

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN E EXPRESSÃO GRÁFICA
CURSO DE DESIGN DE PRODUTO

Juliana Bauer

Meliponário modular com sistema de monitoramento automatizado

Florianópolis, SC

2023

Juliana Bauer

Meliponário modular com sistema de monitoramento automatizado

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Design de Produto do Centro de Comunicação e Expressão da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Design de Produto

Orientador: Profa. Dra. Ana Veronica Pazmino

Florianópolis, SC

2023

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

Bauer, Juliana
Meliponário modular com sistema de monitoramento
automatizado / Juliana Bauer ; orientadora, Ana Verônica
Paz y Mino Pazmino, 2023.
123 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Comunicação e Expressão, Graduação em Design de Produto,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Design de Produto. 2. Abelhas sem Ferrão. 3.
Meliponário. 4. Tecnologia. 5. Sustentabilidade. I. Paz y
Mino Pazmino, Ana Verônica . II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Design de Produto. III. Título.

Juliana Bauer

Meliponário modular com sistema de monitoramento automatizado.

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Meliponário modular com sistema de monitoramento automatizado” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Design de Produto.

Florianópolis, 23 de Junho de 2023.

Prof. Cristiano Alves da Silva, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.(a) Ana Veronica Paz Y Mino Pazmino, Dr.(a)
Orientador(a)
Instituição UFSC

Prof.(a) Cristiano Alves da Silva, Dr.
Avaliador
Instituição UFSC

Prof.(a) Ivan Luiz de Medeiros, Dr.
Avaliador
Instituição UFSC

Agradeço sinceramente aos meus amigos e família pelo imenso suporte ao longo da produção deste PCC e de toda a graduação, agradeço pela amizade, carinho e apoio contínuo.

Agradeço à Prof^a. Orientadora Ana Veronica Pazmino pelo constante auxílio e confiança depositada em meu trabalho e ao Prof. Estevan Hideki Murai pelo amparo e generosidade.

RESUMO

O Projeto de Conclusão de Curso aborda a concepção de um meliponário destinado à criação de abelhas sem ferrão, com o objetivo principal de facilitar os processos de manejo na prática da meliponicultura, através da metodologia do *Design Thinking*. O projeto tem a intenção de contribuir para a preservação das espécies nativas de abelhas no Brasil, auxiliar nas atividades diárias dos meliponicultores, assegurar o cuidado adequado e promover a saúde das meliponas. Ainda, busca suprir um setor pouco explorado no mercado atual, tratando-se de uma prática de nicho tradicionalista, com escassa aplicação tecnológica. Nesse sentido, a pesquisa coleta informações sobre possíveis oportunidades, o público-alvo, os concorrentes, bem como as especificações técnicas relacionadas aos ambientes apropriados para a criação das abelhas e a sua biologia.

Palavras-chave: Abelhas sem Ferrão. Meliponário. Tecnologia.

ABSTRACT

The Course Completion Project addresses the design of a meliponary for the breeding of stingless bees, with the main objective of facilitating the management processes in the practice of meliponiculture, following the Design Thinking method. The project intends to contribute to the preservation of native bee species in Brazil, assist in the daily activities of meliponic farmers, ensure adequate care and promote the health of meliponas. Furthermore, it seeks to supply a sector that is little explored in the current market, as it is a traditionalist niche practice, with little technological application. In this sense, the research collects information about possible opportunities, the target audience, competitors, as well as technical specifications related to appropriate environments for raising bees and their biology.

Keywords: *Stingless Bees. Meliponary. Technology.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do <i>Design Thinking</i>	18
Figura 2 - Etapas do projeto.....	19
Figura 3 - Formação dos favos de cria de (1) Trigonas e (2) Meliponas.....	22
Figura 4 - Ninho natural de abelhas sem ferrão.....	23
Figura 5 - Estrutura do ninho de meliponíneos: A) Em colmeia vertical modular; B) Em oco de árvore.....	25
Figura 6 - Disposição dos módulos ninho, sobreninho, melgueira em colmeia vertical para criação de meliponíneos.....	28
Figura 7 - Método de coleta por perfuração dos potes em melgueira.....	33
Figura 8 - Infográfico das respostas do questionário.....	36
Figura 9 - Esquema das respostas da entrevista.....	38
Figura 10 - Trabalho com meliponário horizontal.....	39
Figura 11 - Meliponário de cimento.....	40
Figura 12 - Respostas da entrevista com Willian.....	41
Figura 13 - Respostas da entrevista com Valmir.....	42
Figura 14 - Etapas de abertura de meliponário individual.....	43
Figura 15 - Etapas do manejo em caixas modulares.....	44
Figura 16 - Dificuldades de cada etapa de manejo das caixas modulares.....	45
Figura 17- Meliponário coletivo da Cidade das Abelhas.....	46
Figura 18 - Dimensões do posto de trabalho vertical.....	48
Figura 19- Dimensões do posto de trabalho horizontal.....	48
Figura 20 - Persona (Gabriela).....	49
Figura 21 - Persona (Renato).....	49
Figura 22 - Persona (Edson).....	50
Figura 23 - Meliponário INPA do Ateliê AER.....	51
Figura 24 - Meliponário INPA da Casa do Apicultor.....	52
Figura 25 - Meliponário AF do Abelhas do Bem.....	52

Figura 26 - Meliponário INPA do Mezzalira Mix.....	52
Figura 27 - Meliponário AF do Artesanato do Mel.....	53
Figura 28 - Meliponário INPA do Meliponário Santiago.....	53
Figura 29 - Sistema de monitoramento ApisProtect.....	53
Figura 30 - Sistema de monitoramento Telekom.....	54
Figura 31 - Sistema de monitoramento Sm@rtBee.....	54
Figura 32 - Lista de verificação dos concorrentes diretos.....	55
Figura 33 - Lista de verificação dos concorrentes indiretos.....	56
Figura 34 - Lista de verificação dos produtos similares.....	57
Figura 35 - Custo benefício dos concorrentes diretos.....	58
Figura 36 - Custo benefício dos concorrentes indiretos.....	58
Figura 37 - Custo benefício dos produtos similares.....	59
Figura 38- Definição dos concorrentes e similares principais.....	60
Figura 39 - Áreas de oportunidade dos concorrentes diretos principais.....	61
Figura 40 - Análise estrutural e funcional 1.....	62
Figura 41 - Análise estrutural e funcional 2.....	63
Figura 42 - Requisitos de projeto.....	64
Figura 43 - Painel de referências 1.....	66
Figura 44 - Painel de referências 2.....	67
Figura 45 - Painel de referências 3.....	67
Figura 46 - Painel de conceito 1.....	68
Figura 47 - Painel de conceito 2.....	69
Figura 48 - Painel de conceito 3.....	70
Figura 49 - <i>Sketches</i> iniciais.....	71
Figura 50 - Explorações aprofundadas 1 a 4.....	71
Figura 51 - Explorações aprofundadas 5 a 7.....	72
Figura 52 - Explorações aprofundadas 8 e 9.....	73

Figura 53 - Explorações aprofundadas 10 a 14.....	73
Figura 54 - Exploração do interior dos módulos.....	74
Figura 55 - Exploração dos suportes.....	75
Figura 56 - Refinamento 1.....	76
Figura 57 - Refinamento 2.....	76
Figura 58 - Refinamento 3.....;	77
Figura 59 - Refinamento 4.....	77
Figura 60 - Matriz de decisão.....	78
Figura 61 - Alternativas finais.....	79
Figura 62 - Alternativa principal selecionada.....	80
Figura 63- Definição dos concorrentes e similares principais.....	80
Figura 64 - Componentes eletrônicos do projeto.....	81
Figura 65 - Mapeamento das conexões dos componentes eletrônicos.....	83
Figura 66 - Estados da programação.....	83
Figura 67 - <i>Wireframes</i>	85
Figura 68 - Fluxo de alta fidelidade.....	87
Figura 69 - Fluxo menu.....	88
Figura 70 - Fluxo monitoramento.....	88
Figura 71 - Fluxo cadastro.....	89
Figura 72 - Modelagem das peças internas.....	90
Figura 73 - Modelo final renderizado.....	90
Figura 74 - Render das padronagens.....	91
Figura 75 - Render do modelo selecionado.....	92
Figura 76 - Render do modelo a ser materializado.....	93
Figura 77 - Render do aplicativo.....	94
Figura 78 - Ambientação.....	95
Figura 79 - Peças internas do protótipo.....	96
Figura 80 - Peças internas do protótipo montadas.....	96

Figura 81 - Protótipo impresso.....	97
Figura 82 - Render do aplicativo 2.....	99
Figura 83 - Render com módulos internos.....	100
Figura 84 - Render do aplicativo 3.....	102
Figura 85 - Módulos combináveis.....	102
Figura 86 - Protótipo funcional finalizado.....	103
Figura 87 - Orçamento dos componentes eletrônicos do projeto	105
Figura 88 - Orçamento da materialização artesanal do projeto	105

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	145
1.1 OBJETIVOS	145
1.1.1 Objetivo Geral.....	145
1.1.2 Objetivos Específicos.....	145
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 METODOLOGIA	167
2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	19
2.1 IMERSÃO.....	20
2.1.1 Ambientes naturais das abelhas sem ferrão	20
2.1.1.1 Ninhos	201
2.1.1.2 Indivíduos da colônia.....	223
2.1.1.3 Reprodução	223
2.1.2 Ambientes artificiais	234
2.1.2.1 Meliponários individuais e coletivos	245
2.1.2.2 Meliponários fixos	256
2.1.2.3 Meliponários modulares.....	267
2.1.2.4 Estruturas internas dos modelos de colmeia modulares	267
2.1.2.5 Modelos de meliponários modulares	288
2.1.2.6 Especificações estruturais dos ambientes artificiais	29
2.1.2.7 Manutenção dos ambientes artificiais.....	30
2.1.2.8 Divisão de enxames com perturbação mínima	31
2.1.3 Mel.....	301
2.1.3.1 Colheita do mel	312
3. IMERSÃO DE PROFUNDIDADE	333
3.1 PÚBLICO-ALVO	333
3.1.1 Pesquisa de público.....	334
3.1.1.1 Questionário.....	345

3.1.2 Pesquisa de campo	367
3.1.3 Entrevista	390
3.1.2.1 Análise da atividade	42
3.2 ERGONOMIA E ANTROPOMETRIA	456
3.3 PERSONAS	488
3.4 LISTA DE NECESSIDADES	50
3.5 CONCORRENTES E SIMILARES	51
3.6 LISTA DE VERIFICAÇÃO	54
3.7 ANÁLISE ESTRUTURAL E FUNCIONAL	61
3.8 REQUISITOS DE PROJETO	633
3.9 MATERIAIS E PROCESSO DE FABRICAÇÃO	654
3.10 PAINÉIS DE CONCEITO E REFERÊNCIAS	65
4. IDEACÃO.....	70
4.1 REFINAMENTO DAS ALTERNATIVAS	75
4.2 MATRIZ DE DECISÃO.....	78
5. PROTOTIPAÇÃO.....	80
5.1 COMPONENTES ELETRÔNICOS.....	81
5.1.2 Conexões dos componentes eletrônicos	82
5.2 PROGRAMAÇÃO	83
5.3 INTERFACE GRÁFICA	84
5.3.1 Desenho das telas.....	84
5.3.2 Telas de alta fidelidade	86
5.4 MODELAGEM 3D.....	89
5.5 RENDER E AMBIENTAÇÃO.....	91
5.6 CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	95
6. MEMORIAL DESCRITIVO	97
6.1 CONCEITO	97
6.2 FATOR DE USO	98
6.3 FATOR ESTRUTURAL	99

6.4 FATOR AMBIENTAL.....	100
6.5 FATOR ESTÉTICO SIMBÓLICO.....	101
6.6 FATOR CONSTRUTIVO	103
6.7 FATOR COMERCIAL.....	104
6.7.1 Orçamento.....	104
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
REFERÊNCIAS.....	106
APÊNDICE A.....	109
APÊNDICE B	114
APÊNDICE C.....	116
APÊNDICE D.....	122

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o tema do projeto, os objetivos, a justificativa e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do produto.

1.1 OBJETIVOS

Aqui são apresentados os objetivos deste PCC que mostram as metas que foram estabelecidas para direcionar o projeto.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um meliponário modular com sistema automatizado, agregando ao método de divisão de enxames com perturbação mínima para abelhas sem ferrão.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os traços básicos das abelhas meliponas e trigonas, os potenciais econômicos e ecológicos de seu manejo;
- Examinar o funcionamento dos ninhos naturais e formatos artificiais;
- Identificar os atributos essenciais, físicos e processuais, do manejo da fauna melipona e trigona, problemas e soluções;
- Definir o público-alvo, seus desejos e necessidades;
- Analisar produtos concorrentes similares;
- Empregar os dados identificados para a formulação técnica de necessidades do projeto;
- Constituir requisitos obrigatórios para a forma material e conceitual do projeto;
- Validar a esquematização das possibilidades e requisitos;
- Gerar alternativas;
- Refinar e modelar as alternativas;
- Construir modelo de apresentação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo ROUBIK (2023), a relativa facilidade de gerenciamento das colônias de abelhas sem ferrão culminou em certo sucesso comercial de sua criação e resultou em diretrizes

administrativas e legais para sua obtenção ou venda. Atualmente, são utilizados meliponários modulares constituídos em madeira, específicos para a criação destas espécies, cujos arranjos variam de acordo com as dinâmicas de cada colônia, caracterizam-se como materiais de baixo custo de implementação e ainda podem ser fabricados pelos próprios meliponicultores. Estes formatos de abrigo permitem a reprodução dos enxames por meio da técnica de multiplicação artificial, consistindo na divisão de colônias tidas como fortes e bem estruturadas, ampliando as criações e perpetuando a sobrevivência das espécies (Roubik 1995, apud Witter, 2014).

Entretanto, a criação de tais abelhas gera resultados inesperados, uma vez que as avaliações e técnicas foram sendo desenvolvidas empiricamente. Uma vasta quantidade de ninhos é inicialmente extraída de habitats naturais, por meliponicultores aspirantes, para darem início ao processo de criação, com a finalidade do empreendedorismo. Muitas vezes essas colônias não sobrevivem e são substituídas da mesma maneira, contribuindo para um ciclo de enfraquecimento da espécie e desaparecimento na natureza (Magalhães & Venturieri, 2010). A possibilidade de vantagens econômicas com a prática torna-se cada vez mais atrativa e vantajosa para pequenas comunidades, produtores rurais familiares. Além de seu baixo custo inicial, o mel fabricado pelas espécies nativas pode atingir alta qualidade e alto valor de mercado (Oliveira, 2013).

Todavia, para além das motivações econômicas que galvanizam a prática através da possibilidade de renda, tem consolidando-se como possibilidade de prática sustentável, atuando na preservação de espécies de abelhas silvestres, tornando-se uma atividade tradicional de importância regional e forte oportunidade para promoção da educação ambiental (Magalhães & Venturieri, 2010). Surge como alternativa de implementação para a recuperação de áreas desmatadas, uma vez que a qualidade do mel produzido decorre não somente de ambientes bem preservados, como de espécies nativas específicas para produção meleira de variedades mais exóticas, incentivando comunidades e produtores locais à atentarem-se a assuntos diretamente relacionados à preservação ambiental (Magalhães & Venturieri, 2010).

A meliponicultura, quando praticada de forma adequada, gera numerosos benefícios ecológicos, ao evitar a perda de colônias, a depredação de ninhos naturais, e corrobora com a manutenção da biodiversidade através da polinização de grande parte das espécies de plantas nativas (Venturieri, 2008, apud Witter, 2014). Através da disseminação da meliponicultura por instituições governamentais e fomento da capacitação, o interesse pela prática através de abordagens agroecológicas vem crescendo com pesquisas que indicam benefícios variados da atuação das abelhas nativas em conjuntos de atividades agrárias. Aponta-se a expansão da produtividade das plantas nativas e culturas agrícolas (Malagodi-Braga; Kleinert, 2007, apud Venturieri 2010).

Compreendendo a relação de benefício mútuo da criação de abelhas sem ferrão para a preservação das espécies e renda para agricultores, pode-se citar o caso das abelhas Jataí (*Tetragonisca spp.*) cujas populações nativas do Sul e Sudeste brasileiros foram recuperadas a partir da popularização de seu cultivo, após seu quase desaparecimento em decorrência da depredação ambiental (Malagodi-Braga; Kleinert, 2007, apud Venturieri 2010).

Em vista do exposto, determina-se o desenvolvimento de um produto que fortaleça o cenário de interesse e influências positivas nos âmbitos sociais e ambientais dentro das capacidades da criação de abelhas sem ferrão, viabilizando a educação a respeito do manejo correto das espécies e expandindo a prática de forma agroecológica.

1.3 METODOLOGIA

Define-se o *Design Thinking* como abordagem central para o processo projetual, ao caracterizar-se por sua qualidade exploratória, permitindo a revisão dos pontos determinantes do projeto visando um resultado final integralmente útil (Brown, 2009).

BROWN (2009) caracteriza o processo como um conjunto de princípios para a resolução e exploração de uma variedade de problemas em busca de uma solução, tendo seu funcionamento através de um sistema de espaços e etapas não lineares, de forma a permitir ajustes e exploração de novos caminhos inesperados a partir do que é identificado ao longo do processo. Possibilita, ainda, que o designer ponha à prova premissas básicas do projeto em quaisquer etapas, fazendo com que seja viável e, muitas vezes, necessário o retorno às etapas projetuais com o intuito de redefinir conceitos e conduzir resultados mais eficientes, uma vez que tenham sido identificadas falhas ou impasses, evitando caminhos improdutivos e revelando novas perspectivas.

2 Segundo o *Design Thinking* descrito por BROWN (2009), o papel do designer nesse cenário é compreendido como o de agente observador criativo, articulando as necessidades e lidando com os desafios a partir de ferramentas de observação e empatia, identificando “dicas” ou características simbólicas subjetivas a respeito de carências não atendidas, com o intuito final de traduzir observações em ideias. A partir disto, é possível transformar essas observações nos chamados *insights*, dando início a etapas mais tangíveis dos projetos.

Dessa forma, definem-se as etapas transitórias ou cíclicas, de análise, produção e escolha, sendo a primeira delas a 1) Imersão, pretendendo contextualizar o problema, definindo diretrizes base para o projeto e reunindo os dados necessários, trata-se de uma etapa cujo enfoque é na pesquisa circundando o assunto a ser tratado no projeto, visando a identificação de funcionamentos sistemáticos, para a estipulação final de oportunidades e necessidades. Formula-se um Plano de

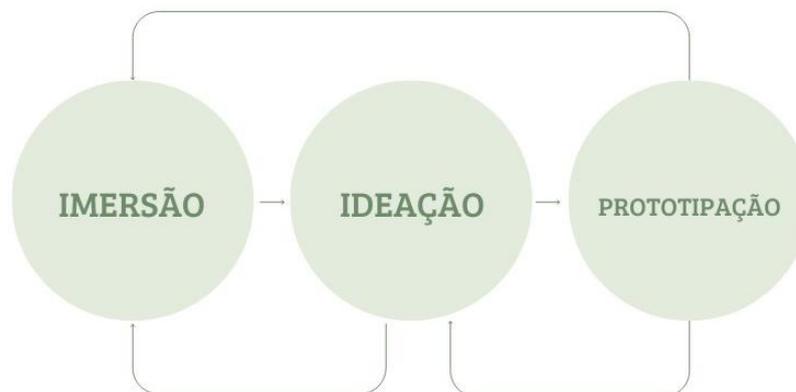
Pesquisa a fim de abranger aspectos ou categorias específicas, como análise e definição do público-alvo ou reunião de dados etnográficos.

Seguinte a isto apresenta-se a 2) Idealização, expondo os estágios de conceituação do projeto, consistindo em *Brainstormings* a fim de recolher grande volume de ideias para estimular a criatividade, sendo um espaço não inteiramente associado ou determinado pelo senso crítico.

A 3) Prototipação objetiva organizar as ideias tidas nas etapas anteriores de acordo com as necessidades do usuário e pré-requisitos. Nessa etapa, fazem-se escolhas até o alcance da solução final do projeto, com base na classificação e comparação das alternativas. É importante frisar que o processo criativo tem como base a síntese, reunindo e avaliando as ideias completas recolhidas ao longo do processo, identificando os padrões através da análise dos dados, sendo utilizados como base na tomada de decisões. Assim, é possível que o designer retorne à fases anteriores de acordo com a necessidade de revisão processual, visando a concepção final de um projeto integralmente funcional e adequado.

Neste PCC também foram utilizados outros métodos (técnicas e ferramentas) e a pesquisa documental em bibliografias diversas sobre o tema do projeto. A figura 1 apresenta o esquema do *Design Thinking*. E a figura 2 as etapas aplicadas neste projeto em cada fase.

Figura 1- Esquema do *Design Thinking*



Fonte: Brown (2009) adaptado pela autora

Figura 2- Etapas do projeto



Fonte: Da autora

A seguir a descrição das ações do desenvolvimento do projeto organizadas em capítulos e subcapítulos.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo serão tratadas as características específicas que qualificam o manejo ideal das abelhas sem ferrão e as demandas para a obtenção de méis de qualidade. Define-se como enfoque as abelhas do gênero *Melipona*, de forma a direcionar a pesquisa ao considerar as diferenças comportamentais e biológicas entre os gêneros da tribo Meliponini, estabelecendo parâmetros específicos para a realização do produto final.

2.1 IMERSÃO

Neste item serão tratadas, de forma abrangente, as características dos ninhos naturais das espécies de meliponíneos do gênero *Melipona*, a fim de compreender e pontuar o funcionamento e as necessidades dos ambientes artificiais, também citados neste item.

2.1.1 Ambientes naturais das abelhas sem ferrão

Segundo MICHENER (1974), as abelhas sem ferrão fazem parte de um grupo de abelhas caracterizadas como eussociais avançadas, tendo alta capacidade de organização social e de construção de ninhos cujas arquiteturas mostram-se extremamente complexas.

Os meliponíneos, particularmente, constroem ninhos perenes e, de modo geral, dependem de árvores vivas para sua construção. Sua manutenção é feita a partir da coleta de recursos naturais, como barro, resina e fibras de vegetais, utilizando-os, ainda, para alimentação, defesa e produção de outros materiais para diversos fins, como o geoprópolis (mistura de própolis com barro) ou cerume (mistura de cera com resina), utilizados para a vedação dos ninhos na proteção contra intempéries e ataques de outros insetos (Roubik, 1989).

Um estudo, realizado no estado do Rio Grande do Sul, apresenta um mapeamento de 144 ninhos de espécies diferentes, muitas em troncos de árvores de canela com grandes diâmetros. Tais espécies de árvores demandam, em média, 65 anos para atingirem uma espessura de 30cm, demonstrando a relevância da preservação dos espaços naturais para a manutenção da existência dos meliponíneos e sua extrema sensibilidade quanto aos ambientes naturais em que vivem (Lopes, 2012, apud Witter, 2014).

Ainda, os ninhos localizam-se em áreas onde é ofertado alimento, de forma que as forrageadoras estejam nas proximidades de espécies botânicas visitadas pelas abelhas, considerando que os meliponíneos apresentam capacidade limitada para distância de vôo, variando

entre 120 m à 2500 m, de acordo com a espécie. Portanto, as adversidades do desmatamento atingem proporções multifacetadas, ao passo que, ao não encontrar espécies botânicas necessárias para coleta de sua alimentação nas redondezas de suas colmeias, as abelhas são incapazes de ir além de seu raio de vôo em busca de flores e plantas remanescentes. O resultado disto é o enfraquecimento dos ninhos que se tornam ainda mais sujeitos ao seu fim.

2.1.1.1 Ninhos

A estrutura interna de cada ninho é variável de acordo com a espécie, todavia, apresentam os mesmos fundamentos, em termos de separação das áreas de trabalho, armazenamento, espaços de reprodução e estruturas auxiliares. As principais qualidades são 1) Área de cria; 2) Invólucro e 3) Potes de alimento (Nogueira-Neto, 1997; Venturieri, 2008; Michener, 2013, apud Witter, 2014).

- Áreas de cria (1): Onde situam-se as células de cria, que, quando unidas, constituem os chamados favos de cria. Estas células são utilizadas apenas uma vez ao serem o local de oviposição da rainha e desenvolvimento completo das abelhas, da fase larval à adulta, sendo esta uma característica particular das abelhas sem ferrão. É depositado alimento líquido em cada célula a fim de ser consumido pelas crias durante sua evolução e após seu desenvolvimento completo, as células são destruídas pelas operárias.

Os favos geralmente localizam-se no centro do ninho, concentrados, empilhados e compactados; suas proporções variam de acordo com a espécie ou espaço disponível para sua disposição e sua presença é um indicativo de frequente atividade da rainha na colmeia. A maneira como são arranjados varia de acordo com o gênero, espécies *Trigonas* constroem cachos, enquanto as *Meliponas* formam discos em camadas ou espirais.

A observação de sua coloração é de grande importância ao meliponicultor para processos de divisão artificial de colônias, uma vez que quando apresentam coloração mais escura, estão em fase de ovo (cria nova), sendo frágeis à manipulação e à espécies invasoras; quando apresentam coloração mais clara, a abelha está em fase adulta (cria madura) e os favos tornam-se mais resistentes.

A figura 3 demonstra a formação dos favos de cria de *Trigonas* e *Meliponas*.

Figura 3- Formação dos favos de cria de (1) Trigonas e (2) Meliponas

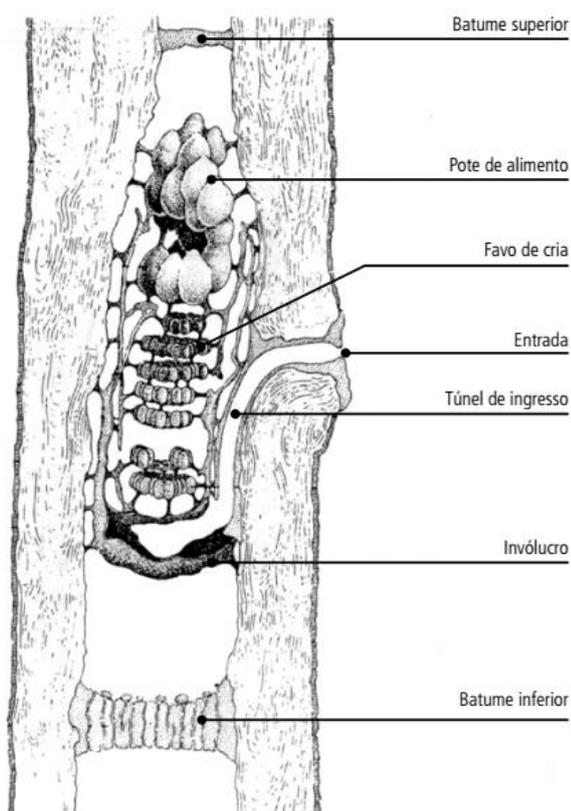


Fonte: Da autora

- **Invólucro (2):** Os favos apresentam uma camada externa de cerume, chamada invólucro, que desempenha o papel de regulação de temperatura e proteção contra possíveis invasores, protegendo as células de cria. A observação do invólucro é essencial para o manejo de abelhas uma vez que este é um indicativo da situação da colônia, em termos de saúde, podendo identificar se estão estáveis e fortes ou fracas. Caso seu aspecto seja limpo e maleável, pode indicar que se trata de uma colônia forte, por outro lado, caso esteja ressecado e quebradiço, trata-se de um indicativo de colônia fraca. Tradicionalmente, durante a extração do mel, essa camada é retirada manualmente com o auxílio de uma espátula ou através de centrífugas.
- **Potes de alimento (3):** Recipientes construídos a partir de cera de abelha, designados para o armazenamento individual de alimentos como pólen, mel e néctar. Suas proporções e localização podem variar de acordo com a espécie de abelha, estando próximos aos favos de cria ou em áreas mais afastadas do ninho.

A figura 4 demonstra os setores de um ninho natural de abelhas sem ferrão.

Figura 4- Ninho natural de abelhas sem ferrão



Fonte: Posey & Camargo, 1985, p.20.

