os meses de março a agosto. A umidade interna ideal nas colmeias é de 40 % (Free, 1980), portanto, as colmeias utilizadas na pesquisa apresentaram valores acima do recomendado. Para as colmeias com vermiculita na composição, a explicação para o teor de umidade acima do ideal, é a de que o índice de absorção de água foi elevado. No que se refere à madeira pinus utilizada na colmeia (T5), esta é porosa e absorve água, sendo ideal madeiras mais compactas e com maior densidade.

**Figura 22.**Contraste entre a umidade interna das colmeias e umidade externa

Houve correlação entre a umidade externa e umidade interna das colmeias ( $R=0,29$ ), indicando que o aumento da umidade atmosférica contribuiu para a elevação da umidade no interior das colmeias (Tabela 4). Existiu ligação entre a temperatura interna e umidade interna das colmeias ( $R = - 0,40$ ), demonstrando que a elevação da temperatura interna das colmeias colaborou para a diminuição da umidade. Verifica-se também, conexão da umidade interna ( $R = - 0,62$ ), temperatura interna ( $R = 0,61$ ) das colmeias com o número de quadros com cria, mostrando que o aumento da umidade no interior das colmeias afeta de forma negativa as crias, enquanto que a manutenção da temperatura dentro da colmeia no intervalo de 33 e 36 °C influencia para o aumento de crias das abelhas.

Lorenzon et al. (2004) afirmam que o desenvolvimento e o comportamento das colônias são influenciados por fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar. A manutenção da temperatura dentro das colmeias no intervalo de 33 - 36 °C é fundamental para um bom desenvolvimento das crias e, conseqüentemente, para a sobrevivência da colônia(Domingos et al. 2014).



**Tabela 4.** Correlação

Variáveis	Número de quadros com cria	Área com crias (cm <sup>2</sup> )	Umidade Interna (%)	Temperatura Interna (C°)
Temperatura externa (C°)	R= -0,09 <sup>NS</sup>	R= 0,05 <sup>NS</sup>	R= -0.01 <sup>NS</sup>	R= -0.11 <sup>NS</sup>
Umidade externa (%)	R= 0,03 <sup>NS</sup>	R= 0,05 <sup>NS</sup>	R= 0.29 <sup>**</sup>	R= 0.04 <sup>NS</sup>
Temperatura Interna (C°)	R= 0,61 <sup>**</sup>	R= 0,01 <sup>NS</sup>	R= -0.40 <sup>**</sup>	-
Umidade Interna (%)	R= -0,62 <sup>**</sup>	R= 0,00 <sup>NS</sup>	-	-

\*\* significativo a 1%, <sup>NS</sup> não significativo.

A maior absorção de água pelas colmeias com vermiculita é uma indicação de que, durante períodos de chuva intensa, as colmeias com vermiculita podem apresentar variações no seu grau de umidade interna, que é um aspecto limitante como um traço físico em um abrigo para as abelhas. De acordo com Free (1980), a umidade na área de ninho da colônia deve ser estável nem ser superior a 40%. Se o período chuvoso coincide com floradas que produzem néctar abundante, a alta umidade do ar, ou até mesmo a sua saturação dentro da caixa, poderia aumentar o tempo necessário para o amadurecimento do mel, retardando a colheita e reduzindo a sua produção durante a floração (Moritz e Southwick, 1992). Lorenzon et al. (2004), perceberam que colmeias com vermiculita apresentam um melhor desenvolvimento em climas secos do que úmidos. A estabilidade da umidade interna no ninho, deve ser um ponto crucial ao caracterizar um abrigo para abelhas

