

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE DESENHO INDUSTRIAL/ PROJETO DE PRODUTO

AEROTREE

HORTA AEROPÔNICA VERTICAL DE BAIXA PRESSÃO



OTTO RODRIGO PEREIRA VITAL

RIO DE JANEIRO

2022

OTTO RODRIGO PEREIRA VITAL

AEROTREE

HORTA AEROPÔNICA VERTICAL DE BAIXA PRESSÃO

Trabalho apresentado ao curso de bacharelado de Desenho Industrial/ Projeto de Produto da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para obtenção do grau na matéria de Projeto de Graduação em Desenho Industrial.

Orientador: Valdir Soares

RIO DE JANEIRO

2022

CIP - Catalogação na Publicação

V836a Vital, Otto Rodrigo Pereira
AeroTree - Horta Aeropônica Vertical de Baixa
Pressão / Otto Rodrigo Pereira Vital. -- Rio de
Janeiro, 2022.
128 f.

Orientador: Valdir F. Soares.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Belas Artes, Bacharel em Desenho Industrial, 2022.

1. Horta aeropônica. 2. Cultivo doméstico. I.
Soares, Valdir F., orient. II. Título.

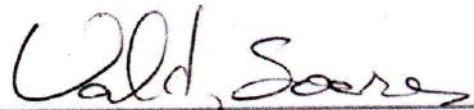
AEROTREE

HORTA/AEROPÔNICA VERTICAL DE BAIXA PRESSÃO

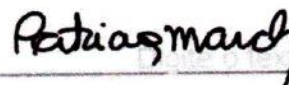
OTTO RODRIGO PEREIRA VITAL

Relatório final, apresentado ao curso de Desenho Industrial da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de bacharel em Desenho Industrial.

Aprovado por:



Prof. DSc. Valdir F. Soares



Prof.ª Dra. Patricia March de Souza



Documento assinado digitalmente

JEANINE TORRES GEAMMAL

Data: 13/12/2022 17:05:08-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.ª Me. Jeanine Torres Geammal

Rio de Janeiro

Setembro de 2022

Dedico este trabalho a minha mãe, a quem serei eternamente grato por todo esforço e apoio que me deu até hoje, e que sem dúvidas foi determinante para me tornar a pessoa que sou hoje e no que serei amanhã.

Agradeço primeiramente ao meu primeiro orientador, Professor Hugo Backx e também agradeço ao meu segundo orientador, Professor Valdir Soares por aceitarem, em tempos diferentes, a me guiar neste projeto, fornecendo todas as condições para que o mesmo se tornasse o que é hoje. Agradeço por último a UFRJ por me proporcionar um ambiente desafiador ao longo de toda minha trajetória acadêmica, superando diversos obstáculos que poderei encontrar ao longo da minha vida.

“A forma segue a função: isso tem sido mal interpretado. Deveriam ser um só, juntos em uma reunião espiritual.”

Frank Lloyd Wright

RESUMO

O projeto aqui apresentado trata do conceito de uma horta aeropônica vertical de baixa pressão voltado para áreas residenciais de dimensões reduzidas, localizadas em centros urbanos. Se diferencia das demais hortas presentes no varejo por apresentar um novo modo de cultivo aliado a tecnologia, inovando os processos e maximizando a colheita, otimizando a quantidade de insumos necessários para o desenvolvimento das plantas, o que acaba por contribuir para uma produção maior e de melhor qualidade em áreas de dimensões compactas, além de ser menos custosa. Com a pesquisa e análise de alguns modelos similares encontrados no mercado, procurou-se possíveis problemas nos mais diversos níveis (estrutural, material, etc.) e partindo dos resultados buscou-se elaborar um novo conceito com o objetivo de corrigir os problemas mais comuns e significativos encontrados nos produtos analisados anteriormente.

Palavras-chave: Horta; Aeroponia; Planta; Cultivo

ABSTRACT

The project presented here is about a concept of vertical low pressure aeroponics vegetable garden for small residential areas, located in urban centers. It differs from other vegetable gardens on the market by presenting a new way of cultivation combined with technology, innovating the processes and maximizing harvest; optimizing the amount of inputs needed for plant development, cooperating for greater production and better quality in compact areas, besides being less expensive. With research and analysis of some similar models found on the market, problems were sought at the most diverse levels (structural, material) and based on the results, it was sought to elaborate a whole new concept with the aim of correcting the most common and significant problems, founded on products previously analyzed.

Keywords: Vegetable garden; Aeroponics; Plant; Cultivation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - exemplo de sistema aeropônico com timer externo	27
Figura 2 - uma planta aeropônica. Raiz e caule separados pela parede da câmara radicular	28
Figura 3 - timer de ciclos (externo): ele controla a energia a partir da tomada de um sistema	30
Figura 4 - vaso para hidroponia e aeroponia	31
Figura 5 - plantas se desenvolvendo em espuma fenólica	32
Figura 6 - raízes suspensas dentro da câmara radicular de uma horta aeropônica ...	33
Figura 7 - produção anual de alface por metro quadrado	34
Figura 8 - uso anual de litro d'água por quilo	35
Figura 9 - solução nutritiva de duas bases para hidroponia e aeroponia	37
Figura 10 - conversão: 237 ml (8 oz) das bases rende entre 60,5 e 170,3 litros de solução	38
Figura 11 - comparação entre diferentes tamanhos de gotas	40
Figura 12 - reguladores de pH para hidroponia e aeroponia	42
Figura 13 - os tipos de bicos pulverizadores e seus respectivos tamanhos de gota ...	43
Figura 14 - torres que compartilham o mesmo tanque, com tubulação externa	47
Figura 15 - horta com layout 'casca de abacaxi', conforme o próprio anúncio	48
Figura 16 - única horta analisada com iluminação artificial em led integrada	49
Figura 17 - hortas hidropônicas caseiras geralmente são feitas de canos PVC	51

Figura 18 - torres aeropônicas com reservatório na base	52
Figura 19 - câmara radicular de uma horta aeropônica artesanal	53
Figura 20 - tubulações em PVC	59
Figura 21 - cerca de aço galvanizado	59
Figura 22 - tubulações de aço inoxidável de diferentes diâmetros	60
Figura 23 - acrílico em diferentes cores também é um diferencial	60
Figura 24 - o polietileno pode ter grande importância na estrutura da horta	61
Figura 25 - a madeira é o material natural mais integrável a projetos que envolvam natureza	61
Figura 26 - o vidro em uma de suas várias aplicações, como guarda-corpo	62
Figura 27 - ordem cronológica do processo de geração de alternativas (adaptado de Löbach, 2001)	64
Figura 28 - Alternativa I	65
Figura 29 - Alternativa II	66
Figura 30 - Alternativa III	67
Figura 31 - Alternativa IV	68
Figura 32 - Alternativa V	69
Figura 33 - Alternativa VI	70
Figura 34 - Alternativa VII	71
Figura 35 - Alternativa VIII	72
Figura 36 - Alternativa IX	73

Figura 37 - antes e depois da planificação da superfície: encaixe certo entre nicho e vaso	76
Figura 38 - alternativa esférica apresenta problemas projetuais para a instalação dos vasos inferiores	77
Figura 39 - angulação do jato aspersor nas alternativas de câmara radicular	78
Figura 40 - escoamento totalmente funcional, atendendo os atributos e restrições do projeto	78
Figura 41 - divisão perto da base evita problemas funcionais	79
Figura 42 - Bico pulverizador FogJet 7N	80
Figura 43 - sistema aeropônico completo montado	81
Figura 44 - bomba submersa Aquatank MJ 2000, com capacidade de bombear 2.000 litros/ hora	85
Figura 45 - bicos pulverizadores e suas angulações	86
Figura 46 - cores alternativas disponíveis para o vaso	90
Figura 47 - sensor de nível d'água para o reservatório grande	93
Figura 48 - ilustração do circuito de sensores bóia	93
Figura 49 - sensor de água para o reservatório pequeno	94
Figura 50 - circuito do sensor de água para reservatório pequeno	95
Figura 51 - sensor de temperatura aquático DS18B20 e seu circuito	95
Figura 52 - sensor de Ph da solução nutritiva e módulo Ph4502C	96
Figura 53 - sensor de umidade e temperatura DHT11 e seu circuito	97

Figura 54 - pastilha termoelétrica (Peltier)	98
Figura 55 - dissipador e cooler	98
Figura 56 - módulo Relé	99
Figura 57 - circuito do módulo Relé	100
Figura 58 - válvula solenóide e seu circuito	101
Figura 59 - tela touch da AeroTree	101
Figura 60 - composição das informações na tela da horta	102
Figura 61 - alcance máximo de 55 cm e de 35 cm a partir do cotovelo (Grandjean, 1983)	109
Figura 62 - estaturas, dimensões e percentis (Iida, 2005, p. 122)	109
Figura 63 - espaços necessários para determinadas posições de trabalho (Iida, 2005, p. 144)	110
Figura 64 - alturas em relação a AeroTree	110
Figura 65 - dimensões aproximadas da horta para transporte	123

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO	22
1.1 Apresentação geral do problema projetual	22
1.2 Público-alvo	23
1.3 Objetivos	23
1.3.1 Objetivo geral	23
1.3.2 Objetivos específicos	24
1.4 Justificativas	24
1.5 Metodologia	25
2 LEVANTAMENTO, SÍNTESE E ANÁLISE DE DADOS	26
2.1 Definição de horta aeropônica	26
2.1.1 Aeroponia de baixa pressão e aeroponia de alta pressão	27
2.1.2 Ciclos aeropônicos	29
2.1.3 Vasos e espuma fenólica	30
2.1.4 Diferenciais	31
2.2 Plantas aptas para o cultivo na aeroponia	34
2.3 Solução nutritiva	36
2.3.1 Consumo médio de solução	38
2.3.2 Dimensão das gotas	39
2.3.3 Temperatura média da solução e umidade da câmara radicular	40
2.3.4 PH médio da solução	41
2.3.5 Tipos de bicos pulverizadores	42
2.3.6 Bombeamento da solução nutritiva	43

2.4 Análise de atividades	44
2.5 Análise de similares disponíveis no mercado	46
2.5.1 Hortas hidropônicas	47
2.5.1.1 Horta em torre dupla	47
2.5.1.2 Horta em torre individual	48
2.5.1.3 Horta de 3 níveis	49
2.5.1.4 Horta hidropônica caseira	50
2.5.2 Hortas aeropônicas	51
2.5.2.1 em torres móveis	51
2.5.2.2 artesanal para uso residencial	52
2.6 Atributos	53
2.6.1 Custo	53
2.6.2 Descarte	53
2.6.3 Ergonômicos	54
2.6.4 Espaciais	54
2.6.5 Estéticos	54
2.6.6 Estruturais	54
2.6.7 Funcionais	54
2.6.8 Limpeza	55
2.6.9 Manutenção	55
2.6.10 Produção	55
2.6.11 Segurança	55
2.6.12 Tecnológicos	55
2.6.13 Transporte	56
2.7 Restrições	56
2.7.1 Espaciais	56

2.7.2 Ergonômicas	56
2.7.3 Estruturais	56
2.7.4 Funcionais	56
2.7.5 Limpeza	57
2.8 Exemplos de materiais que poderão ser utilizados	57
2.8.1 Policloreto de vinila (PVC)	57
2.8.2 Aço galvanizado	58
2.8.3 Aço inoxidável (inox)	59
2.8.4 Acrílico	59
2.8.5 Polietileno	60
2.8.6 Madeira	61
2.8.7 Vidro	61
2.9 Arduino como ferramenta de automação	62
2.9.1 Aplicação no projeto	63
3 CONCEITUAÇÃO FORMAL DO PROJETO	64
3.1 Processo de geração de alternativas	64
3.2 Geração de alternativas	65
3.2.1 Alternativa I	65
3.2.2 Alternativa II	66
3.2.3 Alternativa III	67
3.2.4 Alternativa IV	68
3.2.5 Alternativa V	70
3.2.6 Alternativa VI	71
3.2.7 Alternativa VII	72
3.2.8 Alternativa VIII	73
3.2.9 Alternativa IX	74

3.3 Alternativas finalistas	75
3.4 Alternativa escolhida	76
3.4.1 Análise da escolha	76
4 PROJETO	77
4.1 Modificações realizadas	77
4.1.1 Planificação da câmara radicular	77
4.1.2 Nichos inferiores	78
4.1.3 escoamento do excedente de solução	79
4.1.4 Divisão da câmara radicular	80
4.1.5 Bico pulverizador	81
4.1.6 Posição da bomba	81
4.2 Apresentação do conceito finalizado	82
4.2.1 Capacidade da horta	84
4.2.1.1 Capacidade dos reservatórios	84
4.2.2 Abastecimento e distribuição da solução nutritiva	85
4.2.2.1 Bomba	85
4.2.2.2 Bico pulverizador	87
4.2.2.3 Ciclos ON/ OFF	89
4.2.2.3 Vazão média de solução nutritiva	89
4.2.3 Materiais utilizados	90
4.2.3.1 Madeira plástica	90
4.2.3.2 Policloreto de Vinila (PVC)	91
4.2.3.3 Alumínio	92
4.2.4 Cores alternativas da AeroTree	92
4.2.5 Amenidades da AeroTree	92
4.3 Tecnologia da AeroTree	94

4.3.1	Sensor de nível d'água - reservatório grande	94
4.3.2	Sensor de nível d'água - reservatório pequeno	96
4.3.3	Sensor de temperatura aquático	98
4.3.4	Sensor de Ph da solução nutritiva	99
4.3.5	Sensor de temperatura e umidade - câmara radicular	100
4.3.6	Sensor de data e hora - Real Time Clock	101
4.3.7	Pastilha termoelétrica (Peltier)	101
4.3.8	Dissipador de calor e cooler	102
4.3.9	Módulo Relé	103
4.3.10	Válvula solenóide	104
4.3.11	Tela touchscreen	105
4.4	Funcionamento do sistema AeroTree	106
4.4.1	Primeiros passos: montando a AeroTree	107
4.4.2	Ligando o produto	107
4.4.3	Configuração do sistema	108
4.4.4	Função autolimpeza	108
4.4.5	Pausando/ desligando o produto	109
4.4.6	Processo de funcionamento do sistema	110
4.5	Ergonomia	111
4.6	Partes e seus materiais	117
4.6.1	Base	117
4.6.2	Vaso	117
4.6.3	Tampo	118
4.6.4	Tronco	118
4.6.5	Câmara radicular inferior	119
4.6.6	Câmara radicular superior	120

4.6.7 Tampa do tampo e tampas da câmara radicular	120
4.6.8 Apoio para o bico pulverizador	121
4.6.9 Reservatórios	122
4.6.10 Baú para Arduino	123
4.6.11 Demais partes	123
4.7 Posicionamento dos sensores	124
4.8 Dimensionamento geral	124
4.9 Usabilidade	125
4.10 Horta explodida	126
4.11 Ambientação	127
4.12 Detalhamento interno	128
4.13 Transporte e descarte	129
CONCLUSÃO	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
ANEXOS	136

INTRODUÇÃO

Diariamente milhões de pessoas se alimentam de grãos, frutas e vegetais, sejam eles legumes, verduras ou hortaliças. Para se ter uma ideia, entre 2016 e 2017 o mundo produziu cerca de 2 bilhões e 134 milhões de toneladas de grãos. Assim, a agricultura mantém um papel vital na sociedade global e no dia-a-dia de todos nós, que independente de qualquer característica ou fator, precisamos nos alimentar diariamente. Como se sabe, grandes produções de alimentos necessitam de grandes espaços de terra e também de grande parte dos insumos que são consumidos em um país. Porém, em alguns países como o Brasil o avanço permanente de monoculturas e o mal uso do solo contribuem negativamente para o ambiente como um todo, degradando-o e alterando comportamentos habituais da natureza, como o fluxo das chuvas e a fertilidade do solo.

Segundo dados da ONU, cerca de 70% de toda água consumida no planeta é pela agricultura. Além disso, ela é também a que mais desperdiça água, perdendo cerca de 50% de toda a água que consome ao longo do processo de produção. Com uma produção em escala astronômica, o uso de pesticidas, herbicidas e outros agrotóxicos são indispensáveis para a manutenção da produtividade das safras. Com isso, a preocupação da sociedade acerca da ingestão destes componentes químicos cresce ano após ano, com cada vez mais pessoas procurando alimentos orgânicos, ou seja, que são produzidos em ambientes livres destes produtos. Infelizmente, o custo destes acaba sendo consideravelmente mais alto, uma vez que não possuem quantidade de produção semelhante às indústrias que utilizam estes componentes e necessitam de uma manutenção mais rigorosa devido a ausência de químicos para proteger as plantações de agentes externos.

A preocupação com o meio ambiente e o anseio por um futuro mais correto também vem sendo discutido e tomado como base para um estilo de vida mais lógico e racional. Uma iniciativa da OMS busca estimular as pessoas a comerem ao menos 400 gramas ou 5 porções de frutas, legumes e verduras por dia, ajudando a prevenir

doenças, melhorar a imunidade, a combater o envelhecimento precoce, além de ajudar a saúde mental. Concomitantemente, cada vez mais pessoas montam espaços em suas casas que oferecem alimentos frescos para o dia-a-dia, como o pé de alguma fruta de pequeno porte, temperos, ervas e outras plantas. Servindo como uma saída ao consumo de produtos industrializados e de alimentos com presença de químicos nocivos à saúde, esses espaços acabam por ser também decorativos. Além de tudo isso, a pandemia de COVID-19 fez com que muitos ficassem em casa por um longo período de tempo, fazendo com que a procura por hortas caseiras crescesse consideravelmente em diversos locais do mundo, incluindo no Brasil. Esse evento acabou por acelerar um movimento que já se observava há algum tempo.

Somado a todas essas constatações, o progresso tecnológico também faz com que novas alternativas à agricultura tradicional surjam pelo mundo. É o caso da aeroponia, um sistema inovador e que ainda é pouco conhecido pela população e difundido em alguns países. Porém, um sistema que ainda é relativamente novo, e portanto desconhecido, vem ganhando espaço em países desenvolvidos. Considerado por alguns como um upgrade da hidroponia, a aeroponia consegue consumir menos água que o sistema hidropônico, sendo assim o mais econômico e é o que oferece a melhor oxigenação das raízes das plantas, uma vez que elas ficam suspensas no próprio ar. Alguns sistemas aeropônicos industriais que já existem são tão inteligentes que mesmo sendo poucos já prometem uma revolução na produção de alimentos a nível global, com produtividades até dez vezes maiores que na agricultura tradicional.

Para o Projeto de Graduação em Desenho Industrial o tema escolhido foi o de horta aeropônica vertical para o uso doméstico, seja casa ou apartamento. A proposta inicial não limitou os materiais a serem utilizados, nem formas e tamanhos, ficando a critério do estudante decidir sobre esses fatores.

Este relatório é composto desta introdução, do desenvolvimento do projeto dividido em quatro partes e dos anexos. Na primeira parte do desenvolvimento é apresentado o problema projetual, objetivos geral e específico, público-alvo, justificativa

e metodologia. A segunda parte apresenta as pesquisas realizadas pelo estudante e seus respectivos resultados. Na terceira parte está todo o processo criativo ao longo do período e das orientações. A quarta e última parte abarca o projeto final, seu detalhamento e outros assuntos relacionados a ele. Por último, os anexos contendo os desenhos técnicos e cópias das pranchas de apresentação do projeto, em formato A4.

1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

1.1 Apresentação geral do problema projetual

Atualmente no mercado brasileiro existem diversos tipos de hortas disponíveis nos mercados e em lojas do segmento natural, como floriculturas. Nos mais diversos tamanhos, modelos, materiais e propósitos, eles acabam se igualando em um fator, por mais que possuam diferenças: o sistema. Este sistema, majoritário das hortas comercializadas na atualidade, é caracterizado pelo uso da terra e outros substratos, onde o usuário precisa enterrar as raízes ou as sementes das plantas. Com isso, é imprescindível espaço útil para abrigar todas as plantas, além de gastos com adubação e proteção contra agentes externos, como herbicidas e agrotóxicos.

Com o passar dos anos, um sistema muito mais dinâmico vem ganhando mercado não só na área comercial como também por pessoas comuns: a hidroponia. Nela, o usuário deixa de utilizar substratos e passa a cultivar plantas com basicamente solução nutritiva diluída em água. O maior diferencial deste método de cultivo sem dúvidas é a economia de água que este oferece, uma vez que o sistema utiliza a mesma água, disposta numa espécie de tanque. Ainda assim, são poucos os sistemas hidropônicos feitos em escala industrial, encontrando-se em sua maioria jeitos artesanais de se criar o seu próprio. Enquanto isso, a revolução tecnológica de hoje continua proporcionando que novas alternativas sejam ainda mais responsivas à nossa realidade, oferecendo níveis de produção mais altos com o consumo menor de insumos, maximizando o custo-benefício de produção a níveis nunca antes vistos.

Visando propor uma solução para ambos os problemas (falta de produtos produzidos em escala industrial e a ausência de comercialização do sistema aeropônico), buscou-se realizar as mudanças necessárias observadas nos sistemas já existentes, tanto hidropônicos quanto aeropônicos. Indo além, o conceito do produto foi criado do zero, dada a ausência de um produto industrial comercializado, a fim de representar a natureza ao mesmo tempo que se destaca do ambiente, sem destoar do

que está ao redor. Aspectos gerais como espaço útil e altura do produto foram levados em consideração para se ter um valor médio referencial ao projeto que será apresentado a seguir.

1.2 Público-alvo

Analisando a demanda do produto, concluiu-se que o público-alvo¹ seria majoritariamente de pessoas do lar de ambos os sexos, com idades entre 30 e 70 anos, das classes B e C e que já possuem afinidade com o cultivo e/ ou preparo de seus próprios alimentos e tenham interesse por um estilo de vida mais balanceado, saudável e natural.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Projetar uma horta aeropônica automatizada que busque atender as necessidades dos usuários, em seus respectivos ambientes domésticos.

¹OTIMIZA EMPRESA JR. Público-alvo: o que é, qual a sua importância e como definir. Thaís Martins, 15 de Dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.otimizej.com.br/conteudo/o-que-e-publico-alvo?5&gclid=EAlaIQobChMIhv6Mi8jY-gIVDORCh2AaA73EAAAYAiAAEgL4Z_D_BwE>>. Acesso em 13 de Outubro de 2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Maximizar a oxigenação das raízes das plantas;
- Dinamizar o desenvolvimento das plantas, tornando-o mais célere;
- Otimizar a interação entre usuário e horta;
- Proteger as raízes das plantas e a solução nutritiva de agentes externos;
- Acomodar espécies diferentes de plantas numa mesma câmara radicular;
- Buscar atender as necessidades das plantas de forma mais assertiva em relação aos sistemas hidropônicos e tradicionais (substrato; terra).

1.4 Justificativas

A crescente preocupação da população pela qualidade dos alimentos que são consumidos e da procura por um melhor equilíbrio na qualidade de vida acabou por abrir novos horizontes no campo da produção alimentícia, sendo um destes horizontes o das hortas residenciais. Outro fator que também contribuiu para a expansão de hortas comunitárias foi a união de moradores de um determinado local na defesa de uma segurança alimentar para aquela população. Porém, devido o sistema de horta tradicional requerer uma área de dimensões consideráveis para ser estabelecido, muito devido a necessidade do uso de terra, e o desconhecimento geral acerca das novas tecnologias existentes, torna-se inviável o cultivo em áreas residenciais pequenas, mesmo que de forma compacta, aumentando o custo final dos alimentos no varejo.

Deste modo, diante das demandas do dia-a-dia e observando as particularidades descritas acima, se estabelecem outras questões intrínsecas, como: uso correto do espaço para plantio, uso consciente da água e da energia, conforto, convívio e contato com a natureza, além de acompanhar o passo-a-passo do desenvolvimento das plantas desejadas, justificando assim a construção de uma horta aeropônica padronizada, algo que ainda não está disponível.

1.5 Metodologia

Vistas algumas configurações de metodologias, foi definido ter como base metodológica a que mais se adequasse ao projeto, sendo por fim escolhida uma metodologia baseada nas propostas em LÖBACH (2001) explicitada na obra "Design Industrial – Bases para a configuração dos produtos industriais, capítulo 8", nomeado de "O processo de design" e dividido em quatro fases:

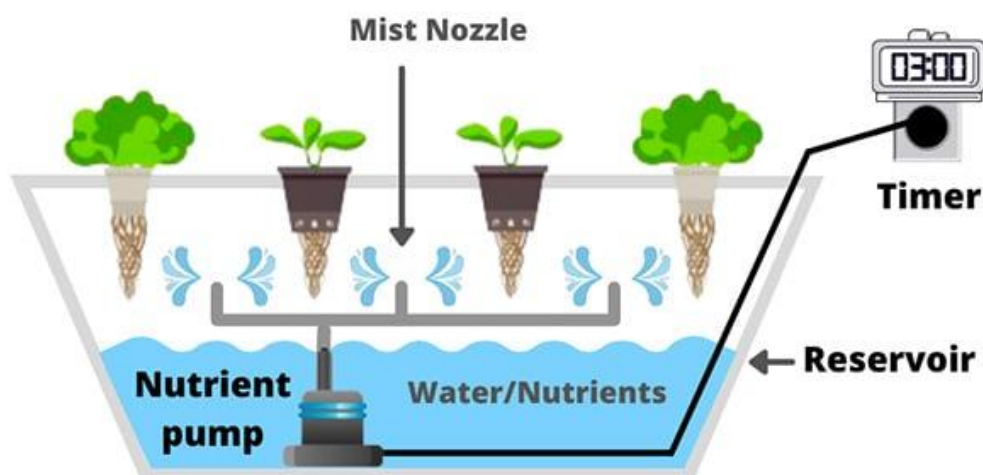
1. Análise do problema: Planejamento. Após o reconhecimento e a familiaridade com tema, organizou-se as etapas do projeto e suas respectivas elaborações, desde a pesquisa dos problemas mais comuns que cercam o sistema, para depois gerar um estudo mais específico do objeto a ser projetado. Realizou-se uma análise geral relacionada ao tema.
2. Geração de alternativas: Concepção. Foram elaboradas soluções para serem adotadas pelo projeto, onde, acima de tudo, atenda às necessidades do consumidor final. Faz parte da esfera de pesquisas, que após as mesmas, seleciona-se as melhores soluções possíveis e aplica-se ao projeto.
3. Avaliação das alternativas: Projeto. Finalizado o processo de acolhimento das melhores soluções para o projeto, com seus devidos detalhamentos e dimensionamentos, corpo físico, escolha dos materiais e outros mecanismos presentes no produto.
4. Realização da solução do problema: Concretização. Define-se a realização dos documentos finais, conforme as regras da ABNT, descrevendo o projeto e conseqüentemente o produto final, por meio de desenhos técnicos, prancha de apresentação, relatório e a confecção do modelo representativo em três dimensões para melhor visualização do produto, este último sendo opcional.

2 LEVANTAMENTO, SÍNTESE E ANÁLISE DE DADOS

2.1 Definição de horta aeropônica

Uma horta aeropônica é toda aquela em que o sistema de irrigação utilizado vem através da aeroponia. Esta, por sua vez, é uma técnica de cultivo em que a solução nutritiva é bombeada e pulverizada por meio de um bico pulverizador em pequenas gotículas diretamente nas raízes, que estão suspensas no ar dentro da câmara radicular. Nesse sistema, a solução precisa ficar em um ambiente reservado, sendo utilizada de tempos em tempos pré-estabelecidos. As gotículas depois de pulverizadas viajam pelo ar até pousarem nas raízes, que por sua vez as absorvem. Devido às particularidades de cada planta, das espécies e dos diversos fatores que se encontram ao redor, tais como temperatura do local, umidade do ar, incidência solar, temperatura e diâmetro das gotas da solução nutritiva, pode haver excesso ou falta de solução nutritiva bombeada pelo sistema para as plantas. Por isso, o excedente da solução volta para o tanque de armazenamento, evitando assim desperdício. Já no caso de falta, o responsável pelo sistema deve observar as plantas e assim alterar os ciclos de trabalho da horta, aumentando o ritmo de pulverização da solução.

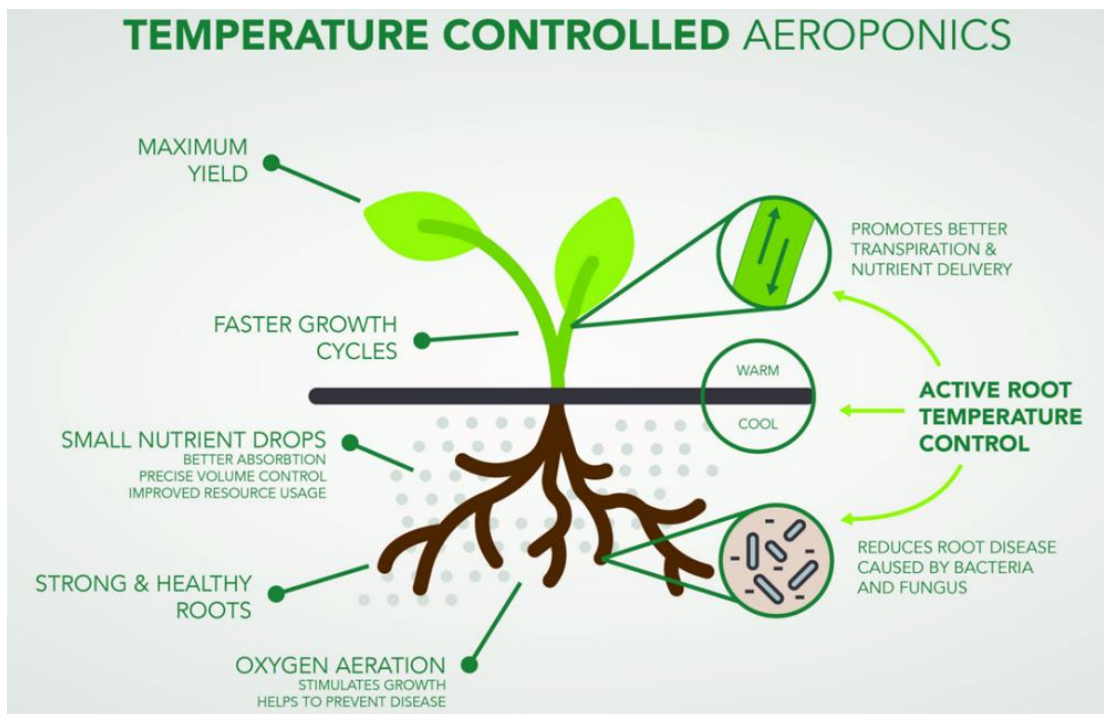
Figura 1: exemplo de sistema aeropônico com timer externo.



Fonte: site Hydro Garden Geek. Disponível em <<https://hydrogardengeek.com>>.

As raízes ficam totalmente suspensas no ar dentro da câmara radicular, um ambiente livre de iluminação natural e/ ou artificial e com temperatura e umidade controladas. Elas crescem desde sementes dentro de espuma fenólica, presentes nos vasos que são encaixados pelo lado de fora da câmara. A solução nutritiva é pulverizada por bicos neste ambiente, sendo levada desde o tanque refrigerado de armazenamento através de dutos, popularmente conhecidos por microtubos.

Figura 2: uma planta aeropônica. Raiz e caule separados pela parede da câmara radicular.



Fonte: site KG Matrix. Disponível em <<http://kgmatrix.live>>.

2.1.1 Aeroponia de baixa pressão e aeroponia de alta pressão

Muitas pessoas que conhecem a aeroponia desconhecem que existem dois sistemas disponíveis para ela: a alta e baixa pressão. Na aeroponia de baixa pressão (LPA, Low Pressure Aeroponics) não é necessário uma bomba potente para bombear a solução nutritiva na câmara radicular, bastando apenas uma bomba simples para

realizar a tarefa. Embora a pressão gerada seja baixa, o sistema segue sendo aeropônico, dadas as suas características, e funcional, uma vez que não há prejuízo no desempenho das tarefas. Os bicos pulverizadores também são mais baratos que na alta pressão por causa da maior oferta de materiais, como o plástico, aumentando muito a gama de opções de escolha. No sistema de baixa pressão as gotas da solução são maiores que em sistemas de alta pressão, fazendo com que o excesso de solução na câmara radicular volte para o reservatório. Isso pode fazer com que o Ph da solução no reservatório possa sofrer alguma alteração, cabendo ao usuário observar e utilizar reguladores de Ph caso necessário. Num todo, a aeroponia de baixa pressão é indicada para microprodutores, entusiastas da aeroponia e para o uso doméstico em geral, tanto por ser mais economicamente viável quanto por ser mais simples de se montar, utilizar e realizar manutenção/ limpar.

Já na aeroponia de alta pressão (HPA, High Pressure Aeroponics) as bombas precisam ser potentes o suficiente para manter uma pressão elevada. Esta pressão faz com que o bico pulverizador distribua a solução nutritiva de forma uniforme em gotas menores que no sistema de baixa pressão, e isso acaba otimizando o desenvolvimento das plantas, já que elas absorvem quase que instantaneamente essas gotas minúsculas. Para que essa pulverização (ou até mesmo nebulização) ocorra de modo correto, o bico precisa ter algumas características mais específicas que no outro sistema: materiais metálicos são os ideais, pois aguentam a energia gerada pela pressão constante da solução. Ainda assim, a alta temperatura gerada por esse atrito faz com que os bicos sofram um desgaste relativamente maior que no sistema de baixa pressão, onde tais fatores não ocorrem. Por outro lado, nos sistemas de alta pressão a economia de água é maior que nos de baixa pressão, além desses sistemas terem maior chance de sobreviverem em períodos curtos de falta de energia, embora um sistema desse necessita não só de válvulas e componentes, mas também de uma manutenção maior que nos de LPA. Dado tudo isso, recomenda-se o uso de HPA para indústrias e fazendas verticais, por ter um resultado e desempenho mais profissional e assertivo, possuir um controle maior sobre a produção, acompanhando o

desenvolvimento de cada planta com maiores recursos, além de oferecer o mais avançado em desenvolvimento alimentar. Tudo isso ao custo de ser mais complexo e custoso que sua versão mais básica, o LPA.