2.1.1.2 *Indivíduos da colônia*

Os meliponíneos, sendo insetos sociais, manifestam sexo masculino e feminino, este último divide-se em castas de operárias e rainhas. Os machos, têm a função exclusiva de fecundação da abelha rainha, enquanto as operárias apresentam as funções de manutenção do ninho, construção de defesas, forrageamento de alimento no ambiente externo e, até mesmo, limpeza do ninho a partir da retirada do lixo composto por fezes e restos de materiais. Em relação às rainhas, são responsáveis pela postura de ovos; a maioria das espécies permite apenas uma rainha em cada colônia (Imperatriz-Fonseca, 1977; Kerr, 1996, apud Witter, 2014).

2.1.1.3 *Reprodução*

Os meliponíneos realizam sua reprodução através de processos de enxameação, nos quais as operárias, gradativamente, dividem a colônia original (colônia mãe), transportando os materiais necessários para o estabelecimento de uma colônia filha assim que um local julgado conveniente for encontrado. Este fenômeno se dá quando há superpopulação das colônias mãe, sendo um sinal

positivo de crescimento decorrente de fartura de alimento (Nogueira-Neto, 1997, apud Witter, 2014).

É importante que o meliponicultor esteja atento e possa observar as abelhas durante manutenções do ninho, a fim de identificar a necessidade de novos meliponários para suportar os enxames de forma adequada e não correr riscos de que a divisão natural dos enxames o pegue de surpresa, perdendo parte de suas colônias (Venturieri, 2008).

2.1.2 Ambientes artificiais

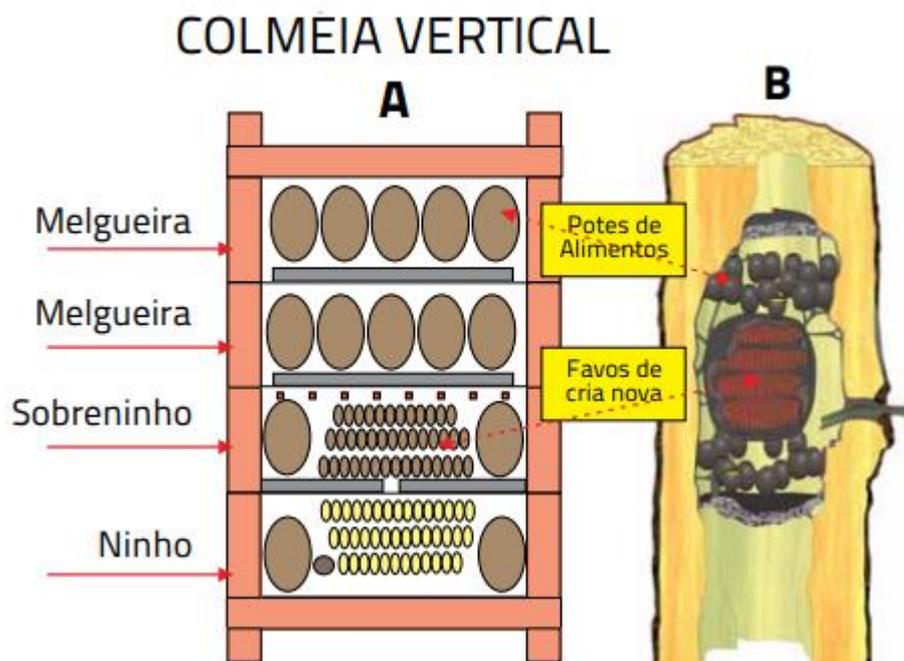
O objetivo das colmeias artificiais é replicar os habitats naturais das abelhas, ou até mesmo oferecer espaços ainda mais propícios, para que as espécies floresçam ao passo que é feita a produção higiênica do mel e subprodutos como, cera e própolis, sendo estabelecidas ferramentas que permitam sua coleta adequada.

Os modelos de meliponários variam dentro das duas categorias principais de capacidade estrutural de abrigo, sendo individuais ou coletivos. A escolha da modalidade de criação varia de acordo com as espécies a serem cultivadas, considerando características biológicas, de temperamento e relacionamento interespecífico (Villas-Boas, 2012).

Em relação ao funcionamento dos meliponários e condições de sustentação e separação dos ninhos, há ampla variedade. Serão enfocadas nesta pesquisa os modelos de colmeias modulares e fixas que representam os modelos mais amplamente utilizados e indicados pelos meliponicultores, podendo ser divididos entre os arranjos horizontais ou verticais dos ninhos.

A figura 5 demonstra uma associação entre ninhos naturais das abelhas sem ferrão e a setorização dos ninhos artificiais verticais.

Figura 5- Estrutura do ninho de meliponíneos: A). Em colmeia vertical modular; B). Em oco de árvore



Fonte: Ronaldo Gemerasca da Silva adaptado de Posey & Camargo, 1985, apud Witter, 2014 p. 77.

2.1.2.1 Meliponários individuais e coletivos

O modelo de meliponário individual é amplamente empregado por meliponicultores empreendedores, em virtude de sua característica de espaçamento, o qual permite a criação de maior variedade de espécies, minimizando a interação entre cada ninho e evitando a agressividade entre elas, o que contribui para a garantia de características específicas das colmeias. Esse modelo possibilita diversas variações, adaptando-se às necessidades do meliponicultor e das espécies criadas, inclusive sendo possível sua adaptação para uso de caixas modulares (Witter, 2014).

Em geral, os modelos individuais são caracterizados pelos piquetes, que funcionam como pilares de sustentação das caixas e exigem sistemas de proteção contra invasores, como as formigas. É comum a fixação de esponjas nos piquetes, as quais contêm substâncias que afastam essas espécies. Além disso, há a presença de telhados individuais, os quais oferecem proteção contra intempéries (Abelha, 2012).

Em relação aos meliponários coletivos, há ampla variedade de modelos. Em geral, caracterizam-se pela maior densidade de ninhos em áreas menores, possibilitando melhor aproveitamento do espaço disponível. Existem diversas formas de instalação dos ninhos, incluindo a colocação em prateleiras duplas, fixadas em piquetes de chão com telhados de queda de duas

águas, arranjados em coretos ou fixados em paredes, neste caso, aproveitando as estruturas já existentes em construções civis (Witter, 2014).

2.1.2.2 Meliponários fixos

Os meliponários fixos são estruturas contínuas de colmeias de abelhas sem ferrão, não permitem expansão ou modificação posterior, sendo comumente construídos em madeira ou fibrocimento. Esses meliponários possuem uma entrada frontal com um tubo que funciona como corredor de acesso para as abelhas. A operação dos meliponários fixos é semelhante ao das colmeias tradicionais de abelhas, com as abelhas sem ferrão organizando-se em uma estrutura social complexa e coordenando suas atividades para o desenvolvimento da colônia. Dentro do meliponário, as abelhas constroem seus ninhos e depositam alimentos. O meliponicultor pode acessar a colmeia pela tampa superior para realizar a manutenção e coleta de mel (Nogueira-Neto, 2008). Modelos de meliponários fixos são:

- JCW (1): O meliponário modelo JWC é um tipo de meliponário vertical e fixo, desenvolvido pelo meliponicultor João Walmir de Carvalho. É composto por diversas caixas individuais empilhadas umas sobre as outras, de forma que cada caixa contém um ninho. O funcionamento desse sistema tem como base a separação dos ninhos em diferentes caixas, o que permite uma maior flexibilidade na criação e manejo das colônias.
- AF (2): Consiste em uma caixa vertical de madeira, dividida em duas partes: uma inferior para a construção do ninho e armazenamento de alimentos pelas abelhas e outra superior, onde é colocada a tampa que permite o acesso do meliponicultor à colônia. O funcionamento do meliponário modelo AF é semelhante a outros modelos verticais, tratando-se de um modelo genérico cuja sigla popularmente empregada significa “Abelha sem ferrão”.
- PNN (3): O meliponário PNN (Parque Nacional do Iguaçu) é um dos modelos que pode ser arranjado horizontalmente. É constituído por um conjunto de caixas individuais, que podem ser modularmente organizadas em fileiras. Cada caixa individual possui dimensões adequadas para permitir o desenvolvimento dos ninhos das abelhas, além de uma tampa removível para facilitar o manejo e a extração do mel.

2.1.2.3 Meliponários modulares

Os modelos de colmeia modulares dividem-se em arranjos horizontais ou verticais, diferindo-se por suas estruturas, organização dos ninhos e acesso dos meliponicultores. Mostram-se bem-sucedidos na manutenção dos ninhos e da extração higiênica do mel, também auxiliam nos métodos de divisão artificial dos enxames. Todavia, apresentam qualidades rudimentares para sua manutenção e uso básico, abrindo possibilidades para danos aos materiais e estruturas, tornando etapas do manejo sujeitas a erros, por conta de sua simplicidade, apresentando escassa tecnologia para a garantia da qualidade e praticidade de todas as etapas e requerimentos necessários para atividade (Villas-Boas, 2012, apud Witter, 2014).

Estes modelos apresentam sistemas de divisão de ninho que permitem a separação dos compartimentos para a formação de novos enxames. Essas divisões são realizadas através da utilização de divisórias internas e separadores, que possibilitam a separação do espaço utilizado pelas abelhas e o armazenamento do mel. Ambos os modelos (horizontal e vertical) apresentam a possibilidade de divisão em ninhos, sobreninhos e melgueiras para facilitar o manejo e garantir a sobrevivência e desenvolvimento das colônias de abelhas. A escolha entre os modelos dependerá das preferências do meliponicultor e das necessidades das espécies.

Os modelos verticais apresentam as caixas empilhadas verticalmente, permitindo que as abelhas se movam de cima para baixo, possibilitando maior controle sobre o fluxo de entrada e saída das abelhas. Por outro lado, os modelos horizontais apresentam as caixas organizadas horizontalmente.

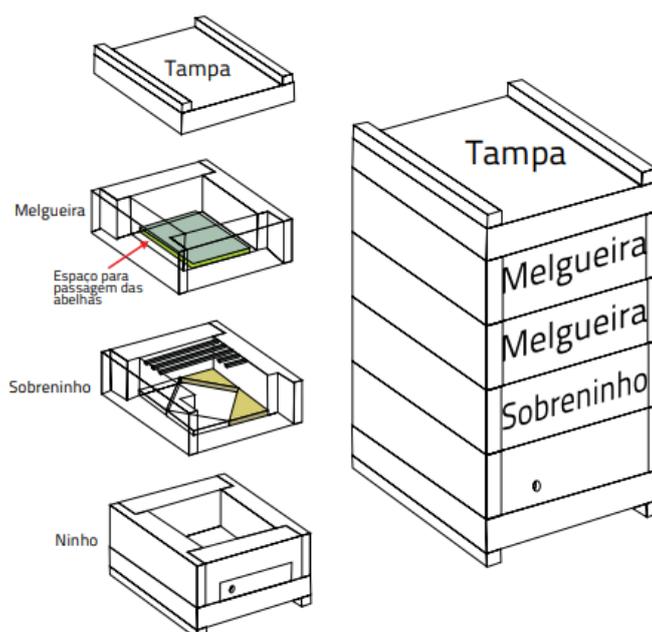
As partes do ninho são setorizadas, em caixas, podendo ser reorganizadas, retiradas e postas, de acordo com a espécie e as necessidades da colmeia. A ordenação base para cada setor é predeterminada de acordo com PORTUGAL-ARAÚJO (1955), OLIVEIRA (2000) & VENTURIERI (2003), projetistas do modelo atual. Dessa forma, os favos de cria isolam-se dos potes de alimento, de maneira que a rainha e as crias permanecem separadas do resto da colônia, não interferindo nas atividades das operárias e facilitando o manejo do meliponicultor durante as manutenções do ninho ao entrar em contato com menor número de abelhas e possibilitar a retirada de partes seletas da colmeia (Witter, 2014).

2.1.2.4 Estruturas internas dos modelos de colmeia modulares

Os modelos de colmeia modulares, vertical ou horizontal, são setorizados por (1) Ninho; (2) Sobreninho e (3) Melgueira (Venturieri, 2008, apud Witter, 2014).

- Ninho (1): Performa o mesmo papel dos ninhos naturais, de instalação das crias. No meliponário modular, deve-se estar situado na base, apresentar um orifício, de diâmetro aproximado de 2 cm, para a entrada e a saída das abelhas, simulando as entradas dos ninhos naturais. Ainda, deve possuir suportes para que não esteja em contato com o chão.
- Sobreninho (2): Realiza a divisão da colmeia, isolando os favos de cria. Apresenta uma abertura interna em forma losangular dando acesso aos favos para abelhas e para o meliponicultor durante os processos de multiplicação de ninhos. É preciso aplicar técnicas caseiras a fim de evitar danos aos favos de cria, de forma que a prática mais utilizada para que o invólucro dos favos não agarre à tampa é o uso de bastões, palitos ou finas camadas de materiais plásticos instalados entre os favos e o fundo ou a tampa da caixa de sobreninho.
- Melgueira (3): Localiza-se acima do sobreninho e tem o papel de simular as áreas naturais de depósito de alimento, de forma que as abelhas se preocupam apenas com a produção do mel uma vez que sua estrutura de armazenamento já esteja estabelecida para a construção dos potes de mel. Nesse modelo, são telas produzidas com molduras de madeira e preenchidas em arame trançado, os potes de mel são construídos entre as cavidades, permitindo o estoque do mel.

Figura 6- Disposição dos módulos ninho, sobreninho, melgueira em colméia vertical para criação de meliponíneos.



Fonte: Ronaldo Gemerasca da Silva

2.1.2.5 Modelos de meliponários modulares

Existem diversos modelos de meliponários desenvolvidos e estudados, cada modelo tem suas particularidades e a escolha do modelo ideal depende das necessidades e preferências do meliponicultor, além de garantir o bem-estar das colônias e a qualidade do mel produzido. Serão brevemente apresentados modelos de meliponários na presente pesquisa: (1) INPA, (2) NOVY e (3) LANGSTROTH (Nogueira-Neto, 1997).

- INPA (1): O modelo vertical mais utilizado é o INPA, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), cada caixa possui uma entrada lateral para as abelhas, além de tampa removível para o acesso interno e um sistema de ventilação, que auxilia na regulação de temperatura e umidade internas.
- NOVY (2): Desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV), consiste em um conjunto de caixas modulares conectadas por tubos verticais. Cada caixa é dividida em duas partes: uma inferior, onde as abelhas constroem seus ninhos e armazenam seus alimentos, e uma superior, onde é colocada a tampa que permite o acesso do meliponicultor à colônia. As divisórias internas nas caixas NOVY geralmente possuem formato retangular ou em "U". São inseridas nas caixas para auxiliar na organização dos favos. Essas divisórias ajudam a separar as câmaras onde as abelhas constroem os ninhos, armazenam alimentos e criam suas proles.
- LANGSTROTH (3): Trata-se de um modelo vertical modular, inicialmente desenvolvido para abelhas *Apis Mellifera*, é, frequentemente, adaptado para abelhas nativas, embora seja motivo de controvérsias devido à dificuldade de adaptação das abelhas sem ferrão. É composto por caixas retangulares, normalmente feitas de madeira, que são organizadas verticalmente, com quadros móveis para acomodação das colônias, servindo como suporte para as colmeias.

2.1.2.6 Especificações estruturais dos ambientes artificiais

A fim de simular integralmente os ambientes naturais das abelhas, é preciso que seus espaços de criação sejam reconhecidos pelas espécies de forma similar ao que ocorre na natureza, considerando características biológicas dos meliponíneos, como a distinção visual e de odores para localização e identificação de espaços seguros. Portanto, o material utilizado na construção desses ninhos é de grande importância.

É recomendado que sejam constituídos de madeiras em estado natural, em boas condições, secas e leves, dando preferência para madeiras encontradas nas regiões onde as espécies de abelhas

a serem criadas encontram-se naturalmente (Villas-Boas, 2012 apud, Witter, 2014). Segundo R. P. S. Dutra e L. R. A. Pontes (2002) conforme a porosidade do material é ampliada, observa-se uma redução na condutividade térmica, dessa forma, é evidente que a presença de ar nos poros dificulta a transferência de calor, conferindo ao material maior capacidade de isolamento térmico, portanto, é interessante o emprego de madeiras porosas para a construção dos meliponários.

As proporções da madeira variam de acordo com o modelo de meliponário e espécie a ser criada, de modo geral, recomenda-se a espessura de 2,5 cm, a ser ampliada em locais de instalação mais frios, para que a temperatura do ninho seja mantida (Witter, 2014).

As dimensões indicadas para os ninhos variam de acordo com as espécies, considerando as dimensões máximas de seus favos e, a partir deste valor, deve-se adicionar aproximadamente 2 cm em altura e largura (Villas-Boas, 2012, apud Witter, 2014). Estima-se que cada recipiente contendo o mel a ser extraído (melgueira), quando totalmente preenchido, pode armazenar até 1350 ml de mel (Venturieri, 2010).

Em relação às customizações, não é adequado o tratamento do material com produtos químicos, uma vez que influenciam na capacidade de distinção olfativa dos meliponíneos. É possível que as colmeias sejam tratadas externamente com vernizes ecológicos e pintadas com tintas atóxicas em cores específicas que fazem parte da seleção de distinção visual das abelhas, como amarelo, azul, verde e branco. Ainda, para a proteção contra intempéries, são instaladas telhas para a disposição de sombra e cobertura contra chuvas (Fonseca, et al., 2006, apud Witter, 2014).

2.1.2.7 Manutenção dos ambientes artificiais

Para os cuidados periódicos com os ninhos é essencial que sejam feitas vistorias e monitoramentos, possibilitando a determinação dos passos de cuidado adequados para cada colmeia. Deve-se realizar um monitoramento dos meliponíneos ao longo do ano observando e relatando seu estado (Witter, 2014).

Algumas características que revelam o estado da colônia podem ser observadas em área externa, como na entrada do ninho, identificando adequação quanto à espécie, entretanto, é importante a análise cautelosa de seu interior, uma vez que, dependendo da estação do ano, ações específicas devem ser praticadas para o fortalecimento das espécies, especialmente durante épocas de escassez, como o inverno, ou épocas de chuva, evitando o excesso de umidade que pode causar áreas mofadas na colônia, influenciando na qualidade do mel e a saúde das abelhas (Villas-Boas, 2012, apud Witter, 2014).

É recomendado que, ao menos uma vez ao mês, sejam feitas revisões internas rápidas e eficientes, a fim de que o ninho fique aberto e exposto pelo mínimo de tempo possível. Durante as inspeções é preciso analisar todas as estruturas principais, como potes de alimento e favos de cria, além da presença de espécies invasoras. Uma etapa importante nas revisões é observar o estado da produção de mel de acordo os períodos de floração das espécies botânicas visitadas pelas abelhas criadas, de maneira que seja importante a formulação de um calendário de floração, com as respectivas ações a serem realizadas durante cada período, bem como relatos quanto ao estado do ninho, com a intenção de reunir um histórico (Villas-Boas, 2012, apud Witter, 2014).

2.1.2.8 Divisão de enxames com perturbação mínima

A reprodução natural das abelhas (enxameação) pode ser realizada de forma artificial a partir de sua indução por métodos de divisão de enxames. O método de perturbação mínima consiste na divisão das colônias visando contato mínimo com os meliponíneos, através do uso dos meliponários modulares verticais, transferindo caixas com as melgueiras e o sobreninho para outras estruturas, fazendo com que as abelhas trabalhem em colônias adjuntas enquanto realizam a mudança de espaço, finalmente, resultando na multiplicação de colônias (Witter, 2014).

2.1.3 Mel

O sabor e o aroma do mel das espécies de meliponíneos variam de acordo com a região onde estão localizadas e as espécies botânicas visitadas por elas, apresentando um fator de exotividade que agrega à qualidade e valor final. Entretanto, ainda é pouco conhecido no Brasil, por conta de sua baixa disponibilidade, sendo apreciado em regiões específicas onde o cultivo dessas abelhas é mais difundido (Alves, 2013, apud Witter, 2014).

Todavia, nos últimos anos houve crescimento pelo interesse por produtos orgânicos e sustentáveis, trazendo atenção aos méis de meliponíneos, sendo cultivados em regiões onde não se faz o uso de agrotóxicos, preservando e enriquecendo a qualidade do mel, abrindo espaço para o crescimento da prática através do desenvolvimento de suas tecnologias e pesquisas que difundem informação acerca de seus benefícios (Alves, 2013, apud Witter, 2014).

Atualmente, a legislação brasileira que regulamenta os requisitos de qualidade para o produto mel é baseada nas características do mel das espécies de *Apis mellifera*, as abelhas domésticas. Entretanto, o mel dos meliponíneos é produzido de formas distintas, fazendo com que apresente qualidades particulares e demandando outros tipos de cuidado.

As abelhas sem ferrão, por armazenarem o mel em potes de alimento, compostos por cerume, cor e sabor estão sujeitos a variações de acordo com as especificidades desses potes. Ainda, naturalmente, os méis de meliponíneos apresentam maior teor de acidez e de água, de 25% a 35% de sua composição, fazendo com que sofram maiores riscos de fermentação (Fonseca 2006, Venturieri 2007 Roubik, 2013, apud Witter, 2014).

A garantia da estabilidade do mel pode se dar a partir das técnicas adequadas de coleta, provendo maior longevidade para o produto. É necessário que a atividade de extração seja realizada de formas higiênicas, evitando contaminação por microrganismos, todavia as práticas de manejo ao longo da produção do mel e instalação do meliponário também podem influenciar sua qualidade final. É preciso que o meliponário esteja localizado em regiões próximas a áreas naturais e afastadas de poluição (Fonseca, 2006).

2.1.3.1 Colheita do mel

O sistema de coleta do mel utilizado nas colmeias modulares é o de perfuração, proposto pela Embrapa Amazônia Oriental. Consiste na perfuração das melgueiras recolhidas, quando cheias, com o auxílio de uma faca, essa etapa é feita em local adequado para a coleta, utilizando o auxílio de alguma superfície, como uma mesa. O invólucro é retirado com uma espátula a fim de acessar o mel e a melgueira é virada de cabeça para baixo a fim de que o mel escorra para que seja peneirado, o mel escorre, novamente, para um recipiente de armazenamento a fim de que sejam realizados todos os cuidados para evitar a fermentação do produto. Ainda, existe a técnica de sucção através do uso de seringas, coletando o mel de cada pote alimento individualmente após sua perfuração (Witter, 2014).

A quantidade de mel disponível varia de acordo com a espécie. Abelhas maiores são capazes de construir potes de alimento maiores e, portanto, maior a disponibilidade de mel.

Figura 7- Método de coleta por perfuração dos potes em melgueira



Fonte: Criar Abelhas, 2023

No item de Análise da atividade serão descritos as ações e os problemas que podem ser solucionados com o desenvolvimento do produto.

3. IMERSÃO DE PROFUNDIDADE

Nesta fase será explicitado o público-alvo do projeto, justificando-se a partir das fases exploratórias a respeito do tema de cultivo de abelhas. Serão expostas as informações coletadas a partir de um questionário aplicado ao público e, posteriormente, a criação de *personas* embasadas na investigação acerca dos perfis. Dessa forma, é possível estabelecer oportunidades e direcionamentos específicos quanto às necessidades dos usuários, demarcando a etapa de Ideação.

Para as exposições ergonômicas e antropométricas são realizadas análises em vídeo de meliponicultores durante a atividade, a fim de observar suas ações e posturas correspondentes às etapas do manejo que envolvem interação direta com meliponários modulares; utilizam-se as medidas base estabelecidas para os modelos como métrica de investigação.

3.1 PÚBLICO-ALVO

A etapa de definição do público-alvo é essencial para a evolução e a definição dos direcionamentos quanto às necessidades dos usuários, determinando o rumo do projeto e estabelecendo requisitos para a etapa de Ideação. Dessa forma, seguindo a metodologia do *Design Thinking*, aplica-se a abordagem empática nas investigações a respeito das relações do usuário com as atividades de criação de abelhas sem ferrão, procurando identificar padrões e oportunidades de atuação.

É delimitado o público de meliponicultores como alvos do projeto. O segmento caracteriza-se por pessoas que praticam a criação de abelhas sem ferrão, realizando ou não a extração do mel, para comercialização, consumo próprio ou pesquisa; trata-se de um grupo que engloba criadores de abelhas por recreação, pesquisadores, pequenos agricultores e aspirantes a empreendedores.

Nessa etapa, foram coletados dados sobre o uso de todos os modelos de meliponários, de acordo com as respostas obtidas a partir do questionário aplicado. As pesquisas foram realizadas em alcance regional, a fim de estreitar a variedade de espécies de abelhas criadas, bem como observar questões específicas da região, como adversidades com intempéries, acesso à informação e aos materiais, situação do mercado e empreendedorismo.

3.1.1 Pesquisa de público

Segundo VILLAS-BOAS (2012) são muitas as oportunidades disponíveis através da criação de abelhas, podendo ser divididas em produtos diretos, abrangendo o mel, colônias e

subprodutos produzidos pelas abelhas; ou produtos indiretos, objetivando a polinização, hobbismo, educação, turismo e paisagismo. Entretanto, a procura por produtos de origens naturais abriu caminhos para o investimento no empreendedorismo, de forma que os produtos diretos, produzidos pelas abelhas, tornam-se meios de investimento e dão início a um ciclo de crescimento e exploração da área. Ainda, cresce o interesse de criadores hobistas que visam a proteção das espécies, criando abelhas sem ferrão com o intuito de preservar as espécies nativas do Brasil.

Os recentes interesses pela meliponicultura desencadearam a necessidade de pesquisas específicas sobre as espécies de abelhas sem ferrão e seu manejo adequado, investigando seu potencial e, também, atuando no desenvolvimento da prática de forma tecnológica e adequada. A tendência mercadológica é a contínua valorização de produtos adjacentes de espécies nativas, seu manejo adequado viabiliza o crescimento econômico e, portanto, fortalecimento de pequenas comunidades agrícolas, além da conservação das espécies (Villas-Boas, 2012).

A produção de mel no Brasil em 2015 foi de aproximadamente 38 mil quilogramas, de maneira que as regiões Sul e Nordeste concentram 70% desse valor, principalmente por produção familiar com incentivos de programas federais. Em grande parte, os produtores organizam-se em cooperativas e compartilham informações a respeito da prática (Ribeiro, Pereira et.al, 2019). No sul do país, as principais espécies de meliponíneos criadas são Bugia, Guaraipo, Iraí, Iratim, Jataí, Mandaçaia, Manduri, Mirim e Tubuna.