#### 4.6. Adaptabilidade das abelhas as colmeias experimentais

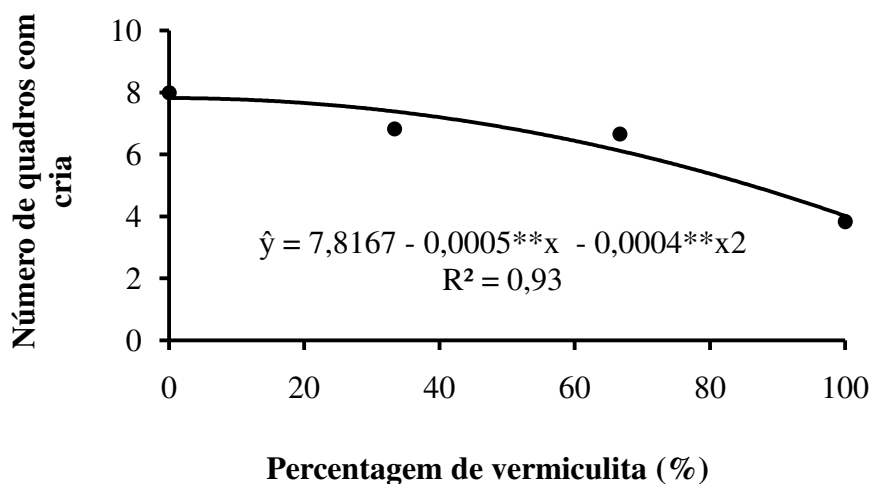
Nas inspeções das colmeias realizadas a cada 10 dias durante os meses de maio a julho de 2018, constatou-se a presença da rainha em todos os tratamentos através de sua postura, e em muitas das vezes, por meio da visualização da mesma em meio aos favos da colmeia. Não

foi identificado a presença de realeiras, tal situação pode ter ocorrido devido às colônias, em todos os tratamentos, não apresentarem condições favoráveis à divisão do enxame.

A alta umidade no interior das colmeias com vermiculita favoreceu o aparecimento de pragas como a traça da cera (*Achroia grisella*) e o forídeo (*Pseudohyocerakerteszi*), que na fase larval se alimentam do pólen disponível ou, ainda, das larvas e pupas de abelhas, ocasionando a redução do enxame, em decorrência do baixo número de crias que conseguem completar o ciclo de desenvolvimento.

O número de quadros com cria foi afetado significativamente ( $P < 0,05$ ) pelo percentual de vermiculita no traço (Figura 23), com valores médios estimados de 7,82, na testemunha, 7,36 no T2, 6,00 no T3 e 3,77 no T4, o que representa decréscimos de 6,0%; 23,3% e 51,8%, com relação à testemunha, respectivamente.