2.1.2 Ciclos aeropônicos

Os ciclos aeropônicos são os intervalos de tempo em que um sistema está funcionando e que fica em standby logo depois. Ou seja, se um bico pulverizador funciona 10 segundos e fica desligado (standby) pelos 14 minutos e 50 segundos seguintes, então cada ciclo terá 15 minutos, fazendo com que o sistema opere em 4 ciclos por hora. Todos os ciclos são geridos por um timer, que controla o funcionamento da bomba, e consequentemente do bico pulverizador. Este timer pode ser externo ou parte integrante do sistema.

Não existe um ciclo específico para as plantas, uma vez que diversos fatores, como já apontado acima, influenciam o consumo e a transpiração das plantas, impactando diretamente nessa relação ON/ OFF. Assim, cada sistema possui um ciclo específico, que poderá ser alterado a qualquer momento visando o melhor desempenho das plantas.

Figura 3: timer de ciclos (externo): ele controla a energia a partir da tomada de um sistema.



Fonte: site DIY Aeroponics. Disponível em <<https://aeroponic.net>>.

2.1.3 Vasos e espuma fenólica

Tanto os vasos quanto a espuma não são diferentes na aeroponia em relação a hidroponia. Os vasos são vazados em suas laterais e fundos a fim da solução nutritiva entrar em seus interiores. Já a espuma fenólica já é largamente utilizada nos sistemas hidropônicos e é composta de resina fenólica, estando livre de fungos e bactérias. Geralmente vendida em cubos prontos para utilização, consegue reter a solução nutritiva de forma satisfatória e suas propriedades físicas fazem dela um ambiente propício para o pleno desenvolvimento das raízes das plantas, oferecendo umidade em tempo integral. A maioria dos cubos já vem com perfuração para a inserção das sementes.

Figura 4: vaso para hidroponia e aeroponia.



Fonte: site Green Power Cultivo Indoor. Disponível em <<https://greenpowercultivo.net.br>>.

No caso da aeroponia, as sementes são colocadas dentro de um cubo de espuma fenólica. Este por sua vez é posicionado no fundo do vaso, que em seguida é inserido em um dos nichos da estrutura da câmara radicular. Embora a semente possa receber luz solar, esta última não passa para o interior da câmara radicular, não afetando o desenvolvimento das raízes, que são fotossensíveis.

Figura 5: plantas de desenvolvimento em espuma fenólica.



Fonte: site Bruno Palma Hidroponia. Disponível em <<https://brunopalmahidroponia.com.br>>.

2.1.4 Diferenciais

O sistema aeropônico possui muitas diferenças com o sistema tradicional. O primeiro deles é de não ser necessário o uso de solo/ terra, algo difícil de se imaginar até o início do século passado. Com isso, a aeroponia evita a compactação do solo, algo comum no cultivo tradicional e que pode acarretar sérios prejuízos para as raízes das plantas, como impedir que estas cresçam o que podem. Esta ausência faz com que as raízes das plantas fiquem totalmente suspensas no ar sem obstáculos ao redor, fazendo com que em nenhum outro meio de cultivo aconteça uma oxigenação das raízes tão abundante como na aeroponia, aumentando a qualidade e otimizando o tempo de desenvolvimento das plantas, podendo algumas culturas produzir até 5 vezes mais do que no meio convencional. Mais um risco inexistente nesta técnica de cultivo é a redução considerável de fungos e pragas, muito devido a ausência de contato com o solo e por ser um sistema fechado. Outro diferencial marcante é que a flexibilidade que a aeroponia oferece na construção de seus sistemas faz com que a quantidade de plantas por metro quadrado seja maior que em outras técnicas de cultivo, estejam elas

dispostas na horizontal ou vertical.

Figura 6: raízes suspensas dentro da câmara radicular de uma horta aeropônica.



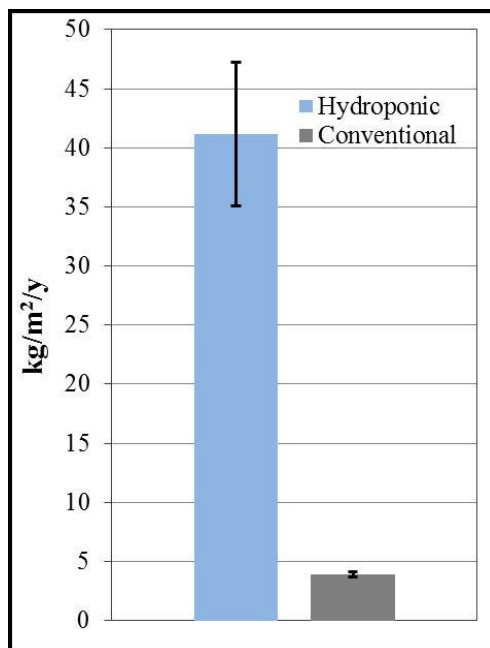
Fonte: site GroAdvisor. Disponível em <<https://groadvisorworldwide.com>>.

Já em relação ao sistema hidropônico, o maior diferencial (e conseqüentemente a maior vantagem) está na economia de água. Na hidroponia é necessária uma grande quantidade de água para abastecer as raízes, que ficam submersas. Após um determinado período aquela água precisará ser trocada por uma nova, já que os nutrientes outrora presentes nela já foram plenamente absorvidos pelas raízes. Já na aeroponia a água rende muito mais, uma vez que é aspergida aos poucos, em intervalos programados, sem a necessidade de trocar a água ou repor a solução nutritiva pois os dois são consumidos concomitantemente.

Essa redução de água e aumento de produtividade já é considerável na hidroponia. Para efeito de comparação, a figura abaixo ilustra a economia de água entre o sistema convencional e hidropônico em relação ao cultivo de alface no estado americano do Arizona. Enquanto a produção de alface não chegava a 5 quilos por

metro quadrado em 1 ano no cultivo com solo, a produção hidropônica alcançava uma média maior que 40 quilos por metro quadrado no mesmo período, tendo picos de quase 50 quilos, ou seja, quase 10 vezes mais.

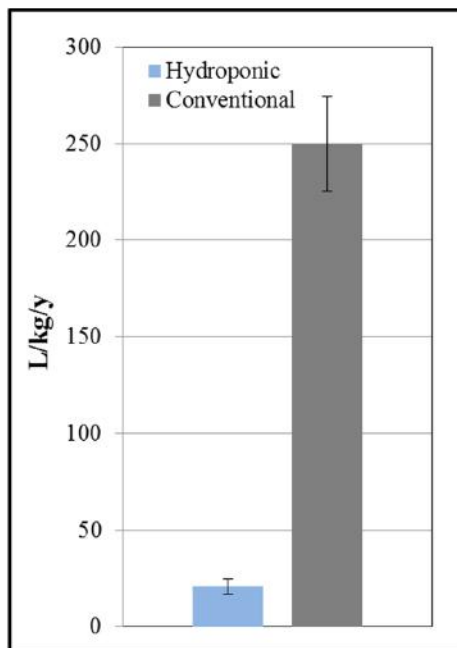
Figura 7: produção anual de alface por metro quadrado.



Fonte: National Center for Biotechnology Information

Já quando comparados os volumes de água necessários por quilo de alface produzido, o resultado mostrou como a hidroponia consome menos água que o cultivo tradicional: média aproximada de 20 litros por quilo ao ano contra 250 litros por quilo ao ano, com picos de até 275 litros. Assim, a hidroponia apresenta economias altíssimas, podendo ser feitos cultivos 10x maiores utilizando apenas o mesmo volume de água que o cultivo tradicional usa.

Figura 8: uso anual de litro d'água por quilo.



Fonte: National Center for Biotechnology Information

2.2 Plantas aptas para o cultivo na aeroponia

A pesquisa realizada constatou que muitos temperos e hortaliças podem ser cultivados no sistema aeropônico, inclusive alguns legumes. Também estão dentro deste grupo os temperos, as frutas e algumas plantas ornamentais. Abaixo está a tabela com alguns resultados encontrados ao longo da busca. Como referência estão incluídos altura média das plantas em vasos (cultivo tradicional), época de plantio tendo a cidade do Rio de Janeiro como base, grupo a qual as mesmas pertencem (folhosas, temperos, frutos, etc.) e o ciclo de desenvolvimento de cada uma. Também foi coletada informações acerca de vizinhos ideais para algumas delas, visando uma defesa natural contra agentes externos e a possibilidade de um cultivo com mais de um tipo de planta. De todas, foram selecionadas 27 plantas das quais são propícias para o desenvolvimento dentro das limitações deste projeto.

Tabela 1: Principais alimentos aptos para serem desenvolvidos na aeroponia.

Planta	Grupo de plantas	Altura média (ref.: vaso)	Ciclo em dias	Plantio RJ (tradicional)	Vizinhos ideais
Acelga	15 cm	1 - Folhosas	60 - 85	Pri - Out	Folhas verdes
Agrião	15 cm	1 - Folhosas	50 - 70	Jun - Ago	Folhas verdes
Alecrim	20 cm	3 - Temperos	90	Ano todo	Tomilho
Alface	15 cm	1 - Folhosas	30 - 60	Ano todo	Folhas verdes
Alho-poró	50 cm	3 - Temperos	120 - 140	Fev - Jun	-
Almeirão	15 cm	1 - Folhosas	50 - 70	Fev - Ago	Folhas verdes
Batata	25 cm	5 - Internas	90 - 100	Ago - Out	-
Brócolis	20 cm	2 - Vegetais em flor	60 - 90	Ago - Out	Vegetais em flor
Cebolinha	20 cm	3 - Temperos	60 - 90	Ano todo	Coentro Salsa
Chicória	30 cm	1 - Folhosas	40 - 60	Ano todo	Folhas verdes
Coentro	20 cm	3 - Temperos	50 - 70	Ano todo	Cebolinha Salsa
Cominho	20 cm	3 - Temperos	90 - 120	Ano todo	-
Couve	45 cm	2 - Vegetais em flor	90	Ano todo	Vegetais em flor
Couve-flor	20 cm	2 - Vegetais em flor	90 - 100	Mar - Jun	Vegetais em flor
Espinafre	30 cm	1 - Folhosas	60 - 80	Mar - Jul	Folhas verdes
Estragão	20 cm	3 - Temperos	60	Ano todo	-
Hortelã	15 cm	3 - Temperos	40	Ano todo	Sozinha
Manjeriço	20 cm	3 - Temperos	60	Ano todo	Manjerona Orégano
Manjerona	15 cm	3 - Temperos	60 - 90	Ano todo	Manjeriço Orégano
Micro greens	10 cm	1 - Folhosas	5	Ano todo	-
Morango	30 cm	4 - Frutos	60 - 80	Mai - Jun	-

Mostarda	30 cm	2 - Vegetais em flor	40 - 70	Mar - Abr	Vegetais em flor
Orégano	15 cm	3 - Temperos	-	Ano todo	Manjeriço Manjerona
Pimenta biq.	20 cm	3 - Temperos	100 - 120	Mar - Out	Sozinha
Rúcula	20 cm	1 - Folhosas	30 - 40	Set - Dez	Folhas verdes
Salsa	20 cm	3 - Temperos	65 - 70	Fev - Nov	Cebolinha Coentro
Tomilho	15 cm	3 - Temperos	60 - 90	Ano todo	Alecrim

2.3 Solução nutritiva

A solução nutritiva é composta por todos os nutrientes que as plantas necessitam no dia-a-dia para se desenvolver adequadamente. Alguns dos mais importantes são nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio e magnésio. Muitas soluções são comercializadas em bases, ou seja, dois subprodutos com diferentes nutrientes em cada, mas que só podem ser misturados na água para evitar reações químicas. As proporções geralmente são iguais entre os subprodutos, sem diferença no consumo total. É essencial que se utilize ao longo de todo ciclo vegetativo, desde o início da fase vegetativa.

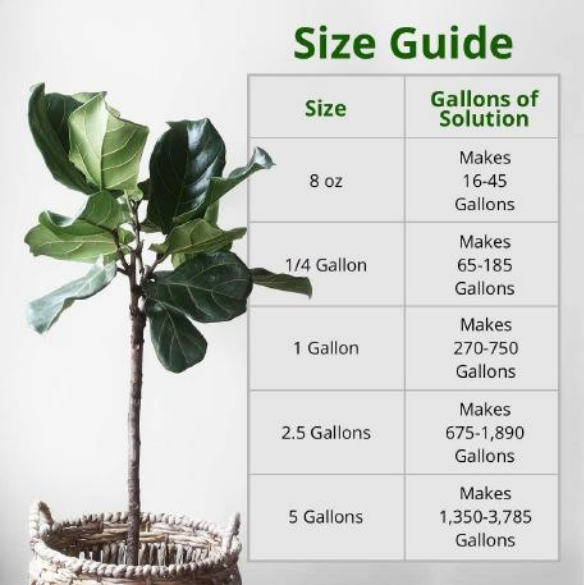
Figura 9: solução nutritiva de duas bases para hidroponia e aeroponia.



Fonte: retirada de anúncio publicitário da Amazon. Disponível em <<https://amazon.com>>.

As soluções nutritivas costumam servir para todas as espécies de árvores, flores, arbustos, gramados e plantas, incluindo as de interior. Embora já venham prontas, elas ainda precisam ser misturadas e diluídas em água, pois são vendidas de forma concentrada. Para cada solução, haverá uma tabela mostrando quanto determinada quantidade concentrada poderá render.

Figura 10: conversão: 237 ml (8 oz) das bases rende entre 60,5 e 170,3 litros de solução.



Size Guide

Size	Gallons of Solution
8 oz	Makes 16-45 Gallons
1/4 Gallon	Makes 65-185 Gallons
1 Gallon	Makes 270-750 Gallons
2.5 Gallons	Makes 675-1,890 Gallons
5 Gallons	Makes 1,350-3,785 Gallons

Fonte: retirada de anúncio publicitário da Amazon. Disponível em <<https://amazon.com>>.

2.3.1 Consumo médio de solução

Não existe um consumo médio padrão para as plantas devido a inúmeros fatores que impactam de forma indireta e direta, como temperatura e umidade do ambiente, iluminação do Sol, temperatura e tamanho das gotas de solução nutritiva, frequência e padrão dos ciclos aeropônicos, etc. Nesse caso, o mais comum a ser feito são estudos a partir da observação da resposta das plantas aos ciclos aeropônicos e as características da solução pulverizada, avaliando seus respectivos desenvolvimentos. Uma vez que tais fatores influenciam no consumo médio, cabe ao usuário que gerencia a horta avaliar as alterações necessárias a partir de como as plantas estão respondendo aos ciclos e as propriedades da solução. Somente com o experimento será possível ter resultados mais assertivos para o pleno funcionamento da horta.

Segundo um tópico do ResearchGate, uma das maiores redes sociais voltada para profissionais da área de ciências e pesquisadores, foi perguntado se alguém teria dados confiáveis a respeito do consumo médio diário de água para as plantas cultivadas na aeroponia. Um dos usuários, CEO de uma empresa de aeroponia, relatou que em seus experimentos as batatas cultivadas no regime aeropônico necessitam de

aproximadamente 100 ml de solução nutritiva diluída em água por dia, por planta. Já os demais responderam que não era possível definir ou mensurar um valor ou uma faixa de valores, sendo necessário realizar estudos de ao menos 1 semana para avaliar os indicadores, e assim chegar a um resultado confiável próprio e específico para aquela realidade. Tal informação corrobora com o que foi pesquisado e já mostrado acima, onde diversos fatores influenciam no consumo médio de cada horta.

Pegando como referência os 100 ml de solução nutritiva para as batatas encontradas por um dos usuário da plataforma, temos a situação hipotética abaixo:

- 10 plantas com consumo médio de 100 ml/ dia = 1 litro por dia (média);
- 15 plantas com consumo médio de 100 ml/ dia = 1,5 litro por dia (média);
- 10 plantas com consumo médio de 90 ml/ dia = 900 ml por dia (média);
- 15 plantas com consumo médio de 90 ml/ dia = 1,35 litro por dia (média).

Dada a carência de dados devido às características dessa técnica de cultivo, utiliza-se agora os dados apresentados nas figuras 5 e 6 em 2.1.2: a média do consumo de água na hidroponia para a produção de alface foi de 20 litros por quilo. Tendo um parâmetro de que o peso médio de um pé de alface fica em 333 gramas (considerando uma média de 3 pés por quilo), a média de água/ solução para cada pé ficou em cerca de 6,67 litros. Sabendo que o ciclo de produção leva cerca de 35 dias, acha-se cerca de 190 ml de solução utilizada por cada pé de alface por dia, na média.

Analisando os dados num primeiro momento, uma batata produzida na aeroponia consumiu aproximadamente 52% menos de água que um pé de alface na hidroponia. Essa informação carece de dados mais sólidos, dadas as complexidades das técnicas de cultivo e das plantas, que não são iguais. Mesmo assim, vai de encontro com o fato de que a aeroponia consome menos água que a hidroponia, sendo que esta pode economizar até 95% da água que seria utilizada no cultivo convencional.

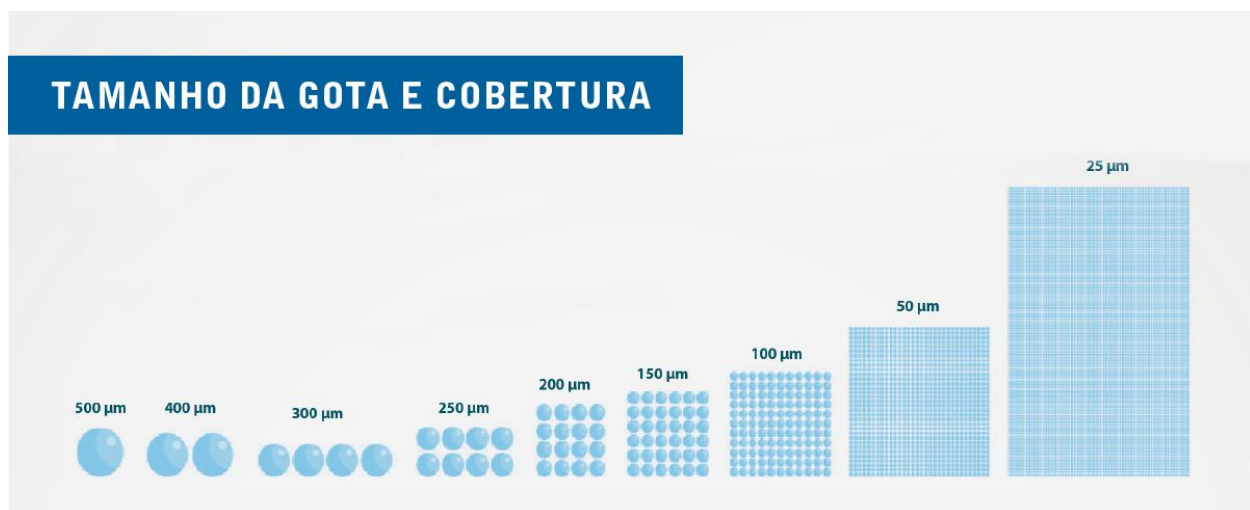
2.3.2 Dimensão das gotas

O tamanho ideal das gotas em um sistema aeropônico varia entre 30 e 100 μm

(micrômetros). Gotas maiores que 100 micrômetros podem não ser absorvidas pelas raízes das plantas, acumulando nelas e ocasionando apodrecimento das mesmas. Além disso, gotas muito grandes reduzem a superfície das raízes em contato com o ar, podendo levar às mesmas a um consumo insuficiente de oxigênio. Entretanto, gotas menores que 30 micrômetros não serão fixadas adequadamente, prejudicando a absorção dos nutrientes vitais. Alguns fatores que alteram o tamanho da gota são: características da solução, fluxo do bocal, pressão (se houver) e design do bico pulverizador.

Embora existam diversos produtos pulverizadores, dos mais básicos aos mais tecnológicos, os bicos de pulverização são os mais baratos além de serem eficientes, o que traz um bom custo-benefício a quem os escolhe.

Figura 11: comparação entre diferentes tamanhos de gotas.



Fonte: blog da empresa Spray. Disponível em <<https://blog.spray.com.br>>.

2.3.3 Temperatura média da solução e umidade da câmara radicular

A temperatura da solução deve ser monitorada, especialmente quando for utilizada. Segundo estudos, ela pode variar entre 18 e 21 graus, podendo prejudicar as raízes se ficar muito abaixo ou acima destes valores. Também é fortemente recomendado que não deixe a solução ao alcance da luz solar, evitando o seu aquecimento e o surgimento de algas. Quanto mais alta a temperatura da solução for,

menos oxigênio estará presente nela, prejudicando fatalmente as plantas.

Já a umidade da câmara radicular deve estar na faixa de 80%, faixa ideal para a adaptação perfeita das plantas no ambiente.

2.3.4 PH médio da solução

O pH também é um fator importante para se levar em conta na hora do funcionamento da horta aeropônica, pois existe uma faixa que deve ser respeitada para o pleno desenvolvimento das plantas. Esta faixa compreende pH entre 5,7 e 6,5. Dentro dela, a média utilizada com certa frequência é de pH 6,0. Dentro deste intervalo muitos produtores conseguem desenvolver suas produções sem maiores problemas, mas é importante ressaltar que algumas plantas podem necessitar de configurações diferentes. Atendendo essas necessidades, o desenvolvimento é questão de tempo.

No caso de se precisar diminuir ou aumentar o pH da solução, alguns produtos caseiros podem ajudar, como limão e vinagre para diminuir o pH e bicarbonato de sódio para aumentar. Porém, esses produtos não irão estabilizar a solução nutritiva, servindo apenas para aquele momento, tendo o efeito pouca duração. Para isso, produtos disponíveis no mercado não só solucionam o problema como também estabilizam a solução por dias (até semanas). Um exemplo é o ácido fosfórico 85% grau alimentício, que com apenas algumas gotas diminui e estabiliza o pH. A existência de reguladores de pH, tanto para cima quanto para baixo, é uma ajuda pontual importante quando a solução precisar de ajustes. Assim como o ácido, os reguladores estabilizam a solução.

Figura 12: reguladores de pH para hidroponia e aeroponia.



Fonte: retirada de anúncio publicitário do Mercado Livre. Disponível em <<https://mercadolivre.com.br>>.

2.3.5 Tipos de bicos pulverizadores

Os bicos pulverizadores são os objetos responsáveis por transformar o fluxo de líquido em gotas com o objetivo de cobrir uma determinada superfície, maximizando esta área. Atualmente existem diferentes tipos de bicos, cada um deles indicado para uma função específica e com características diferentes, como vazão, espaçamento e angulação e direção dos jatos, se são lâminas, ligamentos ou gotas, e seus respectivos tamanhos.

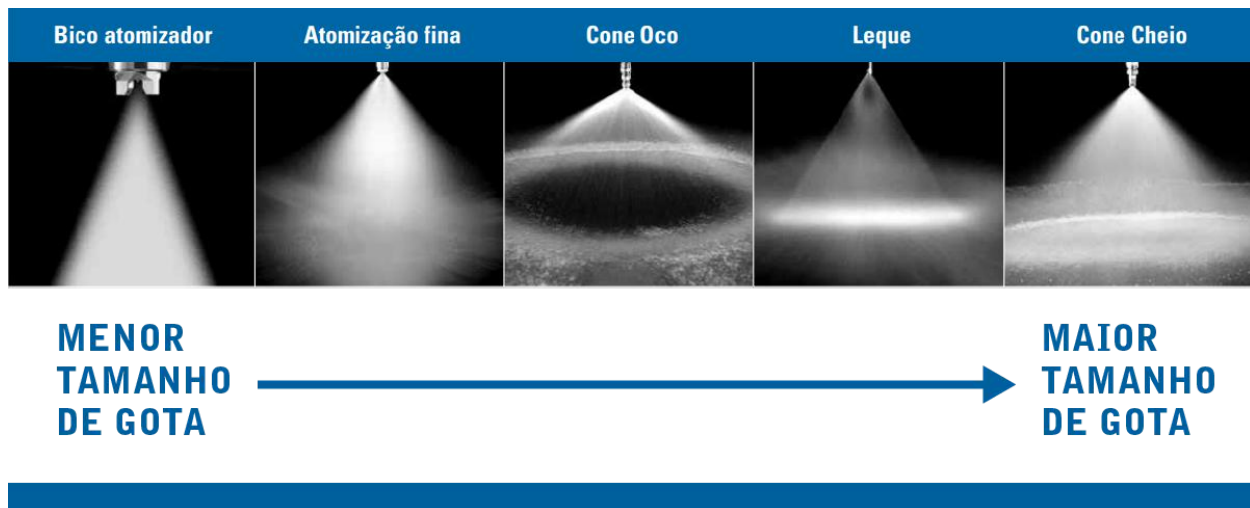
Assim como as demais partes que compõem o sistema aeropônico, os bicos sofrem com o desgaste do uso e por isso devem ter sua manutenção em dia. Tudo isso contribuirá para uma maior uniformidade da distribuição dos jatos e evitar desperdício de água, mantendo o objetivo alcançável. Para bicos cujo uso é contínuo por muito tempo recomenda-se um teste de vazão a cada seis meses. Podemos destacar alguns dos principais:

1. **Bicos de cone oco:** trabalha em um formato circular na superfície, com o seu

centro fora do alcance das gotas. Trabalha em altas pressões e pode ser utilizado em diversas vazões, ângulos e tamanhos de gota.

2. **Bicos de cone cheio:** possui uma uniformidade em sua pulverização e também é tem formato circular, mas ao contrário do cone oco, seu interior é igualmente preenchido com gotas.
3. **Bicos de jato leque:** facilmente reconhecível pela sua saída 'V', geralmente possuem gotas médias e seu formato nas superfícies é de elipse. A presença das gotas é maior no centro que nas extremidades.
4. **Bicos atomizadores a ar:** a atomização faz com que as gotas sejam extremamente pequenas através de pressão de ar e líquido, formando uma névoa que os outros bicos não conseguem reproduzir.

Figura 13: os tipos de bicos pulverizadores e seus respectivos tamanhos de gota.



Fonte: blog da empresa Spray. Disponível em <<https://blog.spray.com.br>>.

2.3.6 Bombeamento da solução nutritiva

Para que a solução nutritiva seja transportada através do tubo, do reservatório até a câmara radicular é necessário que uma bomba esteja instalada a fim de providenciar a força necessária para este transporte. Como a vazão não é grande e a altura dos sistemas dificilmente passa de 1,5 metro de altura, uma bomba simples geralmente é a solução ideal. Para se calcular a bomba certa que o sistema pede, é

importante pôr no cálculo o número de tubos, a altura destes e suas respectivas vazões. É importante salientar que adicionar uma folga no cálculo permite incluir alguns fatores extra, como o excesso de água que retornará para o reservatório.

É recomendado que a bomba deva operar abaixo da superfície da solução nutritiva, evitando a cavitação (formação de bolhas de vapor no interior) da mesma. Também é recomendado que as bombas submersas sejam evitadas, uma vez que devido a salinidade da solução, poderá haver corrosão na parte externa da mesma. Além disso, alguns materiais presentes nessas bombas podem ser tóxicos para as plantas.

2.4 Análise de atividades

Em uma linha do tempo, temos as seguintes etapas de tarefas, do início ao fim de um ciclo de uma planta qualquer:

1. **Preparos iniciais da horta:** a primeira etapa é a da montagem da estrutura e de seu sistema. Após todas as partes estarem integradas umas com as outras e o sistema estiver operacional, pode ser iniciado o processo seguinte.
2. **Cultivo:** engloba todo o processo de desenvolvimento da planta, desde a semeadura até seu desenvolvimento pleno. As irrigações variam de acordo com cada planta e pelo ambiente que as cercam, requerendo-se a atenção do usuário a fim de se mitigar os riscos que poderão aparecer ao longo desta etapa. Durante a fase de germinação as sementes necessitam de uma maior umidade para se desenvolverem, por isso é importante que o período entre as regas não seja muito longo.
3. **Poda:** a poda poderá ser realizada de tempos em tempos mediante a observação e a avaliação do usuário. Ela é feita através da remoção de folhas e galhos secos e quebradiços, objetivando um melhor aproveitamento no desenvolvimento da planta. O utensílio mais aconselhável para esta ação é a tesoura de poda, específica para este trabalho.
4. **Colheita:** na última fase do ciclo o usuário retira o vaso com a planta a ser

colhida da estrutura, com suas raízes saindo do interior da estrutura - a câmara radicular. Um item como pote ou balde poderá ser necessário para depositar a colheita. Com a retirada da planta, restos da solução presentes nas raízes poderão cair das mesmas, sendo necessário secar a área após a conclusão da tarefa. Por fim, o vaso previamente retirado é recolocado na estrutura e seu bocal é fechado por uma tampa específica, visando selar o interior (câmara radicular) da luz e impedir que a solução pulverizada vaze para o exterior.

Verifica-se um aumento da produtividade aliada a uma otimização de tempo, quando comparado com as hortas tradicionais. Isso se deve principalmente a dois fatores: a autogerência do sistema, que controlado através de tecnologia aplica ao conjunto certo grau de independência. O segundo fator é que em um ambiente controlado como o das hortas aeropônicas, se alcança um nível de sofisticação em matéria de atender as necessidades das plantas maior que em qualquer outra técnica de cultivo. Além disso, a ausência de pragas colabora para um desenvolvimento ainda mais assertivo em relação aos outros meios.

Por fim, as tarefas mais comuns desempenhadas pelos usuários de hortas aeropônicas, dentro dos quatro campos da linha do tempo listada acima, são:

- Ficar em pé;
- Manejar as folhas das plantas;
- Verificar o desenvolvimento das plantas;
- Interagir com os comandos da horta (timer, visor, sensores, ciclos, etc.);
- Preparar a mistura das bases da solução nutritiva e diluir em água;
- Encher o reservatório com a solução;
- Posicionar as sementes corretamente nos vasos;
- Inserir os vasos na parte externa da câmara radicular;
- Realizar a colheita da horta;
- Realizar limpeza no sistema periodicamente.

2.5 Análise de similares disponíveis no mercado

Devido a aeroponia ser uma técnica de cultivo relativamente recente se comparada com outras, modelos comerciais não industriais são basicamente inexistentes, sendo os modelos industriais, em especial os pertencentes às fazendas verticais os mais conhecidos e comercializados. Embora o uso da aeroponia cresce a cada ano, ela ainda é uma técnica desconhecida da grande maioria das pessoas. Assim, uma parcela de entusiastas da hidroponia, aquaponia e aeroponia acabam montando seus próprios sistemas, e por fim suas próprias hortas. Por se tratarem de técnicas de cultivo 'irmãs' e pela escassez de similares disponíveis na aeroponia, alguns dos produtos analisados abaixo fazem parte de sistemas hidropônicos.

As hortas listadas abaixo foram analisadas em sete categorias que julgam-se serem importantes para a compreensão dos dados em relação ao ambiente em que elas estão localizadas, no caso, nas residências. A avaliação, com um breve comentário acerca da horta analisada seguida de uma média das notas dadas nas categorias, varia de uma pontuação entre 0 e 5, sendo a pontuação 0 péssimo; 1 ruim; 2 regular, 3 bom; 4 muito bom e 5 excelente. São as categorias escolhidas para qualificar a horta:

1. **Automação:** complexidade tecnológica e independência da horta em relação a intervenções humanas.
2. **Ergonomia:** as formas das hortas, e de que maneira essas estruturas interagem com o usuário.
3. **Estética:** como a aparência da horta irá se relacionar com o ambiente e com o usuário.
4. **Limpeza:** foi analisado se o usuário teria facilidade para fazer a higienização da horta. Quanto maior a complexidade do objeto, maior será a dificuldade para a limpeza ser executada.
5. **Materiais:** materiais utilizados para produzir a horta.

6. **Usabilidade:** funções práticas da horta; a maneira que eles se relacionam com os usuários e a facilidade que o indivíduo terá para usar o produto.
7. **Sistema:** análise das partes e suas complexidades; se elas funcionam e se integram corretamente.

2.5.1 Hortas hidropônicas

2.5.1.1 Horta em torre dupla

Figura 14: torres que compartilham o mesmo tanque, com tubulação externa.



Fonte: retirado de anúncio publicitário da AliExpress. Disponível em <<https://pt.aliexpress.com>>.

Empresa: Merry Hydroponics Store

Técnica de cultivo: hidroponia de gotejamento

Dimensões (LxAxP): 64x164x42 cm

Materiais predominantes: PVC

Capacidade: 64 nichos (32 nichos por torre)

País de origem e preço: China; R\$941,26

Tipo de produção: industrial, voltado para a indústria.

Características: apresentando uma aparência sem grandes detalhes visuais, acaba por passar uma fragilidade evidenciada pelos encaamentos externos.

Automação	Ergonomia	Estética	Limpeza
2	4	0	1
Materiais	Usabilidade	Função	Média
3	3	1	2 (regular)

2.5.1.2 Horta em torre individual

Figura 15: horta com layout 'casca de abacaxi', conforme o próprio anúncio.



Fonte: retirado de anúncio publicitário da AliExpress. Disponível em <<https://pt.aliexpress.com>>.

Empresa: Merry Hydroponics Store

Técnica de cultivo: hidroponia de gotejamento

Dimensões (LxAxP): 67x170x67 cm

Materiais predominantes: PVC

Capacidade: 80 nichos

País de origem e preço: China; R\$1.648,63

Tipo de produção: industrial, voltado para a indústria.

Características: com detalhes visuais formados a partir da forma, seguindo a própria função do conjunto, ele apresenta uma estética que se destaca em relação aos demais, embora aparente fragilidade pela evidência das tubulações externas.

Automação	Ergonomia	Estética	Limpeza
3	4	3	3
Materiais	Usabilidade	Função	Média
3	3	4	3,29 (bom)

2.5.1.3 Horta de 3 níveis

Figura 16: única horta analisada com iluminação artificial em led integrada.



Fonte: retirado de anúncio publicitário da AliExpress. Disponível em <<https://pt.aliexpress.com>>.

Empresa: Merry Hydroponics Store

Técnica de cultivo: hidroponia

Dimensões (LxAxP): 75x138x24 cm

Materiais predominantes: não informado

Capacidade: 36 nichos (12 por nível)

País de origem e preço: China; R\$998,30

Tipo de produção: industrial, voltado para a indústria.

Características: móvel, compacto e com um diferencial importante: possui luzes led que ajudam na fotossíntese, dando celeridade a produção.

Automação	Ergonomia	Estética	Limpeza
4	3	2	3
Materiais	Usabilidade	Função	Média
não avaliado	4	4	3,33 (bom)

2.5.1.4 Horta hidropônica caseira

Figura 17: hortas hidropônicas caseiras geralmente são feitas de canos PVC.



Fonte: blog Plantei. Disponível em <<https://blog.plantei.com.br>>.