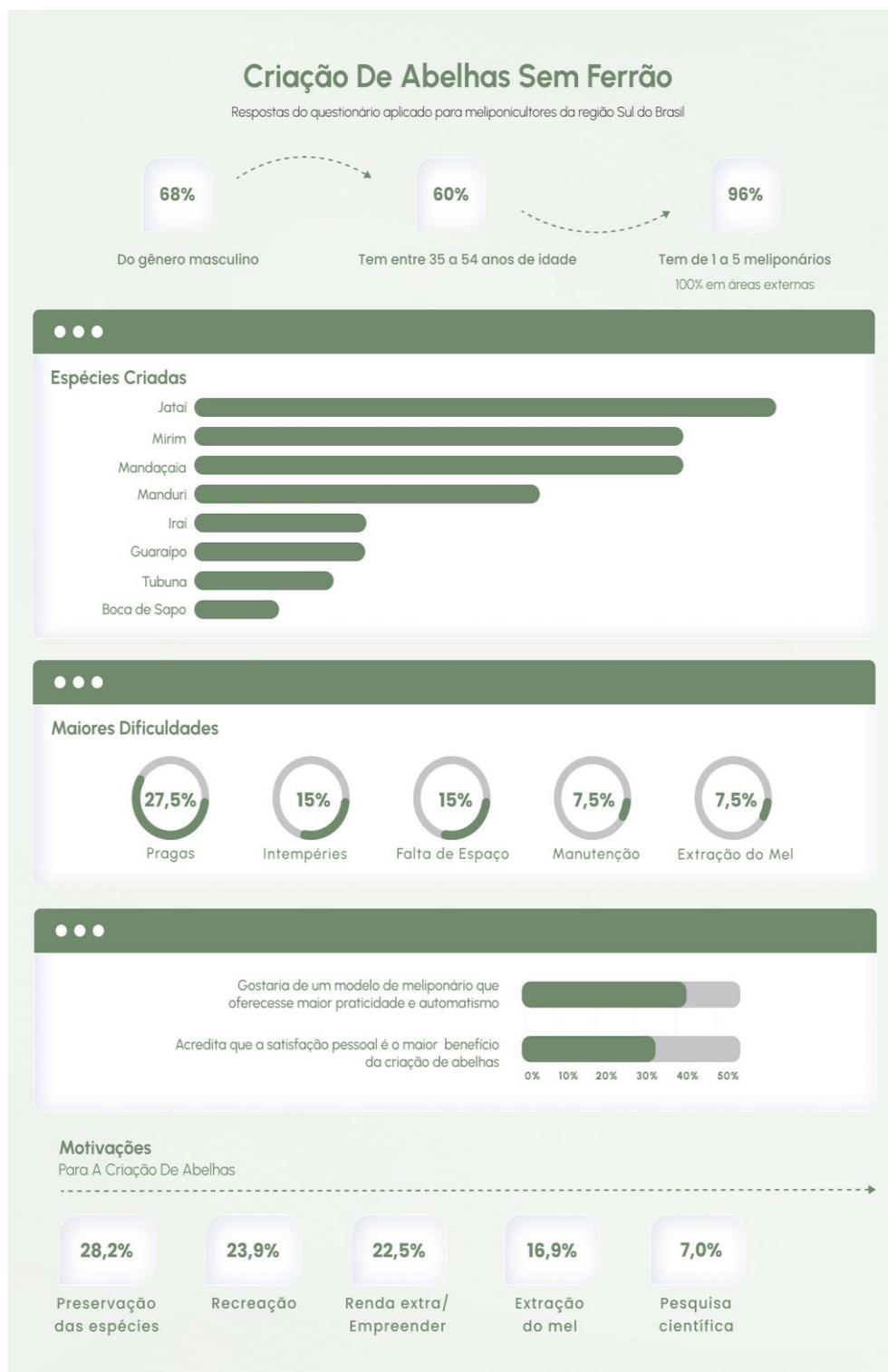
3.1.1.1 Questionário

A formulação das perguntas do questionário bem como sua aplicação objetivam identificar as necessidades emocionais e físicas dos usuários, de acordo com o *Design Thinking*. Dessa forma, os temas do questionário cobrem aspectos físicos do produto utilizado para a criação de abelhas, analisando funcionamento básico, posicionamento, qualidades e deficiências técnicas, a fim de compreender suas relações com o usuário e padrões de uso. Ainda, busca-se compreender os objetivos que levam o usuário não só à prática da meliponicultura, como também à escolha do modelo de meliponário.

Portanto, objetivando delimitar o público pela região Sul, o questionário foi aplicado no período de 10 de abril de 2023 até 21 de abril de 2023 aos meliponicultores regionais, à distância, por meio da plataforma *Google Forms*, coletando um total de 25 respostas. Das 26 perguntas totais, há 12 dissertativas e 14 de múltipla escolha. As perguntas aplicadas e detalhamento completo das respostas encontram-se no apêndice A.

Para fins de organização e análise de cruzamento de dados com base nas informações obtidas, foi desenvolvido um infográfico de acordo com cada temática específica abordada no questionário, representando de forma visual as porcentagens das respostas.

Figura 8- Infográfico das respostas do questionário



Fonte: Da autora

De forma a obter mais dados, além do questionário, foi realizada uma entrevista e observação que são descritas no item Pesquisa de campo.

3.1.2 Pesquisa de campo

No dia 20 de abril de 2023 realizou-se uma visita técnica ao Parque Ecológico Cidade das Abelhas, situado em Florianópolis, Santa Catarina, sob a orientação do coordenador técnico, Willian Goldoni Costa. Objetivou-se complementar e validar as informações coletadas por meio do questionário e pesquisa imersiva, investigando a viabilidade do projeto, permitindo formar as delimitações projetuais de acordo com as necessidades e aspirações do usuário, bem como as demandas das abelhas.

Durante a visita, foi realizada uma entrevista com perguntas semelhantes às aplicadas no questionário, porém com a possibilidade de respostas mais longas e detalhadas por parte do especialista. As respostas foram organizadas na figura 8 em esquema visual com o objetivo de sistematizar e sintetizar as informações colhidas que descrevem necessidades que concernem ao público-alvo e aspectos técnicos dos meliponários. O registro das perguntas e respostas pode ser consultado no Apêndice B.

Figura 9- Esquema das respostas da entrevista



Fonte: Da autora

Procedeu-se à observação de colmeias pertencentes a diferentes espécies de meliponíneos, comentando a respeito dos modelos e materiais postos à observação e uso no Parque Ecológico, assim como os procedimentos realizados. Foram pontuados os fatores positivos e negativos dos modelos e apresentadas as possíveis justificativas para sua eficiência ou ineficiência em cada ninho presente no Parque Ecológico Cidade das Abelhas, por meio de demonstração de tarefas e indicação de funcionamentos.

Na observação do meliponário horizontal, foi evidenciado que as abelhas não apresentaram boa adaptação ao ambiente. Constatou-se a presença de um grande espaço vazio no interior da caixa, uma vez que as abelhas preferiram concentrar-se em apenas uma extremidade da mesma. Essa escolha, segundo Willian, possivelmente ocorreu com o objetivo de manter a temperatura adequada em dias frios, o que sugere que o modelo horizontal apresenta limitações quanto à

capacidade de manter ambientes térmicos adequados para a colmeia quando as abelhas não o preenchem, ainda, o espaço não ocupado faz com que o meliponário fique mais sujeito a invasão de outros insetos.

Figura 10- Trabalho com meliponário horizontal



Fonte: Da autora

Posteriormente, foi apresentado o modelo de caixa racional em cimento. Segundo Willian, o modelo de caixa racional em cimento pode apresentar algumas limitações e desvantagens para os meliponicultores. O cimento é um material pesado que pode dificultar as manutenções necessárias na colmeia, além de gerar problemas no encaixe e proteção da caixa devido à falta de uma tampa específica. Esses fatores podem afetar a qualidade do ambiente interno da colmeia e o bem-estar das abelhas, diminuindo a produtividade e a saúde da colônia. A figura 11 mostra uma caixa de cimento com tampa de madeira.

Figura 11- Meliponário de cimento



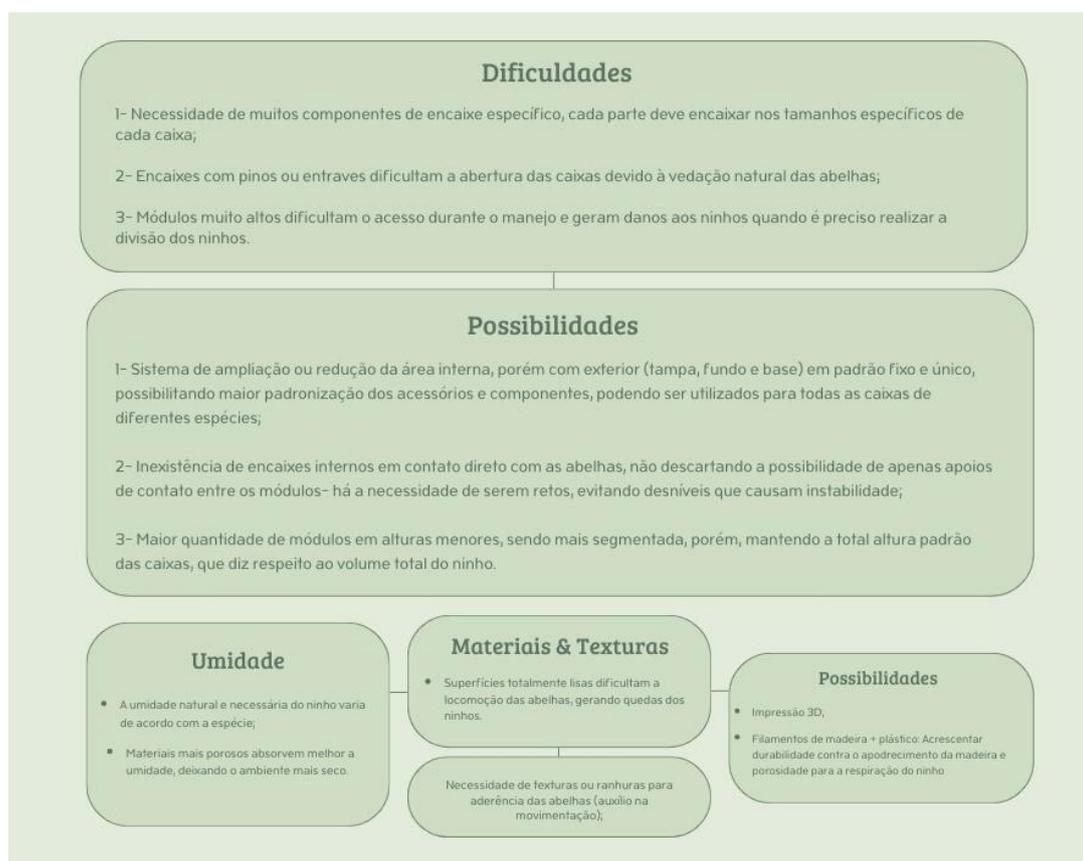
Fonte: Da autora

A seguir serão detalhadas as ações no manejo das caixas de abelhas.

3.1.3 Entrevista

Com o intuito de ampliar as informações obtidas por meio do questionário, foram conduzidas duas entrevistas. A primeira, presencialmente, com Willian, coordenador técnico da Cidade das Abelhas, focando nas questões técnicas, que permeiam os meliponários, e as biológicas, com relação às abelhas e visando mapear possibilidades em relação aos materiais e formatos a serem realizados nas etapas de materialização do projeto. As respostas da entrevista encontram-se na figura 12 e as perguntas feitas no apêndice.

Figura 12- Respostas da entrevista com Willian



Fonte: Da autora

A segunda entrevista se deu online, utilizando as mesmas perguntas do questionário para o público-alvo, porém, dando liberdade ao entrevistado, a fim de possibilitar respostas mais amplas ou mais específicas, concentrando-se nos desafios e preferências relacionados à meliponicultura. As respostas obtidas foram provenientes do meliponicultor Valmir, do sexo masculino, com 60 anos de idade, cuja experiência com a criação de abelhas sem ferrão alcança os 20 anos. As respostas da entrevista encontram-se na figura 13.

Figura 13- Respostas da entrevista com Valmir



Fonte: Da autora

3.1.3.1 Análise da atividade

Durante a visita ao Parque Ecológico Cidade das Abelhas também foi possível analisar as etapas básicas que fazem parte do manejo das abelhas.

Na figura 14, são demonstradas as três etapas iniciais básicas do manejo, sendo exemplificadas em modelo de caixa individual, de forma que se repetem a cada módulo a ser aberto para observação do ninho: 1) Abertura da caixa através da tampa superior, sua função é de proteger a melgueira, as duas ripas de madeira superiores presentes na tampa têm a função de permitir a ventilação e a renovação do ar no interior da caixa, evitando o acúmulo de umidade e a proliferação de fungos e bactérias nocivas às abelhas, ainda, facilitam a retirada da tampa e a realização das atividades de manejo nas colônias.

Posteriormente, realiza-se a 2) Retirada da proteção térmica, cuja função é aquecer a colmeia em épocas de baixa temperatura, além de simplificar a abertura da tampa superior, evitando a aderência excessiva do batume e, conseqüentemente, facilitando sua abertura quando solidificado.

Por fim, 3) Retirada do excesso de batume, realizada com o auxílio de qualquer objeto de metal, necessário para o reposicionamento adequado da tampa após o fechamento do meliponário, garantindo o encaixe ideal.

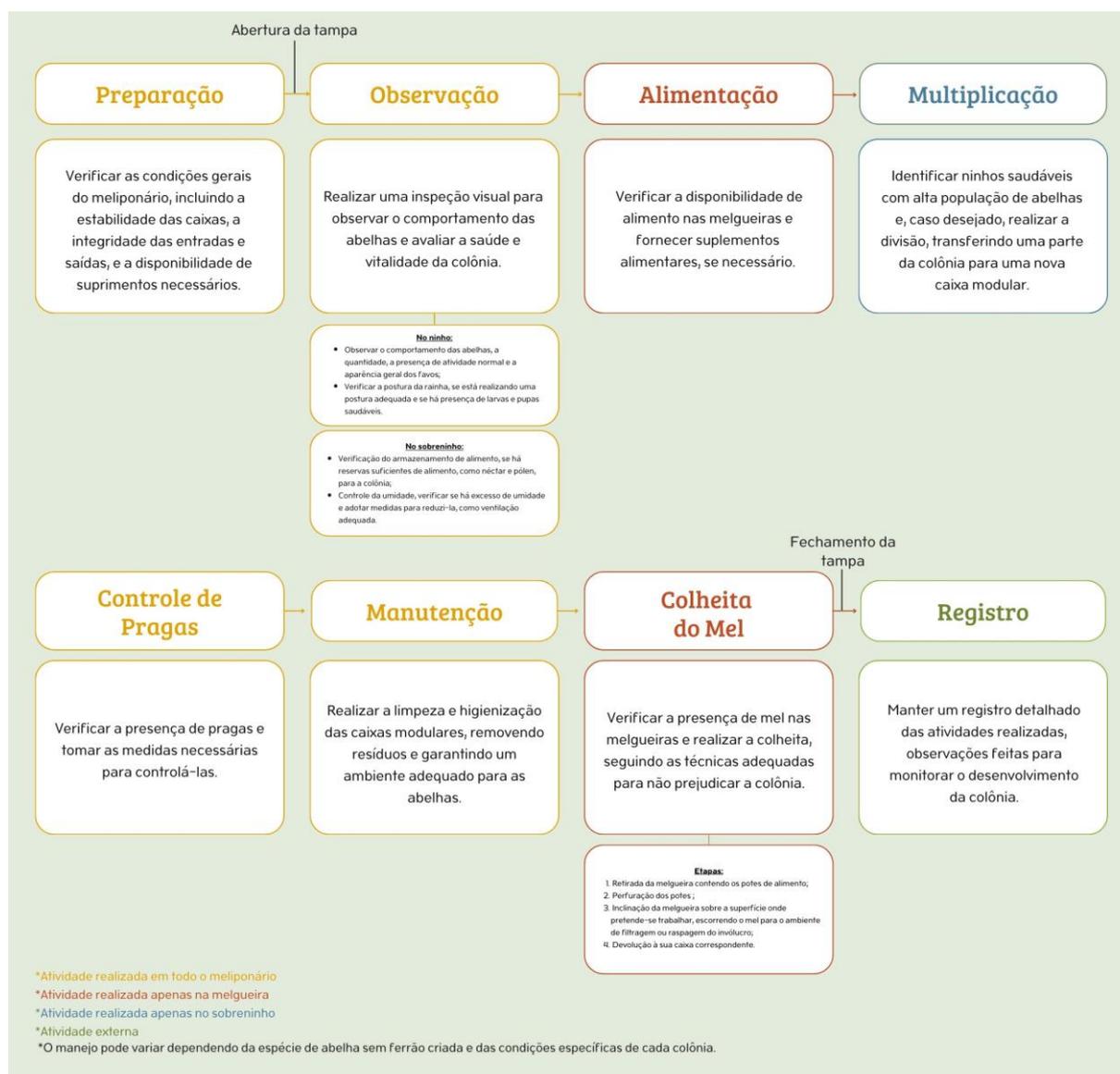
Figura 14- Etapas de abertura de meliponário individual



Fonte: Da autora

Integralmente, estão descritas todas as etapas de manejo nas caixas modulares, na figura 15.

Figura 15- Etapas do manejo em caixas modulares



Fonte: Da autora

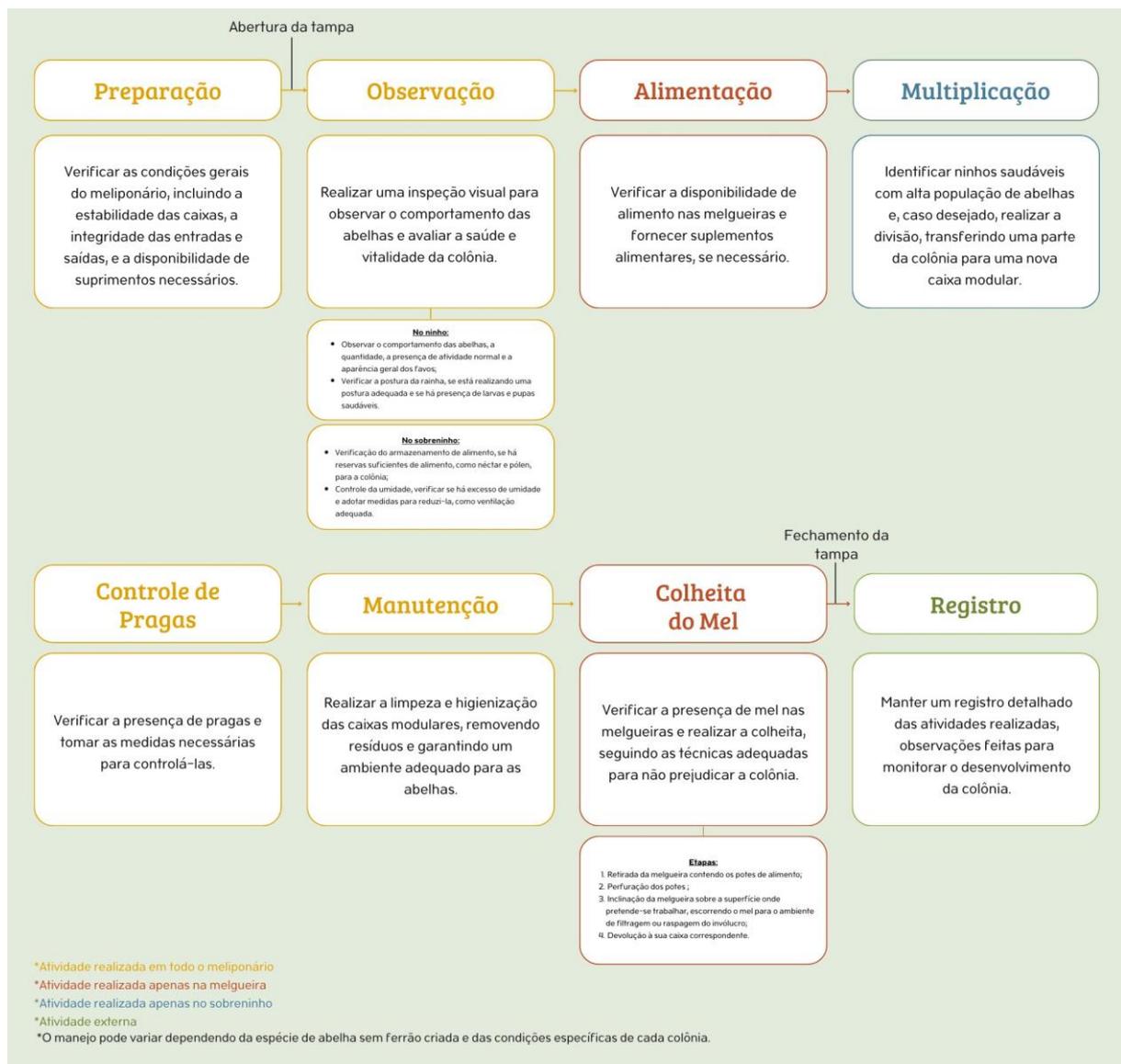
Os modelos ainda podem apresentar inconveniências por conta de seu funcionamento exclusivamente analógico, expondo a colheita do mel e a colônia à riscos durante o processo de trabalho manual. A primeira etapa da extração do mel é a retirada da melgueira contendo os potes de alimento, sendo estes, posteriormente, perfurados com facas. A fim de que o mel escorra para o ambiente de filtragem ou raspagem do invólucro, a melgueira deve ser inclinada sobre a superfície onde pretende-se trabalhar e, por fim, é devolvida à sua caixa correspondente para que as abelhas deem início ao novo ciclo de estoque de alimento. A abertura das colmeias é feita com o auxílio de ferramentas como espátulas, uma vez que as tampas frequentemente agarram-se ao própolis e materiais de vedação depositados pelas próprias abelhas. Durante o fechamento das tampas, é comum que esta seja posicionada de formas não pretendidas, muitas vezes em

orientações invertidas, fazendo com que o encaixe fique frouxo, dessa forma, recomenda-se fazer uma marcação indicando a orientação correta das tampas. É comum o uso de fita crepe ou barro para vedação adicional (Witter, 2014).

Ainda, nota-se certa dificuldade durante as interações com módulos inferiores, de forma que é preciso que sejam levantados diversos módulos com as palmas das mãos em contato com a superfície escorregadia e sem aderência adequada, para que se tenha acesso ao ninho ou sobreninho, sendo essas as últimas caixas.

Na figura 16 são descritas as dificuldades de cada etapa de manejo citada anteriormente na figura 15.

Figura 16- Dificuldades de cada etapa de manejo das caixas modulares



Fonte: Da autora

No que concerne o trabalho com os meliponários coletivos existem as etapas iniciais adicionais de retirada de caixas de prateleiras mais altas para a observação, ou a utilização de escadas para alcançá-las. De forma que os modelos mais pesados se tornam fardos.

Figura 17- Meliponário coletivo da Cidade das Abelhas



Fonte: Da autora

3.2 ERGONOMIA E ANTROPOMETRIA

A ergonomia refere-se ao estudo que objetiva a compreensão das interações humanas com elementos de um determinado sistema, com a finalidade de otimizar o bem-estar das pessoas e incrementar o potencial dos sistemas, neste caso, identificando como o uso do produto desenvolvido alinha-se ao trabalho humano mental e suas finalidades (IEA, apud Abergó, 2020).

Para compreender a dinâmica do produto com o usuário é preciso o entendimento dos mecanismos cognitivos de processamento da informação. Ao longo de tal curso, são compreendidas questões de recuperação de memórias e codificação e decodificação, sendo

correlacionadas, ao passo que a resposta ao estímulo será fruto da decodificação de determinados itens que terão significado cognitivo quando associadas a memórias informacionais do usuário. Tal fenômeno ocorre, primariamente, a partir da atenção do indivíduo, que se volta a estímulos específicos selecionados, a fim de organizar o processamento da informação, estabelecendo prioridades (Luria, 1979).

Portanto, demonstra-se a importância da inserção de itens e fatores ao produto que apresentem atributos utilitários e eficientes para seu manejo, evitando pontos de distração que possam confundir o usuário. Aliado a tal finalidade, é possível que sejam inseridas “dicas” a respeito do funcionamento do objeto a partir de suas formas, tratando-se das *affordances*. Segundo Gibson (1977), os atributos visuais dos ambientes fazem com que o indivíduo consiga induzir seu comportamento ou interação apropriadamente. Quando aplicado ao design, as *affordances* tratam de como as formas dos objetos podem conduzir o usuário para que deduza sua funcionalidade.

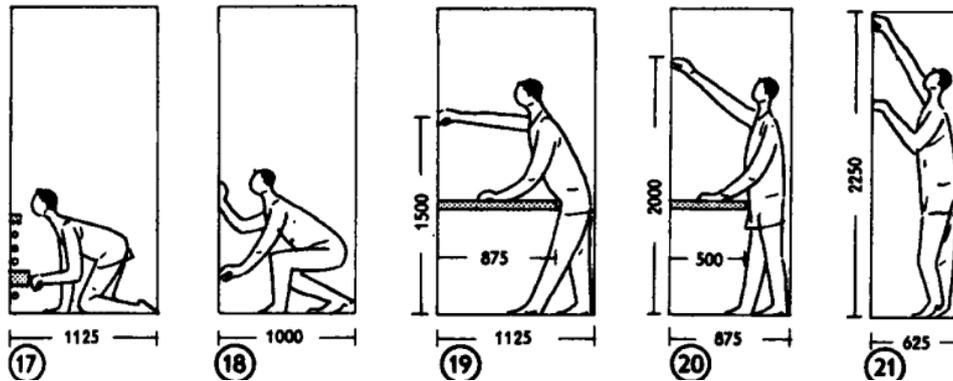
Ainda, aplicando ao projeto em questão as noções ergonômicas que circundam as posturas e características físicas do usuário e dos postos de trabalho, é importante que as caixas do meliponário estejam posicionadas em altura adequada para o meliponicultor, a fim de evitar posições que possam resultar em dores musculares e lesões à longo prazo. A altura recomendada das caixas deve levar em conta as medidas antropométricas do meliponicultor e a distância entre elas, facilitando o acesso e manuseio.

Dessa forma, leva-se em consideração a altura ideal para a média humana, observando casos de estações de trabalho verticais e horizontais, uma vez que meliponários individuais são frequentemente posicionados em alturas mais baixas e fixas, enquanto os coletivos podem exigir etapas adicionais, como o alcance das caixas nas prateleiras mais altas e seu reposicionamento. O percentil 50% é um conceito utilizado para representar a posição central de um conjunto de dados antropométricos, indicando o valor abaixo do qual 50% das observações se encontram. Na prática ergonômica, o percentil 50% é utilizado para determinar as medidas antropométricas médias e variabilidades relevantes para o design de produtos e ambientes de trabalho. Ao considerar esse percentil, é possível desenvolver soluções que sejam adequadas para a maioria dos usuários, a fim de minimizar problemas relacionados ao ajuste inadequado e promover o conforto e a segurança dos usuários.

Para meliponários coletivos, cabe ao meliponicultor posicioná-las em prateleiras com altura adequada, respeitando a altura máxima de 225 cm de altura e a medida mínima de 20 cm para o alcance, de acordo com Neufert (1998).

As figuras 18 e 19 demonstram as dimensões do posto de trabalho vertical e horizontal, respectivamente.

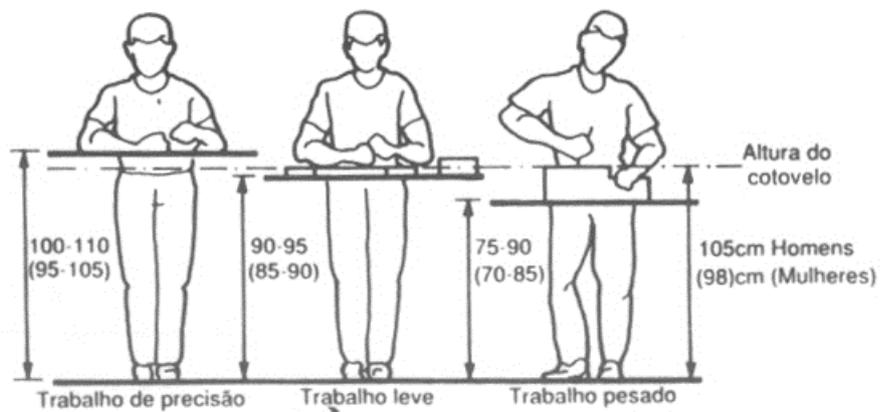
Figura 18- Dimensões do posto de trabalho vertical



Fonte: Neufert, 1998

Para os meliponários individuais é necessário que o cavalete também apresente altura adequada. Ao tratar-se de um trabalho considerado leve, deve-se estabelecer uma altura de 85 cm a 95 cm.

Figura 19- Dimensões do posto de trabalho horizontal



Fonte: Grandjean, 1983

3.3 PERSONAS

A elaboração de *personas* auxilia no estabelecimento dos perfis contidos no público-alvo, através da criação visual de cenários e indivíduos que representam parte do público, compreendendo mais integralmente sua realidade e, portanto, aproximando-se de suas necessidades, sendo formulado a partir das pesquisas de público e do questionário aplicado.

Figura 20- Persona (Gabriela)



Gabriela
35 anos

-  Bióloga
-  Lages, SC
-  Cria abelhas recreativamente e como forma de preservar as espécies

Gabriela buscou cursos presenciais e comunicação com outros meliponicultores em redes sociais para aprender sobre a criação de abelhas com o intuito de buscar atividades incentivadoras em prol das espécies, há 3 anos. Acredita que quanto mais souber sobre a importância das abelhas, maiores as chances de serem salvas e de pessoas se beneficiarem com a atividade de criação, sendo por saúde, bem-estar, conexões, empreendedorismo ou nutrição. Sua maior dificuldade é a falta de espaço físico para manter os meliponários, uma vez que cria várias espécies e é necessário um meliponário distinto para cada uma delas. Os modelos que possui são os indivíduos INPA em madeira.