**Figura 23.** Número de quadros de cria em colmeias confeccionadas com vermiculita no traço

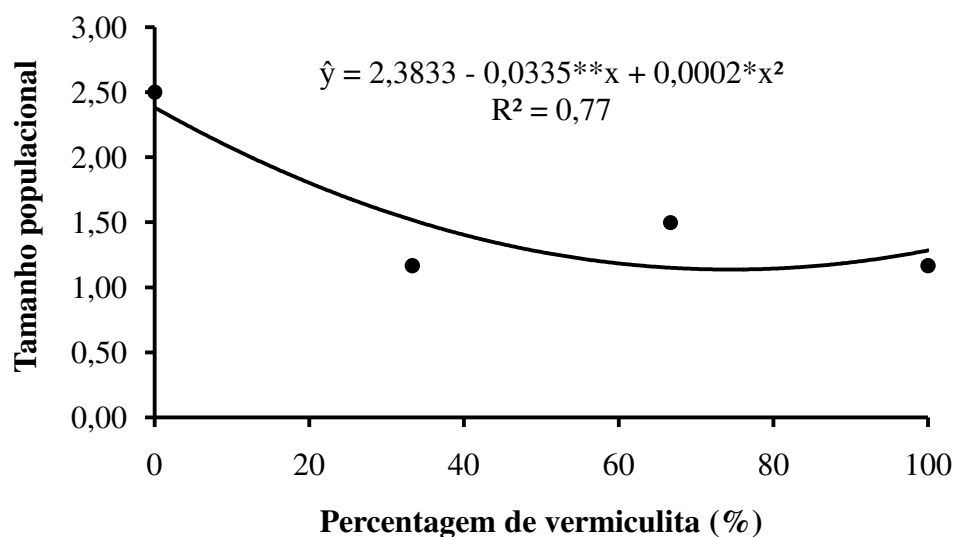


O controle de temperatura dentro da colônia (termorregulação) é importante, principalmente, para o sucesso do desenvolvimento da cria, e para a sobrevivência da colônia. Além de afetar características morfológicas e a sobrevivência da cria, um desenvolvimento em temperaturas inadequadas pode prejudicar outros fatores fisiológicos dos indivíduos e assim, gerar consequências posteriores na vida adulta (Almeida, 2013). Por outro lado, o

desenvolvimento e o comportamento das colônias de abelhas recebem influência de fatores ambientais como temperatura e umidade relativa do ar (Alencar, 2006). O tamanho populacional nas colmeias analisadas decresceu de 2,38 pontos na classificação populacional (Figura 24), na testemunha, para 1,03 pontos na classificação populacional quando se utilizou porcentual mais elevado de vermiculita, o que representa uma depleção de 56,6%.

Isto pode ser explicado devido a baixo índice de quadros com cria e a redução do tempo de vida das abelhas operárias por causa do grande esforço para a manutenção da temperatura e umidade interna das colmeias. A longevidade desses insetos pode ser afetada, além de outros fatores, pela temperatura e umidade do ambiente, a quantidade e a qualidade do alimento disponível, a termorregulação e as diferenças genóticas existentes entre as abelhas (Winston, 2003).

**Figura 24.** Tamanho populacional de abelhas em colmeias com uso de vermiculita na confecção.



Verificou-se ainda, que as médias do tamanho populacional das abelhas, número de quadros com cria e produção de mel nas colmeias de madeira, foram superiores em relação aos tratamentos com colmeias de alvenaria com vermiculita na composição do traço, não

diferindo significativamente entre as colmeias de madeira e as de concreto (0,0% de vermiculita) para todas as variáveis (Tabela 5).

**Tabela 5.** Contraste realizado entre as colmeias de concreto e de madeira, na avaliação do tamanho populacional de abelhas, número de quadros com cria e produção de mel.

Tratamentos	Variáveis		
	TP	NQC	PM (kg)
0% de vermiculita	2,5 a	8,0 a	9,5 a
33,33% de vermiculita	1,5 b	6,8 b	0,8 b
66,67% de vermiculita	1,2 b	6,7 b	0,7 b
100% de vermiculita	1,2 b	3,8 b	0,0 b
Caixa de madeira	2,5 a	7,7 ab	10,8 a
Contraste			
CM vs CA	16,35**	20,65 **	121,56**

\*\* significativo a 1% pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## 5. CONCLUSÕES

O aumento da porcentagem da vermiculita no traço do concreto proporciona maior absorção de água, percentual de índice de vazio e menores resistências a compressão axial e massa específica, sendo que esta elevação reduz a condutividade térmica do concreto.

Colmeias com concreto simples podem substituir as de madeira, o uso da vermiculita proporcionou uma redução no peso das colmeias, e a utilização do concreto com ou sem vermiculita, diminuiu o custo de fabricação.

Ocorre redução do número de quadros de crias e, por isso, diminuição do tamanho populacional de abelhas *Apis* em colmeias construídas de concreto com vermiculita, tendo produção mínima ou ausência de mel, principalmente, em razão da excessiva umidade relativa presente no interior das colmeias.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, L. C.; Souza, D. C. Efeito do sombreamento na produção do mel, no desenvolvimento e no abandono de colmeias de abelhas africanizadas (*Apis mellífera* L.) em região semiárida. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 7., 2006, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2006. 1 CD-ROM.
- Almeida, G. F. de. Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas. 2008. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 2008.
- Almeida, M. A.D. de; Carvalho, C. M. S. Apicultura: uma oportunidade de negócio sustentável. Salvador: SEBRAE Bahia, 2009. 52 p.
- Almeida, C. T.; Lorenzon, M. C. A.; Tassinari, W. S. Identificação de fatores associados à ocorrência de doenças de abelhas africanizadas (*Apis mellífera* L.) em apiários do estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Medicina Veterinária, v.35, n.1, p.33-40, 2013.
- AL-Tikrity, W.S.; Benton, A.W.; Hillman, R.C.; Clarke, W.W. Jr. The relationship between the amount of unsealed brood in honeybee colonies and their pollen collection. Journal Apicultural Research, v.11, p.9-12, 1975.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL COMMUNITIES (AOAC). Official methods of analysis. 2. ed. Washington, DC: AOAC, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5738: Moldagem e cura de corpo de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5739: Ensaio de compressão de corpo de prova cilíndricos de concreto. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos. Determinação da absorção de água por imersão. Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR NM 52; Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