Técnica de cultivo: hidroponia

Materiais predominantes: geralmente PVC

Preço: mais baixo que os demais avaliados

Tipo de produção: artesanal, voltado para o uso próprio.

Características: simples, porém de bom custo-benefício. Feito de modo artesanal, não possui aparato tecnológico e não tem objetivo profissional e industrial.

Automação	Ergonomia	Estética	Limpeza
2	5	1	2
Materiais	Usabilidade	Função	Média
3	4	3	2,86 (ruim)

2.5.2 Hortas aeropônicas

2.5.2.1 em torres móveis

Figura 18: torres aeropônicas com reservatório na base



Fonte: retirado de anúncio publicitário da AliExpress. Disponível em <<https://pt.aliexpress.com>>.

Empresa: Merry Hydroponics Store

Técnica de cultivo: aeroponia

Dimensões (LxAxP): 72x170x72 cm

Materiais predominantes: PVC, polipropileno

Capacidade: 36 nichos

País de origem e preço: China; R\$1.397,63

Tipo de produção: industrial, voltado para a indústria.

Características: Embora seu tanque tenha um diâmetro maior devido a capacidade de 100 litros de água/ solução, a torre dos nichos é fina, propiciando a redução de tamanho no geral.

Automação	Ergonomia	Estética	Limpeza
3	4	2	4
Materiais	Usabilidade	Função	Média
4	4	4	3,57 (bom)

2.5.2.2 artesanal para uso residencial

Figura 19: câmara radicular de uma horta aeropônica artesanal.



Fonte: imagem retirada de busca no Google.

Empresa: não se aplica

Técnica de cultivo: aeroponia

Dimensões (LxAxP): variadas

Materiais predominantes: polipropileno

Preço: variados

Tipo de produção: artesanal, voltado para o uso próprio.

Características: apresenta um bom custo-benefício e pode ser facilmente customizável, podendo mudar de um sistema simples para um sistema completo, altamente tecnológico, eficiente e econômico.

Automação	Ergonomia	Estética	Limpeza
3	4	1	5
Materiais	Usabilidade	Função	Média
4	4	4	3,57 (bom)

2.6 Atributos

Alguns atributos foram listados a fim de qualificar a horta e seu respectivo sistema a uma melhor eficiência, integração e experiência, a partir do que já se encontra atualmente no mercado. Assim, os atributos para este projeto são:

2.6.1 Custo

- Observação de custo-benefício nos materiais e na produção.

2.6.2 Descarte

- O produto pode ser descartado e reciclado corretamente.

2.6.3 Ergonômicos

- Fácil acesso as partes do produto;
- Fácil manejo das plantas presentes na estrutura;
- Maximização do acesso a iluminação solar e/ ou artificial adequada;
- Ser seguro durante o uso da horta.

2.6.4 Espaciais

- Apresentar um conjunto neutro, proporcionando uma maximização de integrações nos mais variados ambientes;
- Ser compacto em relação ao ambiente em que for ficar.

2.6.5 Estéticos

- Fazer a integração do espaço em que se localizar, seja o ambiente interno ou semi externo;
- As plantas são parte integrantes do conjunto, remetendo o mesmo a natureza;
- Estrutura com aspecto austero.

2.6.6 Estruturais

- Fácil montagem e desmontagem das partes;
- Estrutura durável e resistente a intempéries e ao tempo;
- Ser estável no chão plano, suportando vento e força externa (mão humana, por exemplo);
- Suporte a carga total observando o uso correto.

2.6.7 Funcionais

- Capacidade de abrigar verduras, legumes e raízes;
- Câmara radicular com espaço suficiente para as raízes crescerem;
- Estrutura radicular com capacidade mínima de 10 nichos;

- Evidenciamento da planta, dando clara identificação a mesma;
- Extravasor de água (ladrão) para volumes acima do limite;
- Fácil usabilidade dos comandos;
- Monitoramento autônomo;
- Otimização do espaço utilizado pela estrutura.

2.6.8 Limpeza

- Estrutura com visual que transmita assepsia;
- Fácil limpeza interna e externa;
- Limpeza do sistema automatizada.

2.6.9 Manutenção

- Manutenção simples e menos custosa, consequência das características do produto.

2.6.10 Produção

- Fabricação em escala industrial observando o custo-benefício;
- Produtos fabricados por terceiros com elevado custo-benefício.

2.6.11 Segurança

- Ausência de quinas e partes perfurantes e/ ou cortantes na superfície do produto;
- Integração das partes, evitando transbordamento de líquidos;
- Sistema monitorado via arduíno, evitando potenciais acidentes.

2.6.12 Tecnológicos

- Autolimpeza disponível e requisitada em tempos pré-determinados;
- Integração do sistema por meio de sensores arduino;

- Possuir um sistema de monitoria em tempo real;
- Visor com as informações da horta, em tempo real.

2.6.13 Transporte

- Embalagem compacta, otimizando o arranjo no transporte.

2.7 Restrições

2.7.1 Espaciais

- Espaços reduzidos;
- Ambientes semi externos;
- Iluminação parcial ou total.

2.7.2 Ergonômicas

- Plantas mais baixas a ao menos a 1,1 metro de altura;
- Botões de comando a ao menos 70 centímetros de altura.

2.7.3 Estruturais

- Base no chão;
- Estrutura parcialmente aparente;
- Horta vertical;
- Não ramificada;
- Plantas cobrem parcialmente a estrutura à medida que crescem;
- Encaixe certo das partes para que não haja vazamento de solução.

2.7.4 Funcionais

- Água e solução nutritiva entre 18 e 21 graus;
- Bico pulverizador de cone cheio ou oco;
- Bomba com a capacidade de pulverizar as plantas com a vazão e alcance necessários;

- Câmara radicular com espaço necessário para o livre crescimento das raízes;
- Câmara radicular isolada do ambiente externo e sem contato com a luz solar;
- Ciclos de pulverização de acordo com a necessidade das plantas;
- Controle de umidade na câmara radicular (na faixa de 80%);
- Espuma/ esponja compatível para o depósito das sementes nos vasos;
- Gotas com tamanho entre 30 e 100 micrômetros;
- Monitoramento em tempo real dos níveis de água dos reservatórios;
- Necessidade de um reservatório menor refrigerado e outro maior sem refrigeração;
- Placas de arduino realizando a integração do sistema automatizado para a horta;
- Retorno da solução nutritiva que foi pulverizada e não foi aproveitada para o reservatório;
- Sistema de refrigeração para a solução nutritiva;
- Timer para monitorar os ciclos de pulverização;
- Solução nutritiva sempre diluída em água antes de ser posta no reservatório.

2.7.5 Limpeza

- Uso de peróxido de hidrogênio diluído em água para a limpeza interna dos microtubos e bicos pulverizadores, além dos reservatórios;
- Não utilização de produtos de limpeza muito fortes;
- Diluição total da solução em água, evitando o acúmulo de nutrientes nos microtubos.
- Uso de materiais que não ajudem a proliferar microorganismos.

2.8 Exemplos de materiais que poderão ser utilizados

2.8.1 Policloreto de vinila (PVC)

O PVC é um dos materiais mais utilizados na atualidade por possuir diversas

aplicações, sendo utilizado na confecção de luvas, brinquedos, embalagens, tubulações, revestimentos, perfis, materiais para construção civil, etc. Sendo um dos materiais mais presentes em hortas hidropônicas artesanais, através do uso de tubulações cortadas, esse material apresenta excelente durabilidade, flexibilidade e ao mesmo tempo rigidez, podendo ser utilizado em ambientes externos e internos com presença de uso contínuo de água e muitos outros líquidos sem maiores problemas.

Figura 20: tubulações em PVC.



Fonte: anúncio publicitário da Amazon. Disponível em <<https://amazon.com>>.

2.8.2 Aço galvanizado

O aço galvanizado é revestido por uma fina camada de zinco, que impede sua corrosão a partir de então. Ele é utilizado na fabricação de parafusos, pregos, porcas, automóveis e eletrodomésticos diversos, em especial as máquinas de lavar roupas e louças por ser muito resistente à ferrugem. Embora o aço galvanizado seja resistente à água, deve-se ter cuidado com exposição à água salgada, que acaba por destruir a camada de zinco, oxidando-o. Por existir opções de chapas galvanizadas, algo potencialmente necessário para o projeto, este material certamente pode ser usado.

Figura 21: cerca de aço galvanizado.



Fonte: site Furosteel. Disponível em <furosteel.com.br>.

2.8.3 Aço inoxidável (inox)

O aço inox também é resistente à água, mas se diferencia do galvanizado nas aplicações. Também possui um processo de produção diferenciado, sendo a matéria-prima, aço líquido, misturado a uma solução de no mínimo 10% de cromo, passando posteriormente por um processo chamado decapagem a fim de todas as impurezas serem eliminadas. Possui grande resistência à ferrugem e por isso é utilizado em tubulações e em ferramentas e utensílios em larga escala, como talheres.

Figura 22: tubulações de aço inoxidável de diferentes diâmetros.



Fonte: site Duster. Disponível em <dustre.com.br>.

2.8.4 Acrílico

O acrílico foi selecionado por possuir alta qualidade e além de ser transparente,

podendo substituir o vidro em algumas ocasiões específicas. Sua resistência (maior que a do vidro) e por ser leve, além de poder ser colorido e possuir texturas contribuem para ser um material potencialmente utilizável no projeto. No caso da horta, o acrílico pode ser inserido em detalhes estéticos, até mesmo onde o vidro possa ser utilizado.

Figura 23: acrílico em diferentes cores também é um diferencial.



Fonte: site Bárions Produções. Disponível em <<https://barions.com.br>>.

2.8.5 Polietileno

Conhecido por PE e sendo quimicamente o polímero mais simples, suas principais aplicações são revestimentos de fios, embalagens e sacolas plásticas, ele pode ser produzido via álcool etílico. Tem a alcunha de ser o ‘plástico verde’, possui alta produção mundial e é largamente utilizado por ser economicamente viável.

Figura 24: o polietileno pode ter grande importância na estrutura da horta.



Fonte: retirado do site Reyma. Disponível em <reyma.com.mx>.

2.8.6 Madeira

A madeira também está muito presente no meio urbano e rural ao redor do mundo, e exercem importantes papéis no dia-a-dia que vão além do bom e refinado acabamento. O material foi selecionado para poder atender o projeto na parte estrutural da base. A base da horta pode ser estruturada e/ ou revestida de madeira, formando um produto esteticamente sofisticado, agradável e limpo, otimizando a integração entre produto e ambiente. Além disso, o acabamento dos materiais gera um acomodamento positivo do usuário.

Figura 25: a madeira é o material natural mais integrável a projetos que envolvam natureza.

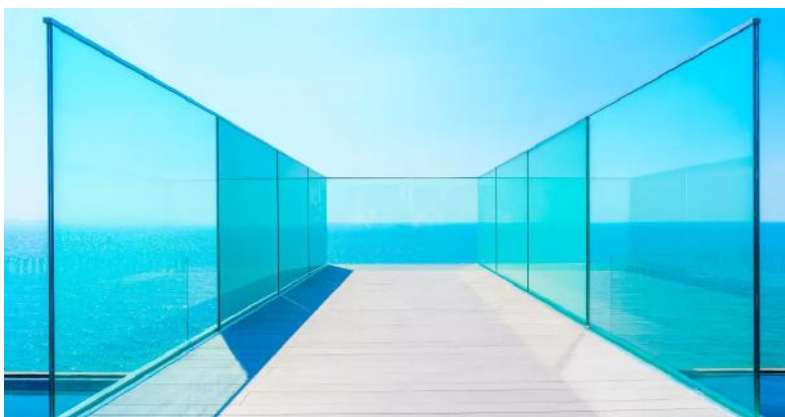


Fonte: site Marabraz. Disponível em <marabraz.com.br>.

2.8.7 Vidro

O vidro também está presente no nosso dia-a-dia. Para qualquer lugar que olhamos, existem vidros em janelas, aparelhos (pratos), eletrodomésticos, etc. O custo-benefício e a gama de usabilidade e aplicações foram os principais motivos para que ele fosse um dos materiais utilizados por este projeto. Sua produção é realizada em larga escala no mundo todo, sendo um dos materiais mais abundantes do planeta e mais utilizados pelo ser humano. Ele poderá ser útil para a parte superior da base, partes decorativas e/ ou outras partes.

Figura 26: o vidro em uma de suas várias aplicações, como guarda-corpo.



Fonte: site Ana Vidro. Disponível em <anavidro.com.br>

2.9 Arduino como ferramenta de automação

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica open source (hardware livre) criada em 2005 e bem popular nos dias de hoje, estando presentes tanto em projetos profissionais quanto em projetos amadores, feitos por entusiastas de tecnologia e automação. Formado por uma placa eletrônica, que é a base para a geração de protótipos, fornece inteligência para dispositivos comuns e até a possibilidade dos mesmos serem controlados a distância. Assim, uma lâmpada pode ser acionada remotamente através de uma placa e dos componentes necessários para essa ação ser executada.

Por ser open source, qualquer pessoa pode desenvolver novos mecanismos e funcionalidades, fazendo com que toda a plataforma se desenvolva de maneira rápida e constante, bastando qualquer pessoa programar os códigos que irão realizar determinada ação. Devido ao fato do Arduino já ser algo amplamente utilizado nos dias de hoje, verificou-se que seus componentes e peças poderiam auxiliar muitos processos que a horta precisa realizar, sendo uma peça importante nas possibilidades de construção do sistema do projeto, dando a ele mais automação.

2.9.1 Aplicação no projeto

Buscando um projeto de horta onde os diferenciais sejam entre eles a praticidade, eficiência e tecnologia, uma das pesquisas feitas ao longo do processo evidenciou o Arduino como uma ferramenta que possibilita um produto simples virar um produto inteligente de maneira relativamente simples e pouco onerosa ao orçamento do projeto. Com diversos módulos e modelos, o Arduino proporciona vastas possibilidades de aplicação no projeto, entre eles:

1. Monitorar a solução nutritiva em diversas frentes, como nível e temperatura;
2. Monitorar os ciclos aeropônicos on/ off;
3. Poder manter o usuário atualizado através de um visor;
4. Sinalizar riscos que podem acontecer eventualmente no produto.

3 CONCEITUAÇÃO FORMAL DO PROJETO

3.1 Processo de geração de alternativas

O processo criativo se iniciou a partir da análise de todos os dados coletados nas pesquisas realizadas anteriormente. As etapas se deram na ordem cronológica demonstrada abaixo, onde foram adaptadas das etapas descritas por Bernd Löbach, idealizador da metodologia escolhida para este projeto.

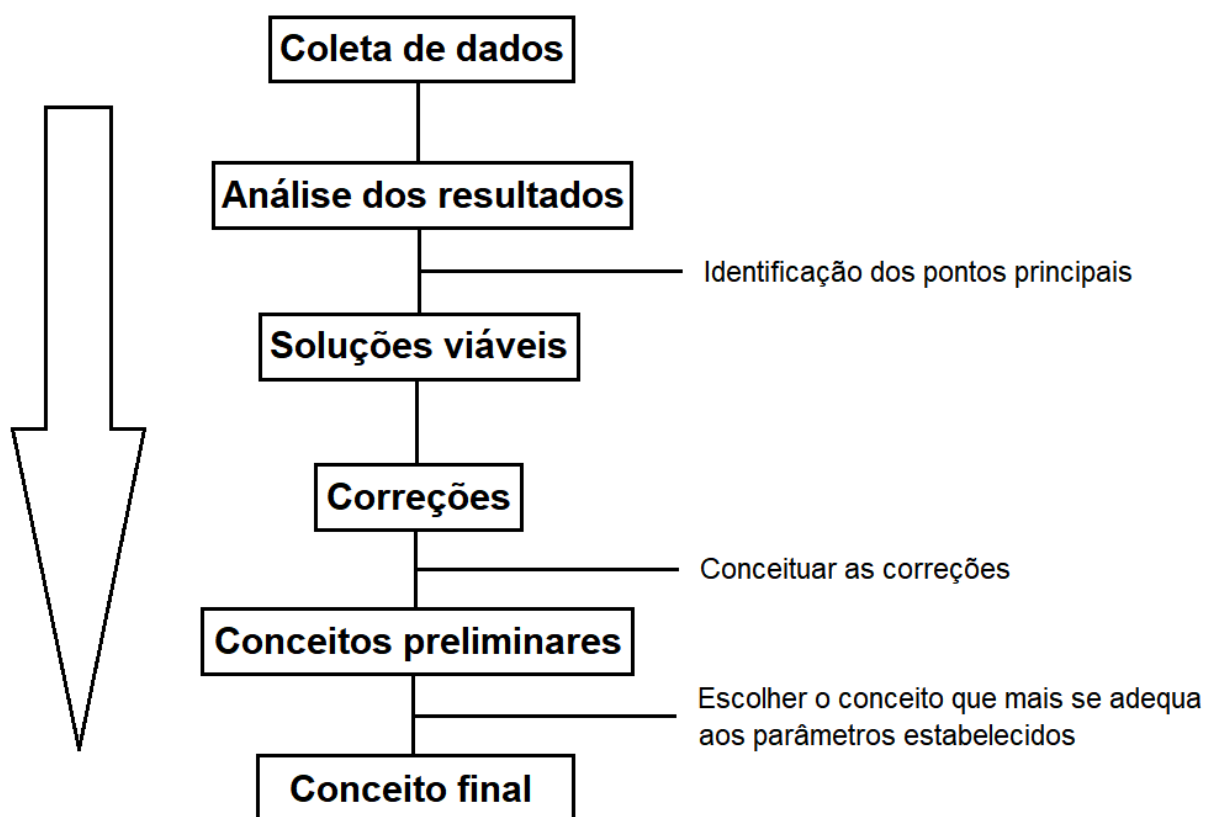


Figura 27: ordem cronológica do processo de geração de alternativas (adaptado de Löbach, 2001)

Após a coleta de dados e a análise geral dos resultados obtidos, foram identificados os pontos principais onde uma solução real e importante era necessária. Assim, foram priorizados determinados pontos em relação a outros, em escala de

importância para o melhor desenvolvimento geral da estrutura e do sistema. Com as correções realizadas através da conceituação, tem-se as alternativas preliminares; estes serão comparados em relação aos parâmetros previamente estabelecidos (atributos, objetivos, restrições, etc.) e por fim será escolhido um, como conceito final.

3.2 Geração de alternativas

As gerações das alternativas listadas abaixo se deram a partir de esboços feitos a mão seguidos de comentários. Partindo como premissa a natureza, os esboços a seguir buscaram direcionar as esferas prática e estética para o campo natural, fazendo com que este se integrasse ao ambiente doméstico em que esteja, de forma orgânica.

3.2.1 Alternativa I

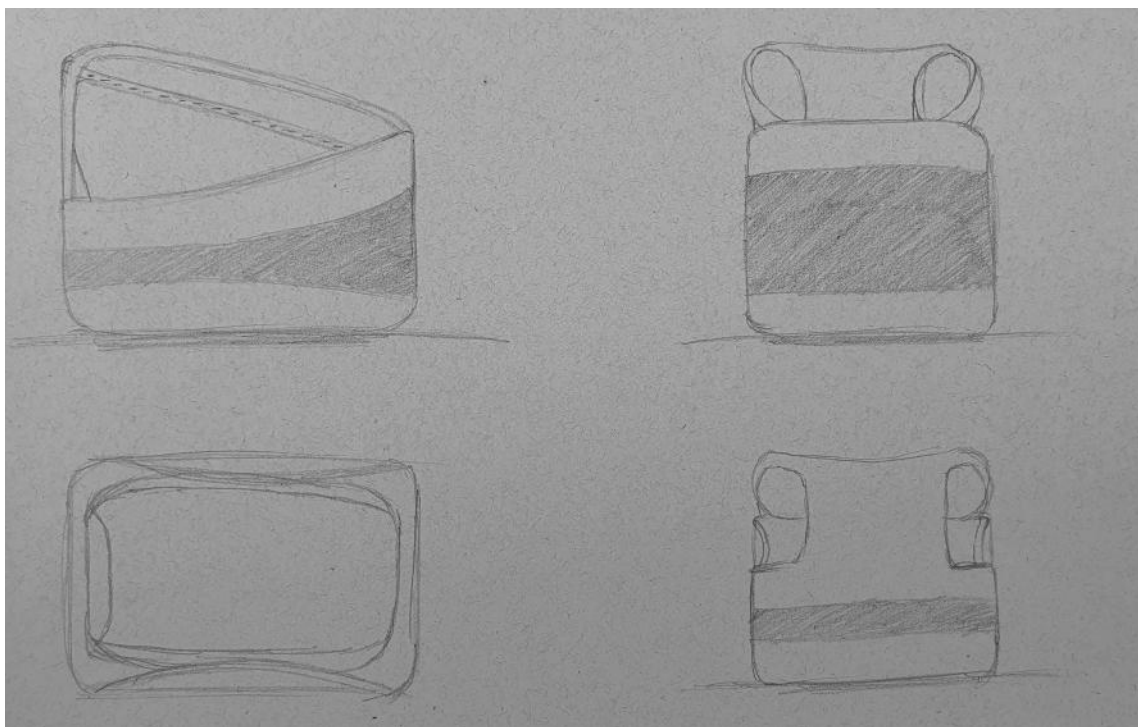


Figura 28: alternativa I. Acervo próprio.

Foi a primeira alternativa realizada. Busca ser compacto, tecnológico e modular

(vertical). Utiliza recursos diferenciados, como o painel de led ultravioleta, visando proporcionar um desenvolvimento mais rápido das plantas. Projetado também para a possibilidade de receber peças arduino.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Sim	Espaciais	Sim
Estruturais	Sim	Estruturais	Não
Funcionais	Não	Funcionais	Não
Segurança	Parcialmente	Ergonômicas	Não
Tecnológicos	Parcialmente	Limpeza	Sim

3.2.2 Alternativa II

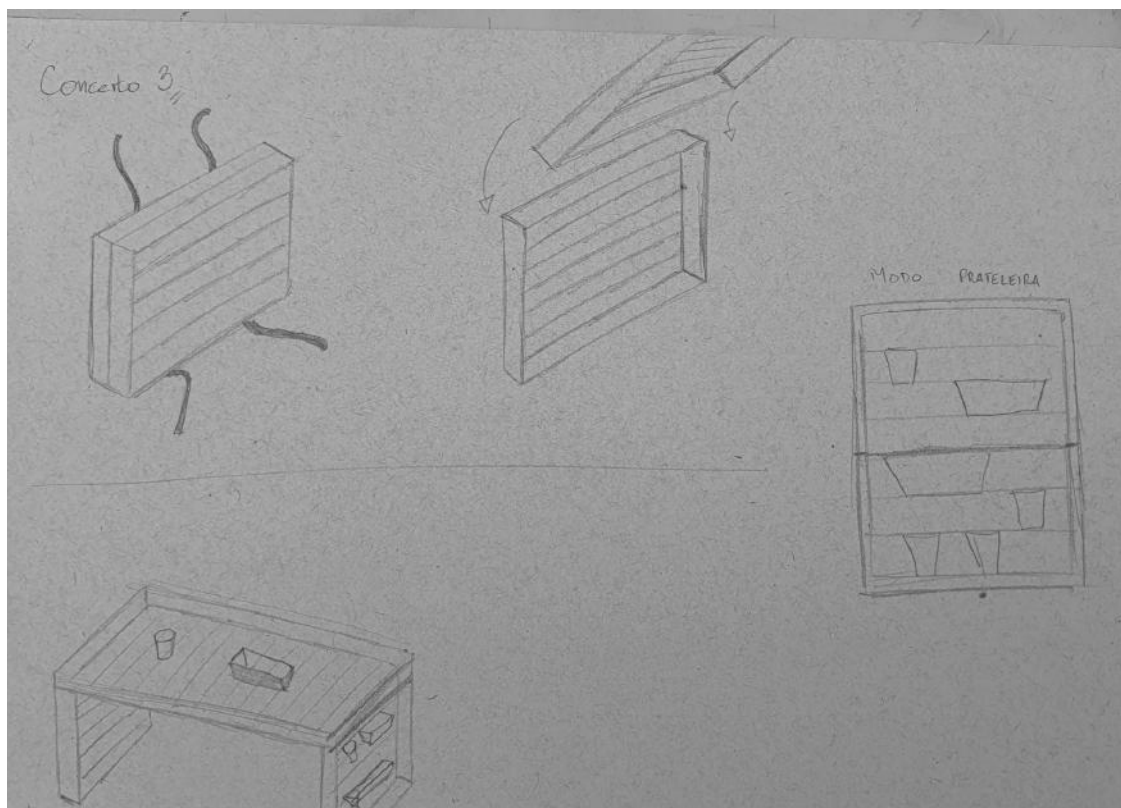


Figura 29: alternativa II. Acervo próprio.

Pensando na flexibilidade de uso, a alternativa buscou ser compacto quando fechado (forma de maleta) e ser utilizado tanto na parede quanto no chão. Não conseguiu atingir muitos dos parâmetros propostos previamente, podendo ser melhor aproveitado em outras técnicas de cultivo, como a tradicional.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Não	Espaciais	Sim
Estruturais	Parcialmente	Estruturais	Parcialmente
Funcionais	Não	Funcionais	Não
Segurança	Não	Ergonômicas	Sim
Tecnológicos	Não	Limpeza	Sim

3.2.3 Alternativa III

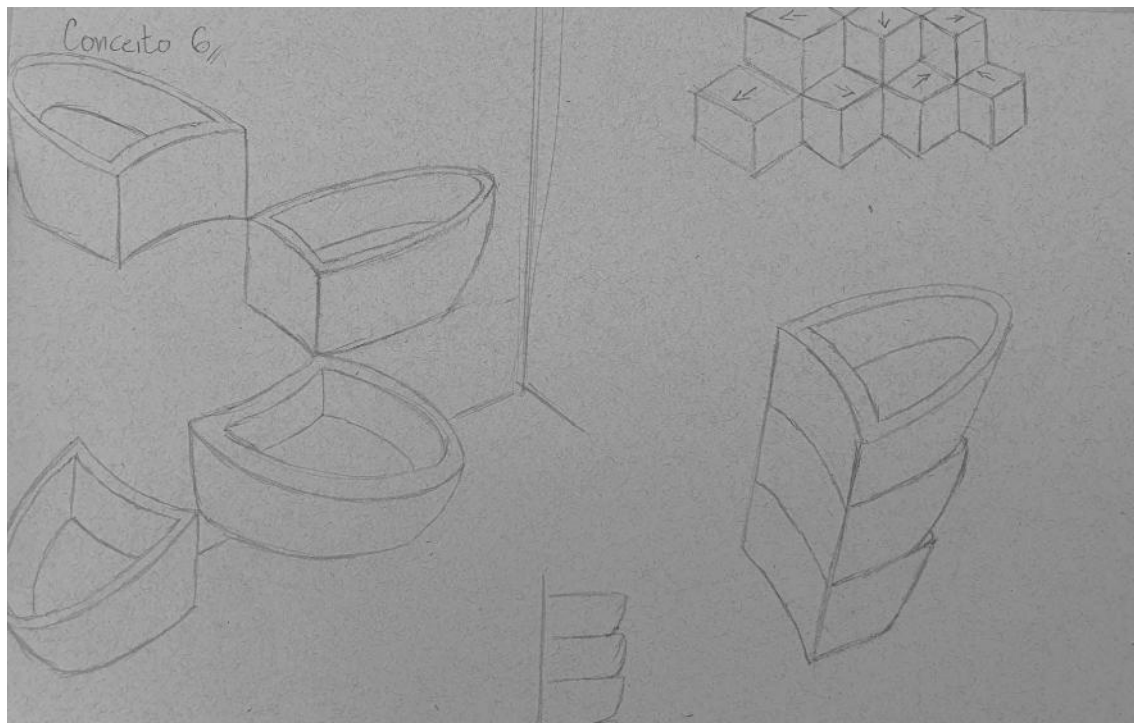


Figura 30: alternativa III. Acervo próprio.

A alternativa III busca uma modularidade tridimensional entre dois ou mais produtos. Já na alternativa verificou-se problemas projetuais sensíveis, como a falta de estabilidade e o mecanismo giratório e de abertura. Posteriormente sua forma ajudou no desenvolvimento das entradas dos nichos em outras alternativas, mais avançadas.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Sim	Espaciais	Não
Estruturais	Parcialmente	Estruturais	Não
Funcionais	Não	Funcionais	Não
Segurança	Não	Ergonômicas	Não
Tecnológicos	Não	Limpeza	Sim

3.2.4 Alternativa IV

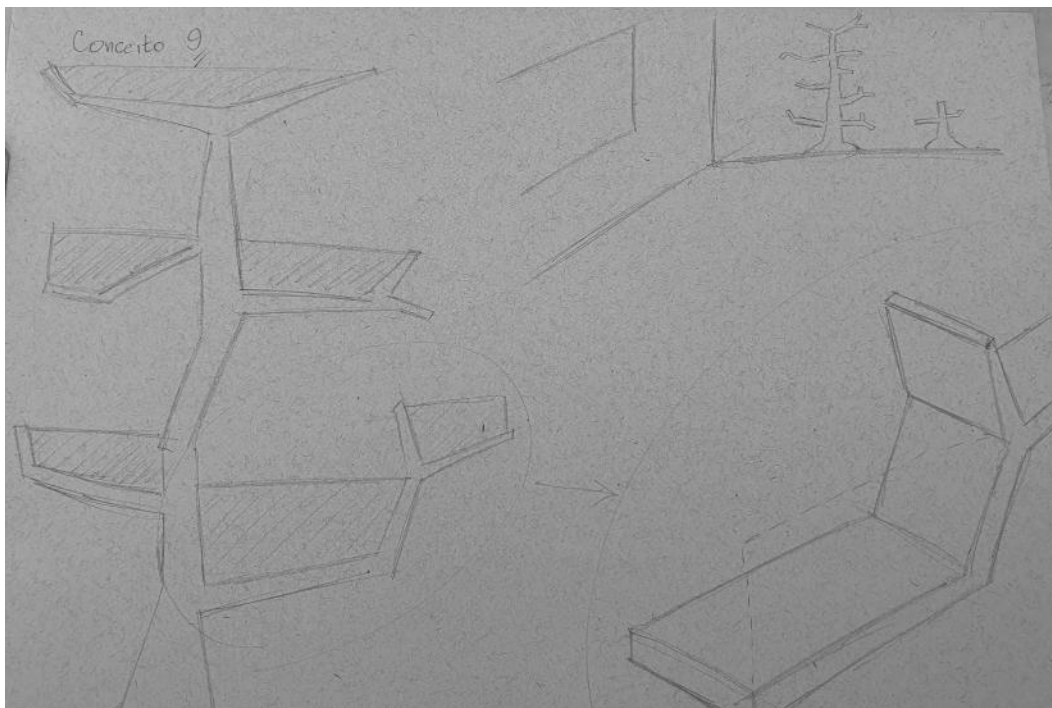


Figura 31: alternativa IV. Acervo próprio.

Com a possibilidade de construção modular ao longo do tempo, a alternativa IV foi projetado para ficar junto à parede, num layout que remetesse à ideia de uma árvore em crescimento, com os nichos para as plantas ficando dispostos ao longo dos ‘galhos’ da estrutura (árvore). Este é a segunda alternativa que atendeu muitos os parâmetros estabelecidos como métrica para o desenvolvimento de um conceito final.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Sim	Espaciais	Sim
Estruturais	Sim	Estruturais	Sim
Funcionais	Não	Funcionais	Parcialmente
Segurança	Parcialmente	Ergonômicas	Não
Tecnológicos	Não	Limpeza	Sim

3.2.5 Alternativa V

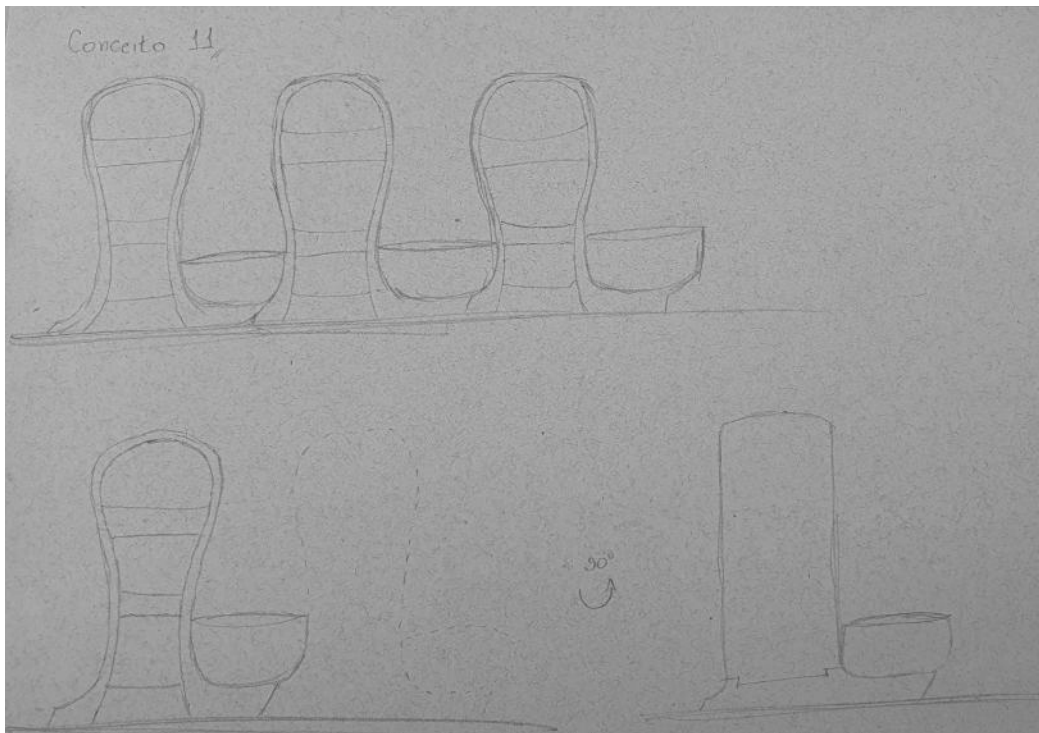


Figura 32: alternativa V. Acervo próprio.