Fonte: Da autora

Figura 21- Persona (Renato)



Renato
46 anos

-  Engenheiro Agrônomo
-  Florianópolis, SC
-  Cria abelhas para pesquisa científica e manutenção de áreas verdes

Renato realiza a prática visando a pesquisa científica e benefícios das espécies, como serviços ecossistêmicos que possibilitam a polinização de plantas. Suas maiores dificuldades são a falta de tempo para o manejo, ainda considerando que seus meliponários residem longe de sua residência. Frustra-se com a quantidade de peças e ferramentas necessárias para o manejo e acredita na possibilidade de utilizar menos peças para obtenção de um melhor resultado no desenvolvimento das colmeias, diminuindo a quantidade necessária de manejos, porém, ainda não encontrou um modelo que entregue o que procura. Já realizou diversos testes com colmeias em diferentes formatos.

Fonte: Da autora

Figura 22- Persona (Edson)



Fonte: Da autora

3.4 LISTA DE NECESSIDADES

A partir das análises e observações do público-alvo, bem como pesquisas externas, foram identificadas e listadas suas necessidades, sendo associadas às qualidades fundamentais para o produto a ser projetado, as quais foram divididas nas categorias 1) Forma; 2) materiais; 3) Funções; 4) estética e 5) Conceito.

- Forma (1): Modular, possibilitando a divisão de colônias de perturbação mínima e facilitando a manutenção do ninho.
- Materiais (2): É importante que a composição base do meliponário seja resistente e permita isolamento térmico bem como a ventilação do ninho.
- Funções (3): Controle de umidade, temperatura, quantidade de mel e abelhas.
- Estética (4): Mistura de formas primordiais existentes nos meliponários tradicionais com mudanças e adaptações mais esteticamente agradáveis.
- Conceitos (5): Praticidade através da implementação de um sistema de monitoramento automatizado; Modularidade, através da aplicação do sistema modular INPA e *Bee-Friendly*, ao garantir a saúde das abelhas.

3.5 CONCORRENTES E SIMILARES

A análise de produtos concorrentes e similares finda obter conhecimento sobre os produtos existentes no mercado cujos objetivos ou propostas sejam parecidos para com os deste projeto, estabelecendo um parâmetro do que há de disponível no mercado para o público alvo, entendendo os custos e diferentes objetivos.

Os critérios comparativos para análise foram preço, dimensões, material, funcionamento e diferencial, embasando uma análise crítica acerca da eficiência. No total, foram 9 produtos analisados, procurando obter uma visão geral dos modelos disponíveis no mercado e seus pontos positivos ou negativos.

As figuras 23 a 31 apresentam o detalhamento dos produtos concorrentes e similares.

Figura 23- Meliponário INPA do Ateliê AER



Meliponário Modular INPA- Ateliê AER

Preço	RS 43
Dimensões Externas	<ul style="list-style-type: none"> Comprimento: 16cm Largura: 16cm Profundidade: 16cm
Dimensões Caixas	<ul style="list-style-type: none"> Comprimento: 16cm Largura: 16cm Profundidade: 16cm Espessura: 2cm
Material	Pinus
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> Modelo INPA Módulos da Caixa (6 peças): 1 Base; 1 Ninho; 1 Sobre-ninho; 2 Melgueiras; 1 Tampa
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> O modelo já é conhecido pelos meliponicultores, facilitando o entendimento do uso.

Fonte: Da autora

Figura 24- Meliponário INPA da Casa do Apicultor



Meliponário Modular Sextavado- Casa do Apicultor

Preço	R\$ 185
Dimensões Externas	<ul style="list-style-type: none"> • Altura: 15,6cm • Largura: 15,6cm
Dimensões Caixas	<ul style="list-style-type: none"> • Altura: 15cm • Largura: 15cm • Espessura: 3,5cm
Material	Pinus ou Eucalipto
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo INPA • Módulos da Caixa (5 peças): 1 Ninho; 1 Sobre-ninho; 2 Melgueiras; 1 Tampa
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Oferece espessura maior que o padrão de 2cm do mercado, gerando maior proteção térmica; • Apresenta impermeabilização externa com cera de abelha, aumentando a vida útil do produto; • Modelos sextavados (com seis faces) podem apresentar encaixe mais eficiente comparados aos modelos com 4 faces.

Fonte: Da autora

Figura 25- Meliponário AF do Abelhas do Bem



Meliponário Modular AF- Abelhas do Bem

Preço	R\$ 188
Dimensões Externas	<ul style="list-style-type: none"> • Comprimento: 22cm • Largura: 24cm • Altura: 35cm
Dimensões das Caixas	<ul style="list-style-type: none"> • Largura: 14,5cm • Altura: 7cm • Profundidade: 12,5cm • Espessura: 2cm por caixa
Material	Araucária
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo AF • Módulos da Caixa (5 peças): Caixa externa; 1 Ninho; 1 Sobre-ninho; 2 Melgueiras • Acompanha 2 acetatos de proteção para as melgueiras
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo permite maior proteção térmica ao manter os módulos na caixa de proteção externa; • As caixas podem ser checadadas mais facilmente ao serem puxadas como gavetas, movendo apenas o módulo necessário; • Tratamento shou sugi ban na madeira, aumentando sua durabilidade e resistência.

Fonte: Da autora

Figura 26- Meliponário INPA do Mezzalira Mix



Meliponário Modular INPA- Mezzalira Mix

Preço	RS 128
Dimensões Externas	<ul style="list-style-type: none"> • Espessura Isopor: 1,5 cm • Altura do ninho: 15cm • Altura da melgueira: 5cm
Dimensões Caixas	<ul style="list-style-type: none"> • Altura: 12cm • Largura: 12cm • Espessura da caixa: 2cm
Material	Plástico Polipropileno e isopor
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo INPA • Módulos da Caixa (5 peças): 1 Ninho, 1 Sobre-ninho, 2 Melgueiras, Tampa, Fundo e Lâminas (Separadores) de Plástico Rígido
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo customizado em forma de casa; • É constituído por plástico, apresentando camada de isopor interna; • Não há riscos de certas pragas como cupins ou apodrecimento por umidade devido ao seu material externo; • As divisórias internas são facilmente removíveis e customizadas, aumentando a facilidade para criação de diversas espécies.

Fonte: Da autora

Figura 27- Meliponário AF do Artesanato do Mel



Meliponário Modular AF- Artesanato do Mel

Preço	RS 135
Dimensões Caixas	<ul style="list-style-type: none"> • Largura 15cm • Altura 7cm • Profundidade 12,5cm • Espessura: 2cm por caixa
Material	Pinus com acabamento de verniz ecológico.
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo AF • Módulos da Caixa (7 peças): Caixa externa; 1 Ninho; 2 Sobre-ninhos; 2 Melgueiras e Alça.
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo permite maior proteção térmica ao manter os módulos na caixa de proteção externa; • As caixas podem ser checadas mais facilmente ao serem puxadas como gavetas, movendo apenas o módulo necessário; • É possível pendurar o meliponário através da alça.

Fonte: Da autora

Figura 28- Meliponário INPA do Meliponário Santiago



Meliponário Modular INPA- Meliponário Santiago

Preço	RS 78
Dimensões Externas	<ul style="list-style-type: none"> • Comprimento: 8cm • Largura: 17cm • Altura: 17cm
Dimensões Caixas	<ul style="list-style-type: none"> • Largura 13cm • Altura 8cm • Profundidade 13cm • Espessura: 2cm por caixa
Material	Tamarindo e PVC
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo INPA • Módulos da Caixa (5 peças): 1 Ninho; 1 Melgueira; Tampa; Alimentador em PVC.
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo já conhecido pelos maliponicultores; • Presença de alimentador embutido.

Fonte: Da autora

Figura 29- Sistema de monitoramento *ApisProtect*

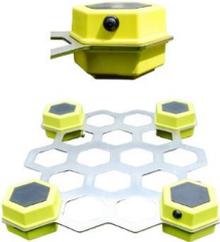


APISPROTECT BEE HIVE MONITORING SYSTEM

Preço	€ 249
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> • Altura: 15cm • Largura: 7cm
Material	Não informado.
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo sensor sem fio para instalação dentro da colmeia, trata-se de uma estação base (para coletar e transmitir dados) e um painel para fornecer informações acionáveis aos apicultores em tempo real; • Os dados coletados pelos sensores são utilizados por algoritmos para compreender as colmeias e enviar sugestões de ações para melhorar a saúde da colônia.
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Permite verificar as colmeias à qualquer hora, em qualquer lugar; • Avalia a condição das colônias e identifica a necessidade de intervenções, sugerindo uma variedade de ações para manter as colônias saudáveis e evitar perdas; • Envio de alertas quando a colmeia precisa de atenção; • Registro de temperatura, umidade, som e movimento.

Fonte: Da autora

Figura 30- Sistema de monitoramento *Telekom*



TELEKOM BEE HIVE MONITORING SYSTEM

Preço	€ 838,80
Dimensões	Base ajustável de acordo com as proporções do apiário.
Material	Não informado.
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores inteligentes, instalados em plataformas base para os apiários, que coletam e transmitem dados de temperatura, umidade, peso e som para o apicultor por meio da nuvem própria; • Os dados coletados pelos sensores são utilizados por algoritmos para compreender as colmeias e enviar sugestões de ações para melhorar a saúde da colônia.
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Permite verificar as colmeias à qualquer hora, em qualquer lugar; • Avalia a condição das colônias e identifica a necessidade de intervenções, sugerindo uma variedade de ações para manter as colônias saudáveis e evitar perdas; • Envio de alertas quando a colmeia precisa de atenção; • Registro de temperatura, umidade, som e movimento; • Os dados são enviados para um banco que pode ser checado por usuários a fim de comparar as condições das abelhas em diferentes regiões.

Fonte: Da autora

Figura 31- Sistema de monitoramento *Sm@rtBee*



Sm@rtbee

Preço	Projeto de pesquisa, não comercializado.
Dimensões	Não informado.
Material	Não informado.
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores instalados ao lado das colméias; • Monitoramento remoto, com o auxílio de sensores que fornecem informações sobre a colmeia sem que seja necessária sua abertura; • Os sensores enviam, via rádio, os dados para um gateway, repassando ao banco de dados via internet, pode ser acessado pelo aplicativo.
Diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Os sensores são capazes de captar dados de temperatura, umidade e peso; • Os dados ficam disponíveis no aplicativo.

Fonte: Da autora

Após a análise detalhada dos concorrentes e produtos similares, o próximo passo consiste em avaliar os produtos selecionados, sendo posteriormente submetidos a uma análise aprofundada especificando seus pontos fortes e fracos.

3.6 LISTA DE VERIFICAÇÃO

A fim de identificar as características positivas e negativas dos produtos concorrentes, visando o desenvolvimento de alternativas superiores e inovadoras, foi elaborada uma Lista de Verificação. Nesse sentido, os produtos mencionados anteriormente foram submetidos a uma análise detalhada, permitindo determinar o concorrente direto mais significativo, o concorrente indireto e o principal produto similar.

Nas figuras 32, 33 e 34 encontram-se as listas de verificação dos concorrentes diretos, indiretos e produtos similares, respectivamente.

Figura 32- Lista de verificação dos concorrentes diretos

Nome	Fraquezas	Forças
 <p>Ateliê AER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Madeira sem tratamento, tornando-se alvo de pragas como cupins; • Utilização de madeira Pinus, não considerada nobre; • Torna-se um objeto pesado para movimentação; • Para a retirada dos módulos centrais é preciso retirar os módulos superiores, fazendo com que haja maior interferência no ninho; • Não há suporte externo para o posicionamento de potes de alimentação artificial ou iscas para pragas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo; • Facilidade para o descolamento da cera dos módulos durante a abertura das caixas; • Modelo INPA, conhecido pelos meliponicultores, facilitando o entendimento das etapas de manejo.
 <p>Casa do Apicultor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Torna-se um objeto pesado para movimentação; • Utilização de madeira Pinus, não considerada nobre; • Para a retirada dos módulos centrais é preciso retirar os módulos superiores, fazendo com que haja maior interferência no ninho; • Não há suporte externo para o posicionamento de potes de alimentação artificial ou iscas para pragas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo com tratamento externo na madeira, oferecendo maior durabilidade; • Facilidade para o descolamento da cera dos módulos durante a abertura das caixas; • Baixo custo; • Redutores inclusos e embutidos nas caixas; • Modelo INPA, conhecido pelos meliponicultores, facilitando o entendimento das etapas de manejo.
 <p>Sm@rtbee</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ainda não é comercializado; • Uso unitário por colmeia; • Produto instalado na parte externa do ninho, sofrendo ações empíricas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transforma as atividades de manutenção durante o manejo em mais práticas e certas; • Direciona o criador de abelhas para as ações corretas; • Diminui a probabilidade de perda de colônias ao impulsionar avisos e alertas; • O aplicativo pode ser instalado gratuitamente sem adquirir o produto físico, e possível utilizá-lo independentemente.

Fonte: Da autora

Figura 33- Lista de verificação dos concorrentes indiretos

Nome	Fraquezas	Forças
 <p>Mezzalira Mix</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Custo mais elevado; • A combinação dos materiais plástico e isopor para o isolamento térmico não é tão eficiente; • Torna-se um objeto pesado para movimentação; • Para a retirada dos módulos centrais é preciso retirar os módulos superiores, fazendo com que haja maior interferência no ninho; • Não há suporte externo para o posicionamento de potes de alimentação artificial ou iscas para pragas; • Baixa aderência às patas das abelhas por conta do material escorregadio e liso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estética diferenciada; • Facilidade para o descolamento da cera dos módulos durante a abertura das caixas; • O acabamento de plástico gera proteção contra pragas como cupins; • Divisórias internas em plástico, facilmente removíveis e modificáveis; • Modelo INPA, conhecido pelos meliponicultores, facilitando o entendimento das etapas de manejo.
 <p>Meliponário Santiago</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo benefício considerando a presença de menos caixas; • Torna-se um objeto pesado para movimentação; • Para a retirada dos módulos centrais é preciso retirar os módulos superiores, fazendo com que haja maior interferência no ninho; • Oferece apenas dois módulos, o modelo INPA caracteriza-se pela presença de 3 módulos, dessa forma, é incompleto, limitando os ninhos e quantidade de mel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo com tratamento externo na madeira, oferecendo maior durabilidade; • Facilidade para o descolamento da cera dos módulos durante a abertura das caixas; • Utilização de madeira Tamarindo, indicada para ambientes externos; • Apresenta suporte externo para alimentação artificial ou iscas para pragas; • O modelo INPA é conhecido pelos meliponicultores, facilitando o entendimento das etapas de manejo.
 <p>Telekom</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo; • Pouco acessível pela comercialização exclusiva no exterior; • Uso unitário por colmeia; • Necessidade de compra para obter o aplicativo e manter o sistema de acompanhamento de dados funcionando; • Produto instalado na parte externa do ninho, sofrendo ações empíricas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transforma as atividades de manutenção durante o manejo em mais práticas e certeiras; • Direciona o criador de abelhas para as ações corretas; • Diminui a probabilidade de perda de colônias ao impulsionar avisos e alertas; • A instalação externa permite realizar a checagem do produto de forma facilitada.

Fonte: Da autora

Figura 34- Lista de verificação dos produtos similares

Nome	Fraquezas	Forças
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">PRODUTOS SIMILARES</p>  <p>Abelhas do Bem</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo; • Torna-se um objeto pesado para movimentação; • O descolamento da cera para a abertura das caixas é difícil nas partes traseiras, gerando quebra dos materiais e maior impacto no ninho; • Não há suporte externo para o posicionamento de potes de alimentação artificial ou iscas para pragas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo com tratamento externo na madeira, oferecendo maior durabilidade; • Feito em madeira de araucária considerada nobre; • Os módulos podem ser movidos como gavetas, fazendo com que não seja necessário movimentar todos os módulos para checá-los; • O modelo AF é conhecido pelos meliponicultores, facilitando o entendimento das etapas de manejo; • Oferece acessório, acetatos de proteção.
 <p>Artesanato do Mel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo; • Utilização de madeira Pinus, não considerada nobre; • Torna-se um objeto pesado para movimentação; • O descolamento da cera para a abertura das caixas é difícil nas partes traseiras, gerando quebra dos materiais e maior impacto no ninho; • Não há suporte externo para o posicionamento de potes de alimentação artificial ou iscas para pragas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo com tratamento externo na madeira, oferecendo maior durabilidade, apesar do uso de Pinus; • Há uma alça para que seja pendurado ou carregado; • Os módulos podem ser movidos como gavetas, fazendo com que não seja necessário movimentar todos os módulos para checá-los; • O modelo AF é conhecido pelos meliponicultores, facilitando o entendimento das etapas de manejo.
 <p>ApisProtect</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo; • Pouco acessível pela comercialização exclusiva no exterior; • Uso unitário por colmeia; • Necessidade de compra para obter o aplicativo; • A instalação é feita dentro da colmeia, portanto, para checagem do produto é preciso abri-la. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transforma as atividades de manutenção durante o manejo em mais práticas e certeiras; • Direciona o criador de abelhas para as ações corretas; • Diminui a probabilidade de perda de colônias ao impulsionar avisos e alertas.

Fonte: Da autora

Tendo em mãos a elaboração da listagem dos pontos fortes e fracos de cada produto, foi realizada uma análise a respeito do custo-benefício dos itens em suas determinadas categorias, resultando no desenvolvimento de gráficos de relação de custo-benefício, com o intuito de identificar os principais concorrentes e similares, bem como áreas de oportunidade.

Figura 35- Custo benefício dos concorrentes diretos



Fonte: Da autora

Figura 36- Custo benefício dos concorrentes indiretos



Fonte: Da autora

Figura 37- Custo benefício dos produtos similares



Fonte: Da autora

A partir da interpretação dos gráficos das figuras 35, 36 e 37 é possível definir os principais concorrentes e similares por meio de seus respectivos mapeamentos de custo-benefício. Foram determinados dois produtos de cada categoria, a fim de analisar os itens de dois setores de mercado que pretendesse unir no produto final do projeto: meliponários em modelos populares e sensores de monitoramento de ninhos. Dessa forma, determinam-se os principais concorrentes diretos, indiretos e similares na figura 38.

Figura 38- Definição dos concorrentes e similares principais

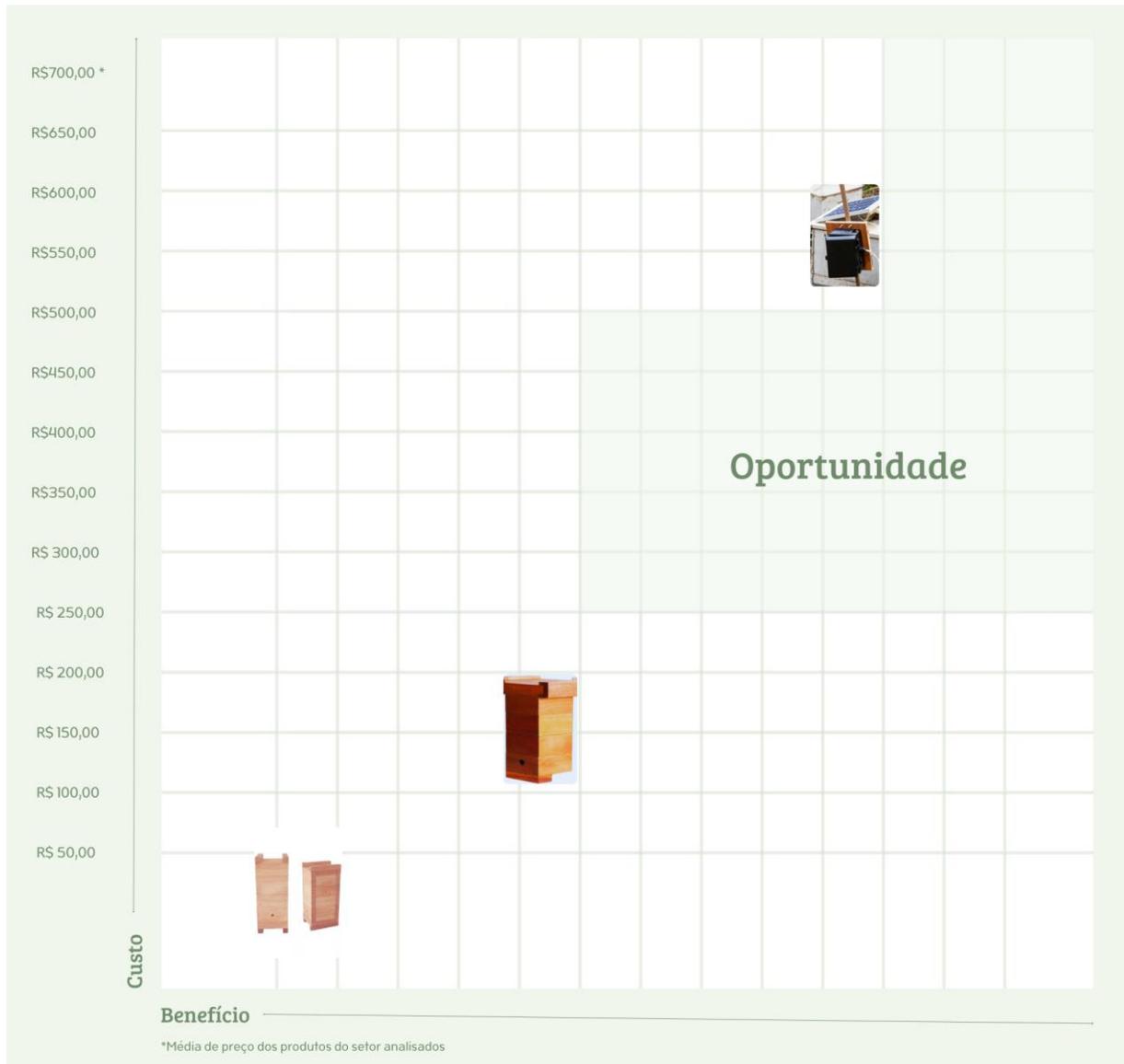


Fonte: Da autora

Ainda, identificam-se as áreas de oportunidade dos concorrentes diretos principais, evidenciando características e setores não atendidos ou explorados pelo mercado de produtos para a meliponicultura, sendo estes, produtos de custos proporcionais à qualidade em ambos os lados do espectro.

Portanto, determina-se como área de oportunidade de enfoque para este o projeto, o setor de maiores custos e maiores benefícios (setor inferior direito da figura 39), oportunizando o desenvolvimento de um produto que se difere do que há no mercado.

Figura 39- Áreas de oportunidade dos concorrentes diretos principais



Fonte: Da autora

3.7 ANÁLISE ESTRUTURAL E FUNCIONAL

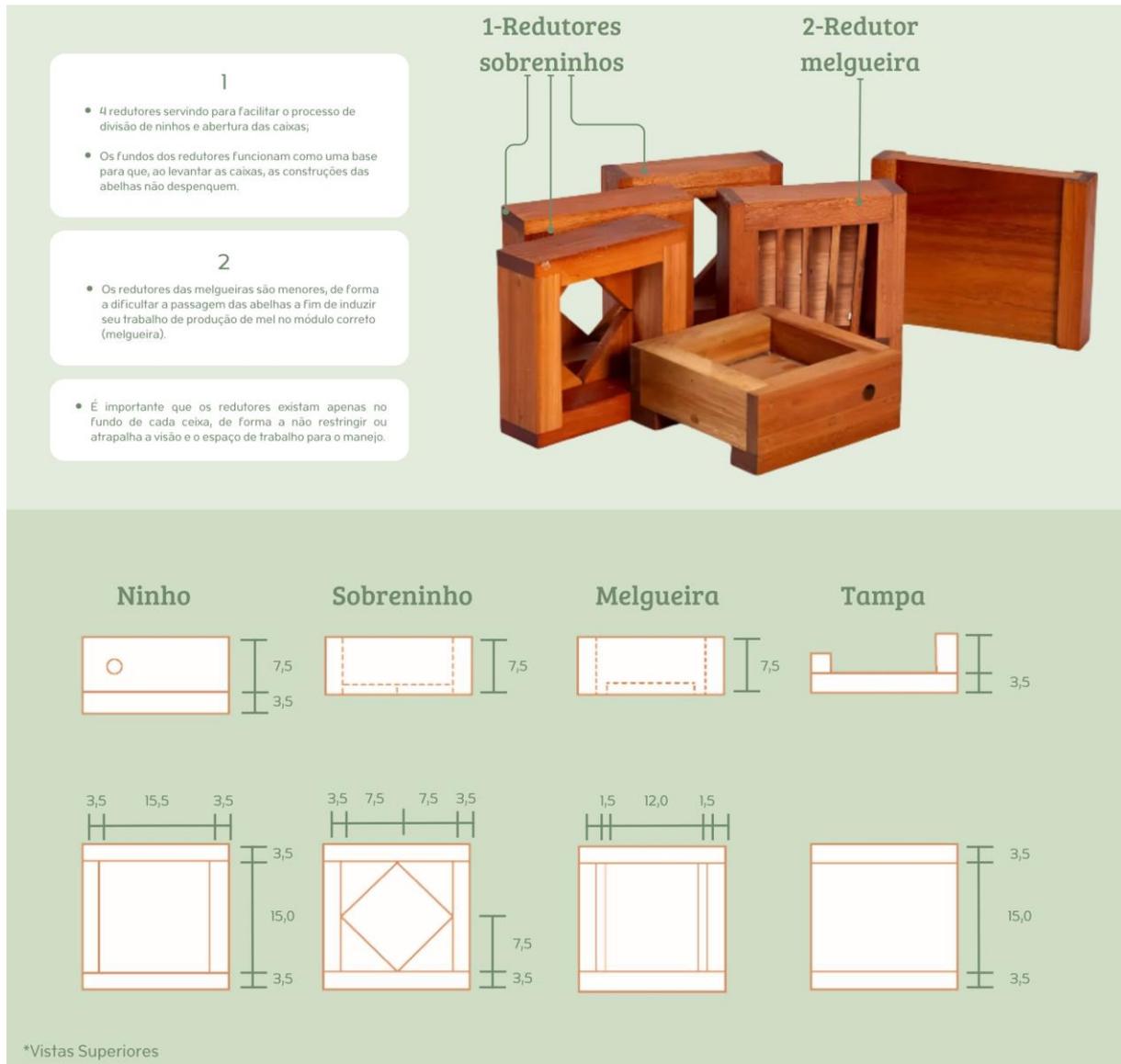
Mediante uma investigação mais detalhada e centrada na observação de funções e componentes do concorrente principal, pode-se observar a estrutura específica do produto, bem como identificar os elementos cruciais, com o intuito de conceber um projeto de qualidade superior.

Figura 40- Análise estrutural e funcional 1



Fonte: Da autora

Figura 41- Análise estrutural e funcional 2



Fonte: Da autora

A análise funcional e estrutural serviu para identificar as características do meliponário que devem estar presentes no produto, as dimensões e a importância dos redutores. Além do material natural necessário para a garantia da saúde das abelhas. A seguir os dados coletados são traduzidos em requisitos.

3.8 REQUISITOS DE PROJETO

A partir dos estudos, identificação das demandas e embasamento teórico no que tange a temática projetual, foi possível estabelecer requisitos de projeto, sendo estes, descrições e especificações das características que devem ser incorporadas ao produto final, classificadas de

acordo com preferência ou obrigatoriedade. Cada requisito atuará como orientação no desenvolvimento de alternativas, indicando delimitações técnicas a serem alcançadas e sua fonte de embasamento.