- Baêta, R. M. Caracterização petrográfica, faciológica e tecnológica das rochas ornamentais do complexo alcalino de Tunas/PR 2004,100 f. Dissertação (Mestrado) - Editora UFPR Curitiba, 2004.
- Bezerra, A. J. V. Utilização do resíduo da indústria de calçados (EVA - etileno acetato de vinila) como agregado leve na produção de blocos vazados de concreto para alvenaria sem função estrutural. 2002. 100f. Dissertação (Mestrado), UFPB/CCT, João Pessoa, PB.
- Brasil, D. de F. ; Guimarães, M. de O. ; Barbosa Filho, J. A. D. ; Freitas, B. M. Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.34, n.5, p.902-909, set./out. 2013.
- Cavalcanti Filho, O.; Soares, E. A.; Camerinil, N. L.; Leal, A. F. Avaliação térmica do compósito cimento-resíduo de EVA (Etileno Acetato de Vinila) na construção de colmeias Langstroth Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.5.3 01-04 ISSN 1809-8797, (2010).
- Celestino, V. Q.; Maracajá, P. B.; Silveira, D. C.; Farias, C. A. S.; Silva, R. A.; Olinto, F. A.; Sousa, J. da S. Aceitação e avaliação da defensividade de abelhas *Apis mellifera* L. africanizadas, associada ao tipo de material na fabricação da colmeia. ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, V. 10, n. 3, p. 18 - 25, jul - set, 2014.
- Chen D, Yu X, Shen J, Liao Y, Zhang Y (2017) Investigation of the curing time on the mechanical behavior of normal concrete under triaxial compression. *Construction and Building Materials* 147(1):488-496. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.
- Cintra, C. L. D.; Paiva, A. E. M.; Baldo, J. B., Argamassas de revestimento para alvenaria contendo vermiculita expandida e agregados de borracha reciclada de pneus - Propriedades relevantes, *Cerâmica* vol.60 no.353 São Paulo Jan./Mar. 2014.
- Costa, F. M.; Miranda, S. B. de; Toledo, V. de A. A. de; Ruvolo-Takasusuki, M. C. C.; Chiari, W. C.; Hashimoto, J. H. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. *Acta Science. Animal Science. Maringá*, v.29, n.1, p.101-108, 2007.
- Corrêa Fernandes; Pinheiro, M.. Produção de Mel. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/index.htm>>. Acesso em: 3 de outubro de 2015.
- Couto, R. H. N.; Couto, L. A. Apicultura: manejo e produtos. Jaboticabal: FUNEP, 191 p. 2006
- Dias, Renata Tomaz Vieira. Desempenho termomecânico de argamassas com adição de resíduos de vermiculita para construções rurais, 2018. 75f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