Partindo da premissa de ser uma espécie de estante inteligente, a alternativa V também possui uma base além das prateleiras, dando ao usuário a oportunidade de cultivar plantas de porte maior que as demais. Nesta parte da base também se localiza a integração entre duas unidades da alternativa, dando à ele também modularidade. É a terceira alternativa a atingir boa parte dos parâmetros propostos.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Não	Espaciais	Parcialmente
Estruturais	Sim	Estruturais	Não
Funcionais	Sim	Funcionais	Sim
Segurança	Sim	Ergonômicas	Não
Tecnológicos	Sim	Limpeza	Sim

3.2.6 Alternativa VI

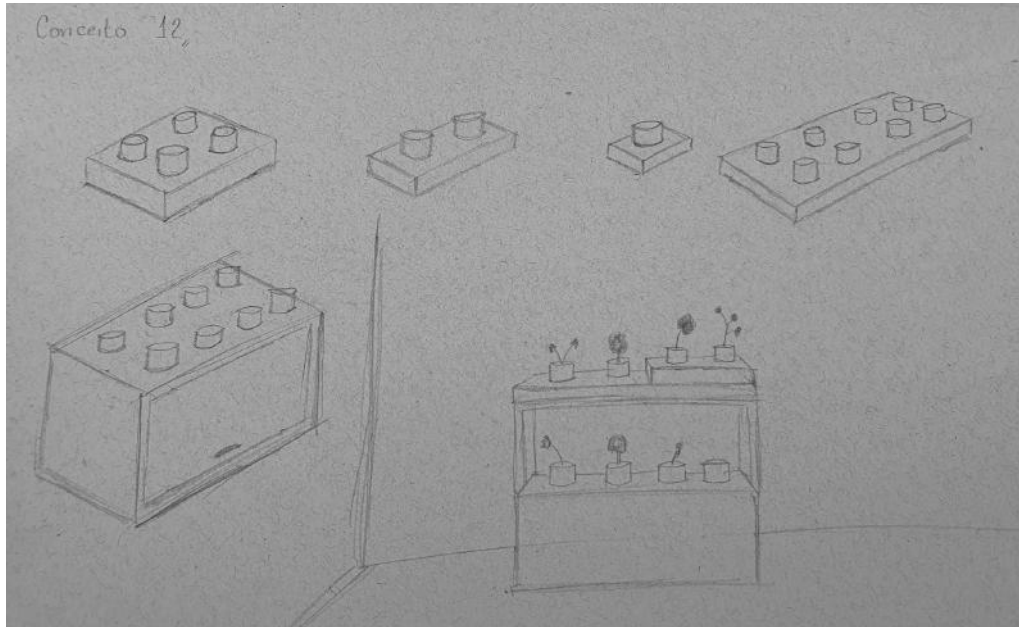


Figura 33: alternativa VI. Acervo próprio.

Tendo o grande objetivo de ser customizável e modular, a alternativa VI não gerou grandes diferenças como as demais, além de não agradar na parte estética. Embora altamente modular, sua implementação resultaria em grande dificuldade de integração entre elementos e poderia gerar novos problemas desnecessários.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Não	Espaciais	Parcialmente
Estruturais	Sim	Estruturais	Não
Funcionais	Sim	Funcionais	Sim
Segurança	Sim	Ergonômicas	Sim
Tecnológicos	Sim	Limpeza	Sim

3.2.7 Alternativa VII

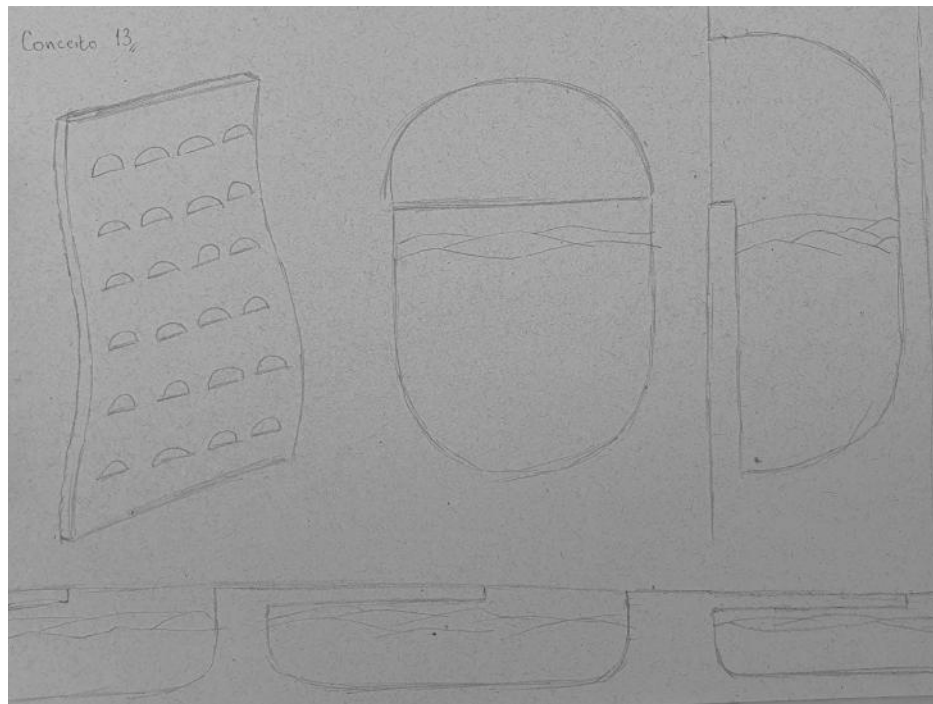


Figura 34: alternativa VII. Acervo próprio.

Diferente dos demais, esta alternativa não visa ser constituída de material rígido, dando uma flexibilidade ímpar nos demais. Ao mesmo tempo, busca uma produção industrial facilitada, uma vez que seu painel flexível poderia ser produzido de forma contínua, dando ao usuário final o poder de escolher qual tamanho seria o mais adequado para suas necessidades, tal qual é com uma toalha de mesa, vendida a metro.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Sim	Espaciais	Sim
Estruturais	Parcialmente	Estruturais	Não
Funcionais	Não	Funcionais	Não
Segurança	Não	Ergonômicas	Não

Tecnológicos	Não	Limpeza	Sim
--------------	-----	---------	-----

3.2.8 Alternativa VIII

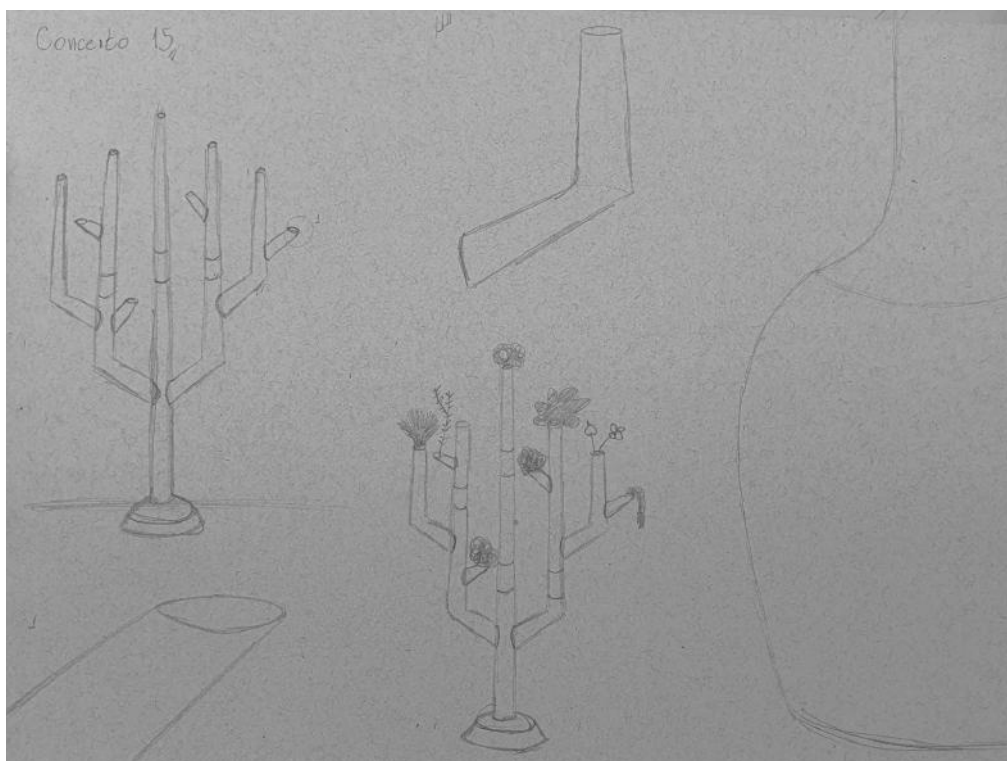


Figura 35: alternativa VIII. Acervo próprio.

A alternativa é ao mesmo tempo o que mais se modificou esteticamente e o que mais buscou atender os parâmetros propostos anteriormente. Embora retilíneo, faz alusão ao tronco e os galhos de uma árvore, numa função de estética e natureza. Também têm opções customizáveis a partir dos galhos menores e nichos, porém não é modular.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Sim	Espaciais	Sim
Estruturais	Sim	Estruturais	Sim

Funcionais	Sim	Funcionais	Sim
Segurança	Parcialmente	Ergonômicas	Sim
Tecnológicos	Sim	Limpeza	Sim

3.2.9 Alternativa IX

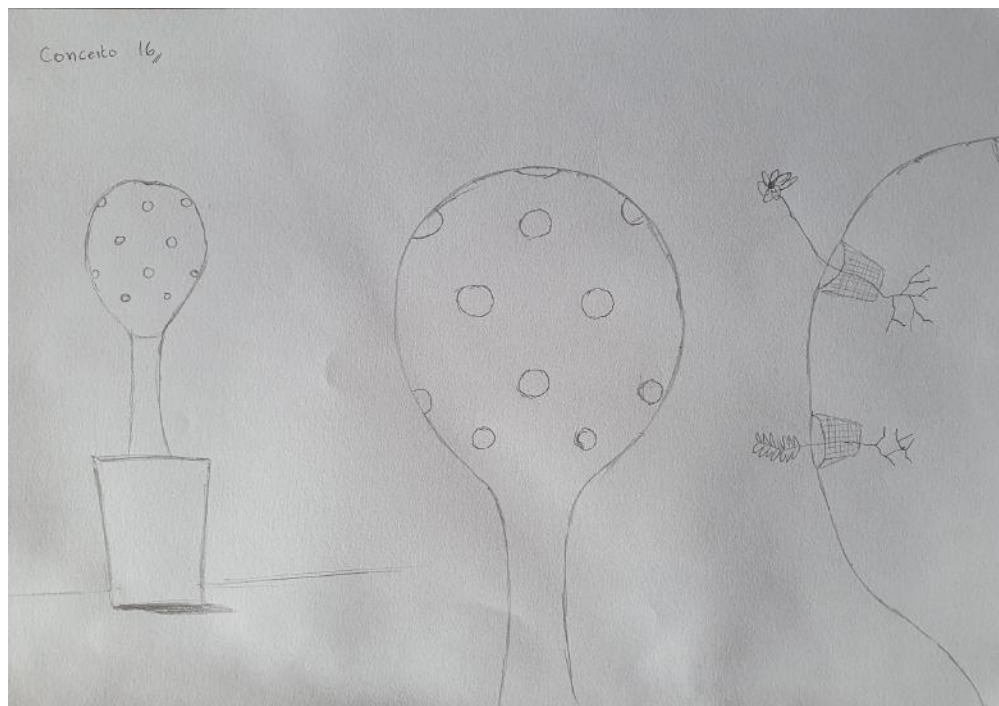


Figura 36: alternativa IX. Acervo próprio.

A última alternativa por sua vez vem como uma alternativa mais prática, e portanto, mais flexível em relação à alternativa anterior (VIII). Por se tratar de uma câmara radicular comunitária, o tubo e o bico pulverizador utilizados para transportar a solução nutritiva é compartilhada entre as plantas, excluindo a necessidade de um sistema complexo de abastecimento para cada parte do sistema, como observado em algumas alternativas. Também faz alusão a uma árvore, com este efeito ficando mais evidente à medida que as plantas crescem.

Requisitos do projeto: atende os fatores abaixo?			
Atributos		Restrições	
Espaciais	Sim	Espaciais	Sim
Estruturais	Sim	Estruturais	Sim
Funcionais	Sim	Funcionais	Sim
Segurança	Sim	Ergonômicas	Sim
Tecnológicos	Sim	Limpeza	Sim

3.3 Alternativas finalistas

Duas alternativas foram escolhidas por se destacarem em relação aos outros: V e VIII. Diferentes entre si e possuindo uma quantidade de atributos que os demais não possuem, essas alternativas viraram preliminares para, a partir deste momento, terem uma última comparação e análise das possibilidades de melhora no projeto.

Alternativa IV: boa alternativa para preencher paredes e torná-las mais funcionais e integradas ao restante do ambiente, pode aproveitar tanto a área vertical quanto a horizontal. Contudo, necessita de um amplo e complexo sistema de trabalho para que o funcionamento ocorra sem maiores percalços.

Alternativa VIII: o mais arrojado do ponto de vista estético, vai de encontro a máxima *a forma segue a função*. Porém, apresenta problemas para abrigar todo o sistema necessário definido nos parâmetros, devendo passar por correções e redesign, dentro da ideia que a alternativa passa.

Alternativa IX: prático e funcional, une a função do objeto (nutrir e desenvolver as plantas) e a estética, conferindo uma composição única com infinitas possibilidades de

arranjo. Diferente das outras alternativas finalistas, não demanda grandes espaços e/ou trabalhos para estar funcionando.

3.4 Alternativa escolhida

Após comparações e análises de prós e contras de cada uma, foi decidido que a alternativa IX apresenta mais opções de melhorias e atualizações, além de ser o que mais cumpria com os parâmetros previamente estabelecidos para o projeto. Nos que não realizava, passará a realizar após as transformações da etapa seguinte. Tais modificações, além de serem necessárias para o cumprimento de todas as especificações e necessidades levantadas ao longo das pesquisas e das análises de similares, darão cara nova ao futuro conceito final de horta aeropônica, fazendo deste um produto diferenciável dos demais.

3.4.1 Análise da escolha

A análise realizada para a escolha do alternativa IX incluiu a parte técnica e a parte estética, de forma separada (julgando especificamente o que era de cada campo) e também a integração entre as duas esferas. Assim, ela ofereceu em sua estética a própria natureza, enquanto na parte técnica atendeu aos que foi requerido em relação às restrições, os objetivos e os atributos listados no capítulo 1, como:

- Integrar o espaço da ambiente;
- Ser uma horta com destaque, diferenciando-a das demais que existem;
- Apelo estético, sem deixar o visual carregado;
- Ser automatizado e tecnológico;
- Possuir um acabamento estrutural elegante.

Assim, a alternativa que mais atendeu os fatores a serem observados foi o escolhido para ser levado adiante.

4 PROJETO

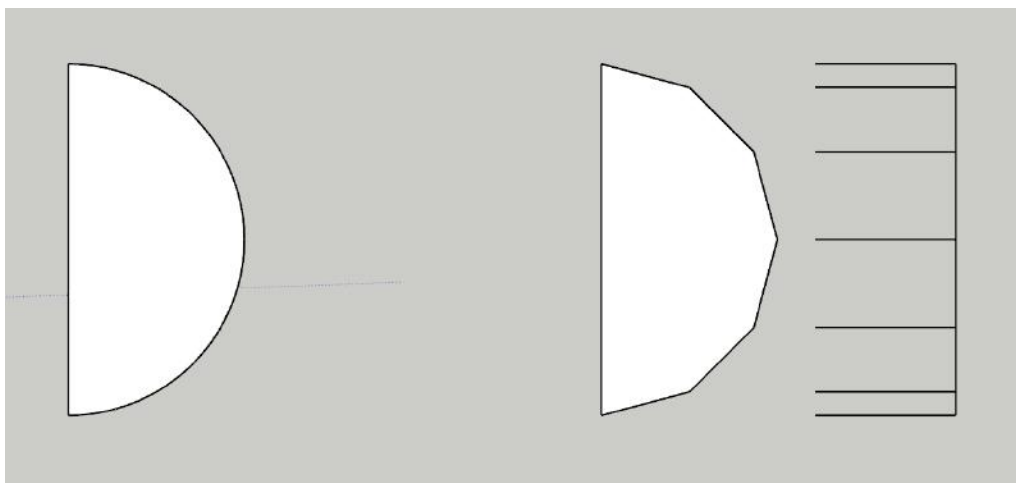
4.1 Modificações realizadas

Visando atender plenamente a forma do produto a sua função, algumas alterações no esboço da ideia escolhida foram necessárias a fim de proporcionar um melhor desempenho e atender melhor os usuários. Com a esfera estética já trabalhada, partiu-se então para a esfera estrutural e funcional do projeto.

4.1.1 Planificação da câmara radicular

A primeira alteração da ideia escolhida foi a de otimizar a superfície onde os nichos foram dispostos. O esboço da ideia propunha uma superfície de contornos contínuos, o que certamente traria problemas no encaixe e fixação dos vasos nos nichos, uma vez que estes são planos, e não curvos. Criar vasos curvos geraria incompatibilidade com os demais vasos no mercado, diminuindo a oferta de produtos compatíveis e assim o barateamento dos mesmos.

Figura 37: antes e depois da planificação da superfície: encaixe certo entre nicho e vaso

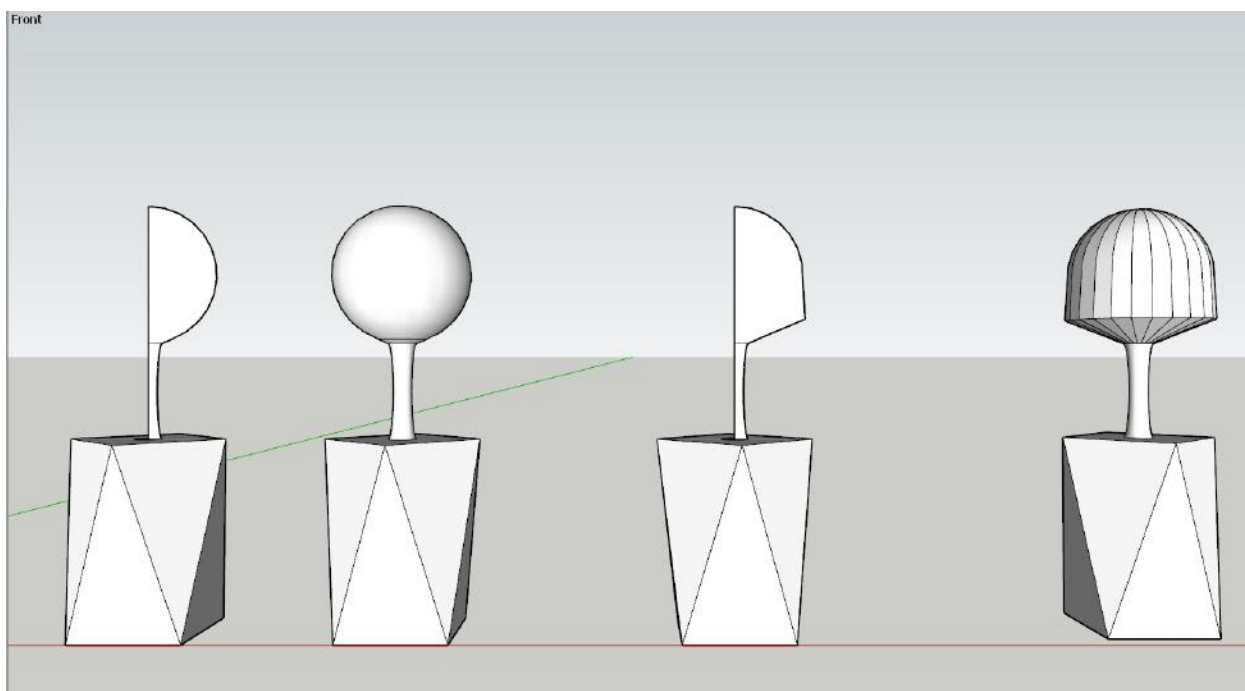


Fonte: acervo próprio.

4.1.2 Nichos inferiores

A segunda modificação foi nos nichos inferiores, uma vez que o esboço deixava esta área que dificilmente seria aproveitada, perto do 'caule': devido a angulação, o desenvolvimento das plantas ali localizadas poderia ser afetado, além de alterarem a composição do produto. Uma vez que elas buscam o Sol, a orientação de crescimento poderia dificultar o preenchimento da superfície da câmara, deixando partes da estrutura aparentes.

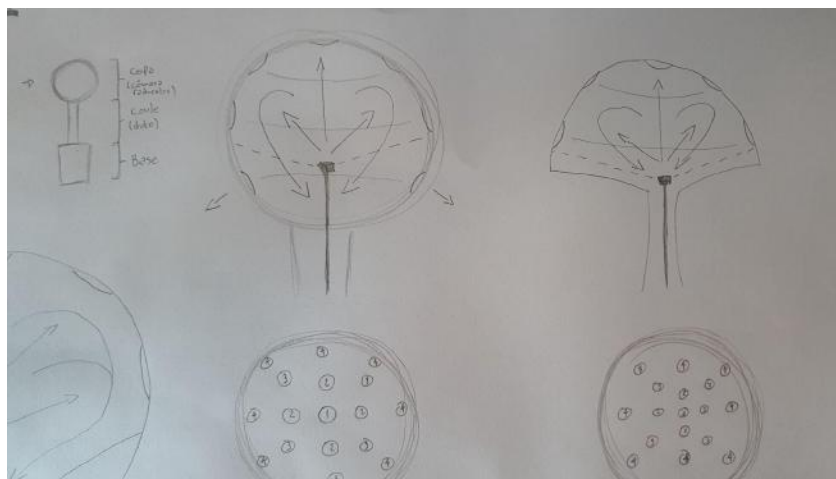
Figura 38: alternativa esférica apresenta problemas projetuais para a instalação dos vasos inferiores



Fonte: acervo próprio.

Outro fator que pesou na decisão foi a angulação do jato aspersor, que apresentou problemas na distribuição da aspersão por não conseguir alcançar os vasos mais baixos. Tudo isso fez com que um redesign na forma da câmara fosse realizado para solucionar os problemas.

Figura 39: angulação do jato aspersor nas alternativas de câmara radicular

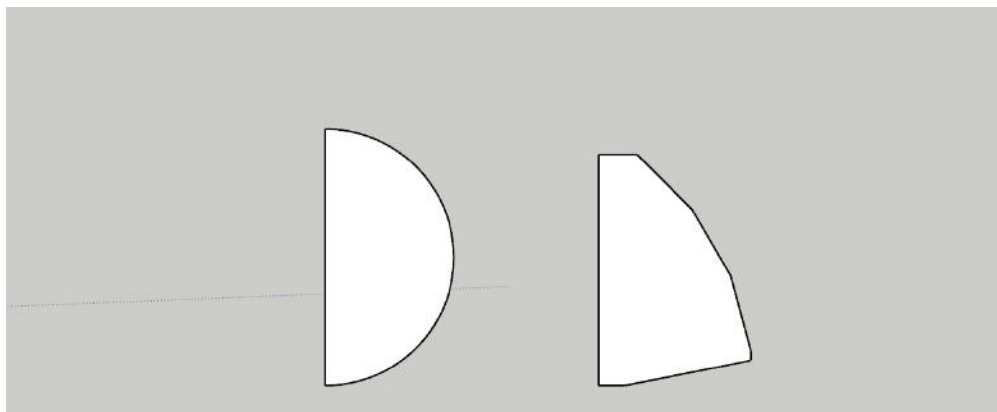


Fonte: acervo próprio.

4.1.3 Escoamento do excedente de solução

Com a problemática encontrada nos nichos inferiores, a existência de uma parte de superfície da estrutura que não receberia nichos entrava em conflito com alguns dos requisitos, como a falta de plantas/ folhas cobrindo essa parte da estrutura, projetada para não ficar plenamente observável durante o desenvolvimento dos alimentos cultivados. Com isso, buscando suprimir esta parte da câmara radicular que não teria utilidade mas mantendo sua função de levar o excesso de solução nutritiva de volta para o reservatório além de respeitar os atributos e restrições do projeto, a parte inferior da câmara radicular sofreu uma alteração em sua forma. Assim, os problemas encontrados foram prontamente corrigidos e suas atribuições preservadas.

Figura 40: escoamento totalmente funcional, atendendo os atributos e restrições do projeto

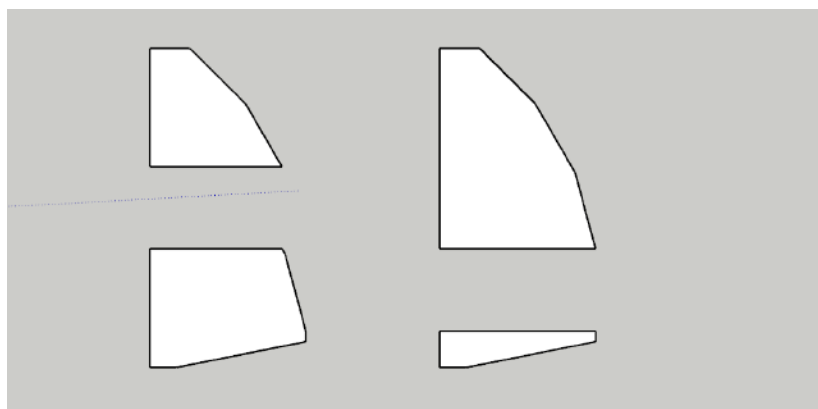


Fonte: acervo próprio.

4.1.4 Divisão da câmara radicular

A câmara radicular também passou a ser projetada como uma união da parte superior com a inferior, uma vez que ela inteira não ofereceria uma boa visão interna nem uma limpeza manual completa. Assim, o modelo de duas partes unidas por encaixe se mostrou simples e prático de se utilizar e de se limpar, tendo o usuário acesso a todo interior sem nenhuma dificuldade. A junção das duas partes ficou estrategicamente posicionada entre o final da base e o início dos andares de nichos, fazendo o encaixe menos aparente, livre de vazamentos ou reduto de solução nutritiva; o que poderia ocasionar o aparecimento de microorganismos.

Figura 41: divisão perto da base evita problemas funcionais



Fonte: acervo próprio.

4.1.5 Bico pulverizador

O terceiro item a ser alterado foi o bico pulverizador. Inicialmente foi escolhido o multi bico FogJet 7N dada a sua capacidade de pulverizar a solução nutritiva de forma uniforme em 360 graus, através de 6 bicos laterais, somando a eles um bico superior, aumentando o alcance da solução em detrimento de outros bicos. O FogJet 7N oferece grande poder de vazão, porém sua potência excede o necessário para a horta aeropônica aqui projetada. O principal fator para a mudança no bico foi em relação ao material do mesmo, metálico: estes se mostram menos eficientes nos campos de custo-benefício e desgaste, além de pesar contra o fato da solução nutritiva poder contribuir para a corrosão do bico, diminuindo ainda mais sua vida útil e eficiência.

Com isso, deu-se preferência aos bicos pulverizadores de menor vazão e de plástico, diminuindo o custo da peça sem perder o custo-benefício, além de mitigar riscos acerca do desempenho do mesmo ao longo de seu uso.

Figura 42: Bico pulverizador FogJet 7N



Fonte: site Spray. Disponível em <<https://spray.com.br>>.

4.1.6 Posição da bomba

A quarta modificação foi no posicionamento da bomba. Anteriormente planejada para estar fora do reservatório refrigerado, a bomba foi posta dentro dele. Na nova concepção, a bomba fica do lado de dentro do reservatório menor (refrigerado) e abaixo do reservatório maior, ficando sempre abaixo do nível da solução, independente

do nível atual do reservatório maior. Embora o fato da bomba não estar dentro de um reservatório faz com que a solução não se encontre com o exterior da bomba em nenhum momento, excluindo qualquer risco de uma reação química entre a solução e os componentes da bomba, a pesquisa buscou selecionar apenas bombas totalmente aptas para cumprir a função, excluindo a possibilidade desses problemas.

4.2 Apresentação do conceito finalizado

Tendo as mudanças necessárias para o bom funcionamento do projeto sido realizadas, o resultado final mostrou diferenças visíveis em relação à ideia previamente escolhida no capítulo 3. As mudanças no sistema e no layout corroboram a visão de que sempre existe espaço para aprimoramento e melhorias.

O nome escolhido para a horta foi AeroTree por unir o propósito do projeto e sua forma: aeroponia e árvore. À medida que as plantas crescem nela, a estrutura da câmara radicular (inferior e superior) vai sumindo, deixando o destaque para as próprias plantas. Numa câmara sem nenhum tipo de barreira física, as raízes crescem livremente, impactando positivamente o desenvolvimento do que for plantado. Seu isolamento do ambiente externo também proporciona um ambiente livre de fungos e outros agentes externos que são prejudiciais às plantações.

AeroTree - Horta aeropônica de baixa pressão vertical

Figura 43: sistema aeropônico completo montado



Fonte: acervo próprio.

As medidas e angulações da câmara radicular (superior e inferior) foram acertadas para uma distribuição homogênea do espaço de cada parte, sem perder a harmonia da composição, quando encaixadas. Os dimensionamentos também levaram em conta o propósito de cada etapa do objeto: a parte inferior da câmara radicular não pode ser mais vertical porque atende a algumas restrições/ atributos, como não deixar a câmara radicular aparente, papel exercido pelas folhas/ plantas. Assim, ao mesmo tempo em que se alcança o objetivo acima, atende a uma de suas funções: escoar a solução nutritiva excedente de volta ao reservatório.

O espaço como um todo foi otimizado para abrigar todas as partes que o sistema necessita para seu pleno funcionamento, desde os reservatórios até os módulos de Arduino, responsáveis pela automação do sistema. O espaço da câmara radicular foi maximizado e manteve os nichos em distâncias iguais entre eles,

proporcionando uma cobertura das plantas total sobre a câmara radicular. Assim, pode-se haver o plantio de mais de um tipo de planta ao mesmo tempo, desde que as mesmas atendam os mesmos padrões de rega, por exemplo.

O encaixe das partes da horta também foi bem sucedido, evitando parafusos e pregos pela estrutura, o que poderia causar complicações devido a reação química da solução nutritiva e dos metais (como no caso observado da bomba). Com isso, reduziu-se a complexidade de montagem e desmontagem, além da manutenção e possibilidade de problemas com materiais.

4.2.1 Capacidade da horta

A horta aeropônica AeroTree possui capacidade total de 21 vasos, podendo desenvolver mais de uma espécie concomitantemente, desde que estas compartilhem dos mesmos requisitos, como o ciclo de rega (ciclo aeropônico). Nesse caso existe a possibilidade do plantio de manjeriço e do alecrim ao mesmo tempo, já que eles não precisam de regas frequentes (logo, utilizam ciclos aeropônicos maiores). Para plantas como o alface recomenda-se o plantio de mais de um pé ao mesmo tempo, já que para cada vaso da câmara radicular apenas um pé será desenvolvido por vez. Uma boa dica de uso da AeroTree é separar metade da horta (entre 10 e 11 nichos) para o cultivo repetido, como o do alface e outras folhas, dado o consumo maior delas em nossas refeições. Já a outra metade fica reservada para temperos diversos, gerando uma excelente otimização do uso do sistema e proporcionando alimentos diversos e saladas completas, sempre frescas.

4.2.1.1 Capacidade dos reservatórios

Partindo do cálculo de que a média de consumo de cada planta estará na faixa de 100 ml de solução por dia, temos um total de 2,1 litros da quantidade sendo consumidas diariamente. Nesse caso, 10 dias levariam o sistema a requerer 21 litros de solução nutritiva para abastecer o plantio de forma correta. Para uma autonomia de 14 dias o consumo ficaria por volta de 29,4 litros. Sabendo que no décimo quarto dia

será necessário repor o estoque do tanque com mais solução, estabeleceu-se como padrão um tanque com capacidade total de 35 litros, onde a capacidade máxima do mesmo seja um pouco menor, de 32 litros. Isso faz com que o tanque não sofra risco de transbordamento. Com isso, o sistema tem autonomia de até 2 semanas, embora seja recomendado a reposição dos nutrientes e da água um pouco antes, a partir do décimo dia, no que pode mitigar eventuais riscos e esquecimentos. Mesmo o reservatório possuindo uma espécie de passagem na lateral para a instalação correta dos sensores de nível d'água, é recomendado sempre que o usuário esteja a par do que está acontecendo na AeroTree através das informações dispostas na tela do produto. Já para o reservatório menor, que é refrigerado, a capacidade máxima será de 2 litros uma vez que não se precisa de uma quantidade maior que essa para ser refrigerada, acabando por reduzir consideravelmente seu tamanho.

Assim, ficou estabelecido que o tanque maior deverá ter formato cilíndrico com dimensionamento ideal de 32 cm de diâmetro por 45 cm de altura. Isso possibilita a capacidade máxima da solução (35 litros) e ao mesmo tempo permite a passagem da mesma através do microtubo, além de manter espaço suficiente para os outros componentes da horta, como os circuitos de Arduino. Já o reservatório menor, por ficar na parte mais baixa da estrutura interna da horta, tem formato quadrado, com faces retas. Para abrigar o volume esperado e ao mesmo tempo se localizar na parte inferior do reservatório maior, as dimensões do tanque refrigerado foram firmadas em 6,5 cm de altura, 20,2 cm de largura e 20,2 cm de profundidade. Por ser quadrado suas faces planas ajudam na hora da instalação do kit de resfriamento (placa de Peltier, dissipador de calor e cooler/ ventoinha) do lado externo da peça.

4.2.2 Abastecimento e distribuição da solução nutritiva

4.2.2.1 Bomba

Para a AeroTree a classe de bombas que mais se adequa a proposta do projeto e atende aos atributos e restrições são as que sejam submersas e que não tenham metais em suas composições, o que poderia acarretar problemas de desempenho.

Assim, priorizou-se as bombas típicas de lagos e lagoas, pois além de apresentarem bom custo-benefício, são em sua imensa maioria feitas de materiais plásticos e atóxicos, além de entregarem uma boa vazão (1.800 a 2.000 litros por hora), gerando pressão suficiente para transportar a solução nutritiva verticalmente a uma altura maior que o mínimo necessário (bico pulverizador), cumprindo assim a sua função.

Partindo disso, uma das alternativas encontradas foi a bomba submersa da Aquatank, modelo MJ 2000. Ela atende a todas as observações previamente feitas visando atender as preocupações e necessidades do projeto. Com poder de elevar a água até 2 metros de altura, portando acima do necessário, oferece condições suficientes de auxiliar o bico pulverizador na pulverização de toda a câmara radicular.