Figura 42- Requisitos de projeto

	Requisito	Objetivo	Categoria	Fonte
Forma	Facilitação do reconhecimento e manejo dos usuários	Semelhante ao modelo INPA	Desejável	Questionário do público-alvo
	Facilitação do manejo de abelhas para criadores com poucas caixas	Meliponário individual com piquete	Desejável	Pesquisa de imersão e público-alvo
	Manter o padrão adequado de meliponários modulares	Presença de pelo menos 3 módulos	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Separação dos módulos para facilitar o manejo	Redutores internos na parte inferior dos módulos	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Dimensionamento de acordo com a espécie visando aproveitamento interno das caixas por parte das abelhas	Seguir as medidas aproximadas base de: 13x13x10; 12x12x10; 10x10x10; 15x15x14; 17x17x16 ou 20x20x20	Desejável	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Evitar o contato direto das abelhas com os encaixes a fim de que não os grudem	Sem a presença de encaixes na parte interna	Desejável	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Utilização a distância e em qualquer local	Aplicativo/Interface mobile	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes
Materiais	Manter temperatura e nível de umidade adequados para a saúde do ninho	Que permitam circulação de ar e isolamento térmico no ninho	Obrigatório	Pesquisa de imersão; questionário do público-alvo; análise de concorrentes; análise estrutural
	Manter a saúde do ninho e longevidade do produto	Resistentes ao manuseio e à intempéries	Obrigatório	Pesquisa de imersão; questionário do público-alvo; análise de concorrentes; análise estrutural
	Seguir a proposta estética	Que permitam formas arredondadas ou orgânicas	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Proporcionar um ambiente de fácil locomoção para as abelhas	Que apresentem ranhuras ou texturas internas	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
Funções	Manter o padrão adequado de meliponários modulares	Modularidade de ninho, sobreninho e meigueira	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Facilitar o manejo e expandir uso e função do meliponário	Adaptação a diversas espécies de meliponas (uma espécie por vez)	Desejável	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Facilitar o manejo, expandir uso e função do meliponário e auxiliar no mantimento da saúde do ninho	Sistema de monitoramento automatizado para acompanhamento de temperatura, umidade e peso através de um app	Desejável	Pesquisa de imersão; questionário do público-alvo; análise de concorrentes; análise estrutural
	Criação de abelhas sem ferrão de forma adequada, visando a saúde do ninho e a preservação das espécies	Criação das abelhas sem ferrão de forma adequada e saudável, permitindo o manejo correto	Obrigatório	Pesquisa de imersão; questionário do público-alvo; análise de concorrentes; análise estrutural
	Acompanhamento a distância do monitoramento	Visualização das categorias de monitoramento de temperatura, peso e umidade	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
	Garantir o manejo correto a partir dos dados obtidos	Impulsioneamento de alarmes e avisos de ação nos ninhos	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; análise estrutural
Estética	Atender à preferência visual de parte do público-alvo	Uso de formas orgânicas mas mantendo alguma semelhança ao modelo tradicional de caixas	Desejável	Pesquisa de imersão; questionário do público-alvo; análise de concorrentes; análise estrutural; painel de referências
	Atender à preferência visual de parte do público-alvo	Organização e aplicação estética minimalista, coesa e de fácil navegação	Obrigatório	Pesquisa de imersão; questionário do público-alvo; análise de concorrentes; análise estrutural; painel de referências
Conceito	Facilitar as atividades de manejo	Prático	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; entrevistas; painéis de conceito
	Garantir a saúde das abelhas	Bee-Friendly	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; entrevistas; painéis de conceito
	Facilitar as atividades de manejo	Modular	Obrigatório	Pesquisa de imersão; análise de concorrentes; entrevistas; painéis de conceito; análise estrutural

*Aplicativo/Interface gráfica

Fonte: Da autora

3.9 MATERIAIS E PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Após a determinação dos requisitos de projeto, definem-se os materiais e componentes para a construção do projeto, alinhando-se às funcionalidades pretendidas.

Em relação às estruturas interna e externa, foi possível, através das análises de mercado, observar a aplicação da madeira como material central devido a sua capacidade de preservação das condições fundamentais do ninho, como temperatura e umidade, entretanto, notou-se nas demais análises estruturais o empecilho do material quando submetido às intempéries dos ambientes onde devem ser instalados, ocasionando baixa durabilidade.

Diante deste contexto, propõe-se a utilização da madeira como matéria prima para as estruturas internas, e a aplicação da impressão 3D utilizando filamentos formados pela mistura de PLA (ácido poliláctico) desenvolvidos a partir de fibra vegetal, e fibra de madeira, para as estruturas externas. Dessa maneira, acrescenta-se durabilidade contra o apodrecimento ocasionado por intempéries e umidade natural interna, mantendo a porosidade para a regulação da temperatura e ventilação do ninho. Por fim, é fortalecido o conceito de modularidade ao viabilizar as trocas das peças externas de cada módulo, funcionando como cascas protetoras, auxiliares para as interações e que permitem a personalização de cada meliponário.

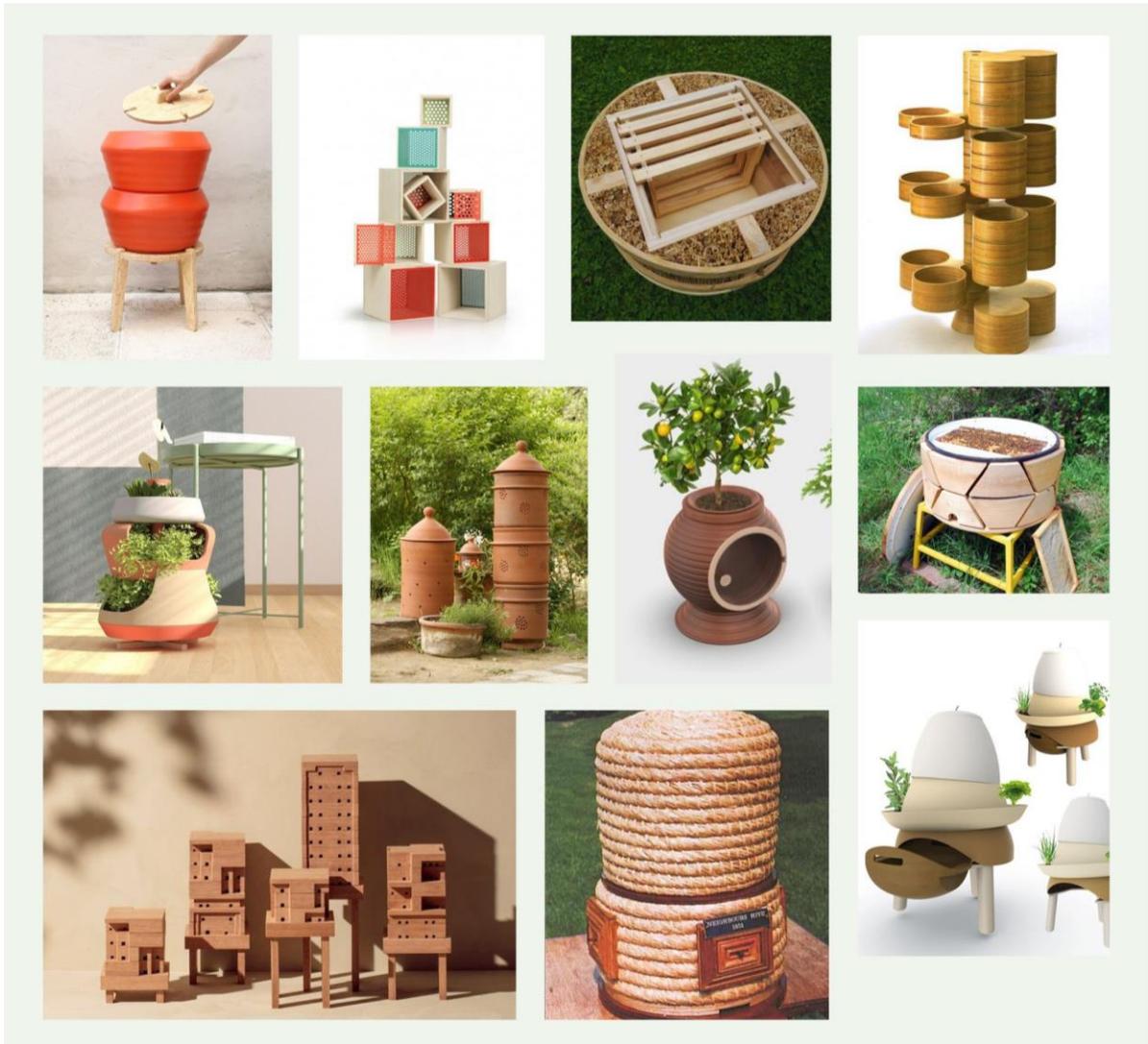
Segundo ZHONG (2017) as rápidas evoluções de novas tecnologias de produção encaminham o paradigma do design convencional para uma "era inteligente". *Softwares* de design como o Design Auxiliado por Computador (CAD) tornaram-se hábeis para a interação em tempo real com sistemas físicos de protótipos inteligentes, viabilizados pela integração da Impressão Tridimensional (3D). Assim, é possível desenvolver peças em formatos inovadores e de forma conjunta, diferindo-se dos métodos de produção tradicionais em que existe a necessidade de que sejam produzidas peças a partir de processos distintos para a montagem final do produto.

3.10 PAINÉIS DE CONCEITO E REFERÊNCIAS

A fim de compilar referências visuais com o objetivo de identificar formas e conceitos interessantes para o projeto, foram realizados três painéis de referências, unindo produtos com propostas, funcionalidades e categorias distintas, como vasos, composteiras, casas de passarinho e meliponários-conceito para diversas espécies e gêneros de abelhas.

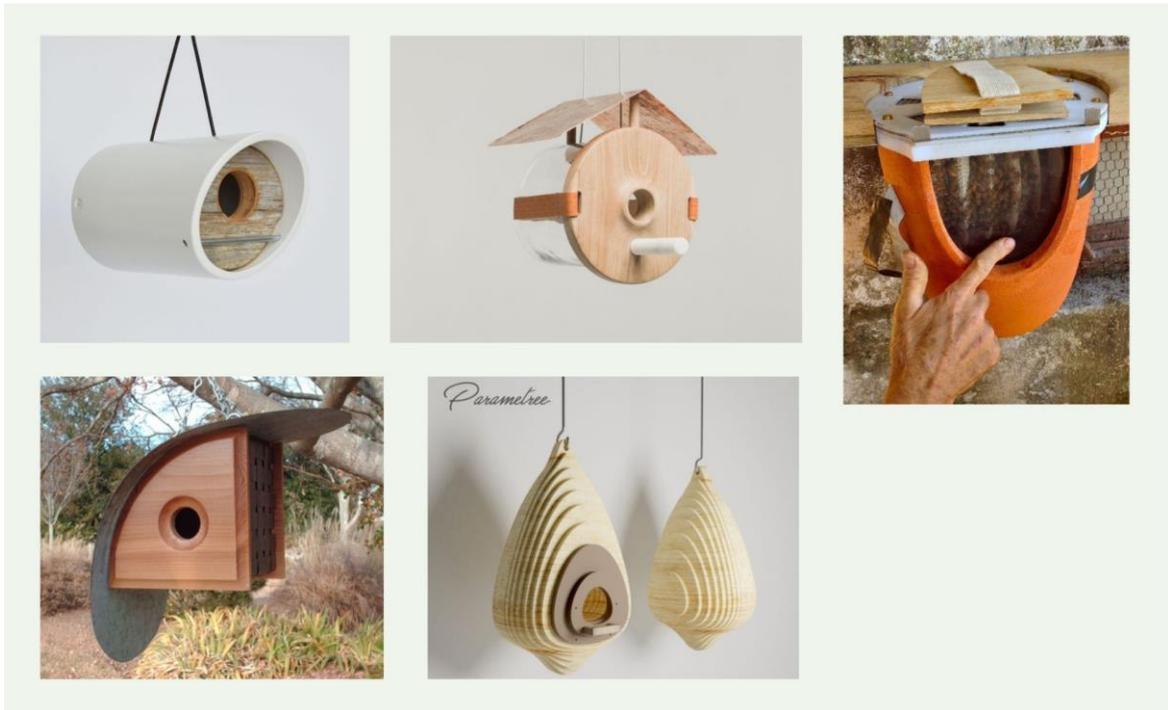
Desse modo, foi possível demarcar estilos, formas, texturas, conceitos, propostas visuais e paletas de cores para a formulação dos painéis conceituais do projeto.

Figura 43- Painel de referências 1



Fonte: Da autora

Figura 44- Painel de referências 2



Fonte: Da autora

Figura 45- Painel de referências 3



Fonte: Da autora

A partir da formulação dos painéis de referências e embasamento nas necessidades do público-alvo e requisitos de projeto, define-se como conceitos projetuais 1) modular; 2) prático e 3) *Bee-Friendly*.

Figura 46- Painel de conceito 1



Fonte: Da autora

Figura 47- Painel de conceito 2



Fonte: Da autora

Figura 48- Painel de conceito 3

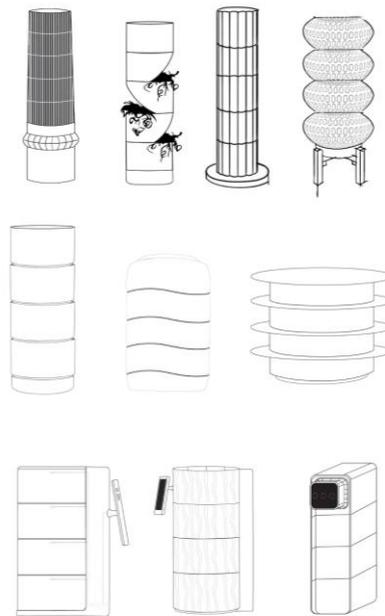


Fonte: Da autora

A partir da definição dos requisitos, junto às referências estéticas e simbólicas dos painéis, é possível encaminhar-se para o processo criativo do desenvolvimento do meliponário, descrito no capítulo a seguir.

4. IDEACÃO

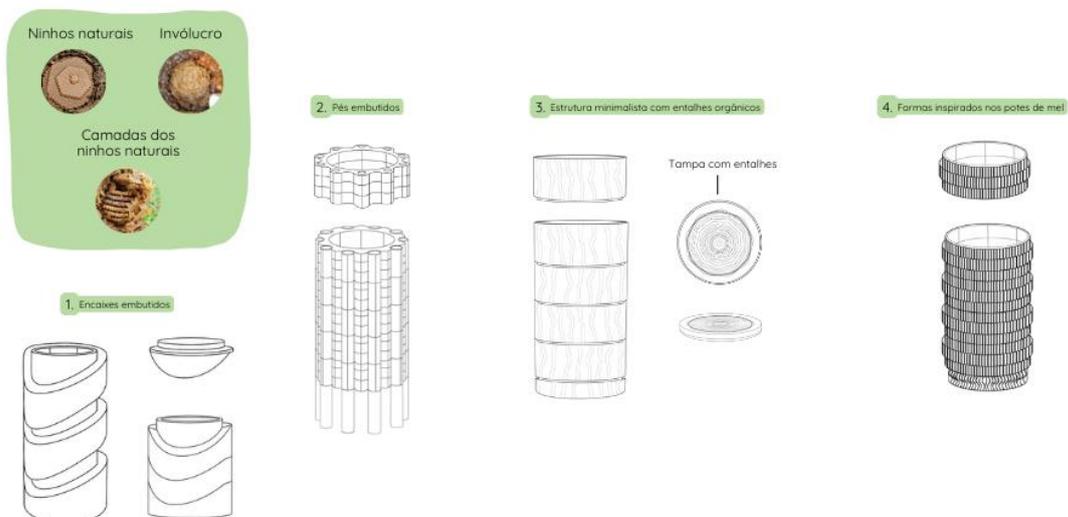
Na fase de criação foram feitos *sketches* iniciais para a geração de alternativas com o objetivo de visualizar os possíveis direcionamentos estéticos e funcionais do projeto. Inicialmente focou-se na elaboração exploratória de ideias, focando nas formas base de cada modelo para que, posteriormente, fossem refinadas as alternativas mais promissoras, compondo detalhes de estética, conceito e funcionamento. Por fim, sendo sujeitas a uma análise a partir de uma matriz de decisão.

Figura 49- *Sketches* iniciais

Fonte: Da autora

Sendo assim, as formas das alternativas selecionadas foram exploradas de maneira mais precisa, considerando possibilidades de funcionamento, detalhes estéticos e conceituais.

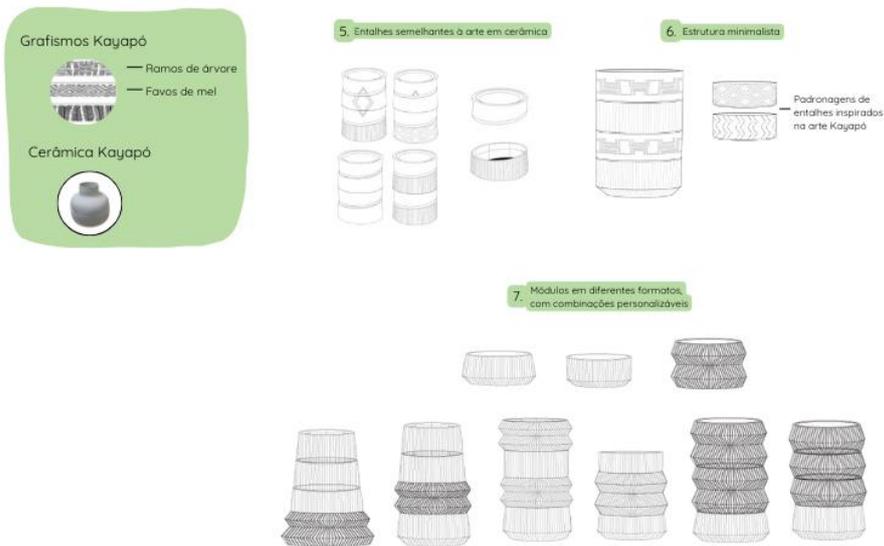
Figura 50- Explorações aprofundadas 1 a 4



Fonte: Da autora

As primeiras explorações têm como referência a configuração das camadas dos ninhos naturais das abelhas sem ferrão, cujas estruturas horizontais são características das espécies. Formulando alternativas visualmente minimalistas, propondo entalhes mais fluidos e orgânicos.

Figura 51- Explorações aprofundadas 5 a 7



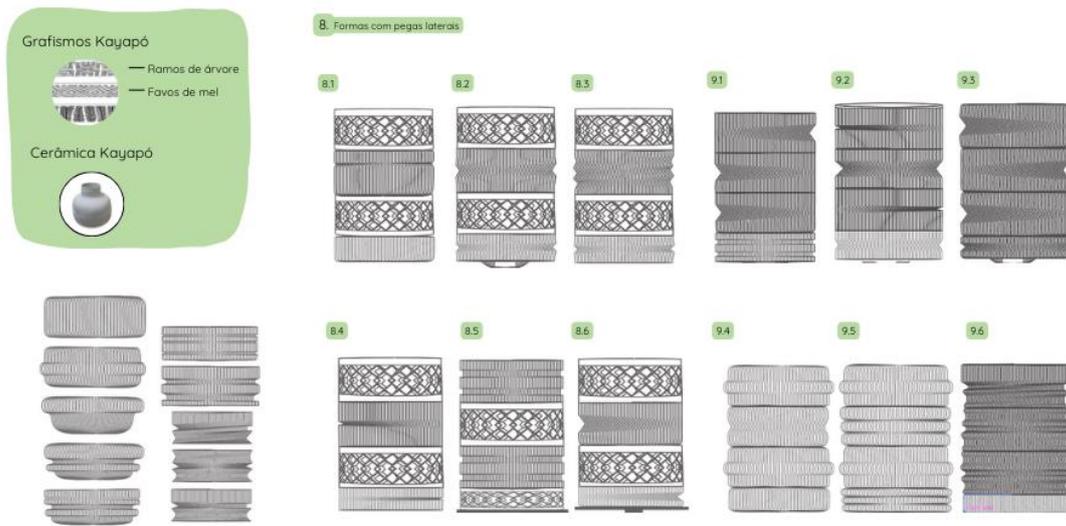
Fonte: Da autora

A etnia Kayapó, segundo POSEY (1983) possui conhecimento geracional profundo no que diz respeito às abelhas sem ferrão no Brasil, tendo sido essenciais para o estudo inicial das espécies cuja relação abrange religião, saúde e cultura.

Dessa maneira, da quinta à sétima explorações há a composição de formas estruturais minimalistas, focando nos detalhes. São integrados os grafismos Kayapó, bem como padronagens de artesanatos, propondo entalhes semelhantes à técnicas de cerâmica, originalmente utilizadas por comunidades indígenas.

Os grafismos que descrevem ramos de árvores e potes mel, foram aplicados livremente às formas das alternativas, constituindo módulos combináveis de diferentes formatos, que favorecem a atividade de manejo ao servirem como pegas laterais.

Figura 52- Explorações aprofundadas 8 e 9

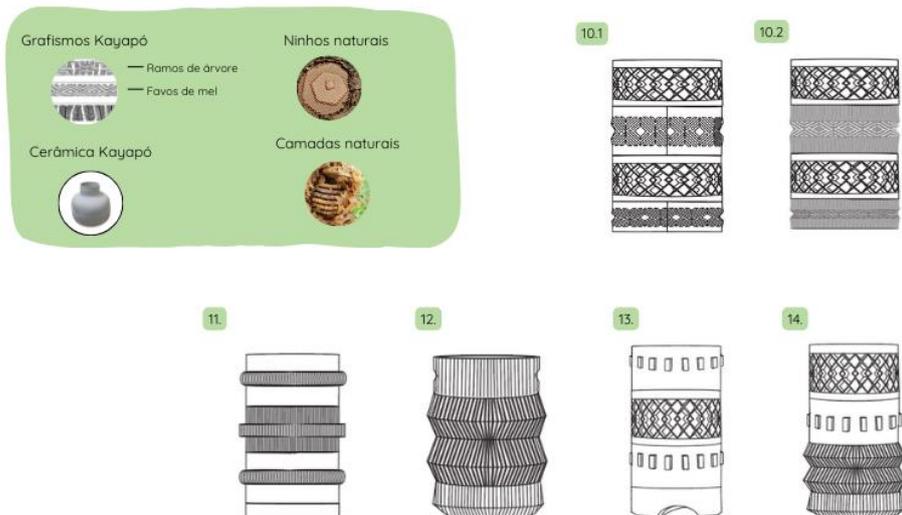


Fonte: Da autora

Similarmente, as explorações 8 a 9 foram inspiradas nos entalhes de itens de artesanato indígena do povo Kayapó e seus grafismos, porém, com foco na usabilidade para o manejo, pensando na mobilidade de cada módulo, com pegas laterais ou estruturas em diferentes formatos que facilitem a atividade. Ainda, considerou-se a adição de um módulo específico para comportar os componentes eletrônicos, apresentando menores proporções.

No campo estético, foram estudadas estruturas simplificadas com entalhes enriquecendo tais modelos e formatos orgânicos com entalhes mais minimalistas.

Figura 53- Explorações aprofundadas 10 a 14



Fonte: Da autora

As explorações 10 a 14 apresentam formas que favorecem a interação com os módulos e referenciam duplamente os ninhos naturais e as expressões visuais Kayapó.

Posteriormente, desenvolveu-se o sistema de encaixes dos módulos adicionais para cada caixa, considerando o interior em formato arredondado padrão que independe da forma exterior, encaixável no interior do meliponário. O propósito consistiu em conceber um sistema conveniente, de montagem descomplicada, que demonstra precisão na vedação e empilhamento dos módulos, sem demandar um alinhamento extremamente preciso para a execução dessa tarefa, permitindo montagem e desmontagem simples.

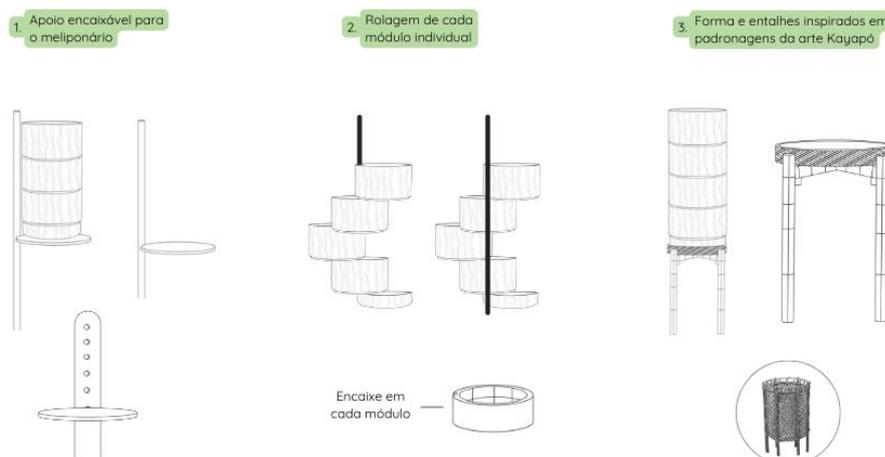
Figura 54- Exploração do interior dos módulos



Fonte: Da autora

Além disso, foram elaboradas três possibilidades e configurações de suportes e estruturas para o meliponário, com o intuito de gerar alternativas mais dinâmicas, versáteis e visualmente distintas em relação aos modelos tradicionalmente empregados pelos meliponicultores.

Figura 55- Exploração de suportes



Fonte: Da autora

A primeira alternativa de suporte apresenta uma base encaixável, possibilitando a escolha da altura. A segunda opção proporciona um sistema de movimentação individual dos módulos, possibilitando a visualização interna de cada um através de encaixes em cada módulo, sendo instalados na estrutura principal, enquanto a terceira faz alusão à cestos Kayapó.

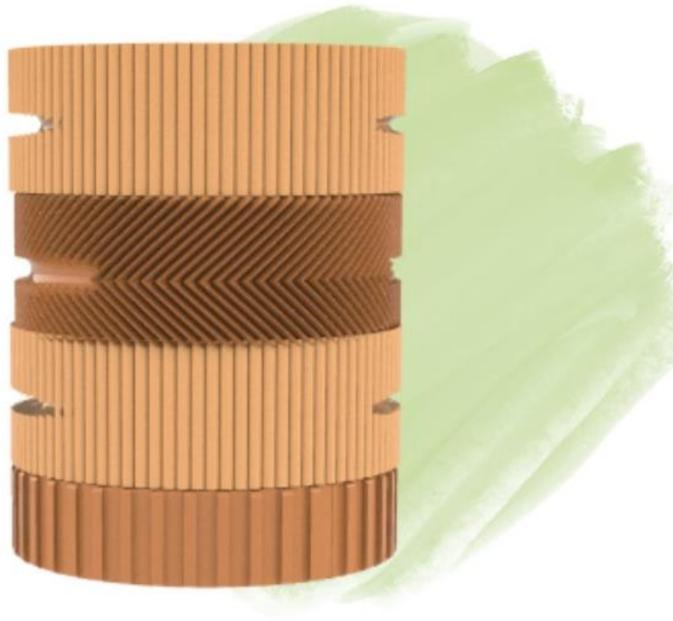
A partir de uma análise acerca da eficácia de cada opção, foi determinado que, ao considerar intempéries do ambiente de instalação e peso do meliponário, a alternativa mais promissora e distinta das abordagens tradicionais seria a número dois, no entanto, apresenta a problemática operacional ao fazer com que a tarefa da remoção de um módulo individual torne-se mais complexa, ao passo que exige a retirada de todos os módulos superiores para acessar o desejado.

Como resultado, chegou-se à conclusão da inviabilidade da materialização dessas estruturas devido às suas proporções. Considerando, ainda, a fabricação própria das estruturas, de total funcionalidade e adequada às suas necessidades, pelos meliponicultores, concluiu-se que seu desenvolvimento era supérfluo no contexto do projeto e foi dado o enfoque apenas para o meliponário em si.

4.1 REFINAMENTO DAS ALTERNATIVAS

A partir do desenvolvimento dos *sketches* foram selecionadas quatro alternativas para refinamento através da modelagem 3D no *software* Rhinoceros, com a finalidade de compreender formas, texturas e proporções para a decisão final da alternativa através da matriz de decisão.