- Domingos, H. G. T.; Gonçalves, L. S. Thermoregulation in bees with emphasis on *Apis mellifera*. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.8, n.3, p.151-154, 2014.
- Engelsdorp, van D.; Meixner, M. D. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v. 103, p. S80-S95, 2010.
- Evangelista, P.P.A.; Costa, D.B.; Zanta, V.M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiro de obras. *Ambiente construído*, Porto Alegre, V.10, n.3, p.23-40, jul./set. 2010.
- Free, J.B. A organização social das abelhas (*Apis*). São Paulo: EDUSP, 1980. 79p.
- Freitas, D.G.F.; Khan, A.S. Silva, L.M.R. Nível Tecnológico e Rentabilidade de Produção de mel de Abelha (*Apis mellifera*) no Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Rio de Janeiro, v.42, n.1, p.171-188, 2004.
- Freitas, B.M.; Souza, R.M. & Bonfim, I.G.A. Absconding and migratory behaviors of feral Africanized honey bees (*Apis mellifera*) colonies in Ne. Brasil. *Acta Sci. Biological Sci.* 29(4): 381-385. 2007.
- Gonçalves, L.S.; De Jong, D. & Gramacho, K.P. A expansão da apicultura e da tecnologia apícola no nordeste brasileiro com especial destaque para o Rio Grande do Norte. *Mensagem Doce*. v3. P.7-15. 2010.
- Gonçalves, L.S. & Sombra, D. S.. Development of Africanized Honeybees of Semiarid region of Rio Grande do Norte-Brasil: monitoring of hives placed in the sun and shade. 42nd. International Apicultura Congress of Apimondia. Buenos Aires, Argentina, 21 st. to 25 th September 2011. Abstracts Book. Pg. 144. 2011.
- Jones, J. C.; Oldroyd, B.P. Nest thermoregulation in social insects. *Advances in Insect Physiology*, San Diego, v. 33, p. 153-191, 2007.
- Karaipekli, A.; SARI, A./ Preparation, thermal properties and thermal reliability of eutectic mixtures of fatty acids/expanded vermiculite as novel form-stable composites for energy storage *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 16 (2010) 767-773.
- Kleinhenz, M.; Bujok, B.; Fuchs, S.; Tautz, J. Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. *J. Exp. Biol.* n. 206. p 4217-4231. 2003.
- Lopes, M. T. R.; Barbosa, A. L.; Vieira Neto, J. M.; Pereira, F. M.; Camargo, R. C. R.; Ribeiro, V. Q.; Souza, B. A. Alternativas de sombreamento para apiários. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 299-305, jul./set. 2011.



- Lorenzon, M. C. A.; Cidreira, R. G.; Rodrigues, E. H. V.; Dornelles, M. S.; Pereira Jr G. Langstroth hive construction with cement-vermiculite. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.61, n.6, p.573-578, Nov./Dec. 2004.
- Macambira, P. M. F. O concreto em Belém do Pará. Uma visão analítica de seus componentes, mão-de-obra e patologias. 2001. 80f . Dissertação (Mestrado) - Universidade da Amazônia - UNAMA, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Belém PA.
- Mendes, C. de G.; Silva, J. B. A.; Mesquita, L. X. ; Maracajá, P. B. As análises de mel: revisão. *Caatinga (Mossoró, Brasil)*, v.22, n.2, p.07-14, abril/junho de 2009
- Moritz, R.F.A; Southwick, E.E. Bees as superorganisms: A evolutionary reality. New York: Springer-Verlag, 1992. 395p.
- Nunes-Silva, P.; Gonçalves, L. S.; Franco, T. M.; De Jong, D. Rate of growth and development time of africanized honey bee (*Apis mellifera*) queens and 65 workers during ontogenetic development. *Brazilian Journal of Morphological Sciences*, v. 23, n.3-4, p. 325-332, 2006.
- Omran, N.S.M., 2011. Wintering of Honeybee Colonies (*Apis mellifera* L.) by using a new technique during winter Season in Sohag Region, Egypt. *Journal of Applied Science Research*, Athens, v. 7, n. 2, p. 174-182, 2011.
- Pereira, F. de Mello; Lopes, M. T. do R; Camargo, R. C. R. de; Vilela, S. L. de O. Sistema de produção: Produção de mel. Embrapa Meio-Norte, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/index.htm>>. Acesso em 14 de maio de 2012.
- Pereira, F. de M.; Freitas, B. M.; Vieira Neto, J. M.; Lopes, M. T. R.; Barbosa, A. L.; Camargo, R. C. R. de. Desenvolvimento de colônias de abelhas com diferentes alimentos proteicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, v.41, n.1, p.1-7, 2006.
- Pinheiro, J. C. V.; Freitas, S. M.; Silva, F. R. M.; Carvalho, R. M. Apicultura como alternativa no desenvolvimento sustentável rural: a experiência do território sertão central. In: VIII SOBER Nordeste. Anais... Parnaíba-PI, 2013.
- Queiroz, M. L.; Barbosa, S. B. P.; Azevedo, M. Produção de geleia real e desenvolvimento de abelhas *Apis mellifera*, na região semiárida de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 2, p. 449-453, 2001.
- Ramos, J. M.; Carvalho, N. C. de. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*. Ano 6, n.10, 2007.
- Reis, Elpídio; Vermiculita no Brasil Situação Atual - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - FIBEP, 2006.