Um fator observado no decorrer do projeto foi o de que se a bomba ficasse fora do reservatório refrigerado, parte da solução nutritiva se localizaria no microtubo entre o próprio reservatório e a bomba. Isso faria com que esta solução ficasse fora de refrigeração, podendo alterar um pouco a temperatura da mesma no momento da próxima pulverização. Nesse caso, a cada ciclo realizado uma parte da solução estaria sujeita a isso, podendo causar uma diminuição do desempenho, ainda que pouco.

Diferentemente do fator acima, as bombas submersas não oferecem esse risco por estarem dentro da própria solução nutritiva refrigerada. Por conseguinte, todo o líquido pulverizado sairá devidamente refrigerado, dentro da margem previamente estabelecida para a plena absorção das raízes.

Figura 44: bomba submersa Aquatank MJ 2000, com capacidade de bombear 2.000 litros/ hora



Fonte: retirado de anúncio do Mercado Livre. Disponível em <<https://mercadolivre.com.br>>.

4.2.2.2 Bico pulverizador

Segundo os resultados obtidos pela pesquisa dos tipos de bicos pulverizadores, existe uma grande variedade deles distribuídos entre inúmeros materiais, angulações, cones e diâmetros de gotas. Para a AeroTree os bicos mais indicados são os de materiais plásticos e de ângulo 360 graus, cobrindo assim todo o perímetro da câmara. Para uma maior visualização da distribuição da solução pulverizada, temos a figura abaixo mostrando os alcances de 90, 180 e 360 graus:

Figura 45: bicos pulverizadores e suas angulações



Fonte: anúncio publicitário no AliExpress. Disponível em <<https://pt.aliexpress.com>>.

Uma vez que existe a necessidade de suportes laterais para a fixação do ‘teto’, o ângulo total do bico de 360 graus acaba por ser menor que seu nome. Para contornar isso, os suportes laterais devem ser posicionados em alguma das arestas da câmara radicular, fazendo com que a área de cobertura prejudicada não tenha nenhum nicho de vaso, e portanto nenhuma raiz de planta. Para esse posicionamento basta girar com o dedo o bico pulverizador que já estiver encaixado no microtubo de 7mm.

Não existe um modelo de bico pulverizador específico para a AeroTree, de modo que qualquer bico que atenda às especificações previamente descritas neste relatório

(material, espessura de encaixe, angulação, tipo de cone e diâmetro das gotas pulverizadas) pode ser instalado e utilizado nesta horta.

4.2.2.3 Ciclos ON/ OFF

Dada a vasta gama de plantas que podem se desenvolver no ambiente aeropônico, os ciclos foram divididos em dois tipos: os automáticos e os manuais. Os ciclos automáticos já vêm estabelecidos no sistema da AeroTree e foram definidos com base nas plantas mais cultivadas no ambiente da aeroponia, como o alface. Utilizando os intervalos mínimo e máximo e outras três faixas dentro desses limites, o sistema conta com cinco ciclos automáticos onde o usuário poderá escolher o que melhor atenda as necessidades da planta e do local onde a horta está localizada. São eles:

1. Ciclo de 5 minutos, sendo 0:15 ON e 4:45 OFF. Total de 12 ciclos por hora;
2. Ciclo de 5 minutos, sendo 0:30 ON e 4:30 OFF. Total de 12 ciclos por hora;
3. Ciclo de 6 minutos, sendo 0:30 ON e 5:30 OFF. Total de 10 ciclos por hora;
4. Ciclo de 6 minutos, sendo 1:00 ON e 5:00 OFF. Total de 10 ciclos por hora;
5. Ciclo de 10 minutos, sendo 1:00 ON e 9:00 OFF. Total de 6 ciclos por hora.

Porém, sabendo da complexidade da natureza e de todos os fatores que precisam ser levados em conta na hora de calcular o ciclo aeropônico, a horta AeroTree permite que o usuário defina um ciclo manual, com contagens ON e OFF diferente das cinco automáticas, visando a melhor condição para as plantas, independentemente do local onde estão. Isto posto, o usuário poderá criar um ciclo personalizado, escolhendo o período ON entre 5 segundos e 5 minutos e o período OFF entre 1 minuto e 20 minutos. O ciclo manual poderá ser cancelado ou alterado a qualquer momento, se assim o usuário quiser.

4.2.2.3 Vazão média de solução nutritiva

Utilizando os dados encontrados na página de venda do bico pulverizador verde da imagem acima (2# 360°) temos um fluxo de pulverização de 30 litros por hora de

uso. Isso significa que, aplicado aos ciclos aeropônicos automáticos presentes na AeroTree, encontramos as seguintes médias de solução pulverizadas:

Tabela 2: vazão do bico pulverizador nos ciclos automáticos

BICO PULVERIZADOR 360°							
Ciclos aeropônicos				Vazão			
ON	OFF	Hora	Dia	Seg.	Min.	Hora	Dia
Sempre	Nunca	-	-	8,33 ml	500 ml	30 L	720 L
00:15	04:45	12	288	125 ml	-	1,5 L	36 L
00:30	04:30	12	288	250 ml	-	3 L	72 L
00:30	05:30	10	240	250 ml	-	2,5 L	60 L
01:00	05:00	10	240	-	500 ml	5 L	120 L
01:00	09:00	6	144	-	500 ml	3 L	72 L

Embora a horta consiga bombear uma quantidade de litros considerável, é bom salientar que apenas uma parte do que é pulverizado irá parar nas raízes, e que ainda assim somente uma parcela dela irá ser devidamente absorvida pelas plantas, levando o excedente na câmara radicular e nas raízes a voltar para o reservatório. Outro ponto a ser observado é o de que os ciclos são feitos para garantir que as plantas recebam o necessário para seus respectivos desenvolvimentos; isso faz com que suas raízes não morram devido ao ressecamento e também não apodreçam pelo excesso de água, deixando-as sempre levemente umedecidas.

4.2.3 Materiais utilizados

4.2.3.1 Madeira plástica

O MDF foi um dos materiais previamente selecionados por ser versátil e somar ao conjunto que já possuía um material definido: o PVC. Além de ter uma certa resistência a umidade, o material acabaria por trazer uma completude estética. Tais

fatores contribuíram para sua escolha. Porém, com novas pesquisas de materiais e buscando mitigar riscos eventuais com o material, surgiu uma substituição a altura dele: a madeira plástica. Embora também seja plástico, seu tratamento e componentes acabam por dar a ela uma cara nova, diferente dos plásticos comuns. Com isso, as propriedades que conferem o plástico passam a estar aliadas à estética que foi pensada logo no início do projeto: de aparentar ser madeira. Ao realizar a troca, os principais riscos que o material antigo oferecia, como baixa resistência a umidade e a água, foram sanados através da correção do material, sem perder o chame de lembrar um vaso de madeira. Além disso, soma-se a alta durabilidade do material, de aproximadamente 50 anos, e o fato dele ser ecológico.

A madeira plástica foi escolhida para ser aplicada na parte inferior da estrutura por apresentar integridade e resistência física, além de ir de encontro com a proposta estética desta parte da horta: representar um vaso de planta. Atendendo os requisitos do projeto (barreira de luz externa, apelo estético, etc.) as placas de madeira plástica oferecem tudo isso. Em conjunto com o PVC, a dupla de materiais une a praticidade e eficiência do sistema com a estética e acabamento da horta como um todo.

4.2.3.2 Policloreto de Vinila (PVC)

O PVC foi o material escolhido para a parte superior da estrutura por já ser largamente utilizado no cultivo de plantas, em especial na hidroponia. Além disso, ao longo do tempo se mostrou muito eficiente com líquidos, não tendo os problemas clássicos de outros materiais, como os metálicos. Dado seu histórico que demonstra ser um material confiável para a função, o PVC é mais resistente a intempéries e é mais leve que outros materiais, além de não afetar a composição da solução nutritiva nem de causar adversidade nas plantas. Outro aspecto onde o PVC ganha destaque é o de ser um material flexível, oferecendo inúmeras aplicações e formas ilimitadas de estrutura. Coroando tudo isso, é um material que pode ser reciclado diversas vezes, podendo ter outra função após o descarte correto da horta AeroTree.

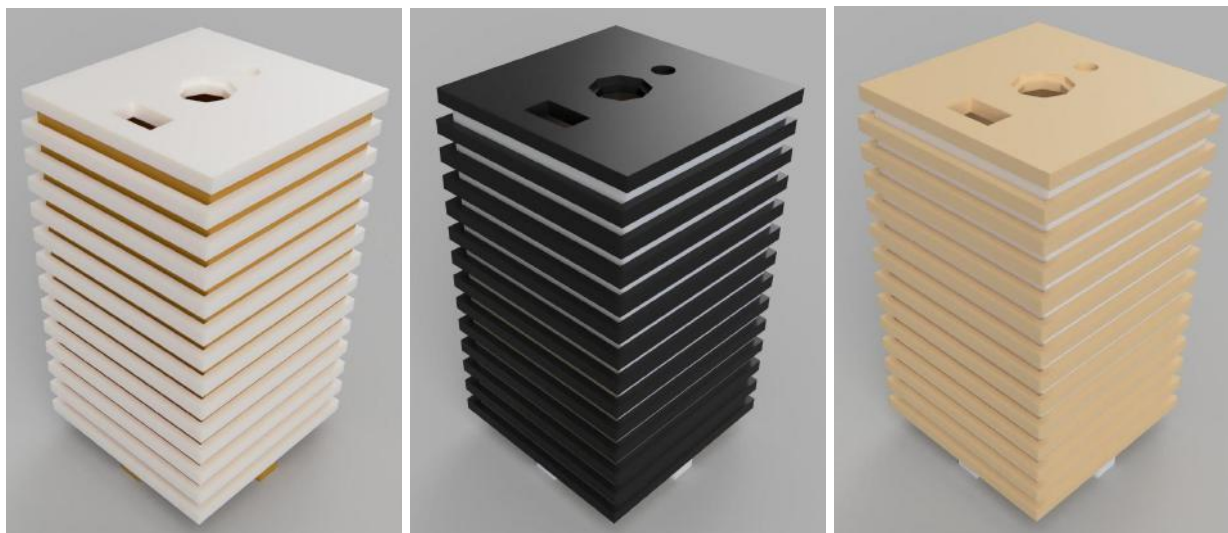
4.2.3.3 Alumínio

O alumínio foi escolhido para ser aplicado no reservatório pelas suas características e por ajudar a alcançar a temperatura desejada mais rapidamente. Assim, mesmo com o sistema de refrigeração desligado enquanto a temperatura da solução estiver dentro do intervalo estabelecido, a temperatura não será impactada no curto prazo, maximizando a refrigeração do interior do reservatório e otimizando a eficiência energética, uma vez que não será necessário permanecer ligada a todo momento. A resistência a intempéries também foi um ponto diferencial para a escolha do material.

4.2.4 Cores alternativas da AeroTree

Além da cor padrão, a AeroTree dispõe de três cores para o vaso.

Figura 46: cores alternativas disponíveis para o vaso



Fonte: acervo próprio.

4.2.5 Amenidades da AeroTree

Buscando uma integração plena entre plantas, ambiente, sistema e usuário, a horta apresenta algumas amenidades que são componentes da mesma, o que faz da

AeroTree uma solução inteligente e completa, de muitos diferenciais e possuidora de uma identidade compatível com usuários de agenda corrida e que possuem um estilo de vida saudável, e por isso exigente.

- **Dissipação de ar quente:** o vaso onde a horta está montada apresenta furos na parte traseira, onde também estão localizados a pastilha de peltier, o dissipador e o cooler. o ar quente que o cooler tira do dissipador pode fazer com que o ambiente dentro do vaso ficasse abafado, podendo ocasionar mudanças na estrutura do tanque maior, sem refrigeração. Com os furos, o ar quente transportado pelo ventilador é direcionado para fora da estrutura, deixando o ambiente interno sempre arejado.
- **Controle da umidade interna:** um sensor de umidade será instalado na câmara radicular para monitorar a umidade de seu interior e enviar ao sistema o que coletar, em tempo real.
- **Personalização de ciclos:** com a escolha entre ciclo automático e manual, o usuário pode encontrar os intervalos ideais para qualquer planta que esteja apta a desenvolver no modelo aeropônico. Seja qual frequência de pulverização as raízes precisarem, a AeroTree poderá fornecer.
- **Monitoramento em tempo real:** o sistema da horta é composto de sensores com funções específicas que fazem leituras periódicas, mantendo tudo sempre atualizado.
- **Consumo eficiente:** os processos presentes na horta foram planejados para oferecer o resultado de modo que não seja complexo e que gaste apenas a energia necessária. Para isso foram inseridas válvulas solenóides, que gerenciam a energia a algumas partes do sistema somente quando necessário.
- **Tela interativa:** todo o conteúdo do sistema, apresentando as informações coletadas dos sensores presentes pela horta poderão ser consultados pelo usuário a qualquer momento, de forma interativa, na tela touch. O controle dos ciclos aeropônicos, a função de autolimpeza, pausas no funcionamento e outras tarefas estão presentes na, a poucos toques de serem realizados.

- **Sistema automatizado:** o sistema da AeroTree monitora todos os fatores necessários para o pleno funcionamento dos componentes da horta e o total desenvolvimento das plantas que lá crescem, dando menos preocupações para o usuário e mais tempo livre para ele investir em outras coisas. Um exemplo disso é a pulverização extra no caso de baixa umidade, corrigindo o problema sem a necessidade de intervenção humana.
- **Cores:** o usuário poderá escolher a estrutura que mais lhe agrada entre algumas opções de cores para o vaso, integrando o mesmo ao ambiente em que estiver, ao mesmo tempo em que mantém seu próprio destaque.

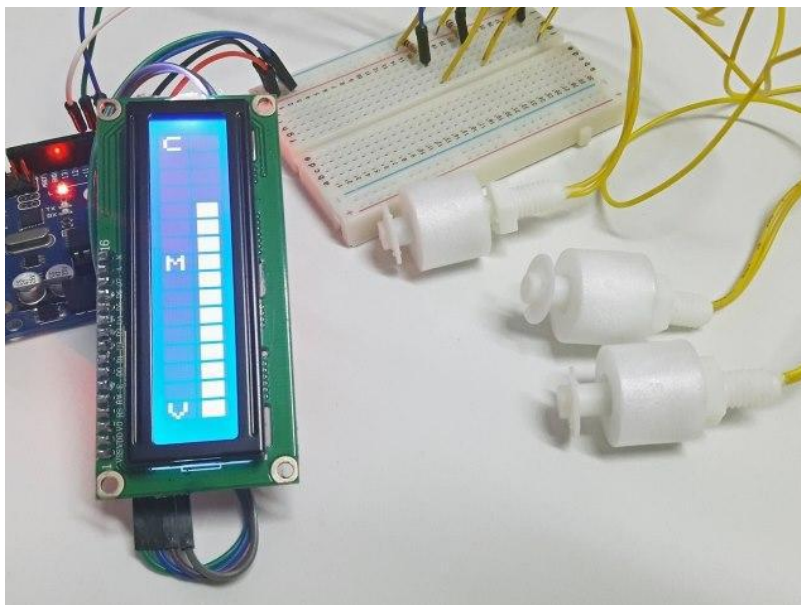
4.3 Tecnologia da AeroTree

No âmbito da tecnologia, a AeroTree traz avanços em relação a hortas comuns presentes em residências. Um desses avanços é a presença do Arduino, que proporciona um gerenciamento sem a necessidade constante da presença humana, entregando tempo livre para o usuário investir em outras tarefas e atividades enquanto o sistema toma conta e monitora a hora em tempo real.

4.3.1 Sensor de nível d'água - reservatório grande

O sensor de nível funciona como uma chave liga-desliga que pode acionar chaves, bombas, lâmpadas ou enviar um sinal para o microcontrolador como o Arduino, Pic e Raspberry Pi. Pode ser utilizado tanto na parte superior do recipiente como na parte inferior, já que possui um anel de vedação (o-ring) e travamento por porca. O sensor deve ser instalado na posição vertical.

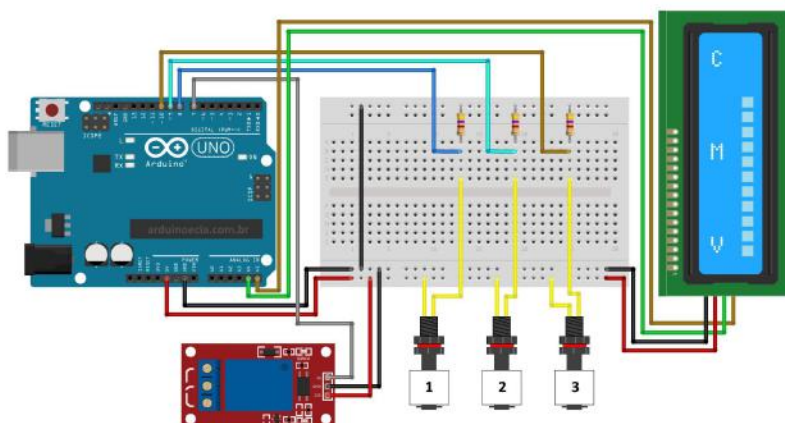
Figura 47: sensor de nível d'água para o reservatório grande



Fonte: site Arduino e Cia. Disponível em <<https://arduinoecia.com.br>>.

No caso da AeroTree, o visor presente na imagem acima não é necessário devido a tela touch presente no sistema, jogando essa e qualquer outra informação de leitura para a tela presente no tanque. Como esse sensor serve para utilização em caixas d'água, tanques, reservatórios e outros recipientes, foi aplicado ao projeto para ser instalado verticalmente na parede do tanque, com 4 boias, representando 100%, 50%, 25% e 0%.

Figura 48: ilustração do circuito de sensores bóia



Fonte: site Arduino e Cia. Disponível em <<https://arduinoecia.com.br>>.

4.3.2 Sensor de nível d'água - reservatório pequeno

O sensor para o reservatório refrigerado será menor dada às dimensões reduzidas do próprio tanque. Aqui, foi escolhido este sensor por ele poder estimar o nível de água através de condutores paralelos que entram em curto quando é molhado por algum líquido, convertendo facilmente o nível de água em sinal analógico, que pode ser enviado diretamente para a placa Arduino. Ele pode ser usado também em projetos de nível de líquidos, como tanques e cisternas. Quando o nível do líquido (água, por exemplo) atinge o sensor, o sinal analógico varia e avisa o arduino para que ele envie o comando de cessar o fluxo de água, por exemplo.

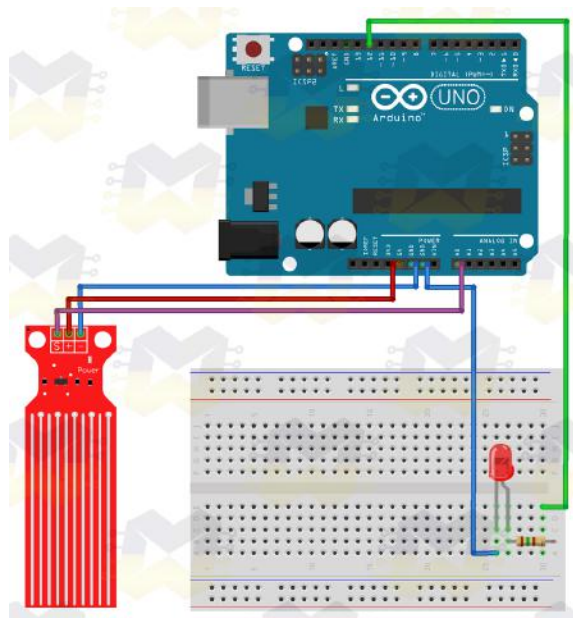
Figura 49: sensor de água para o reservatório pequeno



Fonte: site AutoCore Robótica. Disponível em <<https://autocorerobotica.com.br>>.

A placa deste sensor é revestida em ambos os lados com um tratamento de níquel contra oxidação, melhorando assim a condutividade, desempenho e duração. Sempre que o mesmo marcar $\frac{3}{4}$ da capacidade do tanque, ou seja, 1,5 litro, o sistema ativará o módulo Relé para que a válvula solenóide abra, liberando mais solução nutritiva do reservatório maior e assim enchendo o menor. O sensor marcando 2 litros faz o sistema desativar a módulo Relé, fechando a válvula solenóide e interrompendo assim a passagem da solução nutritiva entre os tanques.

Figura 50: circuito do sensor de água para reservatório pequeno

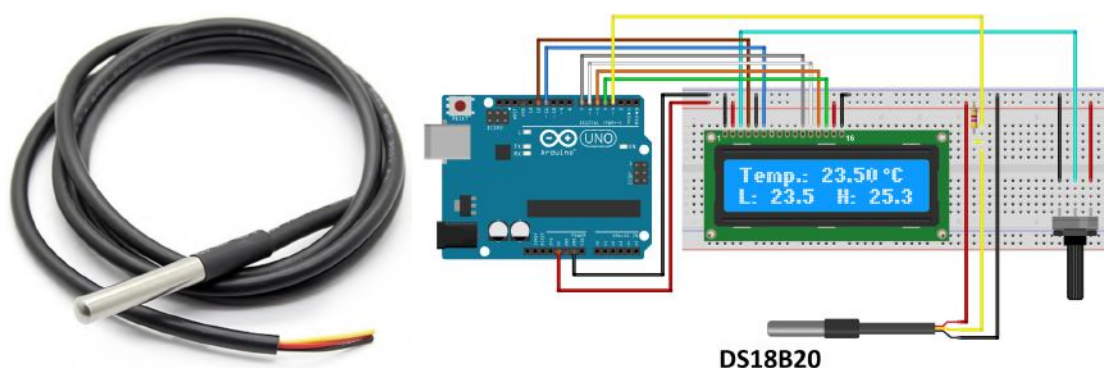


Fonte: blog Master Walker Shop. Disponível em <<https://blogmasterwalkershop.com.br>>.

4.3.3 Sensor de temperatura aquático

Para monitorar a temperatura da solução no tanque refrigerado, o sensor a ser utilizado é o DS18B20, por poder efetuar leituras com precisão de até $\pm 0,5$ °C, e enviar as informações para o microcontrolador utilizando apenas 1 fio. Como cada sensor desse possui um endereço físico, é possível colocar vários sensores como esse em um mesmo barramento, utilizando uma única porta do microcontrolador, efetuando assim a leitura de forma individual.

Figura 51: sensor de temperatura aquático DS18B20 e seu circuito



Fonte: site FilipeFlop. Disponível em <<https://filipeflop.com>>.

4.3.4 Sensor de Ph da solução nutritiva

Este sensor fará o monitoramento direto da acidez e alcalinidade da solução, com os dados sempre presentes no visor do tampo. Ele estará mergulhado no tanque maior, tendo a leitura da maior parte do líquido presente na horta. Este modelo foi selecionado pois é voltado para o monitoramento de aquários, piscinas e sistemas de hidroponia e aquaponia. Consegue medir as variações entre 0 e 14 e possui um eletrodo de referência (cloreto de prata) e um eletrodo de vidro sensível ao íon de hidrogênio. Aplicável no Arduino, e portanto sendo integrado ao projeto, necessita de do módulo PH4502C para passar as informações ao sistema.

Figura 52: sensor de Ph da solução nutritiva e módulo Ph4502C

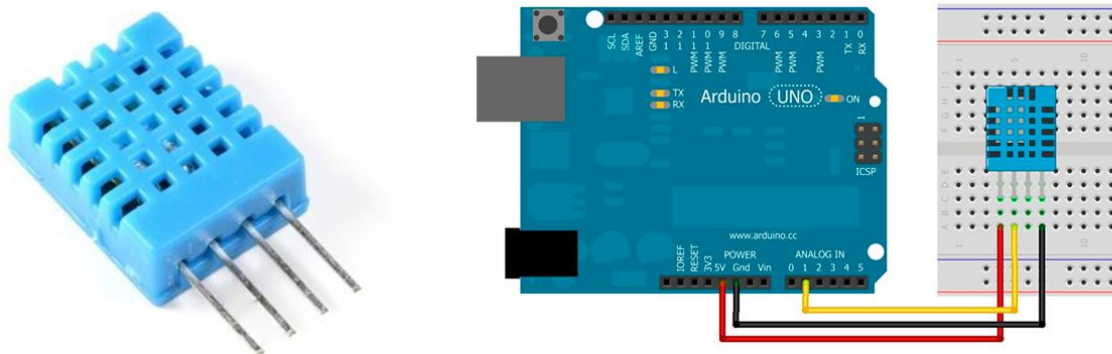


Fonte: anúncio publicitário do Mercado Livre. Disponível em <<https://mercadolivre.com.br>>.

4.3.5 Sensor de temperatura e umidade - câmara radicular

O sensor de temperatura e umidade para a câmara radicular selecionado foi o DHT11 por ser compacto e acessível. Ele inclui um componente medidor de umidade e um componente NTC para temperatura, ambos conectados a um controlador de 8-bits. Segundo as pesquisas feitas, o destaque neste componente é o protocolo usado para transferir dados entre o MCDU e DHT11, pois as leituras do sensor são enviadas usando apenas um único fio de barramento.

Figura 53: sensor de umidade e temperatura DHT11 e seu circuito



Fonte: site FilipeFlop. Disponível em <<https://filipeflop.com>>.

4.3.6 Sensor de data e hora - Real Time Clock

Com o módulo RTC DS1307 o sistema dispõe de um componente muito útil para montar um relógio com o Arduino, além de poder definir alarmes e assim executar ações em horários predeterminados. A sigla RTC significa Real Time Clock, ou seja, um Relógio de Tempo Real (RTC). Esse módulo tem 56 bytes de memória não-volátil disponíveis para uso, é capaz de armazenar e fornecer informações completas de data como dia da semana, dia do mês, mês, ano e além é claro, das funções de horas, minutos e segundos, nos formatos de 12 ou 24 horas. Meses com menos de 31 dias e anos bissextos são ajustados automaticamente. Uma bateria de lítio garante que os dados sejam preservados mesmo sem alimentação externa, e é acionada automaticamente em caso de falta de energia no módulo. Todas as informações coletadas estão presentes na tela touch, no tampo da horta.

4.3.7 Pastilha termoelétrica (Peltier)

A pastilha termoelétrica é vital para o funcionamento do projeto, pois sem ela não é possível levar a solução nutritiva na temperatura ideal para as plantas, comprometendo e muito o desenvolvimento delas. Portanto ela será posta junto ao reservatório menor e funcionará sempre em conjunto com o cooler. A fiação será controlada por um dos módulos Relé presentes na horta, que será ativado sempre que

o sistema julgar necessário, com base nos padrões definidos na hora da programação. A face fria estará colada na parede do reservatório por pasta adesiva térmica.

Figura 54: pastilha termoeétrica (Peltier)

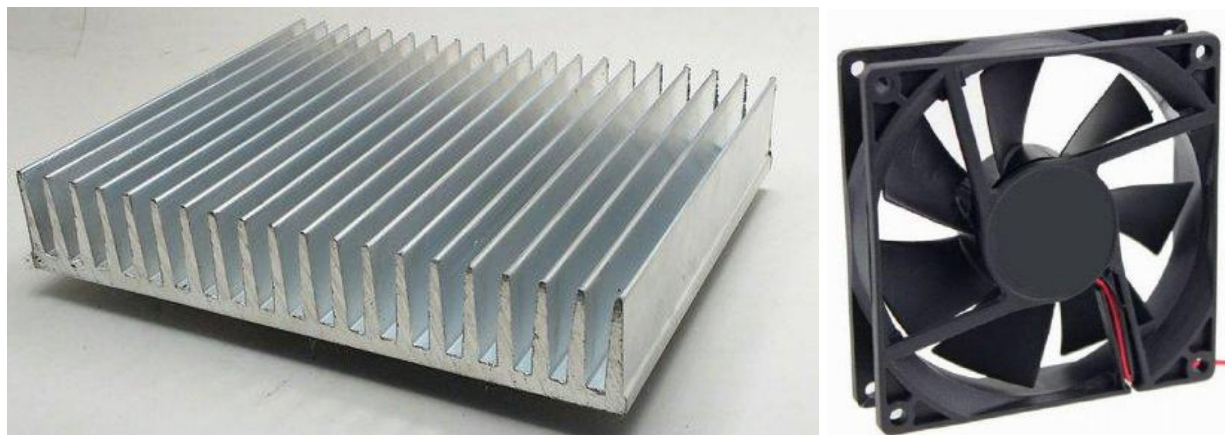


Fonte: site FilipeFlop. Disponível em <<https://filipeflop.com>>.

4.3.8 Dissipador de calor e cooler

Completando o sistema de resfriamento da horta, o dissipador e o cooler possuem a missão de dissipar e jogar para longe todo o calor gerado pela face quente da pastilha de Peltier. O dissipador ficará entre a pastilha e o cooler e este último estará preso no dissipador através de pequenos parafusos em suas extremidades.

Figura 55: dissipador e cooler



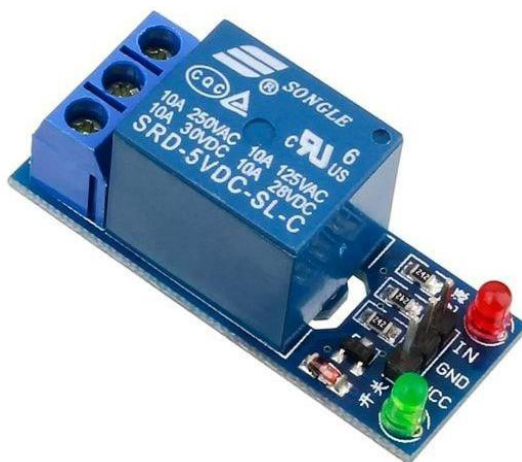
Fonte: anúncios publicitários no Mercado Livre. Disponível em <<https://mercadolivre.com.br>>.

Por fim, o ar quente será levado para o exterior da horta através dos furos traseiros presentes no 'casco' do vaso. Um desses furos também será o responsável pela passagem do cabo de energia da horta.

4.3.9 Módulo Relé

O módulo Relé geralmente pode ser também usado com AVR, PIC, Raspberry, 8051, ARM ou até mesmo o seu circuito eletrônico personalizado. Usando dois pinos do módulo Relé arduino é possível controlar cargas como lâmpadas, motores, fechaduras e eletrodomésticos.

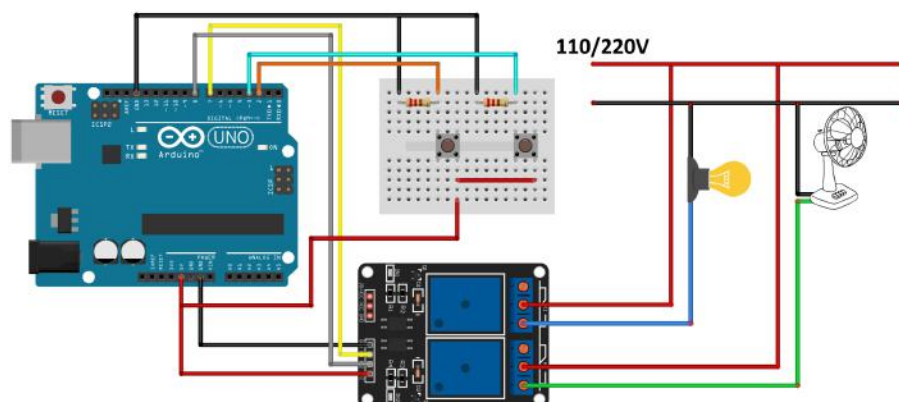
Figura 56: módulo Relé



Fonte: anúncio publicitário do Mercado Livre. Disponível em <<https://mercadolivre.com.br>>.

No caso deste projeto, sua aplicabilidade atende as demandas da horta ao controlar a bomba, a pastilha termoeletrica e a válvula solenóide, assegurando o uso correto desses componentes no dia-a-dia.

Figura 57: circuito do módulo Relé



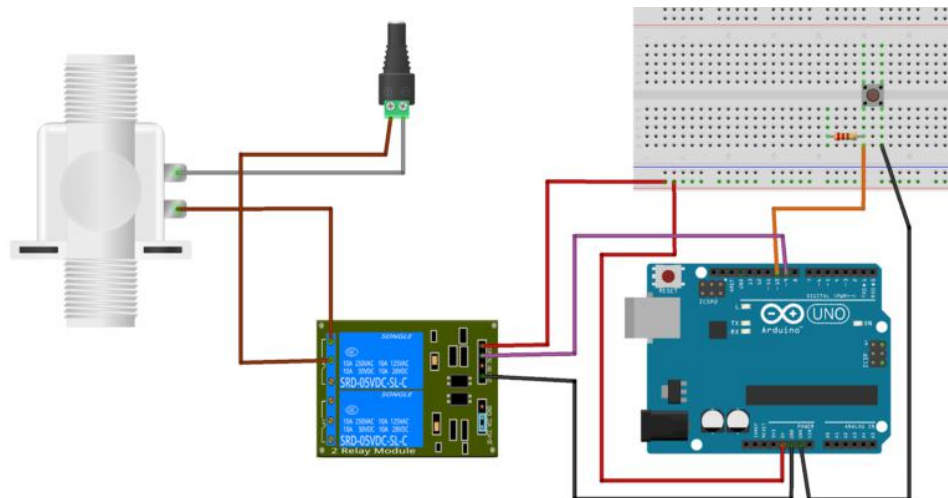
Fonte: site FilipeFlop. Disponível em <<https://filipeflop.com>>.

4.3.10 Válvula solenóide

A válvula solenóide é um dispositivo eletromecânico utilizado para o controle de fluxo de líquidos e gases, ou seja ela basicamente possibilita ter o controle de abertura e fechamento da tubulação onde se encontra o fluxo gasoso ou líquido. O funcionamento da válvula ocorre por meio de uma bobina, que quando energizada, cria um campo magnético que implica no movimento do êmbolo que está dentro da bobina, fazendo com que a válvula se abra ou feche. Elas podem ser normalmente abertas (NA) ou normalmente fechadas (NF), quando NA é permitida a passagem da solução nutritiva até que a válvula seja energizada para fechar a passagem, e quando for NF só permitirá a passagem da solução se for energizada, e enquanto estiver desenergizada ela bloqueará a passagem da solução.

No caso deste projeto, o de tipo válvula solenóide utilizada será a normalmente fechada (NF), atendendo plenamente a proposta do sistema e de evitar problemas no caso de ruptura de energia.