Figura 56- Refinamento 1



Fonte: Da autora

Figura 57- Refinamento 2



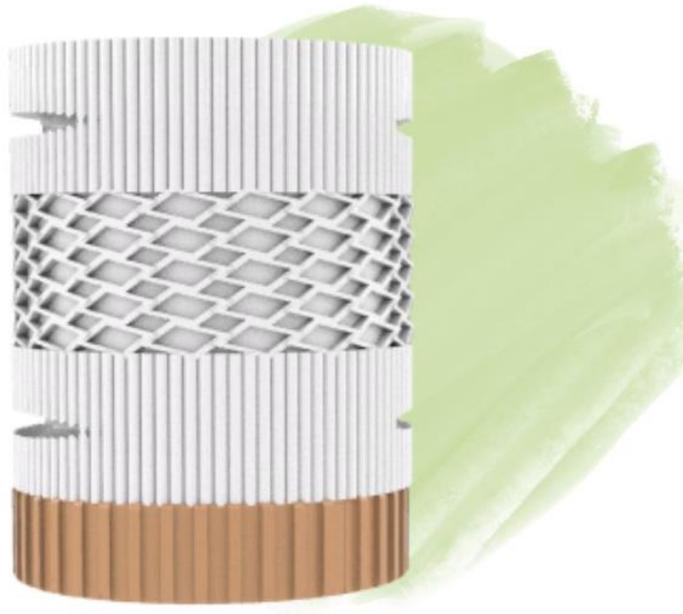
Fonte: Da autora

Figura 58- Refinamento 3



Fonte: Da autora

Figura 59- Refinamento 4



Fonte: Da autora

Após o refinamento das alternativas foi necessária uma decisão a fim de identificar a solução mais promissora e que atenda integralmente os requisitos de projeto e os conceitos estabelecidos. A seguir a seleção da alternativa a ser desenvolvida.

4.2 MATRIZ DE DECISÃO

Após uma avaliação das alternativas, constatou-se que todas satisfaziam de maneira equivalente os critérios e requisitos, incluindo os princípios de praticidade, modularidade e de capacidade de mantimento da saúde das abelhas. Portanto, foi determinado que a solução final seria derivada da combinação de elementos das quatro alternativas refinadas. Fortalecendo o conceito de modularidade do projeto ao constituir um meliponário com maior quantidade de opções para a possibilidade de diferentes arranjos estéticos igualmente funcionais. Assim, procedeu-se a uma análise aprofundada acerca da essência e dos valores que se almejam incorporar ao produto. Houve o uso da ferramenta da matriz de decisão que pontua as alternativas e apresenta a alternativa com maior potencial de ser desenvolvida, disposta na figura 60.

Figura 60- Matriz de decisão

REQUISITOS				
PADRÃO ADEQUADO DE MELIPONÁRIOS MODULARES	*	*	*	*
SEPARAÇÃO DOS MÓDULOS	*	*	*	*
MANTER TEMPERATURA E NÍVEL DE UMIDADE ADEQUADOS	*	*	*	*
MANTER A SAÚDE DO NINHO E LONGEVIDADE DO PRODUTO	*	*	*	*
SEGUIR A PROPOSTA ESTÉTICA	*	*	*	*
PROPORCIONAR UM AMBIENTE DE FÁCIL LOCOMOÇÃO PARA AS ABELHAS	*	*	*	*
CRIAÇÃO DE ABELHAS SEM FERRÃO VISANDO A SAÚDE DO NINHO E A PRESERVAÇÃO DAS ESPÉCIES	*	*	*	*
FACILITAR AS ATIVIDADES DE MANEJO	*	*	*	*
GARANTIR A SAÚDE DAS ABELHAS	*	*	*	*
FACILITAR AS ATIVIDADES DE MANEJO	*	*	*	*

Fonte: Da autora

Identificou-se como principal qualidade funcional externa de cada módulo a interação facilitada com o usuário, a fim de que cada um possa ser retirado e levantado com facilidade.

Na esfera estética, são abordadas as ideias de Norman (2005), vendo o design como não exclusivamente uma questão de funcionalidade e usabilidade, mas também de estética e emoção, discutindo o design emocional e como as pessoas respondem aos objetos e produtos ao seu redor. Em relação à morfologia das formas, Norman (2005) apresenta a ideia de que as formas

arredondadas possuem uma propensão intrínseca a evocar respostas emocionais positivas nos indivíduos, gerando percepções de amabilidade, suavidade e acolhimento. Entretanto, a preferência por formas arredondadas ou angulares pode manifestar variações, sendo influenciadas pelo contexto cultural e pelas vivências pessoais dos sujeitos. Certas culturas podem associar as formas arredondadas a atributos amigáveis e delicados, ao passo que outras podem inclinar-se a formas mais angulares e assertivas, à exemplo dos grafismos indígenas.

Portanto, considerou-se interessante a mistura de texturas, ou padrões, unindo as inspirações dos ninhos naturais e dos grafismos indígenas, compondo opções orgânicas e outras geométricas, aplicando as referências a características essenciais de aspectos da temática projetual. Dessa forma, foram desenvolvidos 8 módulos ao total, destes, 6 sendo os módulos a serem utilizados para ninho, sobreninho ou melgueira, formando 3 pares com formas 1) geométricas, 2) retilíneas e 3) Orgânicas. Os 2 módulos restantes destinam-se apenas ao armazenamento dos componentes eletrônicos.

Ainda, as formas orgânicas aplicam-se no formato redondo dos módulos, compondo uma estrutura suavizada.

Figura 61- Alternativas finais



Fonte: Da autora

Figura 62- Padrões selecionados



Fonte: Da autora

O arranjo principal escolhido para o projeto e sua materialização é apresentado na figura 62. Sua seleção se deu pelas preferências estéticas do público alvo, indo de acordo com as respostas do questionário aplicado. Manteve-se uma estética minimalista, discreta e coesa.

Figura 63- Alternativa principal selecionada



Fonte: Da autora

Com a alternativa selecionada, a próxima fase no processo de projeto é o refinamento e materialização da ideia de forma iterativa.

5. PROTOTIPAÇÃO

Neste item é apresentada a etapa de materialização do produto, a qual engloba tanto os aspectos tangíveis do meliponário quanto os elementos eletrônicos, visando a automação do processo. É importante ressaltar que os subitens são apresentados sequencialmente, embora seja relevante compreender que o processo de design é de natureza iterativa e contínua, ocorrendo de maneira simultânea. Dado que os espaços destinados aos dispositivos necessários para desempenhar as funções de (1) Medição da temperatura; (2) Medição da umidade; (3) Controle de peso; e (4) Monitoramento das condições do ninho por meio de um aplicativo, devem ser adaptados para a respectiva instalação.

5.1 COMPONENTES ELETRÔNICOS

No que diz respeito aos componentes eletrônicos destaca-se, a partir das análises de mercado e conversas com professores do curso (Dr. Rodrigo Braga - engenheiro de automação e Dr. Estevan Murai - engenheiro mecânico) foi definido que o sistema de comunicação e controle seria a partir do uso do wi-fi, com a instalação dos componentes no ninho.

A definição base dos componentes foi determinada a partir das funções propostas pelo projeto, sendo elas (1) Controle de temperatura; (2) Controle de umidade; (3) Controle de peso e (4) Acompanhamento das condições do ninho através de um aplicativo. A partir disto foram discutidas e estudadas com o Prof. Dr. Estevan Murai as posições de instalação adequadas, procurando estabelecer maior direcionamento para a estrutura do meliponário a fim de comportar cada componente em seu devido local. Ainda, fez-se necessária tal determinação para delimitar as características essenciais de cada componente, como limiares de temperatura e umidade.

Dessa forma, os componentes definidos e suas funções estão destacados na figura 64.

Figura 64- Componentes eletrônicos do projeto



Fonte: Da autora

Para a seleção de cada modelo de componente eletrônico foram utilizadas as amplitudes de temperatura e umidade de ninhos de *Trigonas* e *Meliponas* a fim de considerar o menor e maior valor possível para medição exata. Dessa forma, considerou-se a faixa de 30°C a 38°C para a temperatura do ninho e 77% a 50% para a faixa de umidade. Em relação a faixa de peso, foram utilizados os valores dos ninhos existentes no Parque Ecológico da Cidade das Abelhas, seguindo o direcionamento de Willian Goldini, portanto foi utilizada a faixa de 200g a 1,8kg.

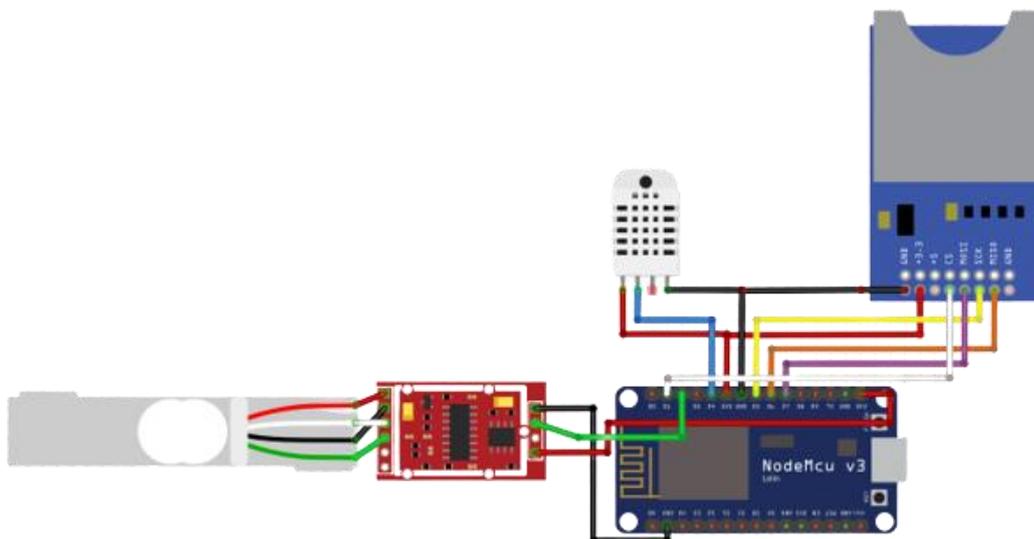
O acesso aos dados via *data logger* justifica-se diante da etapa atual do projeto em que não há a implementação funcional do aplicativo como meio de comunicação entre o usuário e o sistema de monitoramento, dessa forma, é possível que os dados sejam salvos no cartão micro SD e acessados pelo usuário em um computador a partir de sua retirada.

Foi determinado o ninho como ambiente de instalação dos componentes, por conta de seu posicionamento, sendo o último módulo do meliponário, proporcionando uma abordagem minimamente invasiva em relação às abelhas, ao concentrar os elementos eletrônicos de maneira isolada, evitando interação direta. Ainda, tal determinação se deu por conta da necessidade de acompanhamento do ninho a fim de identificar a força de cada colônia, essencial para o reconhecimento dos cuidados.

5.1.2 Conexões dos componentes

A fim de planejar as conexões a serem realizadas materialmente, foi realizada uma simulação a partir do *software* Fritzing com o objetivo de validá-las.

Figura 65- Mapeamento das conexões dos componentes eletrônicos

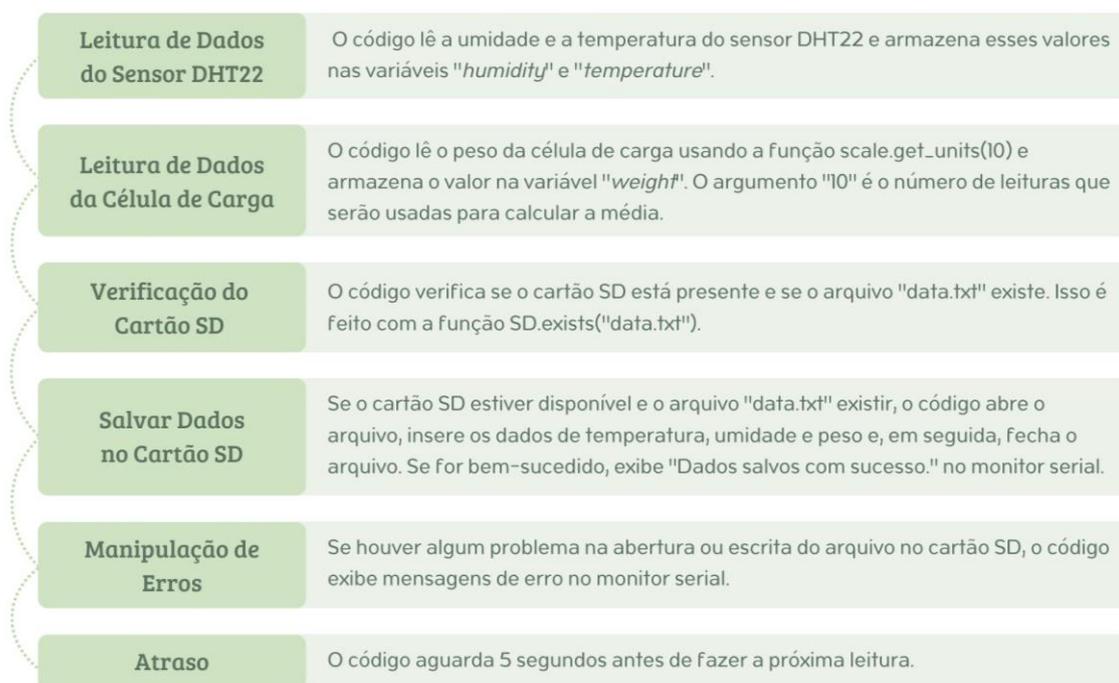


Fonte: Da autora

5.2 PROGRAMAÇÃO

A programação do projeto foi desenvolvida utilizando a linguagem C++, de maneira que seu funcionamento e lógica são detalhados na figura 66.

Figura 66- Estados da programação



Fonte: Da autora

5.3 INTERFACE GRÁFICA

Integrando à proposta de monitoramento automatizado do meliponário, foi desenvolvida uma interface gráfica como proposta para um aplicativo com o intuito de, futuramente, viabilizar a comunicação entre o meliponário e o usuário, tendo como referência a página online de apicultura e meliponicultura da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), onde é possível visualizar dados de meliponários cadastrados de diversos estados do Brasil.

Foi definida a visualização dos dados de temperatura, umidade e peso, bem como, a disponibilização de um calendário de florações e uma área onde o usuário pode detalhar suas ações de manejo e observações através de um caderno de campo. Tais funções são apresentadas no site da EPAGRI, porém através de uma interface pouco amigável. Ao simular o uso e conversar com Willian Goldini a respeito, foi observada a dificuldade de acesso às informações específicas, dificultando o uso da plataforma e fazendo com que seja pouco atualizada e raramente utilizada pelos meliponicultores.

Dessa forma, o desenvolvimento da interface gráfica tem como objetivo formular um espaço integrado e único para as informações relacionadas ao meliponário, a fim de colaborar com

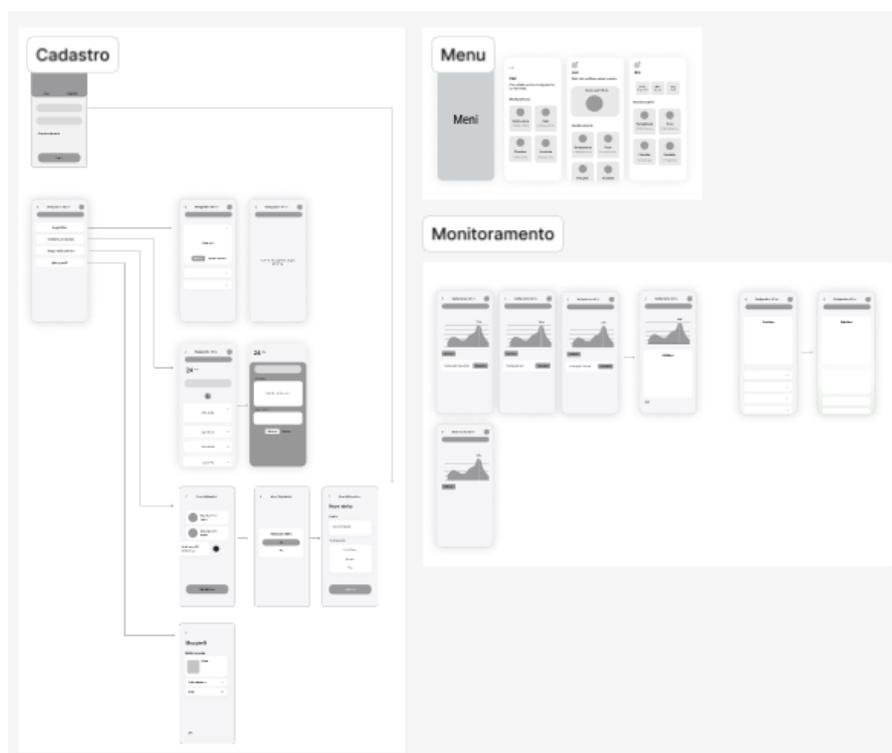
a facilitação e assertividade do manejo, contando com setores para manter-se informado através da visualização dos dados e exibição de avisos e sugestões de ação, bem como colaborar com pesquisas acadêmicas relacionadas às abelhas sem ferrão a partir do cadastro de suas observações e ações de manejo executadas, compondo um histórico disponível em um banco de dados.

5.3.1 Desenho das telas

Inicialmente, foram identificadas as funcionalidades essenciais, como a visualização de dados, históricos e notificações, a fim de dar início aos esboços e definir a estrutura do aplicativo, bem como a disposição dos elementos.

Os *wireframes* foram desenvolvidos através do aplicativo *desktop* Figma. Inicialmente, foram mapeadas as telas e os devidos setores do aplicativo, tendo em vista as categorias de monitoramento desejadas. Dessa forma, foram utilizados *placeholders* demarcando as áreas a serem preenchidas e refinadas nas etapas de desenvolvimento de protótipos de média e alta fidelidade.

Figura 67- Wireframes



Fonte: Da autora

Para as telas de média fidelidade, foi definido como os usuários navegarem entre as telas, acessem e cadastrem dados detalhados.

Foi utilizado o Material Design 3, um sistema de design concebido e respaldado por profissionais de design e programação vinculados à empresa Google, disponibilizando orientações detalhadas acerca da experiência do usuário e implementações de elementos de interface. A versão mais atualizada, Material 3, habilita experiências pautadas pela individualização, adaptabilidade e expressividade, abrangendo aspectos que variam desde a incorporação de paletas de cores dinâmicas até o aprimoramento da acessibilidade (Material Design 2023).

Dessa maneira, a interface foi desenvolvida aplicando a componentização definida pelo Material 3, através de seu kit de design. Portanto, aspectos como botões e seus respectivos estados, *cards*, textos, *dialogs*, calendário, barras de navegação e menus foram desenvolvidos seguindo as *guidelines* do sistema de design.

5.3.2 Telas de alta fidelidade

Para a etapa final do desenvolvimento das interfaces focou-se na ideia de possibilitar uma experiência que harmonize a funcionalidade com a estética, respeitando os princípios de design de interface do usuário (UI) e as normativas de acessibilidade.

A escolha da paleta de cores reflete uma abordagem inspirada na coloração dos ninhos das abelhas sem ferrão, com cores de matizes suaves, como tonalidades de laranja foram selecionadas com a intenção de criar uma atmosfera harmônica com a temática central do aplicativo, ao passo que mantém uma estética sóbria e facilmente legível. A avaliação do contraste entre o texto e o fundo desempenhou um papel fundamental na escolha dos valores das cores, a fim de garantir legibilidade, aderindo a diretrizes de acessibilidade, como o Contraste de Cores conforme as *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), assegurado que as informações apresentadas sejam acessíveis a todos os usuários, incluindo aqueles com deficiências visuais.

Portanto, para a definição dos tons específicos a fim da certificação do contraste adequado para a leitura e distinção dos elementos visuais de cada tela, foi empregada a plataforma *The Color Palette Studio* utilizada para o teste de paletas de cores auxiliando na visualização dos níveis de contraste entre as tonalidades de textos, ícones e *background* que as compõem. A plataforma utiliza a métrica de contraste de 4:5:1 proposta pela *World Wide Web Consortium* de forma que este valor seja o mínimo para que os elementos sejam considerados legíveis e acessíveis para pessoas de baixa visão que não utilizam tecnologias de apoio para aprimoramento da visualização.

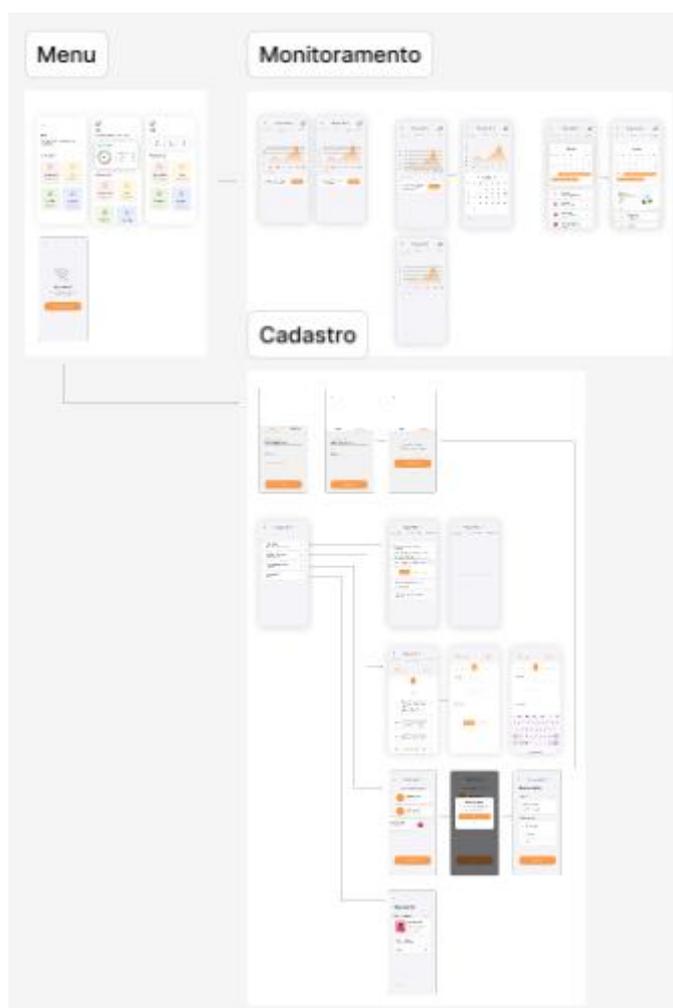
Os elementos decorativos que não transmitem informação para leitura excluem-se da necessidade de aplicação critérios de ajuste de contrastes (Web Content Accessibility Guidelines, 2023).

No que tange à tipografia, a escolha de fontes legíveis respalda-se em diretrizes de design de UI que sublinham a importância da legibilidade, especialmente em interfaces móveis. O Nielsen Norman Group (2015) destaca que, para garantir que os usuários leiam efetivamente o conteúdo, é imperativo que o texto seja claro, compreensível e legível. Nesse contexto, três fatores fundamentais são delineados: 1) Legibilidade, referindo-se à capacidade dos usuários de visualizar e distinguir caracteres e palavras no texto. É ressaltado que o tamanho da fonte desempenha um papel crucial nesse aspecto, destacando a necessidade de fornecer um tamanho de fonte apropriado.

O contraste entre os caracteres e o fundo também é crucial, com a recomendação de utilizar um fundo simples, evitando fundos ocupados. Além disso, a seleção de uma fonte limpa é destacada como relevante para a legibilidade. 2) *Readability*, o conceito está relacionado à complexidade das palavras e estruturas de frases do conteúdo e sua síntese. É sublinhada a importância de usar palavras simples e diretas, evitando termos elaborados e frases excessivamente longas. A estrutura da frase também é mencionada, com a recomendação de usar frases curtas e preferencialmente seguir a voz ativa. Por fim, 3) Compreensão, referindo-se à capacidade dos usuários de entender o significado do texto e extrair as conclusões corretas. É relevante o emprego de uma linguagem centrada no usuário, utilizando termos familiares ao público-alvo para facilitar a compreensão.

Nesse prisma, foi incluída a adoção da fonte Dosis para o corpo de texto e uma fonte SF Pro para títulos, buscando estabelecer hierarquias claras nas informações e facilitar a leitura.

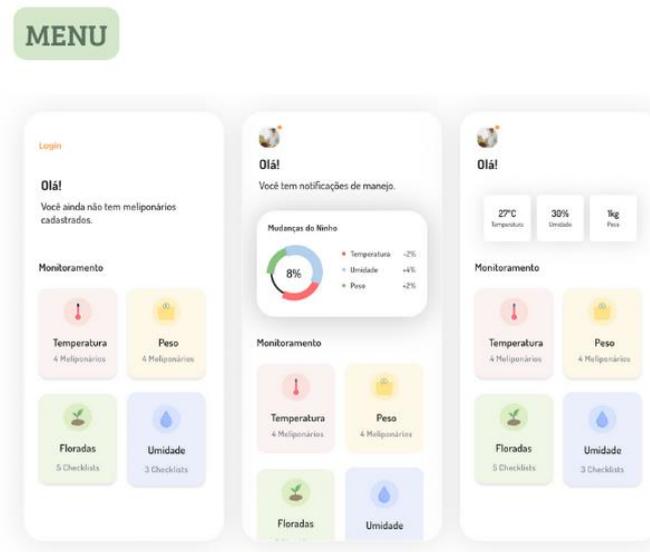
Figura 68- Fluxo de alta fidelidade



Fonte: Da autora

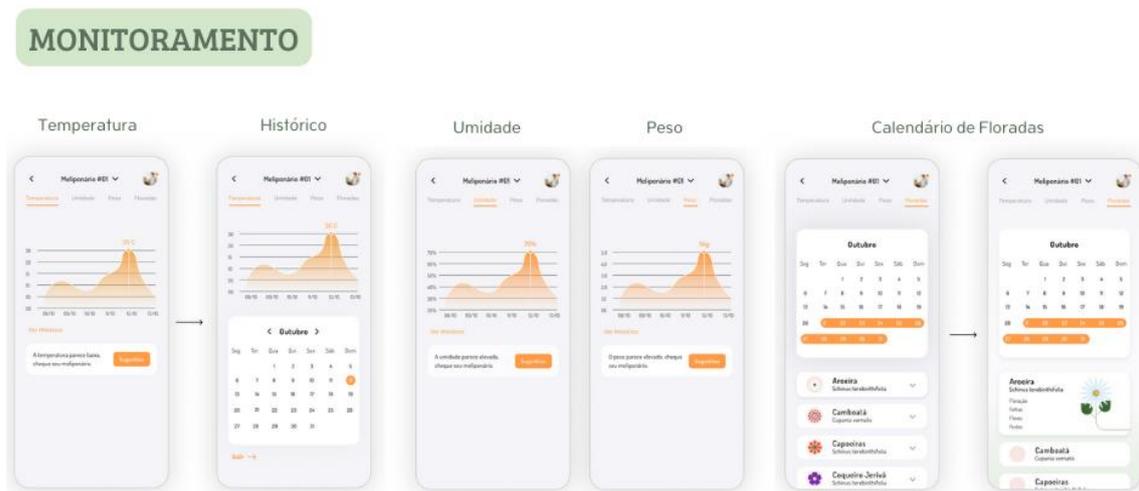
A navegação proposta para o aplicativo consiste nos setores 1) Menu; 2) Cadastro e 3) Monitoramento. Segundo a Nielsen Norman Group (2015), a navegação eficaz em dispositivos móveis deve ser “descobrível”, acessível e ocupar espaço restrito na tela. A barra de navegação superior, empregada no aplicativo, trata-se de uma abordagem em que as opções principais são listadas na parte superior da tela, sendo eficiente quando há poucas opções de navegação. É destacado que a escolha da abordagem para a interação com o fluxo no dispositivo móvel deve ser baseada no tipo de conteúdo do site ou aplicativo e na quantidade de opções de navegação, sendo importante equilibrar a acessibilidade e a descoberta das opções com a priorização do conteúdo na tela.