- Rocha, J.M.B. et al. Avaliação de desempenho de concretos leves com vermiculita, com ênfase na resistência à compressão, densidade e conforto térmico. . 2015. 34f. Dissertação (TCC), Universidade Católica de Brasília, Engenharia Civil, Brasília, DF.
- Rossignolo, J.A. Concreto Leve Estrutural: Produção, propriedades, microestrutura e aplicações. 1. Ed. São Paulo, SP, 2009. 144 p.
- Santos, C. S. dos; Ribeiro, A. de S. Apicultura uma alternativa do desenvolvimento sustentável. Revista Verde, Mossoró - RN, v.4, n.3, p.01-06, 2009.
- Seeley, T. D. Ecologia da abelha: um estudo de adaptação na vida social. 256p. Porto Alegre: Paixão, 2006.
- Silva, N. R. da. Aspectos do perfil e do conhecimento de apicultores sobre manejo e sanidade da abelha africanizada em regiões de apicultura de Santa Catarina. 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- Silva, C. M. e. Estudo de traço para produção de blocos de vedação utilizando como parte do agregado a vermiculita. 2014. 21 f. Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014.
- Shaw, J. A.; Nugent, P. W.; Johnson, J.; Bromenshenk, J. J.; Henderson, C. B.; Debnam, S. "Long-wave infrared imaging for non-invasive beehive population assessment. Optics Express, v. 19, p. 399-408, 2011.
- Souza, H. R.; Orsi, R. DE O.; Funari, S. R. C.; Barreto, L. M. R. C.; Dib, A. P. DA S. Produção de própolis em colmeias de *Apis mellifera* africanizadas submetidas a diferentes condições de sombreamento B. Industr. anim., N. Odessa, v.63, n.4, p.189-192, 2006.
- Sznelwar J. J. ; Scalabrin R. Relatório Técnico 48 - Perfil da Vermiculita; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME; SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM; BANCO MUNDIAL BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD, p. 35, 2009.
- Tan, K.; Li, H.; Yang, M.X.; Hepburn, H.R.; Radloff, S.E. Wasp hawking induces endothermic heat production in guard bees. Journal of Insect Science, Wallingford, v. 10, p. 1-6, 2010.
- UNAMEL - União Nordestina de Apicultura e Meliponicultura. Prejuízos causados pela seca de 2012 à apicultura nordestina. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Camaras\\_setoriais/Mel\\_e\\_produtos\\_apicolas/28RO/28%C2%AARO\\_Uname1.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Camaras_setoriais/Mel_e_produtos_apicolas/28RO/28%C2%AARO_Uname1.pdf)> Acesso em 14 de outubro de 2015.

- Yao W, Xia K, LiuY, ShiY, Peterson K (2019) Dependences of dynamic compressive and tensile strengths of four alkali-activated mortars on the loading rate and curing time. *Construction and Building Materials* 202(5):891-903. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.069.
- Wiese, H. *Apicultura -Novos tempos*. Guaíba: Livraria Editora Agropecuária, 2000. 424p.
- Winston, M. L.. *A Biologia da Abelha*. Tradução de Carlos Alberto Osowski. Editora Magister: Porto Alegre. 276p. 2003.