Figura 58: válvula solenóide e seu circuito



Fonte: site FilipeFlop. Disponível em <<https://filipeflop.com>>.

4.3.11 Tela touchscreen

Inicialmente planejado como um simples visor de informações, deixando o controle das ações para botões físicos, o descobrimento de uma tela touch compatível com Arduino evidenciou ainda mais a pegada tecnológica da horta. Nela entram o visor, o controle e o monitoramento de todo o sistema, ao mesmo tempo. Os botões deixam de estar presentes, mantendo a AeroTree ainda mais minimalista.

Figura 59: tela touch da AeroTree. Retirado da internet.



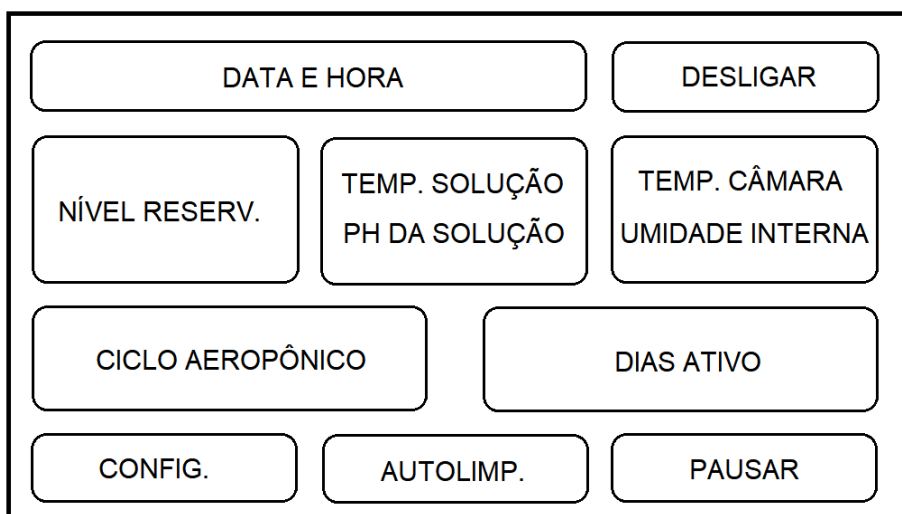
Fonte: site FilipeFlop. Disponível em <<https://filipeflop.com>>.

Nela o usuário estará a par do que está acontecendo em tempo real na câmara radicular e saber quando é necessário realizar alguma ação, como encher o reservatório com mais solução nutritiva. Todas as informações coletadas dos sensores serão apresentadas nesta display TFT de 3,5 polegadas (aprox. 6 cm x 9 cm).

4.4 Funcionamento do sistema AeroTree

O funcionamento do sistema é simples e descomplicado para o usuário, já que grande parte do processo é feito de forma automática, gerenciada através dos módulos de Arduino, citados acima. Todo o controle da horta é monitorado e visível através da tela touch presente no tampo. Lá o usuário irá encontrar na tela inicial informações em tempo real como temperatura e Ph da solução nutritiva, ciclo aeropônico atual (on/ off) e há quantos dias está ativo, nível do reservatório maior, data e hora e umidade no interior da câmara radicular. Além disso, a tela oferecerá quatro botões, sendo eles desligar, iniciar/ pausar, configurações e autolimpeza. Como não existe a necessidade de um layout elaborado dada a função da tela de informar e oferecer tarefas pontuais, a versão encontrada para a tela inicial ficou diagramada da seguinte forma:

Figura 60: composição das informações na tela da horta



Fonte: acervo próprio.

Tirando os botões citados acima, os demais espaços da tela são apenas ilustrativos, não gerando nenhum efeito no sistema se o usuário tentar apertá-los. Vale ressaltar que embora o sistema tenha um nível de automação, o mesmo precisa de um usuário que observe as necessidades básicas de manutenção (reabastecer o reservatório, verificar se o ciclo aeropônico é o correto para as plantas, etc.) para o pleno funcionamento de toda a horta. A AeroTree é uma horta com gerenciamento automatizado, mas não é uma horta autônoma.

4.4.1 Primeiros passos: montando a AeroTree

Uma vez definido o local para a AeroTree ficar, o usuário irá realizar a montagem das partes da horta. Como as peças são de encaixe, a tarefa de montagem não é penosa, sendo realizável em poucos minutos. Com a base bem posicionada no chão, basta os reservatórios e os módulos de Arduino serem posicionados na área delimitada. Feito isso, o cabo de energia deve passar por um dos furos traseiros presentes no vaso, e este deve ser encaixado na base de cima para baixo. A seguir, seu tampo será encaixado na parte superior após o fio da tela touch ser encaixada nos módulos Arduino. Por último, o tronco e a câmara radicular inferior e superior serão encaixadas nessa ordem, finalizando o processo de montagem. Conseqüentemente, o sistema estará pronto para começar a funcionar, observando as etapas descritas nos próximos itens deste relatório.

4.4.2 Ligando o produto

Após a montagem da AeroTree, a horta estará pronta para começar a funcionar. Para o usuário ligar o produto, basta ligá-lo à tomada mais próxima. Uma vez ligada, a horta irá ativar seu sistema pausado e a tela touch irá acender, mostrando a tela inicial. O campo informando o nível do reservatório estará marcado 0% cheio. O usuário deverá retirar a tampa do tampo e despejar a solução nutritiva devidamente misturada no orifício que liga o ambiente externo ao reservatório. A medida que o reservatório for

sendo preenchido o medidor irá atualizando o nível atual do reservatório. Recomenda-se preenchê-lo até o nível chegar em 100%.

A segunda etapa consiste em definir o tipo de ciclo (automático ou manual) e seu intervalo ligado e desligado (on/ off). Recomenda-se a utilização de um dos cinco ciclos automáticos por parte do público geral, uma vez que esses intervalos costumam atender as necessidades das plantas. Após essa etapa ser definida, a tela touch irá voltar para o início já com as informações do ciclo aeropônico presentes. O usuário deverá tocar no botão *iniciar*, presente no canto inferior da tela. Este botão passará a se chamar *pausar* imediatamente após o sistema iniciar e vice-versa.

Na sequência, haverá a transferência de cerca de dois litros da solução nutritiva do reservatório maior para o menor, refrigerado, que começará a esfriar a solução para atender os padrões de temperatura impostos. Após a temperatura chegar ao patamar pretendido, o sistema começa a funcionar totalmente, tendo a primeira pulverização sido lançada no interior da câmara radicular. A partir disso o sistema irá fazer a contagem regressiva das próximas pulverizações.

4.4.3 Configuração do sistema

O usuário poderá a qualquer momento alterar os intervalos de tempo, bem como o tipo de ciclo vigente. Para isso ele deverá apertar o botão *Configurações* e definir o tipo que deseja. Para os automáticos, escolher entre os cinco disponíveis e tocar no botão *Ok* para salvar. No manual, o usuário deve definir o tempo ligado e tocar em *Ok*; escolher o tempo desligado e tocar novamente em *Ok*. Vale lembrar que os botões *Voltar* e *Cancelar* estarão disponíveis para toque na tela nesse momento, caso o usuário queira voltar a um dos campos citados acima ou cancelar toda a operação.

4.4.4 Função autolimpeza

A função autolimpeza da AeroTree oferece uma limpeza de todas as partes da horta e do sistema, eliminando problemas futuros que podem ocorrer com as plantas, além de prejudicar o funcionamento das partes do produto, ocasionando o entupimento

dos microtubos, por exemplo. Recomenda-se a limpeza da horta sempre que um plantio for realizado, oferecendo um ambiente asséptico para o próximo cultivo.

Para ativá-la, o usuário deve pausar o sistema e desmontar a câmara radicular para retirar a solução nutritiva que ainda estiver presente nos reservatórios, tocando no botão *Autolimpeza*. A solução passará a sair de forma uniforme, já que o ciclo aeropônico estará desativado. Após o despejo em local apropriado, o usuário deve cancelar a limpeza tocando no botão *Cancelar*. A partir daí a câmara radicular é encaixada novamente para a limpeza de fato começar. O reservatório será preenchido com peróxido de hidrogênio previamente diluído em água morna, preferencialmente 3 ml por litro de água. Com isso feito e o botão de autolimpeza novamente apertado, a bomba começará a levar essa solução para a câmara radicular, que voltará ao reservatório grande e passará para o menor, que não estará realizando a refrigeração. Esse processo levará cerca de dez minutos. Não é preciso encher todo o reservatório, sendo indicado o preparo de ao menos quatro litros para um funcionamento correto da função de limpeza. Após o processo, basta realizar o processo de retirada da solução e esperar as peças ficarem secas.

O usuário também poderá utilizar eventualmente o peróxido de hidrogênio diluído na água/ solução nutritiva para ajudar na saúde das raízes e das plantas, prevenindo as mesmas da *Pythium ssp*, parasita que consegue sobreviver num ambiente hidropônico e aeropônico e que pode causar perdas na plantação. Respeitando os 3 ml por litro de água, as plantas e a solução nutritiva estarão livres deste parasita, além de aumentar a saúde da horta como um todo.

4.4.5 Pausando/ desligando o produto

Também a qualquer momento o usuário poderá pausar o sistema, interrompendo as pulverizações até segunda ordem. Para voltar ao funcionamento basta apertar o botão *Iniciar* no canto inferior da tela. Se o desejo for desligar a horta, basta o usuário pressionar o botão *Pausar* por 3 segundos que a AeroTree será prontamente desligada. Ao religar a horta as definições de ciclo aeropônico não serão perdidas.

Recomenda-se o esvaziamento dos reservatórios se o período de inatividade for maior que uma semana, preservando os componentes da horta bem como as propriedades da solução nutritiva. Como descrito acima, para esvaziar os reservatórios basta selecionar a autolimpeza do produto após ter desmontado a câmara radicular, despejando a solução nutritiva em um local ou recipiente apropriado.

4.4.6 Processo de funcionamento do sistema

Após a montagem ser feita e as configurações do sistema forem concluídas, a AeroTree irá começar a funcionar. Como já falado acima, o reservatório menor inicia o processo de resfriamento a partir de uma pastilha de peltier acoplada num cooler, que fará o transporte de calor da face aquecida em direção aos furos traseiros do vaso. Assim, a face resfriada ficará ligada a uma das paredes do reservatório, mantendo-se colada com uma pasta adesiva térmica. A placa de Peltier é acionada quando a temperatura da solução nutritiva do tanque refrigerado atingir o limite definido pelo arduino. A placa é desligada quando a temperatura atinge o limite mínimo definido pelo arduino. Dentro do reservatório, um sensor de termômetro aquático irá monitorar em tempo real a temperatura da solução. Alcançada a faixa ideal, o sistema começará a levar a solução nutritiva à câmara radicular, e os ciclos aeropônicos irão ocorrer conforme o intervalo planejado.

A transferência de solução de um tanque para outro também é monitorada em tempo real. A válvula solenóide é acionada sempre que o volume do tanque refrigerado alcançar 1,5 litro, liberando a transferência de 0,5 litro do tanque maior para o refrigerado. O volume é monitorado pelo sensor de nível d'água presente no tanque refrigerado. Com o acréscimo de $\frac{1}{4}$ do total da capacidade por vez, a solução nova que está em temperatura ambiente se mistura com os $\frac{3}{4}$ já refrigerados, necessitando menos refrigeração por parte da pastilha e dispersão de calor pelo cooler, gerando assim uma economia de energia sempre que esse processo acontecer. O sistema também monitora o nível de solução nutritiva presente no tanque maior, sinalizando por meio de cores na tela touch a situação: azul entre 100% e 50% e vermelho de 25%

para baixo. Cabe ao usuário realizar leituras das informações presentes na tela ao menos uma vez por dia, mitigando possíveis riscos à colheita.

Para o caso da umidade dentro da câmara radicular ficar abaixo de 70% e acima de 90%, o sistema buscará corrigir a faixa, ou seja, levá-la de volta aos 80%. Ele fará em caráter pontual pulverizações mais prolongadas ou demoradas, de acordo com a situação a ser corrigida, visando o clima ideal para as raízes se desenvolverem. Após a correção, o sistema volta para o ciclo aeropônico definido automaticamente. No caso de variações no Ph da solução, caberá ao usuário equilibrar a mesma com os reguladores de Ph, seja para aumentar ou diminuir, aplicando no reservatório através da entrada presente no tampo. As alterações serão mostradas na tela.

O fornecimento de energia para algumas partes da horta será controlado pelo módulo Relé. Ele estará presente no controle de energia da bomba, das válvulas solenóides e da pastilha de Peltier + cooler. Sempre que houver necessidade, o sistema ativará esses módulos, que fornecerão a energia para que as essas partes funcionem. Do mesmo modo, quando a tarefa estiver concluída, o sistema fará com que os módulos interrompam o fornecimento da energia, cessando as atividades.

4.5 Ergonomia

Diferentemente das demais hortas, o sistema aeropônico presente na AeroTree não só confere um produto com funções mais técnicas, mas também dá uma autonomia ao sistema que ainda não é muito encontrado nos modelos residenciais disponíveis para compra atualmente. Tal automação faz com que as tarefas exercidas pelo usuário sejam consideravelmente diminuídas, limitando-se ao que é estritamente necessário para a continuidade das funções da horta. Por exemplo, ao contrário das demais, onde tarefas corriqueiras como afofar a terra para melhorar a oxigenação das raízes e descompactar o solo, a AeroTree não dispõe destes fatores uma vez que não utiliza terra. Outro exemplo é a irrigação: o próprio sistema monitora os tempos do ciclo aeropônico vigente para as aspersões automáticas, diferente das demais hortas. Tudo

isso confere um grau de independência ao produto e ao mesmo tempo desobstrui a lista de atividades a ser exercida pelo usuário que opera o mesmo.

Analisando as tarefas inerentes ao projeto, o usuário deverá realizar as seguintes tarefas:

ANÁLISE DE TAREFAS

ETAPA 1 Montagem

1. Os módulos Arduino e os reservatórios já vêm instalados
2. Encaixar o micro tubo na bomba e passá-lo pelo tampo
3. Encaixar o fio da tela touch na mesma e o tampo no vaso
4. Passar o micro tubo pelo tronco e fixar o bico pulverizador no apoio
5. Encaixar o tronco no tampo e por fim, a câmara radicular no tronco

AEROTREE MONTADA

ETAPA 2 Inicialização

1. Ligar o produto na tomada
2. Abastecer o reservatório maior com solução nutritiva até a capacidade mínima
3. Posicionar os vasos com sementes nos nichos da câmara radicular
4. Programar o ciclo aeropônico para as plantas a serem plantadas
5. Clicar em Iniciar

AEROTREE OPERANTE

ETAPA 3 Dia-a-dia

1. Verificar as informações na tela de tempos em tempos
2. Repor solução nutritiva no reservatório, se necessário
3. Realizar podas e correções, se necessário
4. Colher as plantas, quando desenvolvidas

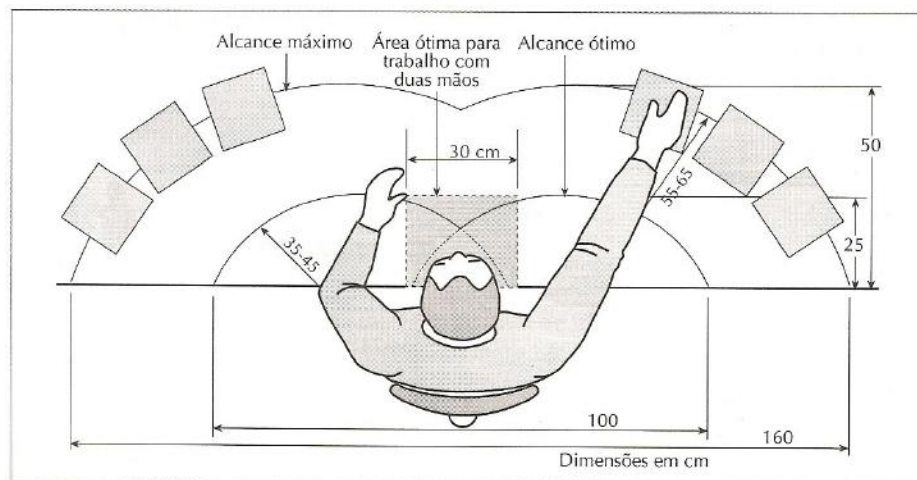
CULTIVO COMPLETO

Como as partes são unidas por encaixe, o usuário irá precisar de poucos minutos para realizar a montagem completa do produto. Isso também é válido para o caso de desmontar uma parte da horta para fins de limpeza ou totalmente. Uma vez

inserida a tomada para o funcionamento do sistema, o usuário não precisará mais se agachar ou sentar, a não ser no caso de querer desligá-lo novamente.

As demais atividades podem ser exercidas de maneira mais frequente se comparadas com as duas primeiras. Mesmo assim, a realização de podas não será algo muito comum dadas as restrições espaciais que a própria câmara e o próprio espaço apresentam. Os desencaixes para limpeza serão realmente necessários entre 3 e 6 meses de uso, ou seja, entre 2 e 4 vezes ao ano. Já no caso do usuário seguir a capacidade média do reservatório poderá realizar o preenchimento dele novamente em até 2 semanas após tê-lo feito pela última vez. A tarefa que será mais assídua certamente será a de ler as informações presentes na tela touch, o que é recomendável ser feito diariamente. Nesse caso, o usuário não necessita realizar nada além de abaixar a cabeça a fim de seu alcance visual conseguir alcançar o perímetro do visor, e por fim realizar a tarefa pretendida.

Figura 61: alcance máximo de 55 cm e de 35 cm a partir do cotovelo - Grandjean, 1983



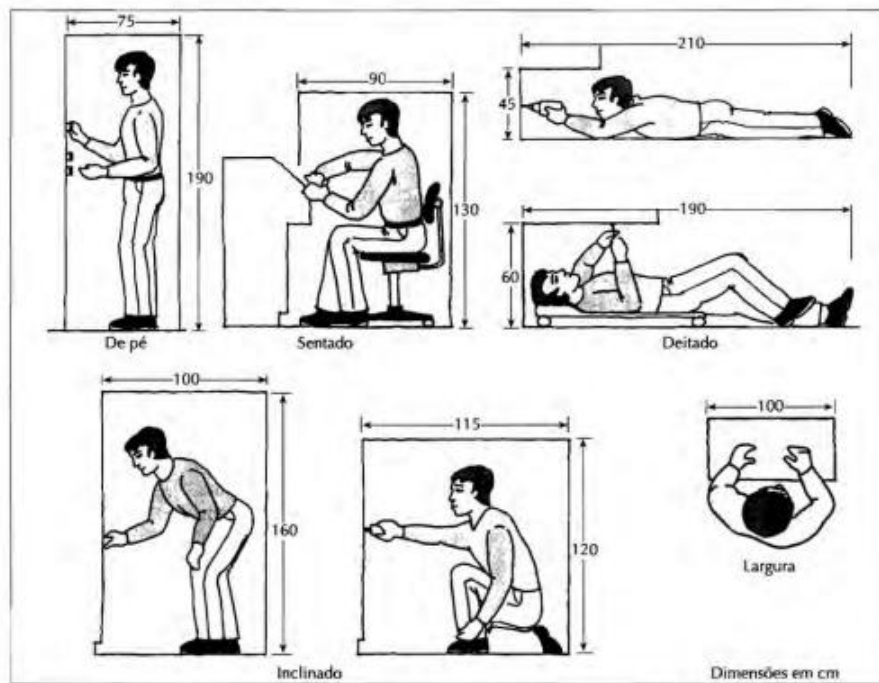
Fonte: IIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Edgard Blücher, 2005., 146 p., il.

Figura 62: estaturas, dimensões e percentis

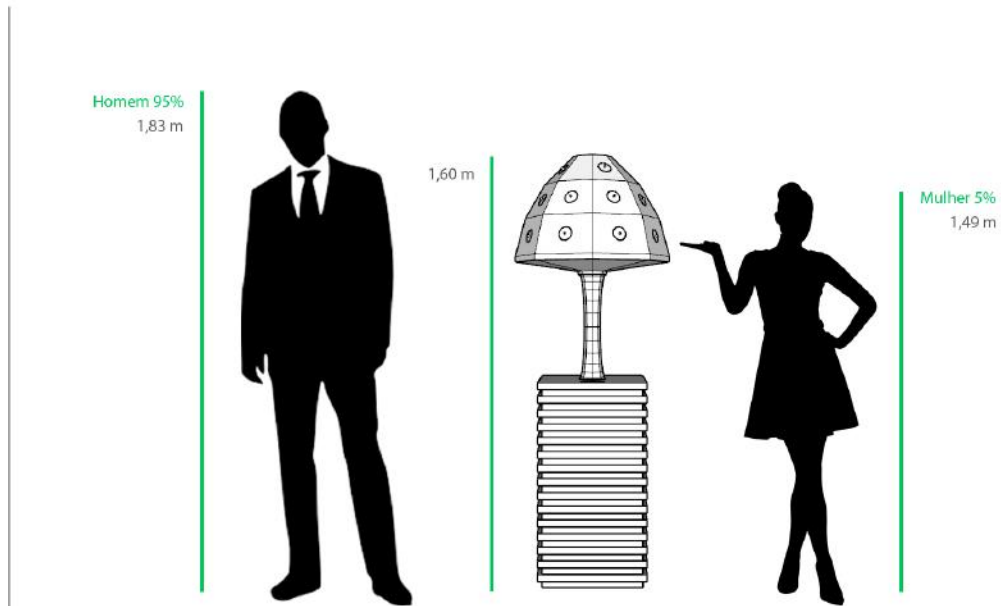
Medidas antropométricas estática (cm)	Mulheres					Homens				
	5%	50%	95%	Média	D.P.	5%	50%	95%	Média	D.P.
1.1 Estatura	149	159	169	158,8	6,13	160	171,5	183,5	171,5	6,79
1.2 Altura dos olhos	138,5	147,5	157,5	147,6	5,98	149	159,5	172	160	6,61
1.3 Altura dos ombros	122	131	139,5	131	5,45	133	143	154,5	143,2	6,46
1.4 Altura dos cotovelos	92,5	99,5	107	99,5	4,29	100,5	109	118	109,1	5,31
1.5 Altura das mãos	56,5	61,5	67	61,8	3,31	59,5	66	73	66,1	4,31
1.9 Largura do tronco	34	38	44	38,9	3,27	36	43	49	42,8	4,70
1.10 Largura do quadril	33	39	45	39,1	4,03	29	36	42	35,5	3,63
2.6 Altura poplíteia.	36,5	40,5	45,5	40,9	2,56	44	48,5	53	48,8	2,75
2.9 Compr. poplítea-nádegas	41,6	45,5	49	45,3	2,62	42,5	47	51	46,9	2,67
4.1 Tamanho da mão	15	16,5	17,5	16,6	1,06	16	18	20	18,2	1,17

Fonte: IIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Edgard Blücher, 2005., 122 p., il.

Figura 63: espaços necessários para determinadas posições de trabalho



Fonte: IIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Edgard Blücher, 2005., 144 p., il.

Figura 64: alturas em relação a AeroTree

Fonte: acervo próprio.

Dito tudo isto, pode-se afirmar que a horta aeropônica AeroTree cumpre seu papel ergonômico quando:

- Busca reduzir os esforços humanos;
- Possibilita a mudança de postura;
- Oferece o trabalho a ser realizado na vertical, mantendo a postura correta e assegurando conforto físico;
- Garante condições isentas de risco;
- Elimina a repetição de tarefas e movimentos;
- Apresenta diversificação de atividades, reduzindo esforços repetitivos.

4.6 Partes e seus materiais

4.6.1 Base



A base é a parte mais inferior da horta, mantendo contato direto com o chão e sustentando o vaso. Com um encaixe simples em cada face, o usuário consegue retirar o vaso por cima, sem precisar retirar os reservatórios do lugar.

Material utilizado: madeira plástica.

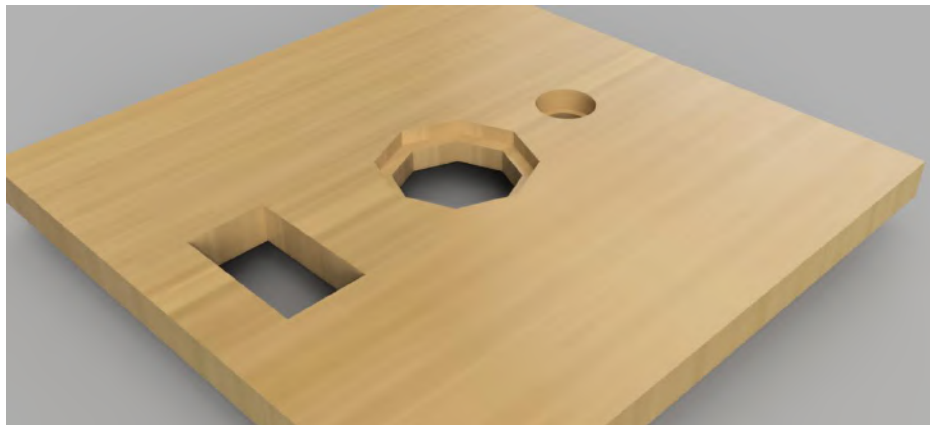
4.6.2 Vaso



Objeto que guarda os sistemas da horta aeropônica, o vaso se encaixa na base e recebe em cima o tampo, também por meio de encaixe. Sua espessura ajuda a bloquear a luz do Sol, propiciando um ambiente ideal para a solução nutritiva.

Material utilizado: madeira plástica ripada.

4.6.3 Tampo



Conectando o vaso ao tronco da estrutura, o tampo também possui aberturas para o reabastecimento do reservatório e para a instalação da tela touch. No centro se localiza o encaixe do tronco, local por onde a solução nutritiva irá passar.

Material utilizado: madeira plástica.

4.6.4 Tronco



O tronco é a única parte da estrutura da árvore que se mantém visível mesmo com as plantas desenvolvidas. Representa o caule de uma árvore e serve de

passagem para a solução nutritiva ir em direção a câmara radicular e voltar para o reservatório, quando houver excesso.

Material utilizado: Policloreto de vinila (PVC).

4.6.5 Câmara radicular inferior



Responsável por escoar o excesso de solução nutritiva para o reservatório, liga o tronco e a câmara radicular superior por encaixe. Sua angulação também permite que as aspersões alcancem todos os locais da câmara radicular.

Material utilizado: Policloreto de vinila (PVC).

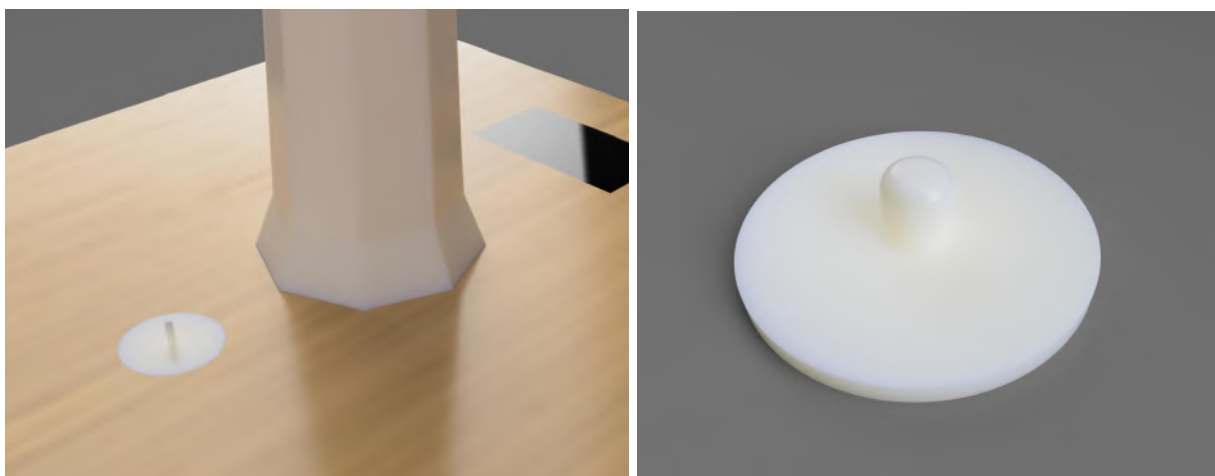
4.6.6 Câmara radicular superior



Local onde as plantas se desenvolvem, a câmara radicular superior abriga os vasos com as sementes. A superfície externa não possui contato direto com o interior da câmara, formando um ambiente no interior diferente do exterior, fazendo com que as raízes cresçam sem maiores problemas.

Material utilizado: Policloreto de vinila (PVC).

4.6.7 Tampa do tampo e tampas da câmara radicular

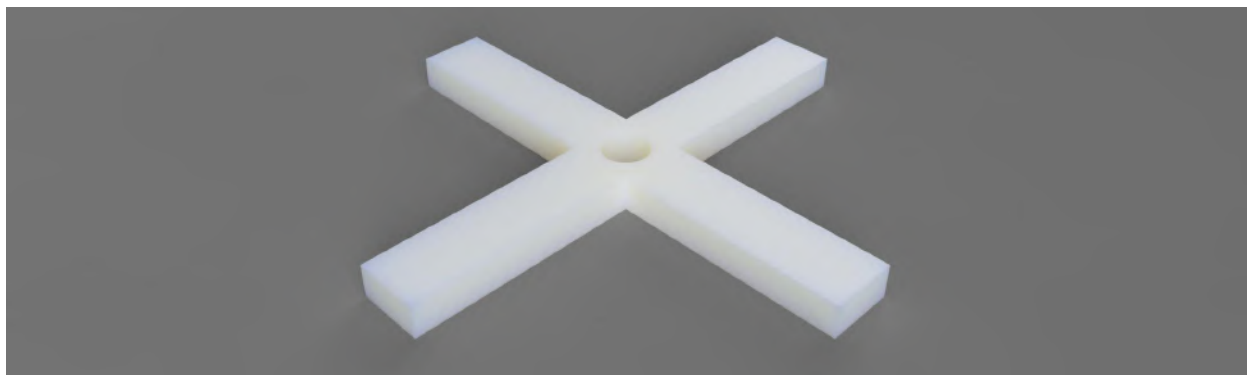


Possuindo apenas diferenças em suas dimensões, a tampa do tampo protege o reservatório de objetos externos e da luz, enquanto as tampas da câmara protegem a

mesma dos mesmos objetos, além da luz. Esta última também impede a solução nutritiva presente na câmara de sair para o ambiente externo.

Material utilizado: Policloreto de vinila (PVC).

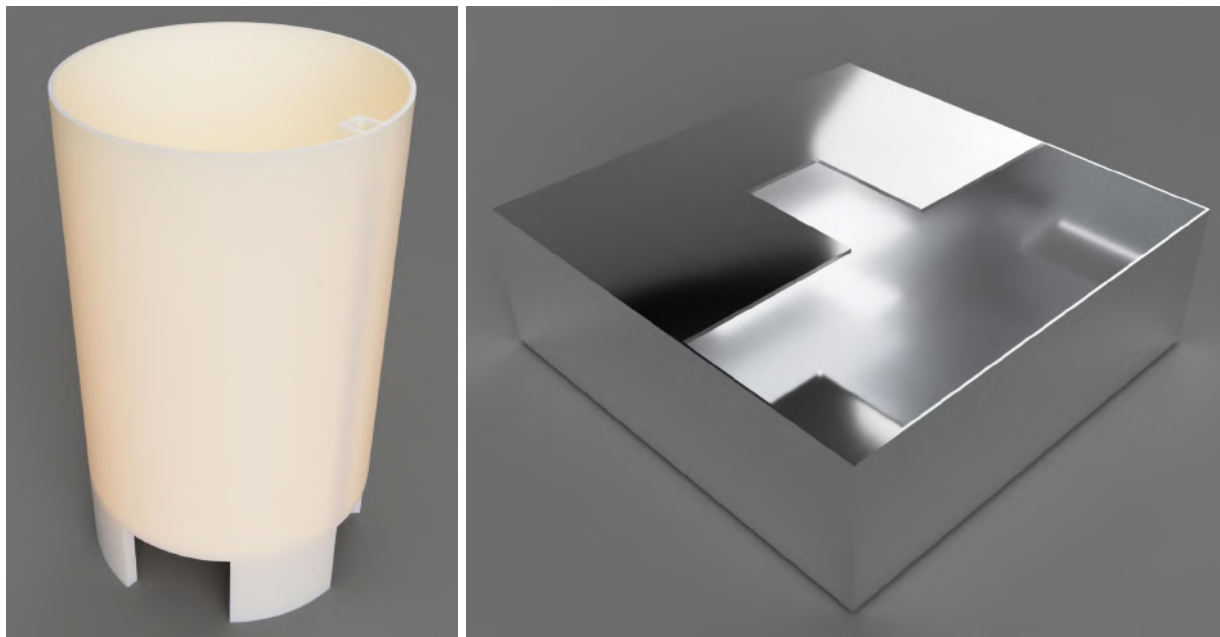
4.6.8 Apoio para o bico pulverizador



Projetado para estabilizar a pulverização, prendendo o microtubo e o bico pulverizador pela passagem no seu centro. Encaixe na parte superior interna do tronco.

Material utilizado: Policloreto de vinila (PVC).

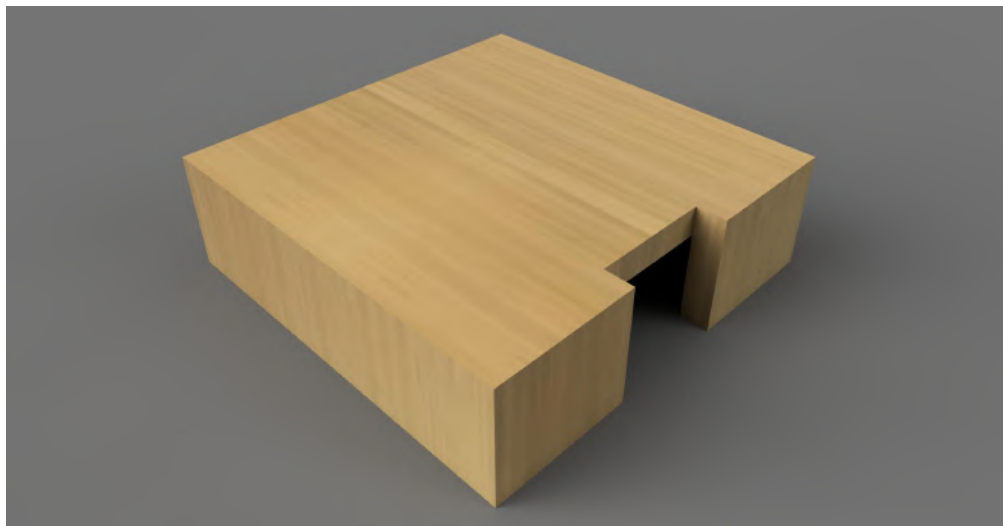
4.6.9 Reservatórios



Uma das partes mais importantes do sistema, é onde fica armazenada toda a solução nutritiva ao longo dos dias, em especial no reservatório maior. Já o tanque menor refrigera a solução para que esta chegue na câmara radicular na temperatura ideal para a completa absorção pelas plantas.