Figura 69- Fluxo menu



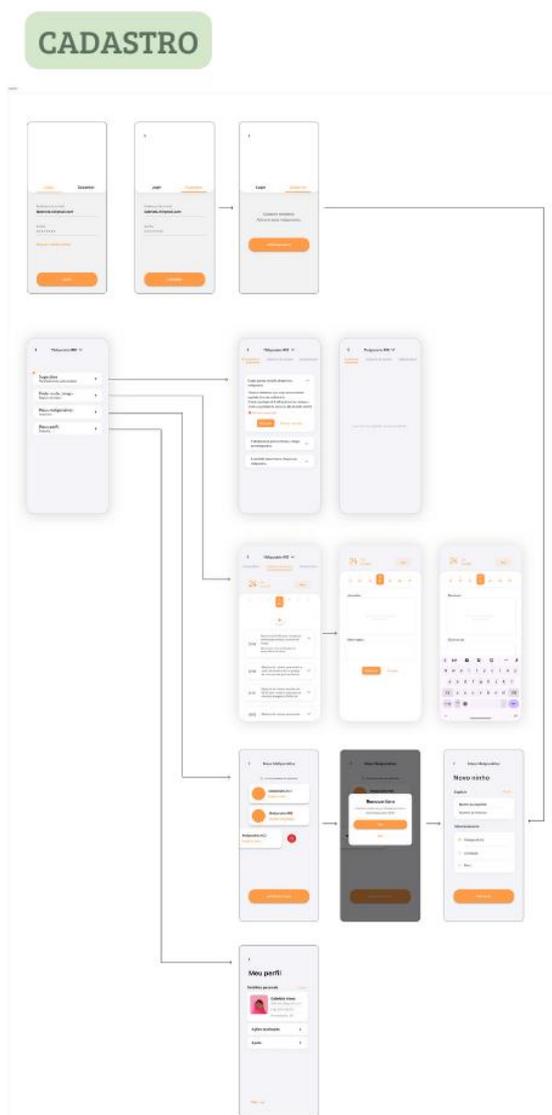
Fonte: Da autora

Figura 70- Fluxo monitoramento



Fonte: Da autora

Figura 71- Fluxo cadastro



Fonte: Da autora

A fim de que o aplicativo seja funcional, é preciso que haja sua implementação por meio da programação. Espera-se que isto seja possível, tendo em vista que o acompanhamento do meliponário por parte do meliponicultor representa uma inovação.

A seguir retoma-se o desenvolvimento do produto.

5.4 MODELAGEM 3D

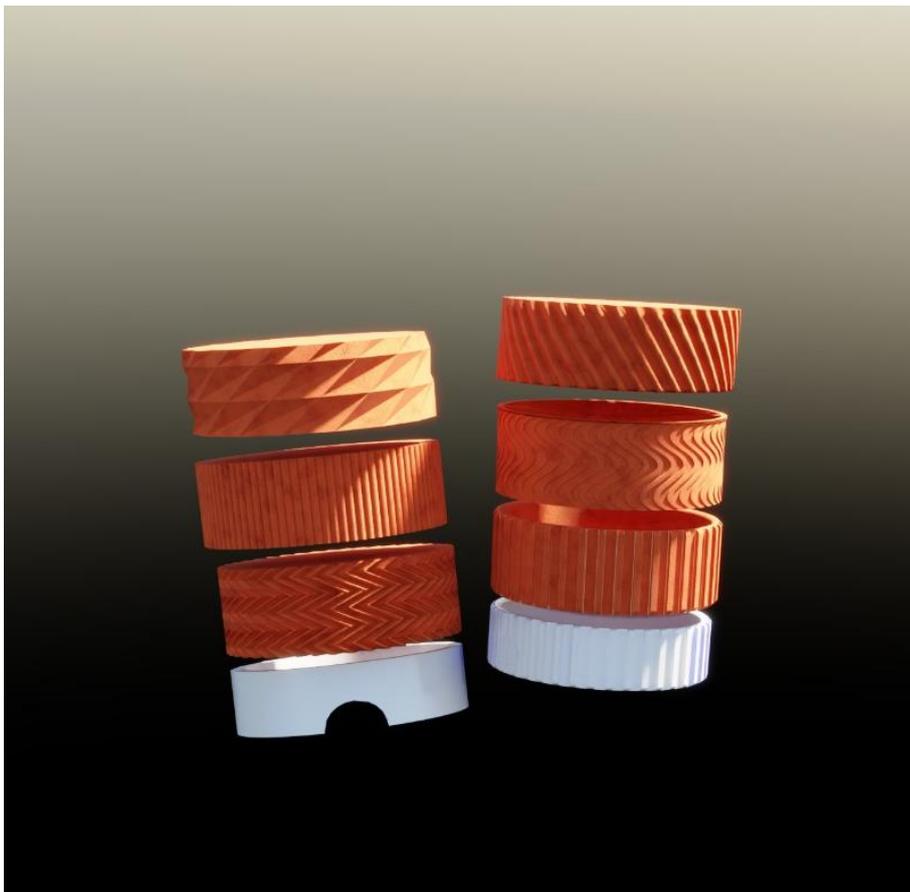
A modelagem da alternativa final foi realizada através do *software* Rhinoceros 3D. Ao total foram desenvolvidos 8 módulos diferentes a serem combinados de acordo com a preferência individual do público-alvo. Os renders foram desenvolvidos a partir do *software* Blender.

Figura 72- Modelagem das peças internas



Fonte: Da autora

Figura 73- Modelo final renderizado



Fonte: Da autora

5.5 RENDER E AMBIENTAÇÃO

Com o propósito de alcançar uma representação abrangente do projeto, renderizações do produto foram produzidas com o intuito de proporcionar uma definição visual mais precisa das texturas, formas e funcionalidades. Na figura 74 são apresentados os padrões renderizados de cada módulo.

Adicionalmente, foram criados cenários para contextualizar visualmente o ambiente de utilização do produto através de sua ambientação.

Figura 74- Render das padronagens



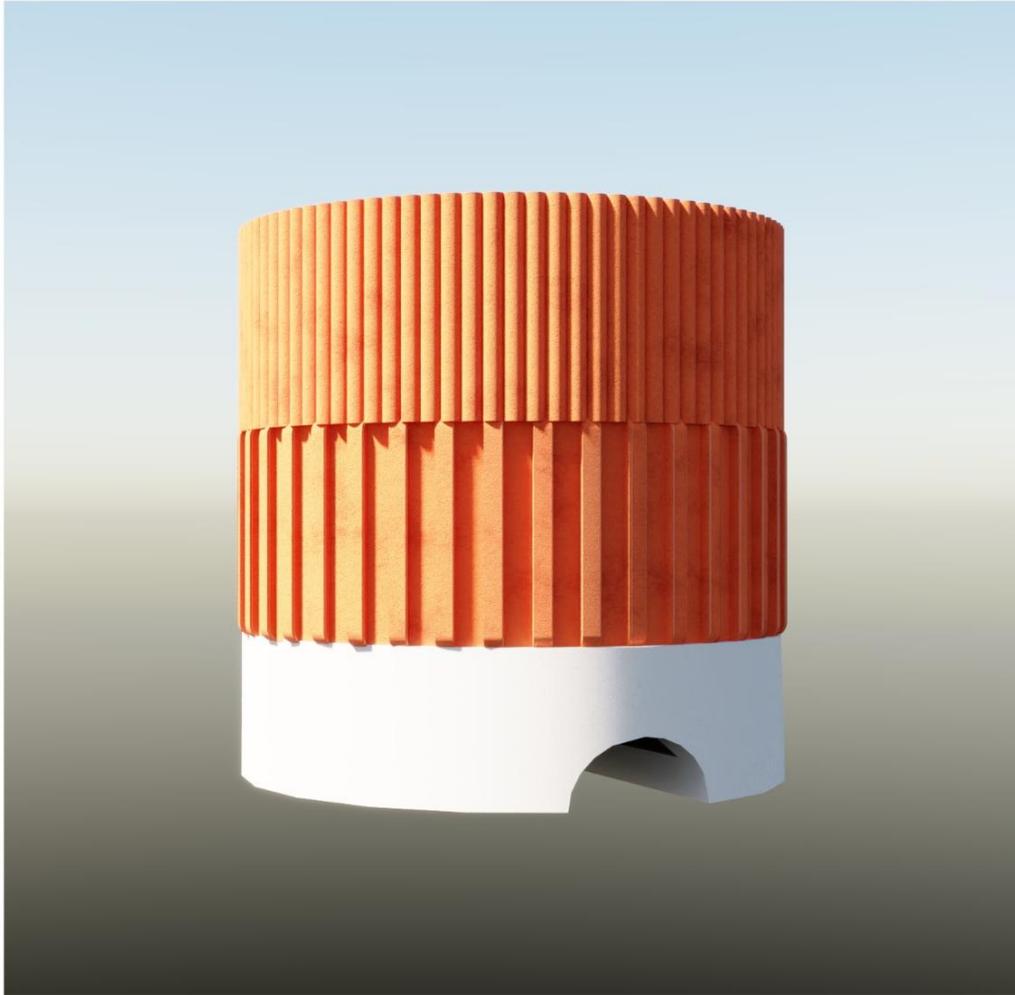
Fonte: Da autora

Figura 75- Render do modelo selecionado



Fonte: Da autora

Figura 76- Render do modelo a ser materializado



Fonte: Da autora

Figura 77- Render do aplicativo



Fonte: Da autora

Figura 78- Ambientação



Fonte: Da autora

5.6 CONSTRUÇÃO DO MODELO

Para a elaboração do protótipo funcional foi realizada a terceirização da construção dos módulos internos, utilizando o processo de torneamento em madeira de goiabeira não tratada. Em virtude dos custos, o projeto foi materializado de forma adaptada, resultando em 4 peças modulares, que representam as áreas internas de 15cmX15cm e 12cmX12cm.

Figura 79- Peças internas do protótipo



Fonte: Da autora

Figura 80- Peças internas do protótipo montadas



Fonte: Da autora

O exterior dos módulos foi materializado através da impressão de 3D em PLA Wood, fixado aos módulos correspondentes. O terceiro e último módulo externo, acomoda os componentes eletrônicos, sendo desenvolvido a partir da impressão 3D com PLA, visto que não há contato direto das abelhas com este ambiente.

Figura 81- Protótipo impresso



Fonte: Da autora

6. MEMORIAL DESCRITIVO

Neste capítulo é descrito o produto desenvolvido, destacando cada fator a fim de elucidar sua compreensão e facilitar sua fabricação.

6.1 CONCEITO

Praticidade, modularidade e *bee-friendly* são os conceitos que sustentam o meliponário, de maneira que a 1) Praticidade concentra-se na facilitação do uso, eficiência e funcionalidade, formulando um projeto com interações intuitivas que demandam o mínimo de esforço por parte do usuário e oferece soluções diretas para problemas específicos de usabilidade. A 2) Modularidade relaciona-se com a divisão de um sistema em módulos intercambiáveis, cada

módulo desempenha uma função específica para o meliponário e pode ser substituído ou atualizado, simplificando a manutenção, tornando-o mais flexível e adaptável a mudanças. Por fim, 3) *Bee-friendly* (amigável às abelhas), um termo associado à responsabilidade ecológica. Aplica-se no contexto projetual ao possibilitar um ambiente que não prejudique as populações de abelhas.

Quando aplicados conjuntamente, esses conceitos podem gerar inúmeros benefícios. A *praticidade* garante que o projeto atenda às necessidades dos usuários de forma eficaz, tornando-o mais acessível. A *modularidade* permite que o projeto seja atualizado e expandido de maneira eficiente, prolongando sua vida útil e reduzindo o desperdício. A abordagem *bee-friendly* destaca o compromisso com o meio ambiente, promovendo a biodiversidade e contribuindo para a preservação das abelhas.

6.2 FATOR DE USO

A abordagem modular do projeto foi concebida com a intenção de considerar as interações do usuário com o produto e sua inclinação pela personalização, proporcionando tanto a modularidade funcional quanto estética. Externamente, foram postas peças laterais, ajustadas de acordo com as diferentes peças acopláveis, as quais são intercambiáveis, permitindo ao usuário configurar o seu meliponário de acordo com as suas preferências pessoais.

No ambiente interno, foram incorporadas peças adicionais encaixáveis, com o propósito de permitir que os meliponicultores possam acrescentá-las ou removê-las conforme a espécie que estão criando. Isso se dá devido a particularidade de cada espécie em necessitar de diferentes áreas para a disposição de seus ninhos. Dessa maneira, ao obter apenas um meliponário, é possível a criação de qualquer espécie de abelhas sem ferrão. Além disso, essas peças adicionais podem desempenhar o papel de camadas protetoras suplementares durante períodos de temperaturas mais baixas, protegendo os ninhos que, frequentemente, tornam-se vulneráveis durante épocas mais frias.

Por fim, o projeto também oferece uma solução tecnológica para os usuários acompanharem a saúde de seus ninhos e registrarem as atividades de manejo por meio de um aplicativo mobile dedicado. Os componentes eletrônicos responsáveis pela coleta dos dados de monitoramento foram alocados no último compartimento do meliponário, facilitando o acesso do usuário a esses componentes bem como registrando informações diretamente do módulo do ninho. Além disso, o aplicativo gera alertas e sugestões de ação com base nas informações de monitoramento, contribuindo para a manutenção da saúde dos meliponários do usuário.

Figura 82- Render do aplicativo 2



Fonte: Da autora

6.3 FATOR ESTRUTURAL

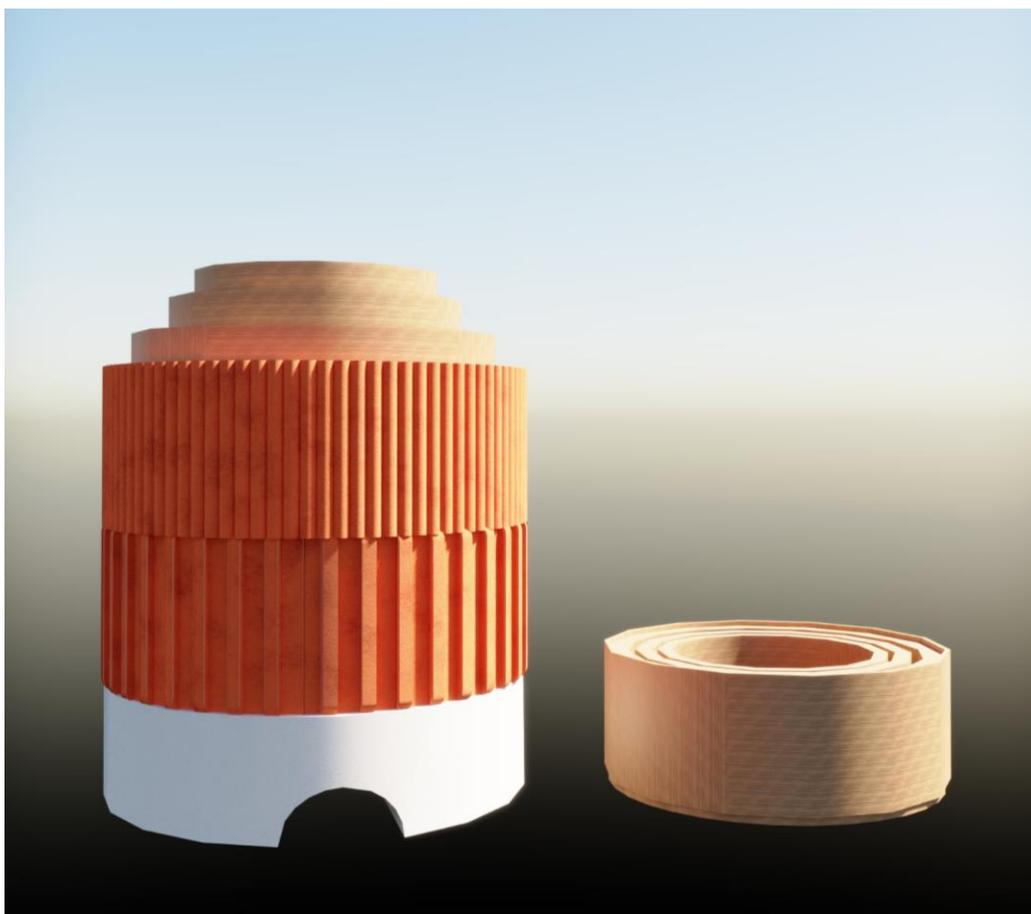
O produto conta com três módulos empilháveis externos, medindo 9cm de altura e 19,5cm de diâmetro, cada um com três módulos adicionais internos, estes removíveis, correspondendo às três áreas internas variáveis para os meliponários modelo INPA, que abrangem todas as espécies de abelhas sem ferrão, 12cm x 12cm, 15cm x 15cm e 17cm x 17cm. Dessa forma, totalizam 9 módulos internos.

Ainda, apresenta um compartimento medindo 8cm ou 6cm de altura (a depender do modelo) e 19,5cm de diâmetro, onde estão instalados os componentes do projeto, que realizam a tarefa de monitorar umidade, temperatura e peso do ninho através do contato com o ambiente interno deste módulo, acessado por meio de cortes para que seus sensores possam realizar a medição adequada. Os componentes aplicados no projeto estão listados na figura 64. A fim de evitar o contato direto dos componentes eletrônicos com as abelhas, foram desenvolvidas barreiras protetoras envolvendo cada um dos componentes, de modo que fiquem isolados, mas ainda sejam capazes de realizar a captação dos dados. Na parte externa, conta com 8 modelos estéticos seguindo

padronagens combináveis entre si, com estruturas de encaixe para a fixação nos módulos de madeira através do uso de parafusos.

Por fim, cada módulo apresenta um furo de 1cm, configurado como a entrada para as abelhas no interior do ninho, quando o módulo for posicionado em ordem de ninho. Para o caso em que o módulo seja posicionado como melgueira ou sobreninho, existe uma tampa para ocultar o furo, visto que a entrada deve estar no módulo do ninho.

Figura 83- Render com módulos internos



Fonte: Da autora

6.4 FATOR AMBIENTAL

O fator ambiental do projeto aplica-se através da preservação da saúde das abelhas sem ferrão, ao garantir condições ideais em seu habitat. O sistema de monitoramento automatizado de temperatura, umidade e peso permite o monitoramento contínuo e preciso das condições do ambiente onde as colônias localizam-se. Dessa maneira, possibilita a identificação precoce de variações significativas que possam impactar negativamente o bem-estar das abelhas, como

mudanças climáticas súbitas ou flutuações extremas de temperatura e umidade, além da identificação do peso ideal para a multiplicação do ninho, evitando enxameação.

Através do acompanhamento constante desses parâmetros ambientais, o meliponicultor pode agir prontamente para ajustar o ambiente e fornecer às abelhas as condições ideais de desenvolvimento, não apenas prevenindo a perda de ninhos, mas também reduzindo o estresse ambiental sobre as colônias, contribuindo para a preservação de sua saúde a longo prazo. Ainda, ao minimizar as perdas de ninhos, o projeto também desempenha um papel na conservação das populações de abelhas sem ferrão, que atuam de forma vital na polinização e na manutenção da biodiversidade.

6.5 FATOR ESTÉTICO SIMBÓLICO

A simbologia do projeto procura mencionar o povo indígena Kayapó em virtude de seu conhecimento profundo no que concerne às abelhas sem ferrão no Brasil, abrangendo desde sua biologia até seu comportamento, mantendo uma relação com as espécies que se mostra significativa em aspectos culturais, religiosos e medicinais. A contribuição dos Kayapó nas fases preliminares das pesquisas voltadas a tais espécies é de extrema relevância. A referência indígena reforça a característica nativa dessas espécies.

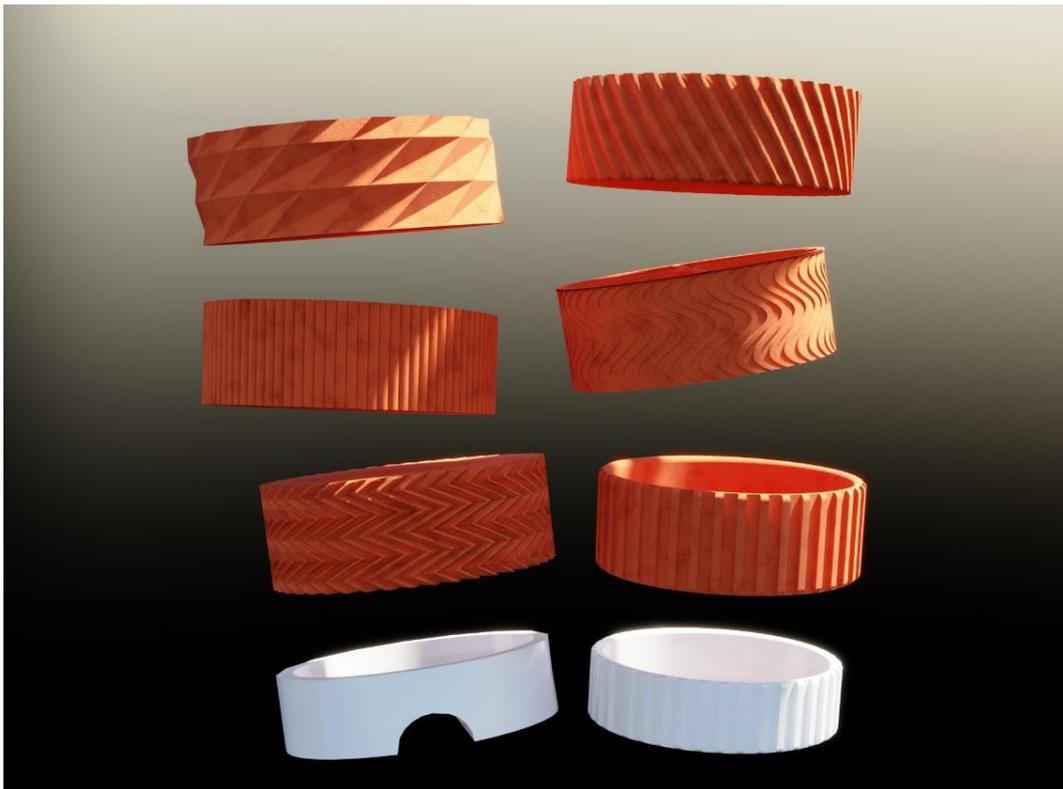
O nome Mení refere-se à palavra *mehn-nhy* (abelha sem ferrão), segundo POSEY (1990), na linguagem Kayapó. Os padrões visuais dos módulos foram inspirados livremente no padrão visual dos ninhos naturais das abelhas sem ferrão e em grafismos indígenas de favos de mel e ramos de árvores, associados à temática projetual.

Figura 84- Render do aplicativo 3



Fonte: Da autora

Figura 85- Módulos combináveis



Fonte: Da autora

6.6 FATOR CONSTRUTIVO

O protótipo funcional foi desenvolvido por meio da adoção de dois materiais predominantes, a utilização da madeira de goiabeira, torneada de forma artesanal, para a construção das estruturas centrais dos módulos, enquanto o PLA *wood* foi empregado no revestimento externo, na elaboração do compartimento destinado aos componentes eletrônicos e formulação dos separadores dos módulos, posicionados entre cada um deles.

Figura 86- Protótipo funcional finalizado



Fonte: Da autora

Em relação ao modo de fabricação em maior escala também são divididos em duas etapas, de acordo com os dois diferentes tipos de materiais. Para as estruturas de madeira, considera-se a o corte a laser em CNC, formando anéis passíveis de empilhamento a fim de definir a altura correta de cada módulo, logo, o processo torna-se mais rápido evitando o emprego de um torno; ressalta-se ainda que cada anel deve ser preso com parafusos, de modo que materiais químicos como colas

sejam prejudiciais às abelhas. As estruturas externas têm sua construção fabril viável através da impressão 3D, mantendo os filamentos de PLA *wood* a fim de preservar as qualidades de porosidade adequadas para a respiração do ninho, enquanto atua como uma camada protetora contra intempéries.

6.7 FATOR COMERCIAL

A integração de tecnologia avançada, como esse sistema de monitoramento, não apenas simplifica o manejo das colônias, mas também acrescenta o fator ecológico que se mostra de grande importância para o público-alvo.

Meliponicultores que adotam tecnologias de monitoramento demonstram um compromisso com a qualidade e a preservação das abelhas, o que pode ser um diferencial competitivo significativo no mercado. Assim, o sistema de monitoramento automatizado não apenas facilita o manejo, mas também agrega valor ao produto final, atendendo às demandas do consumidor consciente.

Ainda, a modularidade do projeto garante o prolongamento de sua vida útil e reduz o desperdício, ao formular um produto com resistência às intempéries, eliminando o elemento de apodrecimento das estruturas atualmente utilizadas, também permite que os meliponicultores não tenham a necessidade de adquirir novos meliponários específicos, conforme as espécies que almejam criar. Esta abordagem não apenas otimiza a eficiência e a economia do projeto, mas também reforça o seu compromisso com a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente.

6.7.1 Orçamento

Ao término da concretização do projeto, tornou-se viável a identificação dos recursos necessários para a execução do projeto, abrangendo tanto a prototipagem quanto a elaboração de modelos destinados ao mercado.

Nesse contexto, dividem-se os valores entre os componentes eletrônicos, considerados imprescindíveis para o funcionamento efetivo do projeto, e a materialização, que diz respeito ao processo de desenvolvimento artesanal do protótipo funcional específico para esta pesquisa, diferindo-se do modo de fabril idealizado para a confecção a partir de uma máquina de corte CNC (Comando Numérico Computadorizado), como tratado anteriormente, de forma que existem diversas possibilidades de madeiras passíveis ao uso e cada uma delas deve ser orçada separadamente.

Ressalta-se que os valores dos componentes eletrônicos estão sujeitos a alterações de acordo com o fornecedor.

Figura 87- Orçamento dos componentes eletrônicos do projeto

COMPONENTES ELETRÔNICOS	
Suporte para bateria 18650	R\$ 10,00
Bateria 18650	R\$ 17,90
4 Células de carga 5kg	R\$ 79,64 + R\$ 9,54 frete
4 Módulos HXII	R\$ 39,60
ESP32	R\$ 69,95 + R\$ 14,55 frete
Sensor DHT22	R\$ 34,90
Jumpers	R\$ 6,00
Módulo micro SD	R\$ 5,00
Micro SD	R\$ 46,90
TOTAL	R\$ 333,98

Fonte: Da autora

Figura 88- Orçamento da materialização artesanal do projeto

MATERIALIZAÇÃO DO PROTÓTIPO	
Filamento PLA wood	R\$ 169,90
Filamento PLA	R\$ 89,90
Modelo interno em madeira	R\$ 250
TOTAL	R\$ 509,80
VALOR FINAL	R\$ 843,78

Fonte: Da autora

Cabe mencionar que os custos de impressão 3D não constam devido a terem sido feitos em um FabLab público (Laboratório Pronto 3D). Caso seja confeccionado em um FabLab comercial devem ser feitos os orçamentos em relação às horas de impressão, o tempo estimado pelo PRONTO 3D (Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D), em

Florianópolis, foi de aproximadamente 20 horas por impressão de cada módulo em uma só vez, podendo ser reduzido de acordo com as configurações ou estratégias específicas para a impressão.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A colheita de produtos das abelhas sem ferrão, especialmente resina e mel, tem migrado da exploração ilegal em áreas naturais para sua criação, especialmente atraente pela relativa facilidade de gerenciamento das colônias, devido às espécies não apresentarem ferrões que oferecem risco à integridade física (Roubik, 2023). A atividade tem se consolidado como possibilidade de prática sustentável hobista, atuando na preservação de espécies das abelhas nativas, tornando-se uma forte oportunidade para a promoção da educação ambiental (Magalhães & Venturieri, 2010).

A disseminação da meliponicultura, para além das motivações econômicas que galvanizam a atividade através da possibilidade de renda, vem crescendo com pesquisas que indicam benefícios variados da atuação das abelhas nativas em conjuntos de atividades agrárias, apontando a expansão da produtividade das plantas nativas e culturas agrícolas (Malagodi-Braga; Kleinert, 2007, apud Venturieri 2008). Além do interesse pessoal de indivíduos entusiastas, conforme evidenciado no questionário conduzido, que se dedicam à meliponicultura por puro prazer, ao contribuírem de maneira construtiva para a preservação das abelhas sem ferrão e espécies botânicas.

Dessa forma, este projeto trouxe informações importantes para o desenvolvimento de um meliponário que fortalece o cenário de preservação das espécies de abelhas sem ferrão, através da prevenção contra a perda de enxames e garantia do direcionamento para o manejo correto, atuando como ferramenta de auxílio à prática da meliponicultura através do processo de projeto de Brown (2008), adequando-se às necessidades do projeto. O projeto é objeto de grande interesse por parte do público-alvo devido a facilitação das etapas de manejo a partir da adequação mútua às abelhas e aos usuários.

Ainda, exhibe a possibilidade de maior pesquisa interdisciplinar futura, para que possa ser propriamente testado no Parque Ecológico Cidade das Abelhas, tendo os dados recolhidos para maior estudo, demarcando o fortalecimento das tecnologias aplicadas à criação e proteção de abelhas sem ferrão e seu desenvolvimento contínuo.

REFERÊNCIAS

ABELHA, Instituto de. **Manual de meliponicultura: tecnologia social para a agricultura familiar**. 3. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA (org.). **O que é ergonomia?** 2020. Disponível em: <https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia>. Acesso em: 18 jun. 2023.

BROWN, Tim. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2010. 272 p. Tradução de: Cristina Yamagami.

BUDIU, Raluca. **Mobile UX: study guide**. Study Guide. 2023. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/mobile-ux-study-guide/>. Acesso em: 26 out. 2023.

CAMARGO, João Maria Franco de e POSEY, D A. **Conhecimento dos kayapó sobre as abelhas sociais sem ferrão (meliponidae, apidae, hymenoptera): notas adicionais**. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, v. 6 , n. 1 , p. 17-42, 1990.

DUTRA, R. P. S.; PONTES, L. R. A.. **PROPRIEDADES TÉRMICAS E FÍSICO: mecânicas de materiais cerâmicos em função da porosidade**. 2002. 1 v. Curso de Laboratório de Materiais e Produtos Cerâmico, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2002.

FONSECA, A. A. O. **Qualidade do mel de abelhas sem ferrão: uma proposta para boas práticas de fabricação**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2006. 70 p.

FREITAS, Breno Magalhães; ROUBIK, David W; VENTURIERI, Giorgio Cristino; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. **Meliponicultura e desenvolvimento sustentável: diversidade e potencialidade da criação de abelhas sem ferrão**. Belo Horizonte: FUMEP, 2009.

MAGALHÃES, Tatiana Lobato de; VENTURIERI, Giorgio Cristino. **Aspectos Econômicos da Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste Paraense**. Belém, Pa: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 38 p.

MATERIAL DESIGN. **What's Material?** 2023. Disponível em: <https://m3.material.io/get-started>. Acesso em: 26 out. 2023.

MENEZES, Cristiano; SILVA, Fabiana C. da; AMARAL, Jackson A. do. **Meliponicultura: manual de criação de abelhas sem ferrão**. Brasília: Embrapa, 2013.

MICHENER, C. D. **The social behavior of the bees. Cambridge Massachusetts**. The Belknap Press of Harvard University Press, 1974.

NIELSEN, Jakob. **Legibility, Readability, and Comprehension: making users read your words**. Making Users Read Your Words. 2015. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/legibility-readability-comprehension/>. Acesso em: 26 out. 2023.

NOGUEIRA-NETO, P. **A criação de abelhas indígenas sem ferrão (Meliponinae)**. 2 ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 365p. 2008.

NOGUEIRA-NETO, Paulo. **Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão**. São Paulo: Editora Nogueirapis, 1997. 445 p.

NORMAN, Donald A. **Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things**. Nova York: Basic Books (AZ), 2005.

OLIVEIRA, A. P. M.; VENTURIERI, G. C.; CONTRERA, F. A. L. **Body size variation, abundance and control techniques of Pseudohylocera kerteszi, a plague of stingless bee keeping**. Bulletin of Insectology, 2013.

OLIVEIRA, F.; KERR, W. E. **Divisão de uma colônia de jupará (Melipona compressipes manausensis) usando-se a colmeia e o método de Fernando Oliveira**. Manaus: INPA, MCT, 2000.

PALUMBO, Hermes Neri. **Nossas brasileiras: as abelhas nativas**. Programa cultivando água boa. Curitiba, 2015.

PORTUGAL-ARAÚJO, V. **Colmeias para “abelhas sem ferrão”**. Boletim do Instituto de Angola, 1955.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press: Cambridge, 1989, 514p.

ROUBIK, D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**, FAO. Bulletin of Agricultural Services, 118, 1-194, 1995.

ROUBIK, David W.. **Stingless Bee (Apidae: apinae. Annual Review Of Entomology**, [S.L.], v. 68, n. 1, p. 231-256, 23 jan. 2023. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-ento-120120-103938>.

VENTURIERI, G. C.; RAIOL, V. F. O.; PEREIRA, C. A. B. **Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina) entre os agricultores familiares de Bragança – PA, Brasil**. Biota Neotropica, 2003.

VENTURIERI, G. C. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

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

WEB CONTENT ACCESSIBILITY GUIDELINES. **Understanding SC 1.4.3: contrast (minimum) (level aa)**. Contrast (Minimum) (Level AA). 2023. Disponível em: <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/contrast-minimum.html>. Acesso em: 26 out. 2023.

WITTER, S. ; NUNES-SILVA, P. . **Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas (meliponíneos)**.. 1. ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014. v. 1. 144p.

APÊNDICE A – Questionário

1. Gênero*

- Feminino
- Masculino
- Outro

2. Idade*

- 19 ou menos
- 20 a 24
- 25 a 34
- 35 a 44
- 45 a 54
- 55 a 64
- 65 a 74
- 75 a 84

3. Escolaridade*

- Ensino Fundamental Incompleto
- Ensino Fundamental Completo
- Ensino Médio Incompleto
- Ensino Médio Completo
- Ensino Superior Incompleto
- Ensino Superior Completo
- Pós-Graduação
- Mestrado
- Doutorado

4. Formação acadêmica*

5. Há quanto tempo você pratica o cultivo de abelhas?

6. O que te motivou a dar início à criação de abelhas?*

- Renda extra
- Renda integral
- Empreendedorismo
- Criação recreativa das abelhas
- Consumo próprio do mel
- Pesquisa científica
- Preservação das espécies
- Outro: _____

7. Atualmente, quais resultados você espera obter através da criação de abelhas?*

- Renda extra
- Renda integral
- Empreendedorismo
- Criação recreativa de abelhas
- Consumo próprio do mel
- Pesquisa científica
- Preservação das espécies
- Outro:

8. Se você respondeu "Outros" nas duas perguntas anteriores, descreva

9. Onde você aprendeu ou ficou sabendo sobre o manejo de abelhas?*

- Na internet, através de vídeos e materiais explicativos
- Comunicação com outros apicultores em redes sociais
- Cursos presenciais
- Cursos online
- Livros e materiais acadêmicos
- Aprendi sozinho
- Através de amigos ou familiares

Outro: _____

10. Em que cidade e estado está localizada sua criação de abelhas?*

11. Em qual parte do recinto você mantém seu apiário ou meliponário?*

12. Quais espécies você cultiva?*

- Boca de Sapo
- Caga Fogo
- Guaraipo
- Iraí
- Irapuã
- Jataí
- Mandaçaia
- Manduri
- Mirim
- Mombucão
- Outro: _____

13. Qual(is) modelo(s) de apiário ou meliponário você tem?*

14. Quantos meliponários/apiários você possui?*

- De 1 a 5
- De 5 a 10
- De 10 a 15
- De 15 a 20
- Mais de 20

15. Você realiza a venda do mel obtido?*

- Sim
- Não
- Somente quando há excedente

16. Quais são suas maiores dificuldades na criação de abelhas?*

Alto custo de materiais

Problemas com intempéries

Manutenção dos ninhos

Pragas ou invasores

Encontrar as informações necessárias sobre o manejo

Falta de espaço físico para manter o apiário ou meliponário

Realizar a extração do mel de forma adequada

Outro: _____

17. Você possui outras dificuldades além das citadas? Quais?*

18. Você já customizou algum mecanismo no seu meliponário ou apiário? Se sim, qual?*

19. Como é sua experiência em relação ao cultivo de abelhas?*

- Acho uma atividade fácil de praticar
- Acho uma atividade de moderada dificuldade
- Acho uma atividade difícil de praticar
- Minha experiência varia de acordo com a época do ano ou colmeia

20. Na sua opinião, quais os benefícios da criação de abelhas?*

21. Na sua opinião, a prática do cultivo de abelha oferece algum risco ou perigo?*

- Sim
- Não

22. Qual estilo mais lhe agrada quando pensa em um meliponário ou apiário?*

- Ecológica
- Tradicional
- Cerâmica
- Futurista
- Formas tradicionais com formas inusuais
- Customizada

- Geométrica

23. Qual o motivo da sua preferência pela estética escolhida na pergunta anterior*

- Difere-se do que é encontrado no mercado
- Gostaria de modelos de meliponários/apiários mais bonitos no mercado
- Gosto de opções sustentáveis
- Gosto de fazer customizações
- Parece mais com o que estou acostumado(a)
- Não gosto de opções muito diferentes
- Não me importo com a estética

24. Qual valor você considera justo para um meliponário completo com colméia automática?*

- R\$ 300 ou menos
- De R\$ 400 á R\$ 600
- De R\$ 700 á R\$ 900
- Até R\$ 1000
- R\$ 1000 ou mais

25. Qual característica você acha que um novo modelo de meliponário ou apiário poderia ter para ajudar no seu dia-a-dia? *

26. O que você acha sobre a proposta do projeto de meliponário automático? Você tem alguma sugestão para o projeto?

APÊNDICE B- Entrevista com Willian Goldini

1. É interessante que o produto seja construído em impressão 3D, especialmente, com filamentos de mistura de madeira e plástico?

W: Existem padrões de caixas no mercado, porém, há o problema da falta de respiro do plástico. Existem espécies de abelhas que trabalham mais em ambientes internos úmidos e abelhas que trabalham em ambientes mais secos.

O problema do plástico é justamente a respiração. A fibra da madeira consegue respirar e o plástico, não. Mas a proposta de misturar o plástico com a madeira pode ser uma coisa interessante, porque você acrescenta durabilidade. A madeira, principalmente com essas abelhas de caráter mais úmido, acaba apodrecendo a caixa. Portanto, seria ótimo se fosse possível fazer alguma caixa que tenha durabilidade e que seja porosa a ponto de respirar.

2. Quais as melhores madeiras para a construção dos meliponários, em termos de porosidade?

W: Se você colocar uma espécie que precisa de um ambiente úmido em uma caixa seca, com um material muito poroso, que vai absorver toda a umidade, as abelhas vão definhlar. Se você colocar uma espécie que precisa de um ambiente seco em um ambiente muito úmido, também definhlará. Então, por exemplo, as espécies de ambientes mais secos vão muito bem em caixas de madeira e de concreto, embora eu não goste de caixas de concreto por conta do peso e dificuldade de manipulação. As espécies de ambientes úmidos vão muito bem em madeira.

3. Em relação às texturas, é interessante que existam padrões internos para aderência, ou algo do tipo?

W: Se for muito liso, é negativo. A abelha não consegue caminhar no plástico, por exemplo, ela escorrega.

4. É interessante desenvolver esquemas internos para que as abelhas apenas preencham? Como potes de mel artificiais.

W: Sim, é interessante, assim elas poupam energia e podem preencher o resto, como em esquemas que já existem para abelhas com ferrão.

5. Os módulos internos variam de acordo com a espécie?

W: Sim, os tamanhos dos anéis internos variam de acordo com a espécie, já que a caixa inteira, em termos de tamanho, varia de acordo com o tamanho dos ninhos naturais de cada uma. Os anéis servem para ajudar no momento de divisão dos ninhos, por isso é colocado o acetato em baixo, para servir de apoio durante essa troca e transferência para outro ninho.

6. Em termos de praticidade, quais as diferenças entre organizações individuais e coletivas para os meliponários?

W: Particularmente, prefiro trabalhar com individuais, já que esse sistema impede brigas entre as espécies por conta do afastamento. Quando você faz um manejo que requer que a caixa fique aberta por mais tempo, as abelhas começam a sair em grandes grupos e há conflitos entre as espécies.

7. Como são feitos os registros e acompanhamentos das floradas?

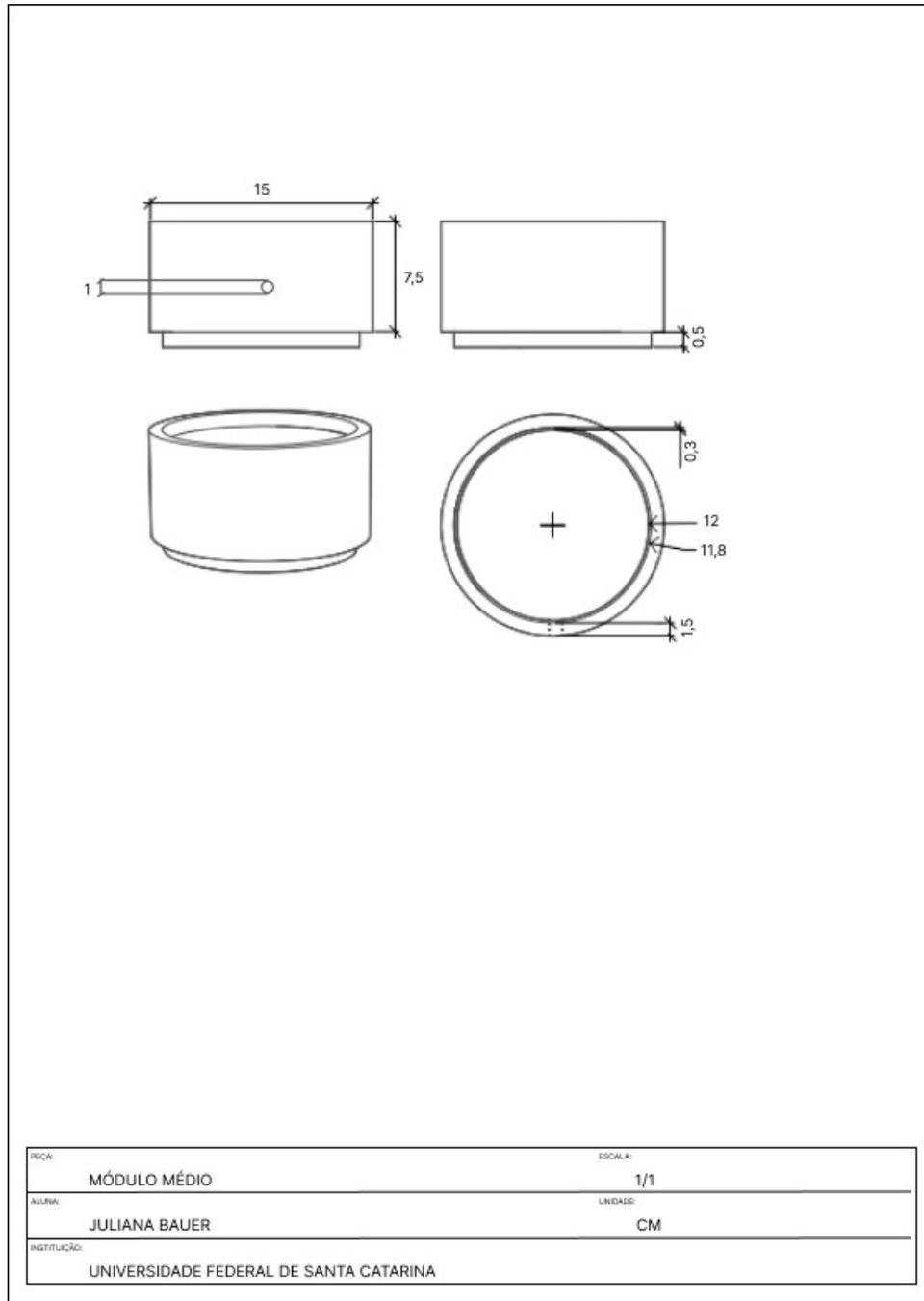
W: Muitos não realizam os registros, existe o site da EPAGRI, porém ele não é alimentado com a base de dados há muito tempo, e é um pouco difícil de utilizar.

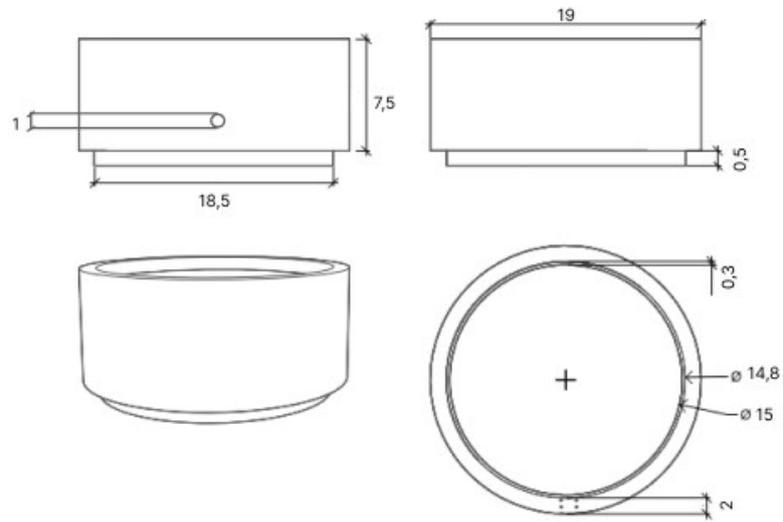
8. Quando os ninhos ficam muito cheios, com abelhas, há enxameação?

W: Sim, elas enxameiam e vão para outro lugar. Por isso, seguimos as medidas padrão, que oferece informação de volume do ninho, dessa forma, conseguimos ter uma noção da quantidade de abelhas.

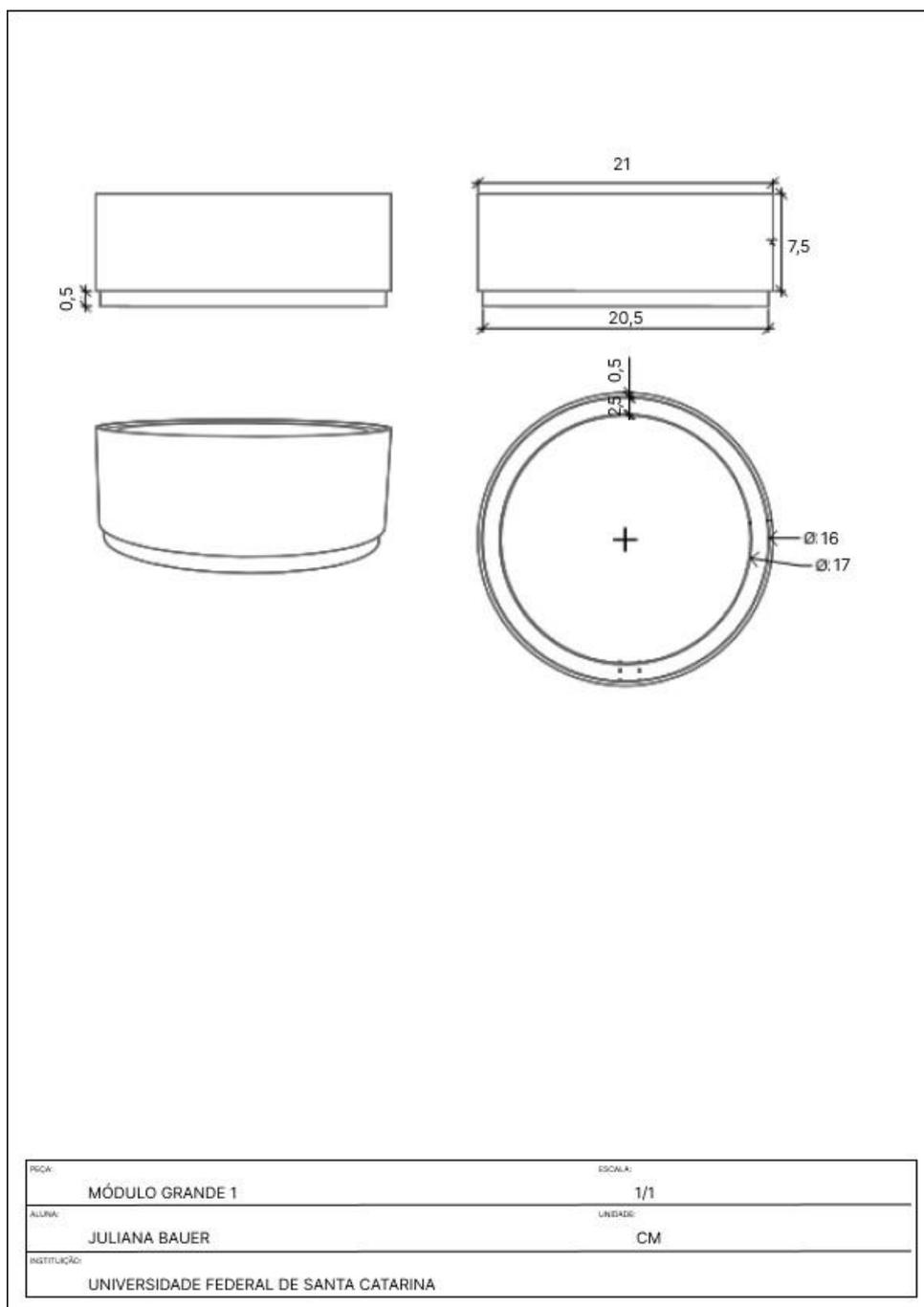
9. Quanto tempo, em média, as abelhas demoram para a construção dos ninhos e preenchimento dos potes de mel?

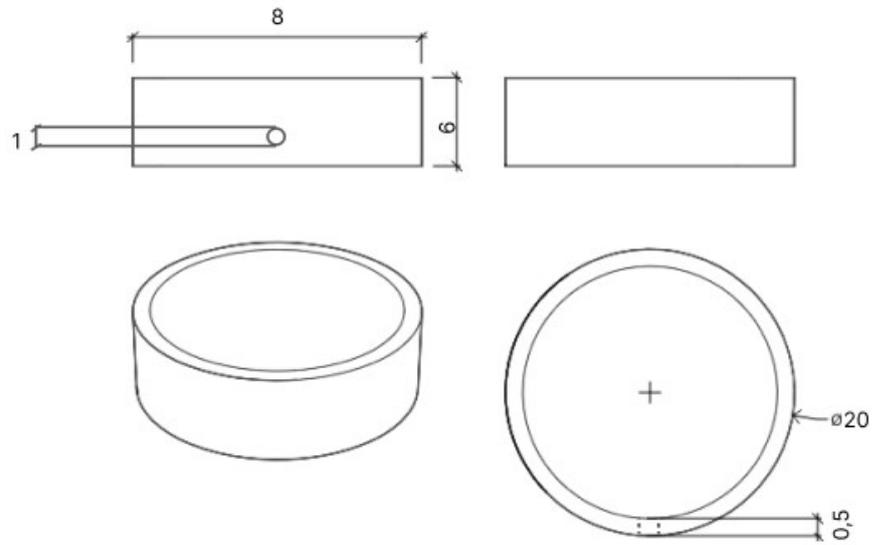
W: Na primavera, em questão de 20 dias ou mês elas conseguem preencher, porém, varia de acordo com as floradas. Aqui, em Florianópolis, não são boas as floradas, geralmente.

APÊNDICE C – Desenho Técnico

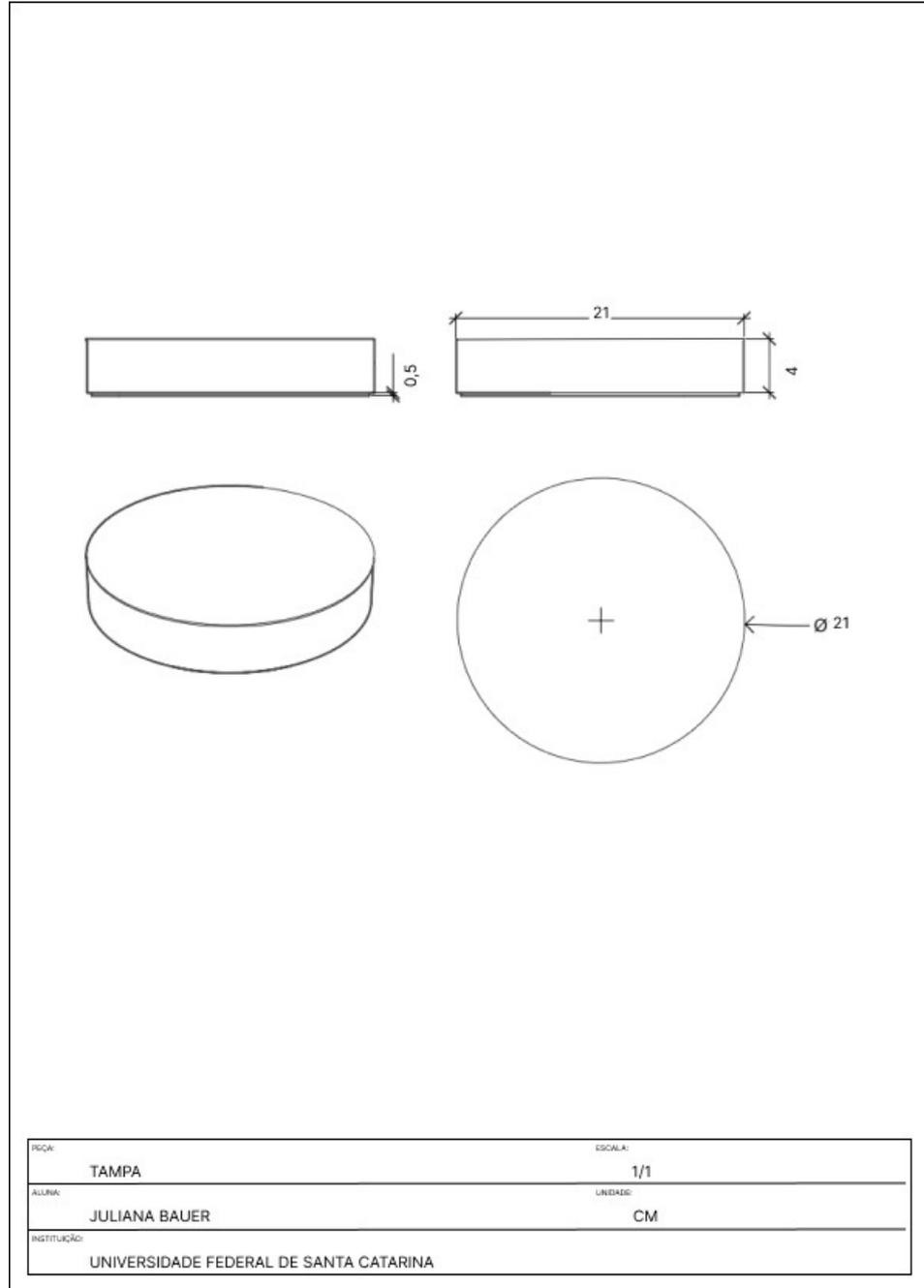


PEÇA:	MÓDULO PEQUENO	ESCALA:	1/1
ALUNA:	JULIANA BAUER	UNIDADE:	CM
INSTITUIÇÃO:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA		





FIGA:	COMPARTIMENTO DOS COMPONENTES	ESCALA:	1/1
ALUNA:	JULIANA BAUER	UNIDADE:	CM
INSTITUIÇÃO:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA		



APÊNDICE D – Programação

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>
#include <HX711.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

#define DHTPIN 4 // Pino de dados do sensor DHT22 (substituído D3 por 4)
#define DHTTYPE DHT22 // Tipo de sensor DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

const int LoadCellDoutPin = 2; // Pino Dout do HX711 (substituído D2 por 2)
const int LoadCellSckPin = 1; // Pino SCK do HX711 (substituído D1 por 1)

HX711 scale;

const int chipSelect = SS; // Pino CS do cartão SD

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  scale.begin(LoadCellDoutPin, LoadCellSckPin);
  scale.set_scale(); // Ajuste de calibração para a célula de carga
  SD.begin(chipSelect);
}
```

```
void loop() {  
  // Leitura de dados do sensor DHT22  
  float humidity = dht.readHumidity();  
  float temperature = dht.readTemperature();  
  
  // Leitura de dados da célula de carga  
  float weight = scale.get_units(10); // Leitura do peso  
  
  // Verificar se o cartão SD está disponível  
  if (SD.exists("data.txt")) {  
    // Salvar dados no cartão micro SD  
    File dataFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);  
    if (dataFile) {  
      dataFile.print("Temperatura: ");  
      dataFile.print(temperature);  
      dataFile.print(" °C, Umidade: ");  
      dataFile.print(humidity);  
      dataFile.print(" %, Peso: ");  
      dataFile.print(weight);  
      dataFile.println(" g");  
      dataFile.close();  
      Serial.println("Dados salvos com sucesso.");  
    } else {  
      Serial.println("Erro ao abrir o arquivo.");  
    }  
  } else {  
    Serial.println("Cartão SD não encontrado.");  
  }  
  
  delay(5000); // Aguarda 5 segundos antes da próxima leitura  
}
```