Material utilizado: PVC (tanque maior) e chapa de alumínio 2 mm e 5 mm (tanque menor; refrigerado).

4.6.10 Baú para Arduino



O baú para os módulos e placas Arduino foi a última parte a ser projetada, uma vez que só se mostrou necessária após a modelagem e montagem das partes nas simulações do computador. Serve como uma área protegida, abaixo dos reservatórios, dedicada exclusivamente para o que é o cérebro do sistema. A parte aberta (conforme mostrado na foto acima) serve de passagem dos fios e cabos que levam e trazem as informações do sistema, além de ser por onde o cabo de alimentação trafega.

Material utilizado: madeira plástica.

4.6.11 Demais partes

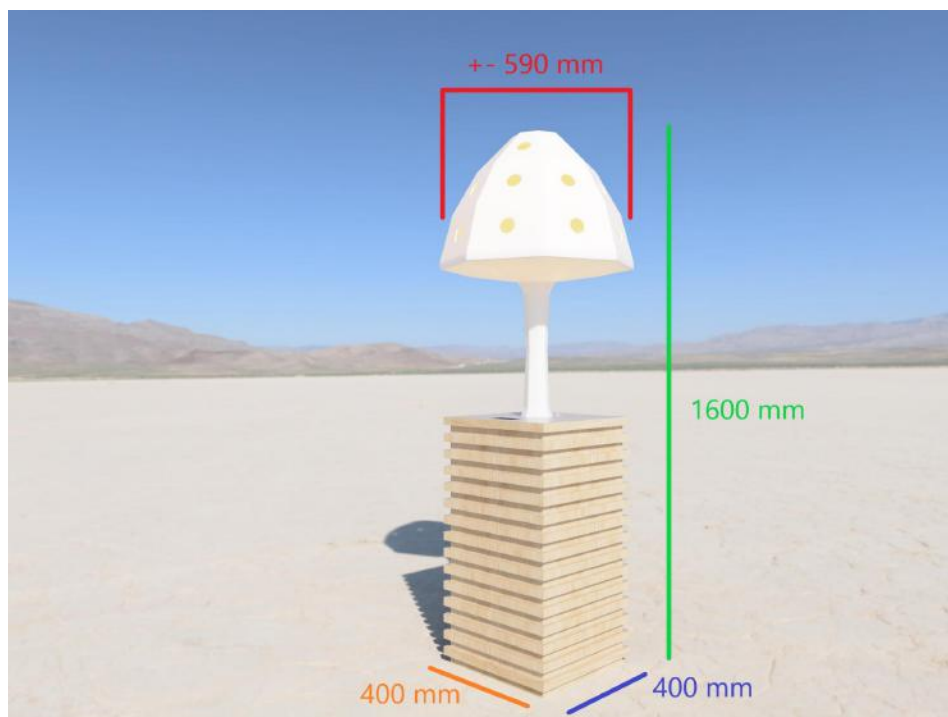
As demais peças que constituem a horta são fornecidas de terceiros, como a bomba submersa, os módulos e circuitos Arduino, o microtubo e o bico pulverizador. Alguns dos materiais presentes nessas peças são o plástico, a borracha, o silicone e alguns metais, como o cobre.

4.7 Posicionamento dos sensores

A placa onde todos os módulos estarão presos ficará localizada dentro do baú, abaixo dos reservatórios. De lá, as fiações que compõem os circuitos irão até os sensores, onde eles estiverem posicionados.

O sensor de nível d'água para o reservatório maior estará fixado em sua parede, e seus fios passarão pelo duto projetado exclusivamente para esse fim. Já o sensor para o tanque menor, refrigerado, ficará instalado em seu interior, sem a necessidade de ser fixado como o outro. O sensor de Ph da solução nutritiva ficará dentro do reservatório maior monitorando os valores. Não há necessidade de fixá-lo. O sensor de temperatura da solução nutritiva ficará submerso no reservatório menor, sem a necessidade de fixação. Já o sensor de umidade e temperatura do ar ficará localizado dentro da câmara radicular, bastando apenas dar uma volta e meia no apoio para o bico pulverizador. Por fim, a válvula solenóide ficará entre os reservatórios.

4.8 Dimensionamento geral



4.9 Usabilidade



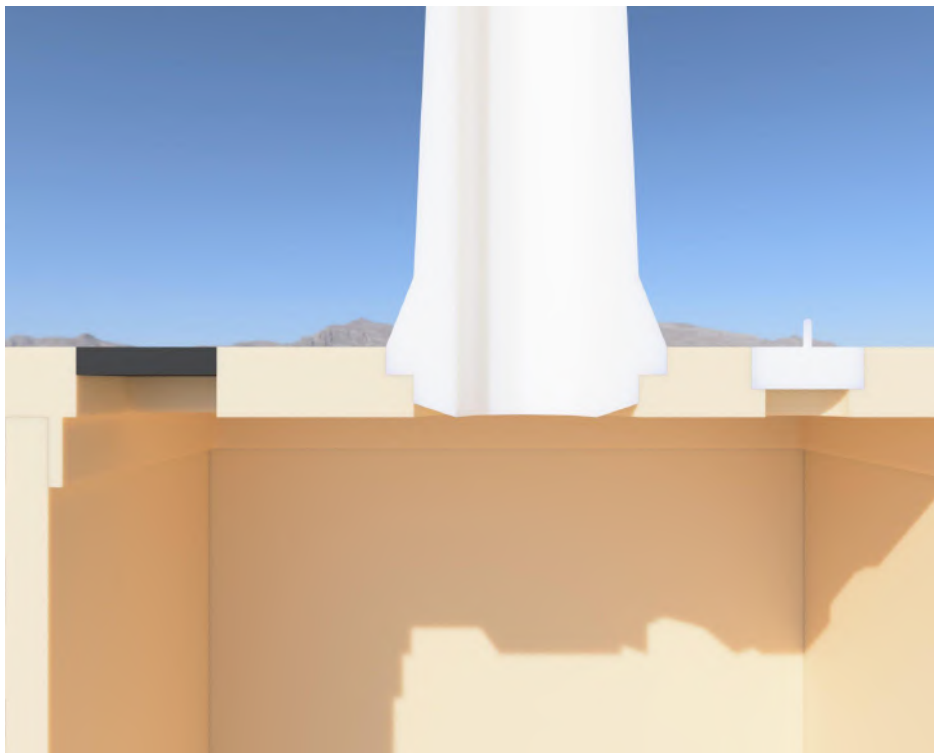
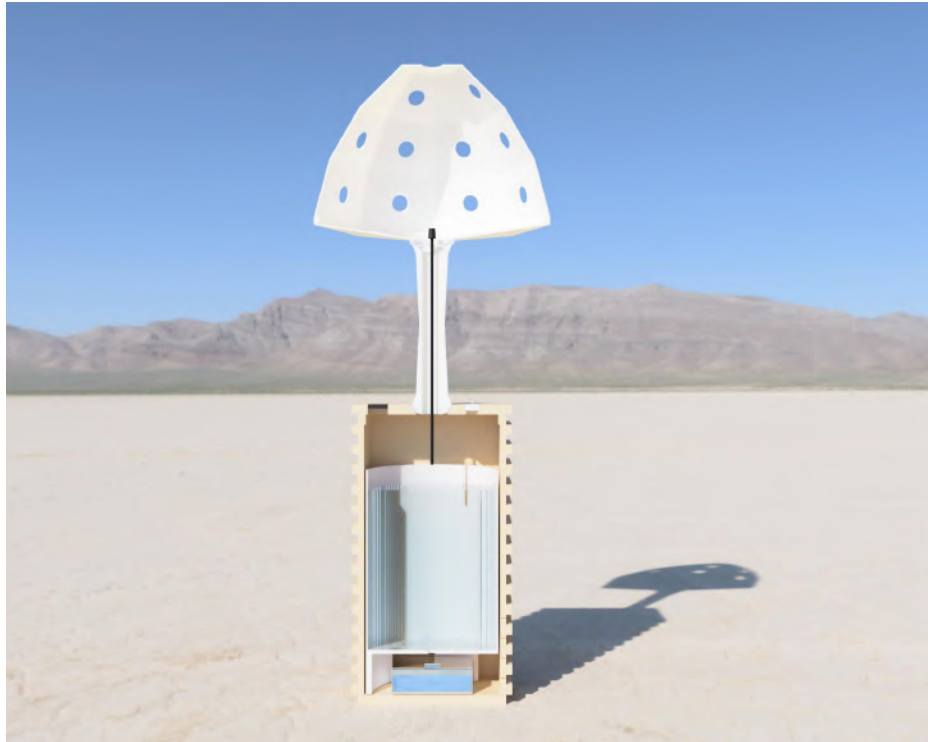
4.10 Horta explodida



4.11 Ambientação



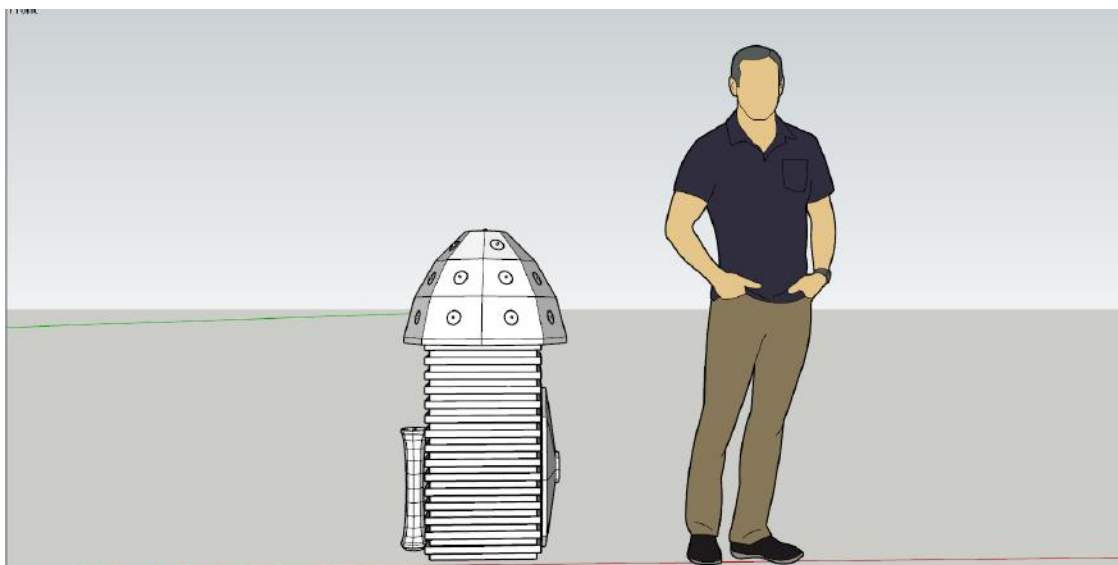
4.12 Detalhamento interno



4.13 Transporte e descarte

Para o transporte do produto, uma das medidas verificadas para tornar o frete menos custoso e proporcionar um maior número de unidades transportadas por vez foi de já deixar a parte interna do vaso dentro dele, enquanto o tronco fica parcialmente dentro da câmara radicular superior, ambas peças ao lado do vaso. Já a câmara radicular inferior se posicionaria na posição vertical em uma das laterais do vaso e da câmara radicular superior/ tronco. Além de manter a estrutura do sistema praticamente pronta no interior do vaso, essa é a opção mais simples por também ocupar o espaço que ficaria livre no interior. No total as medidas do produto desmontado para transporte seriam de aproximadamente 120 cm de altura e 60 cm de largura e profundidade.

Figura 65: dimensões aproximadas da horta para transporte



Fonte: acervo próprio.

Para o descarte é aconselhável entregar às partes para coleta seletivas, dada uma das principais características presentes nesse projeto: a possibilidade de serem reciclados. Todos os componentes presentes na AeroTree possuem uma vida útil considerável, desde que se mantenha a manutenção em dia. Mesmo se houver a

necessidade de troca, a peça poderá ser reaproveitada, sendo colhida, transformada e aplicada em um novo produto ou uma nova função.

CONCLUSÃO

Nessas considerações finais é de suma importância evidenciar o tema no qual o projeto se encaixa: produção artesanal de alimentos naturais orgânicos, segurança alimentar e consumo eficiente de insumos. Com o tema em grande destaque no cenário nacional e internacional, podemos destacar alguns fatores que fazem deste trabalho algo relevante. Oferecer um produto compacto que fornece alimentos naturais dentro de casa pode induzir a pensamentos erráticos, como custo muito alto ou necessidade de experiência para uso. Mas o que esse projeto buscou e conseguiu trazer para o campo da realidade foi o de ser um ponto de inflexão no âmbito de como produzimos e consumimos determinadas frutas, verduras e hortaliças.

Apresentando diversos pontos a serem levados em consideração, o projeto possuía um número considerável de restrições. Tais pontos não impediram que uma horta aeropônica vertical de baixa pressão pudesse ser conceituada e ganhar vida através de modelagem e renderização, saciando as carências num campo basicamente inexistente: o de hortas compactas caseiras padronizadas e produzidas em escala industrial, disponíveis para pronta venda.

Como em qualquer processo criativo, percalços e dúvidas foram surgindo ao longo do tempo. Através das semanas e das orientações, todos os dados encontrados foram analisados, discutidos e até questionados. Todas elas foram sanadas com o auxílio fundamental das orientações aliadas a um pensamento linear, conferindo tanto ao projeto quanto ao processo de desenvolvimento uma identidade única. Isso conseqüentemente foi determinante para o pleno avanço das etapas, uma a uma, de maneira fluida. Conforme os dias foram se passando, o que inicialmente era uma folha em branco transformou-se em folhas, blocos de anotações e muitos arquivos em programas de modelagem nos computadores.

Já em fase avançada, notava-se que o projeto não apenas incorporava os grandes desafios a serem batidos como também passava a abranger novos horizontes de possibilidades, no campo da tecnologia em especial. Aos detalhes menores couberam ajustes pontuais, com eventuais exclusões e/ ou adições. A sincronia entre tempo e foco foram imprescindíveis para o sucesso da confecção da tarefa.

Uma vez encerrado, o projeto se mostra dinâmico e bem desenvolvido, fruto de uma pesquisa ampla e minuciosa, evidenciando resultados concisos nos menores detalhes. Todos os dados coletados foram sintetizados e apresentados de forma cronológica, tal qual numa linha do tempo, onde todos os componentes vão se encaixando em seus respectivos pares, formando uma estrutura maior no final. Nesse contexto, o projeto se porta muito maduro, expondo ao longo de seus parágrafos e imagens a observância constante de seus atributos, suas restrições e suas justificativas. Dentro do período, todo o intrincado fluxo de informações passaram a ganhar forma, gerando diversas alternativas esboçadas em papéis. Outrora ideias distintas, foram ganhando detalhamento até que fosse apenas um. Este por sua vez ganhou não apenas linhas, mas contornos que posteriormente ganharam vida tridimensional, texturas e um nome.

Como observado, a AeroTree é uma horta aeropônica vertical de baixa pressão projetada para uso doméstico. Porém, dada sua versatilidade, é possível que o produto também possa ser adequadamente aproveitado para outras finalidades, como sua utilização comum por moradores de condomínios, vilas e centros comunitários. Obviamente isso acarretará em uma nova rodada de pesquisas e alterações projetuais, bem como na complexidade da integração dos módulos tecnológicos nele presentes, que irá aumentar. Ainda assim, a AeroTree dispõe de um sistema que não apresenta maiores limitações quanto ao novo tipo de uso, podendo no futuro ser um produto de destaque nesses ambientes, além de gerar diversos novos benefícios para os seus usuários, como integração entre pessoas e uma área de convívio social para todos.

Por fim, é de se atestar que este projeto através deste relatório está em acordo com todas as metas propostas no início do processo, e que os objetivos foram alcançados e o trabalho como um todo foi cumprido. Pode-se dizer portanto que o projeto está completo como o PVC, o relatório está preciso como a madeira plástica e o banner de apresentação está prático como o alumínio. Certamente a AeroTree não é o fim de um projeto ousado que pode ser uma ponte para a segurança alimentar, a eficiência de produção e consumo e a sustentabilidade. A AeroTree é o início de um novo modo de ver diferentes campos como a tecnologia e a alimentação aliadas num produto destinado ao público comum, esteja ele onde estiver, buscando sempre um pensamento racional para um futuro sensato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN WALBERT. Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo. EBC, 20 de Março de 2013. Disponível em:
<<https://memoria.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>>. Acesso em 25 de Novembro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NUTRIÇÃO. Ainda é baixo o consumo de verduras e frutas pelo brasileiro. ASBRAN, 09 de Março de 2015. Disponível em:
<<https://www.asbran.org.br/noticias/ainda-e-baixo-o-consumo-de-verduras-e-frutas-pelo-brasileiro>>. Acesso em 25 de Novembro de 2021.

BRUNO PALMA. Como baixar, subir e estabilizar o PH na Hidroponia. Bruno Palma Hidroponia, 09 de Agosto de 2018. Disponível em
<<https://www.youtube.com/watch?v=rcyJxRLpeeA>>. Acesso em 02 de Fevereiro de 2022.

CANAL RURAL. Produção mundial de grãos é estimada em 2,079 bilhões de toneladas. Canal Rural, 24 de Novembro de 2017. Disponível em:
<<https://www.canalrural.com.br/noticias/producao-mundial-graos-estimada-2079-bilhoes-toneladas-69912/>>. Acesso em 25 de Novembro de 2021.

CARL BROADBENT. High Pressure Vs Low-Pressure Aeroponics Compared. Gardenia Organic, sem informação de data. Disponível:
<<https://gardeniaorganic.com/high-pressure-vs-low-pressure-aeroponics-compared/>>. Acesso em 21 de Maio de 2022.

CATHRYN CHANEY. How Often Do You Water in an Aeroponics System?. eHow, 16 de Agosto de 2012. Disponível em:
<https://www.ehow.com/info_12160800_water-aeroponics-system.html>. Acesso em 05 de Dezembro de 2021.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Pesquisa desenvolve modelos para produção de hortaliças

em fazendas verticais. Embrapa Hortaliças, sem informação de data. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56018612/pesquisa-desenvolve-modelos-para-producao-de-hortalicas-em-fazendas-verticais>>. Acesso em 26 de Novembro de 2021.

IIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

LÖBACH, B. Design Industrial: Bases para a Configuração dos Produtos Industriais. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LUIZA CABALLERO. Aeroponia: como funciona essa técnica de cultivo. eCycle, sem informação de data. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/aeroponia/>>. Acesso em 08 de Dezembro de 2021.

HIDROPONIA BRASIL. Aeroponia avançada: Um guia abrangente. GroHo, sem informação de data. Disponível em: <<https://www.hidroponiabrasil.com/post/aeroponia-avancada-um-guia-abrangente>>. Acesso em 03 de Dezembro de 2021.

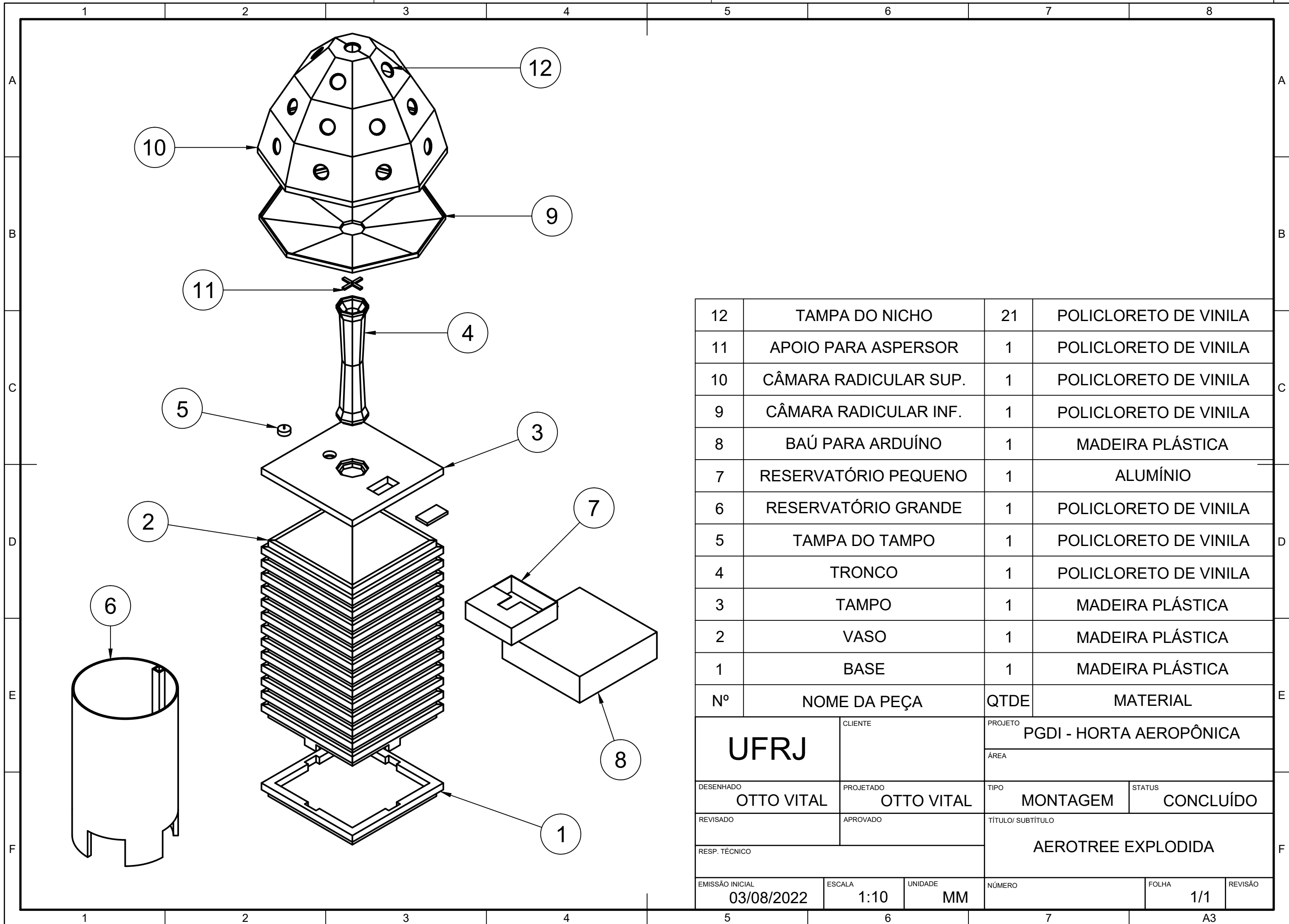
REVISTA GLOBO RURAL. Pandemia de Covid-19 aumenta interesse dos brasileiros em jardinagem e horta urbana. Globo Rural, 23 de Junho de 2020. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Colunas/Cassiano-Ribeiro/noticia/2020/06/pandemia-de-covid-19-aumenta-interesse-dos-brasileiros-em-jardinagem-e-horta-urbana.html>>. Acesso em 25 de Novembro de 2021.

RODOLFO F. ALVES PENA. Economia de água na agricultura. Mundo Educação, sem informação de data. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/economia-agua-na-agricultura.htm>>. Acesso em 25 de Novembro de 2021.

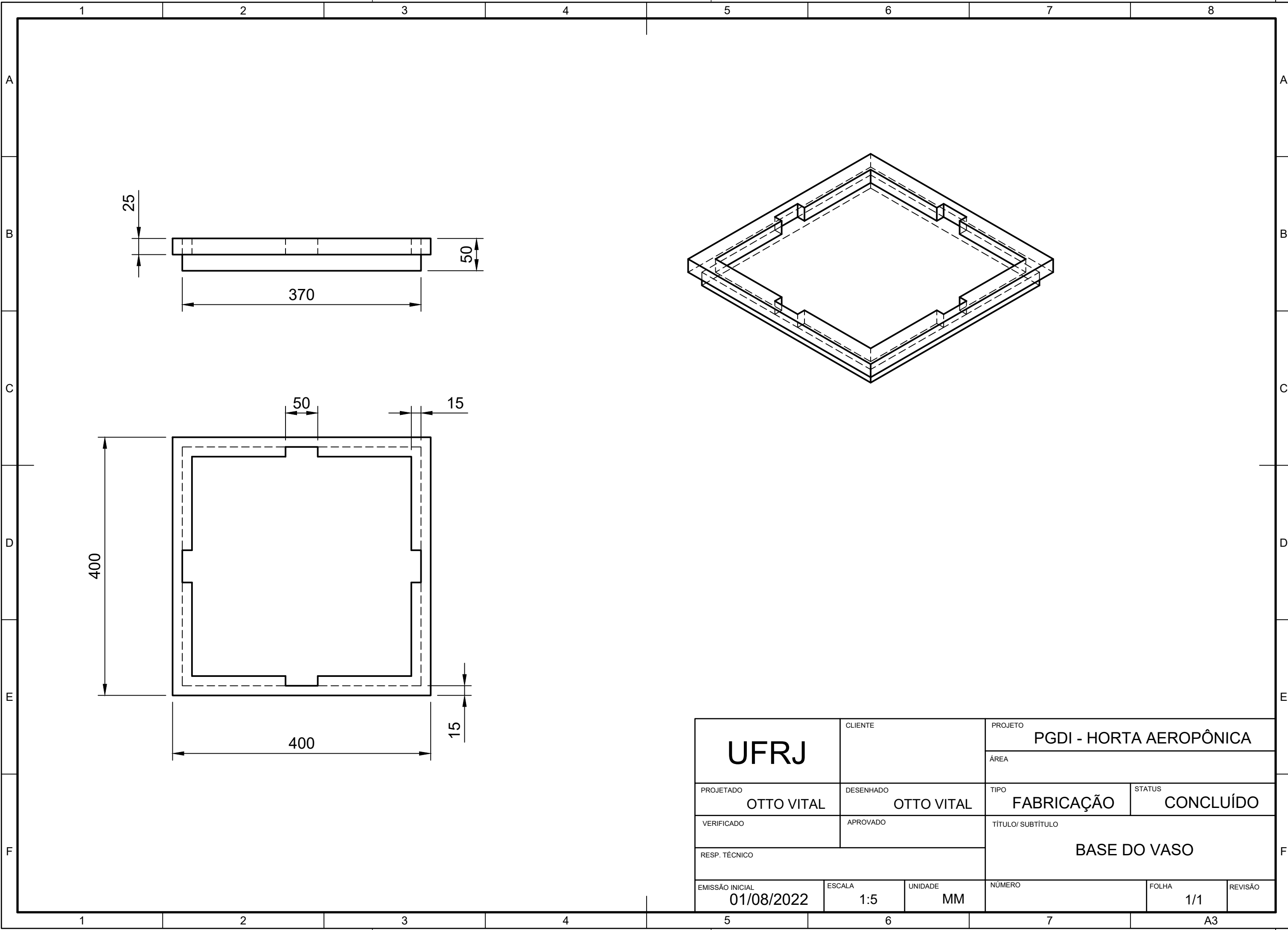
SPRAYING SYSTEMS. A importância do tamanho de gota. Slideshare, 25 de Julho de 2017. Disponível em: <https://www.slideshare.net/spraying_systems/a-importancia-do-tamanho-de-gota>. Acesso em 15 de Dezembro de 2021.

SPRAYING SYSTEM. Por que o bico é importante no seu processo? Blog Spray, 10 de Junho de 2020. Disponível em <<https://blog.spray.com.br/por-que-o-bico-e-importante-no-seu-processo/>>. Acesso em 15 de Dezembro de 2021.

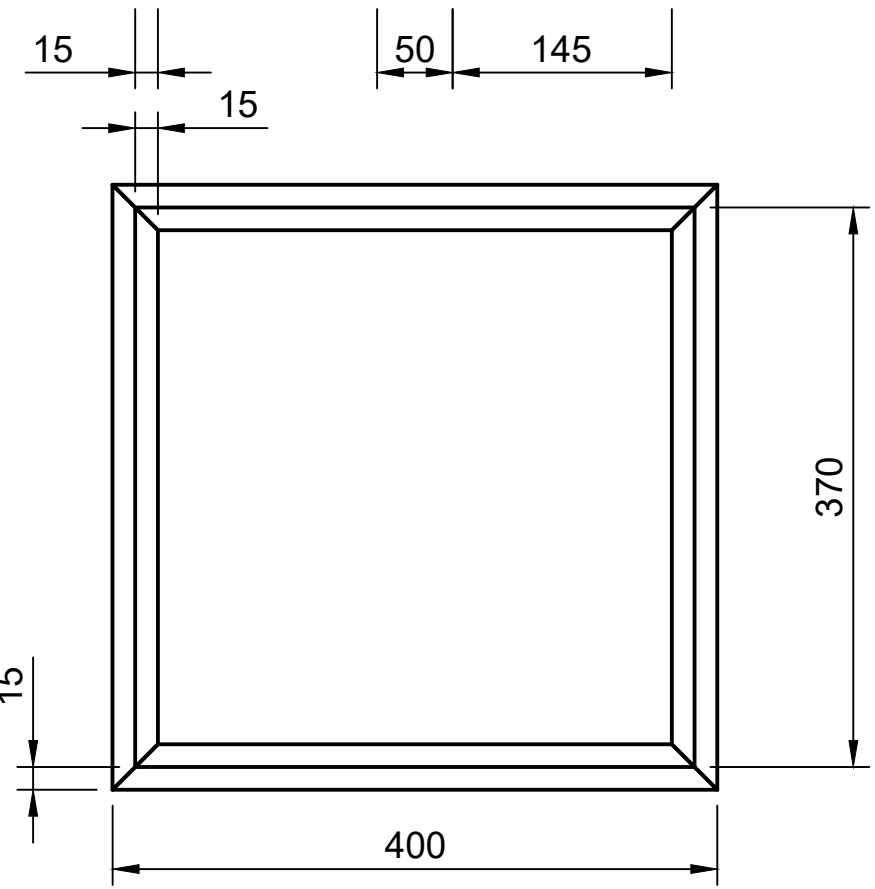
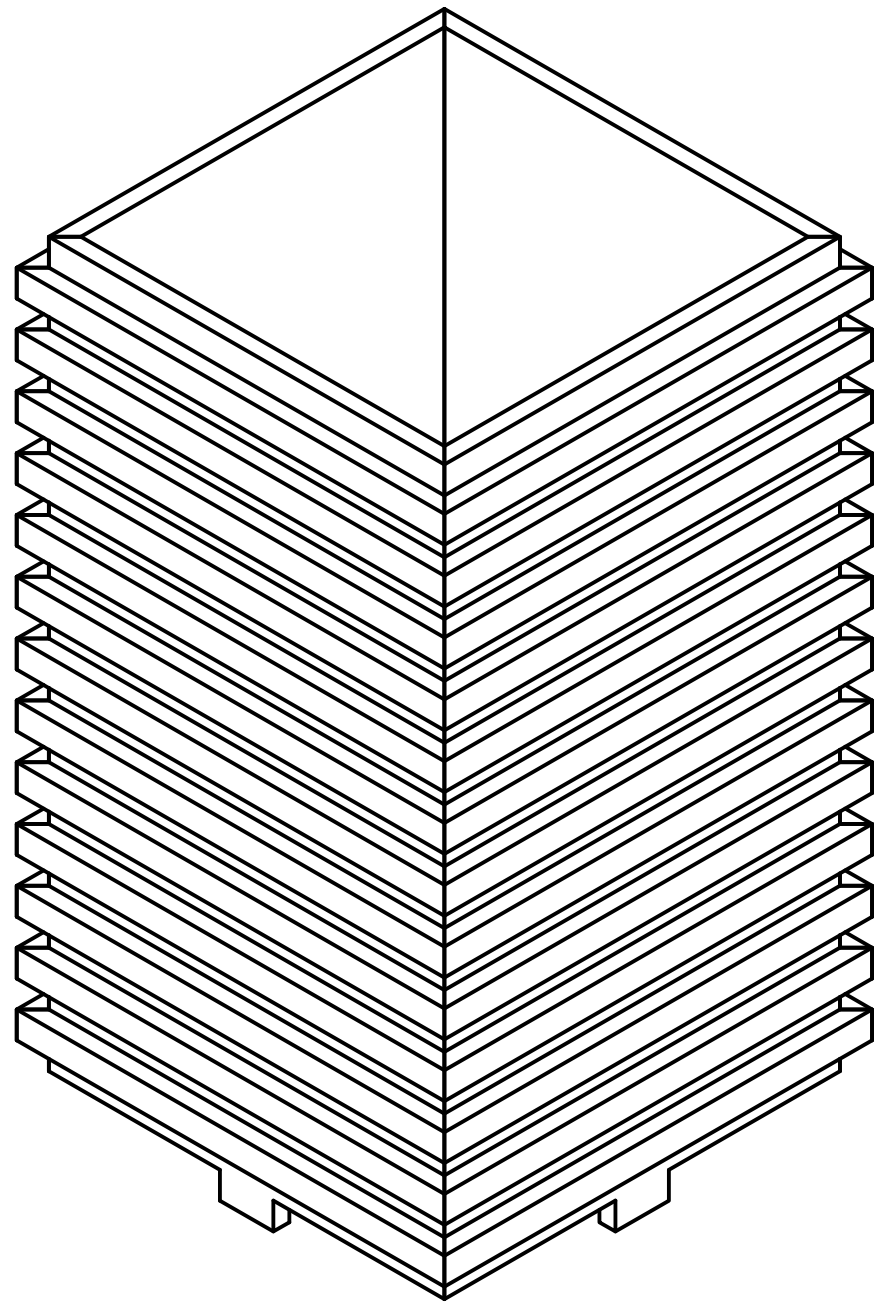
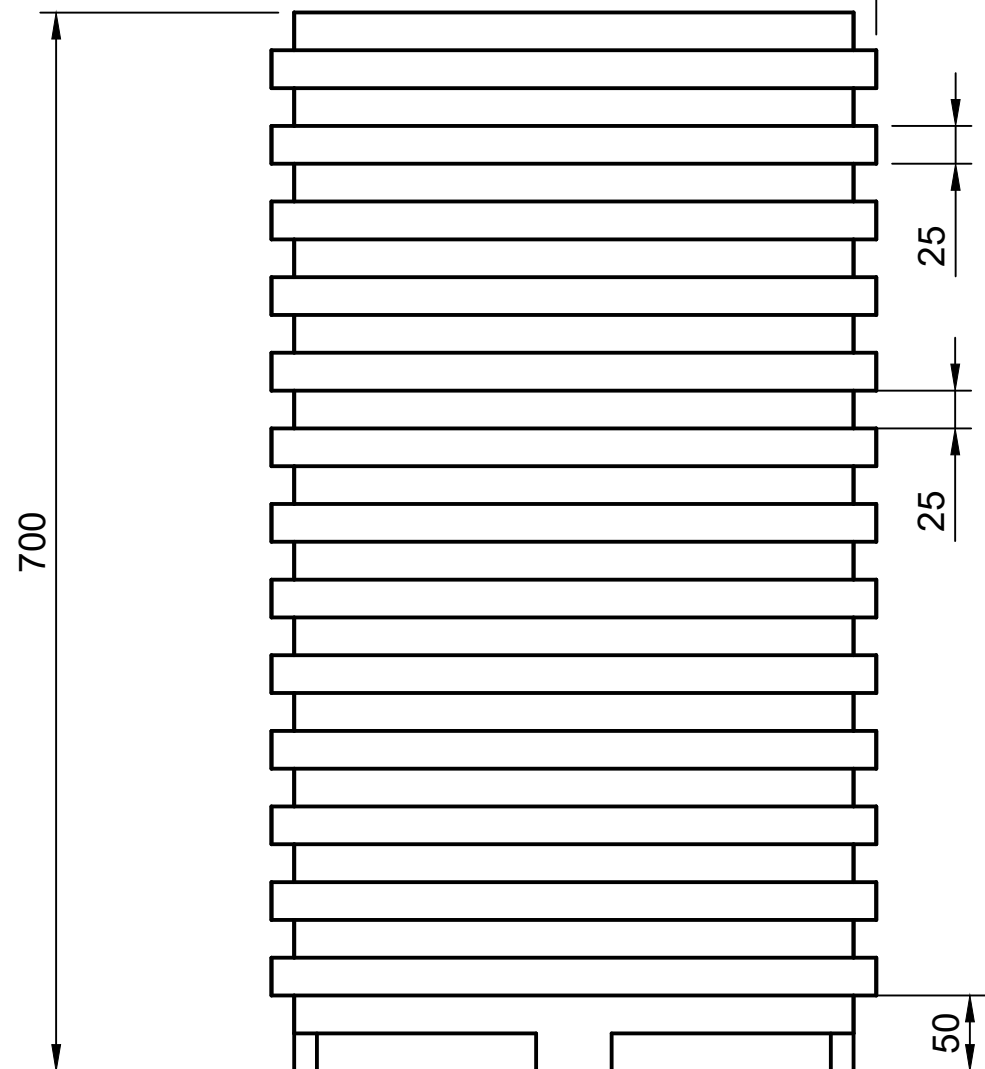
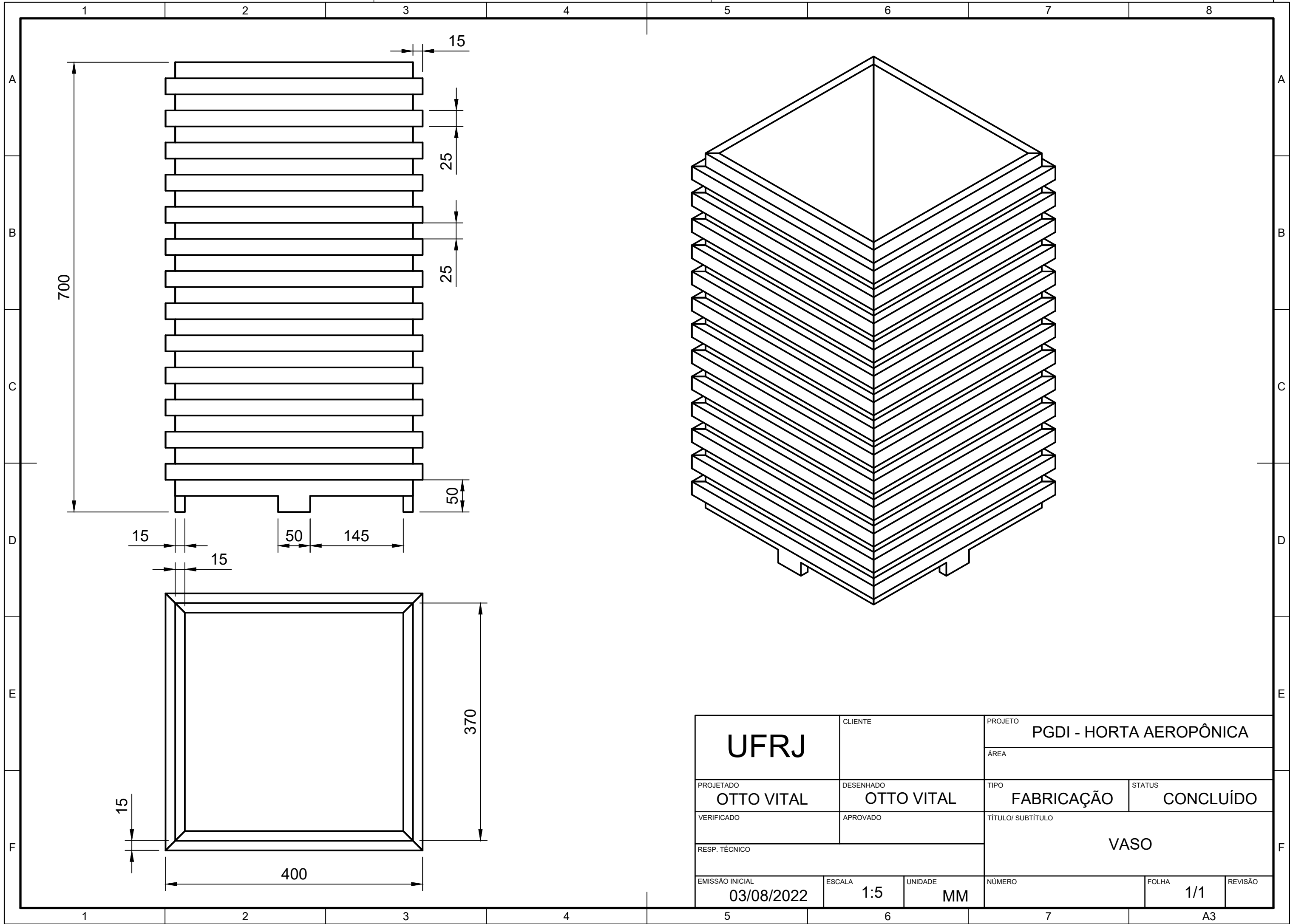
ANEXOS



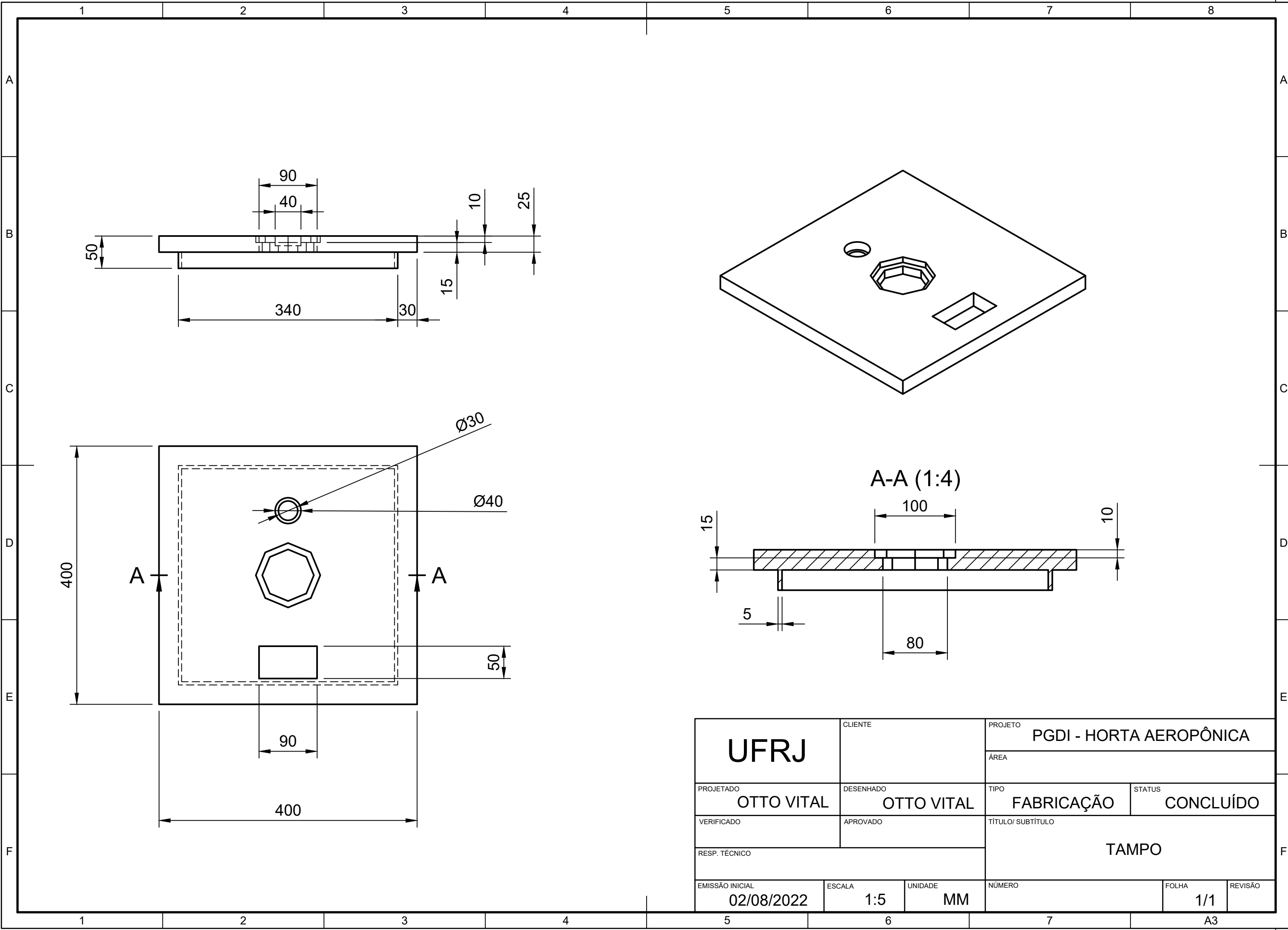
12	TAMPA DO NICHOS	21	POLICLORETO DE VINILA		
11	APOIO PARA ASPERSOR	1	POLICLORETO DE VINILA		
10	CÂMARA RADICULAR SUP.	1	POLICLORETO DE VINILA		
9	CÂMARA RADICULAR INF.	1	POLICLORETO DE VINILA		
8	BAÚ PARA ARDUÍNO	1	MADEIRA PLÁSTICA		
7	RESERVATÓRIO PEQUENO	1	ALUMÍNIO		
6	RESERVATÓRIO GRANDE	1	POLICLORETO DE VINILA		
5	TAMPA DO TAMPO	1	POLICLORETO DE VINILA		
4	TRONCO	1	POLICLORETO DE VINILA		
3	TAMPO	1	MADEIRA PLÁSTICA		
2	VASO	1	MADEIRA PLÁSTICA		
1	BASE	1	MADEIRA PLÁSTICA		
Nº	NOME DA PEÇA	QTDE	MATERIAL		
UFRJ		CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
			ÁREA		
DESENHADO	PROJETADO	TIPO	STATUS		
OTTO VITAL	OTTO VITAL	MONTAGEM	CONCLUÍDO		
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/ SUBTÍTULO			
		AEROTREE EXPLODIDA			
RESP. TÉCNICO					
EMISSÃO INICIAL	ESCALA	UNIDADE	NÚMERO	FOLHA	REVISÃO
03/08/2022	1:10	MM		1/1	



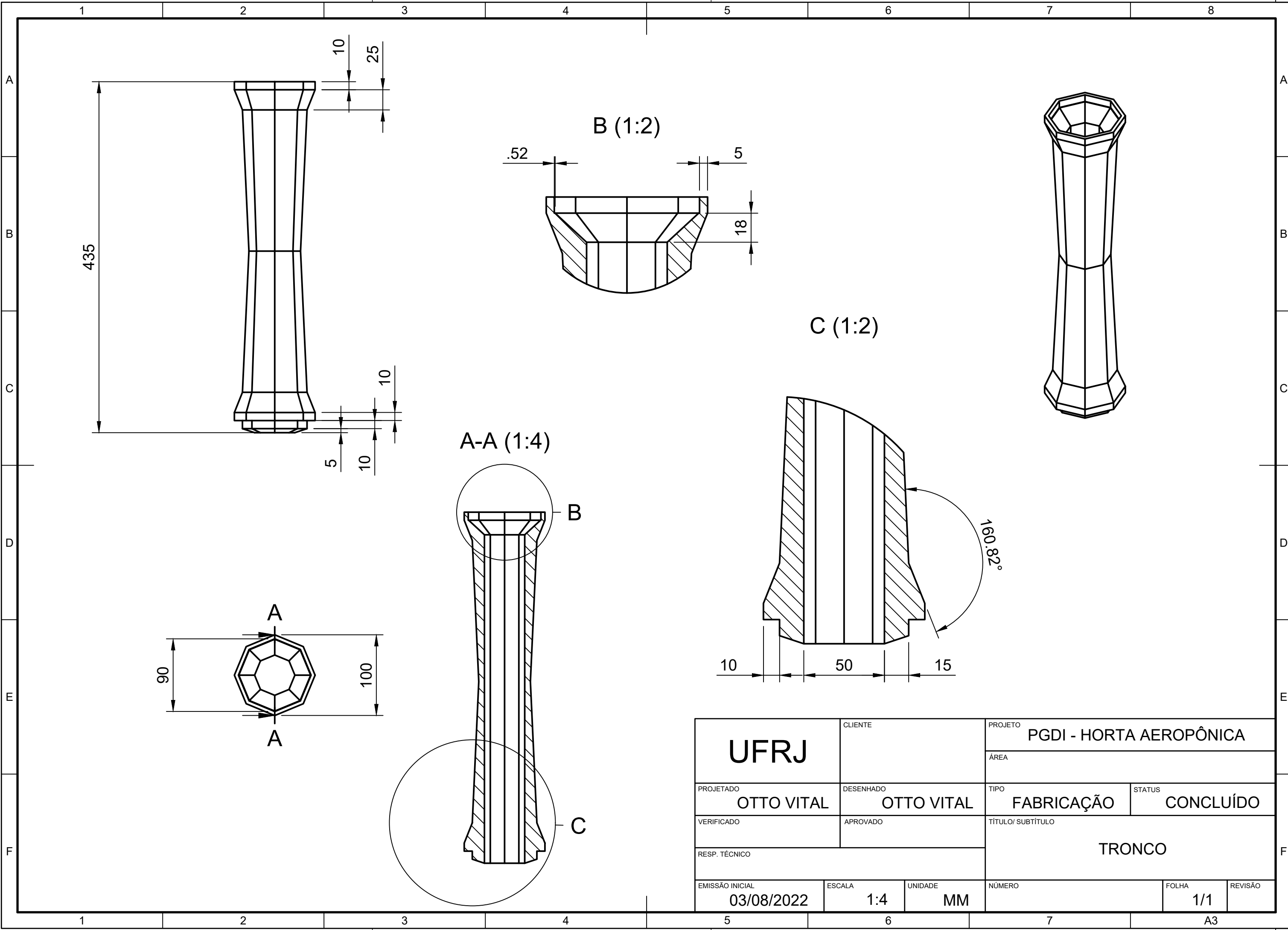
UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
VERIFICADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO BASE DO VASO		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 01/08/2022	ESCALA 1:5	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1



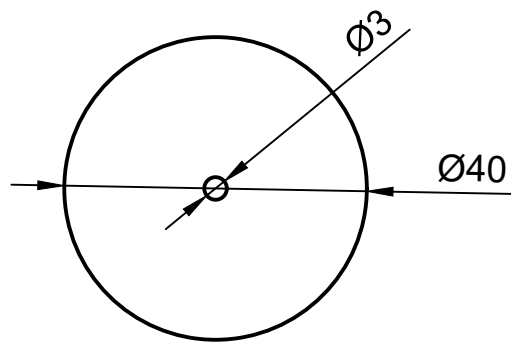
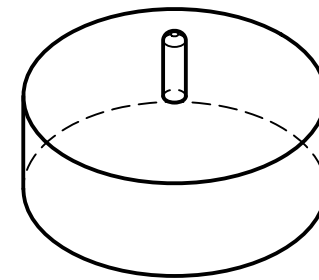
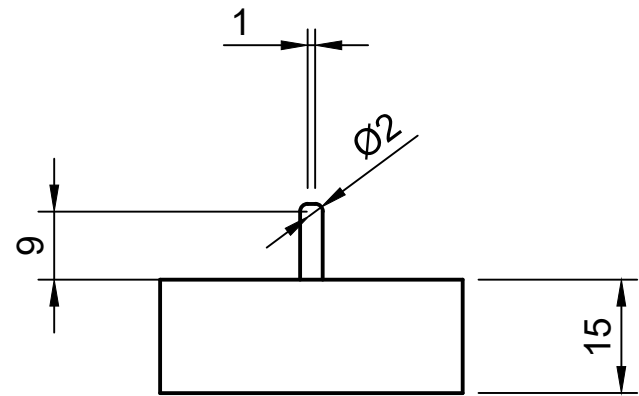
UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
VERIFICADO	APROVADO	TÍTULO/ SUBTÍTULO VASO		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 03/08/2022	ESCALA 1:5	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1 REVISÃO



UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
VERIFICADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO TAMPO		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 02/08/2022	ESCALA 1:5	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
			A3	



UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
VERIFICADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO TRONCO		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 03/08/2022	ESCALA 1:4	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
			REVISÃO	



UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/ SUBTÍTULO TAMPA DO TAMPO		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 02/08/2022	ESCALA 1:1	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
			REVISÃO	

1 2 3 4 5 6 7 8

A A

B B

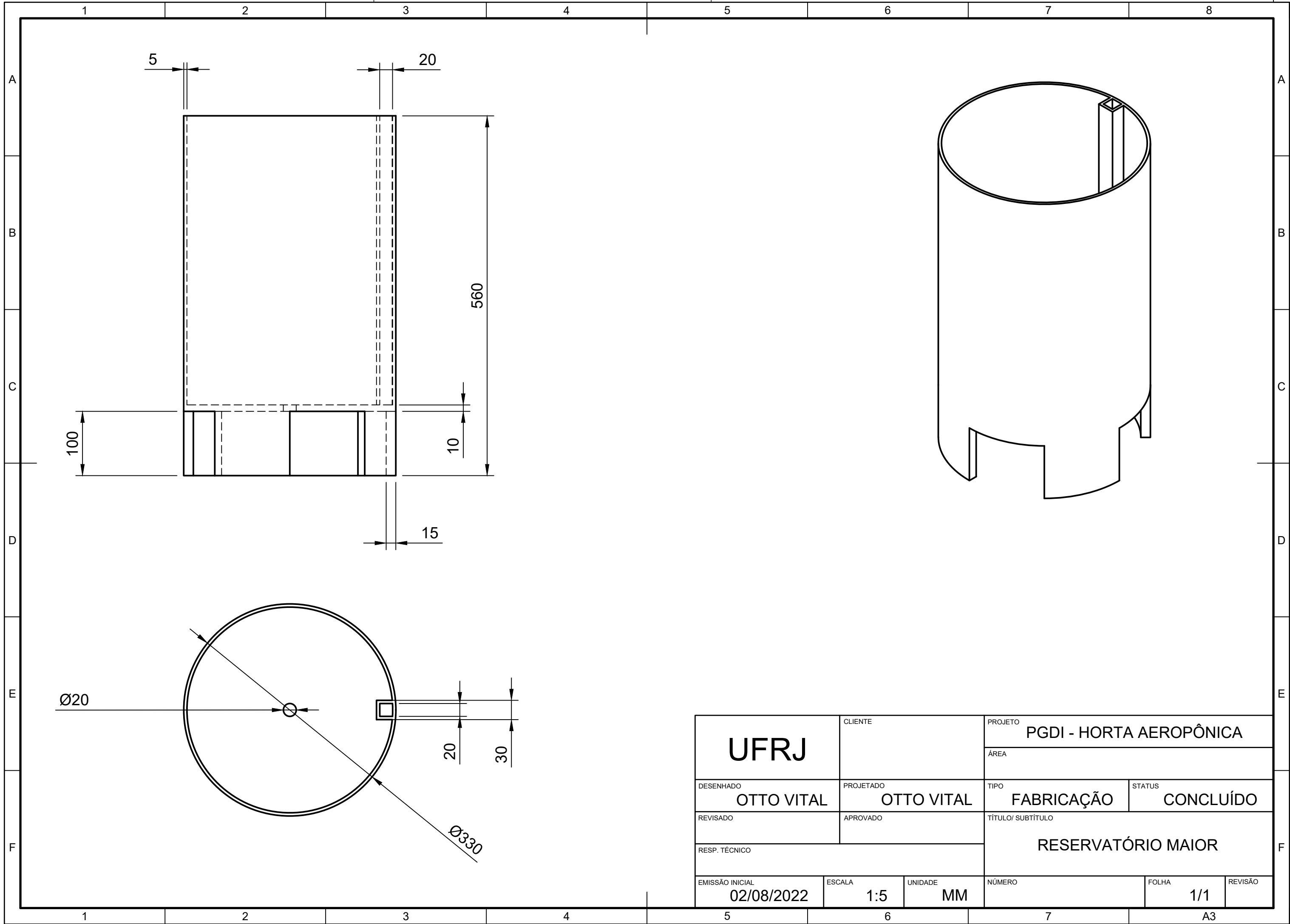
C C

D D

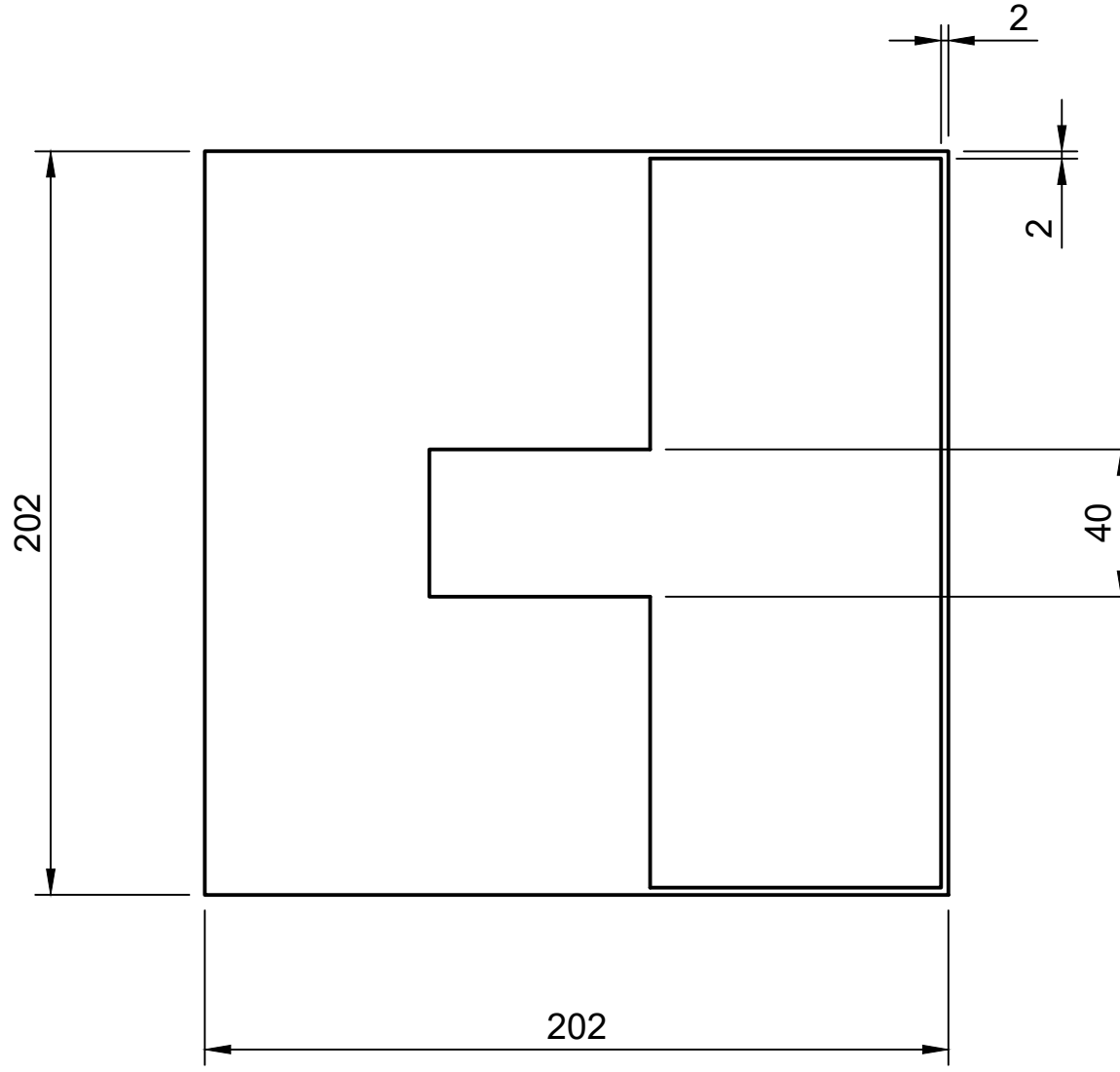
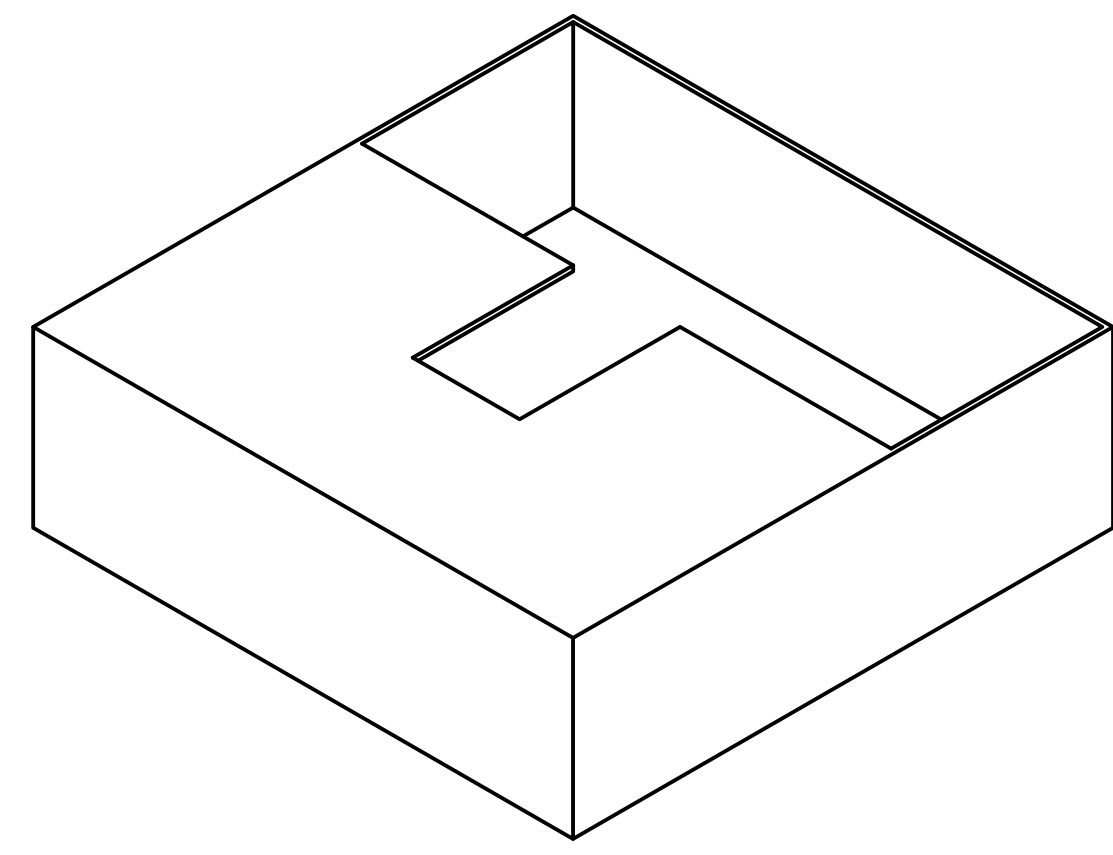
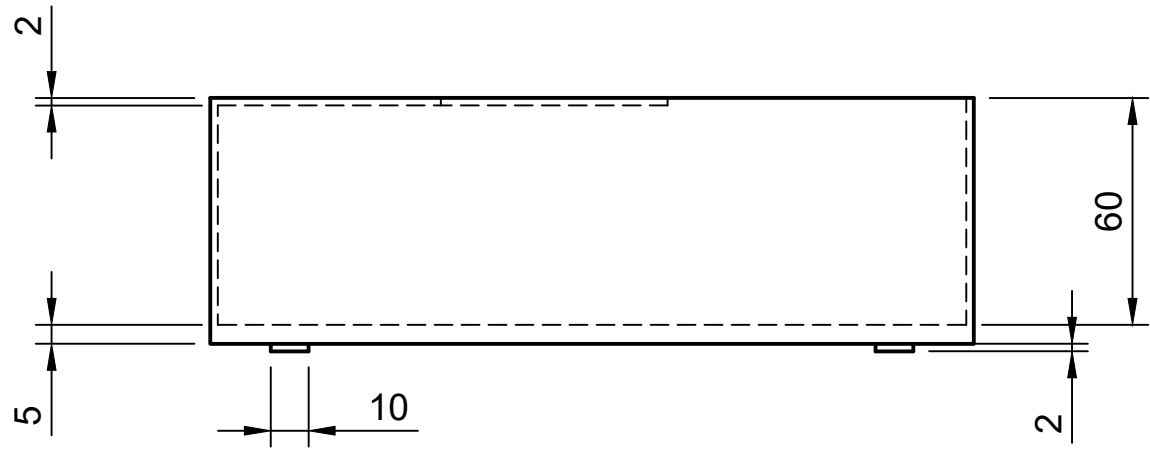
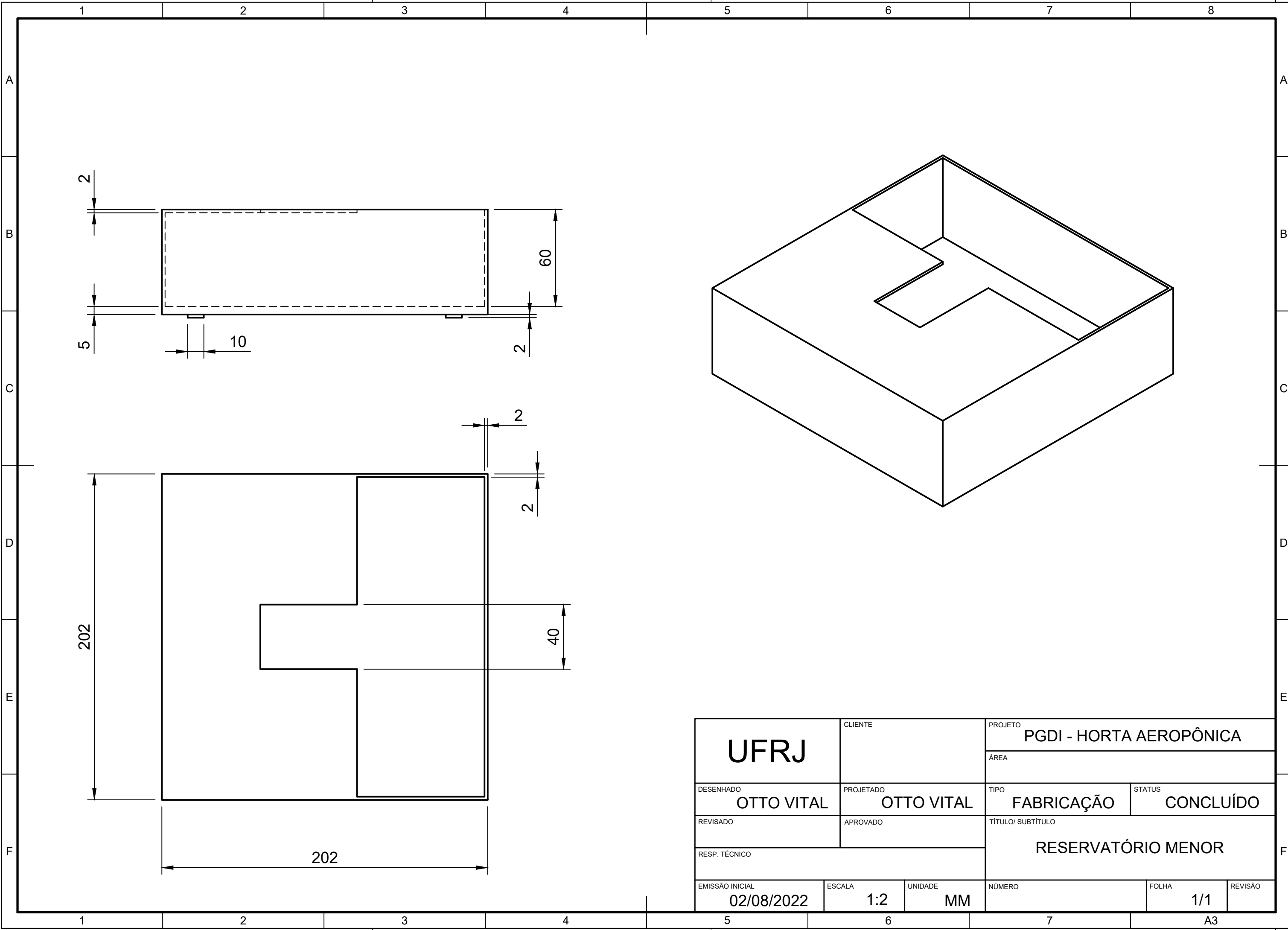
E E

F F

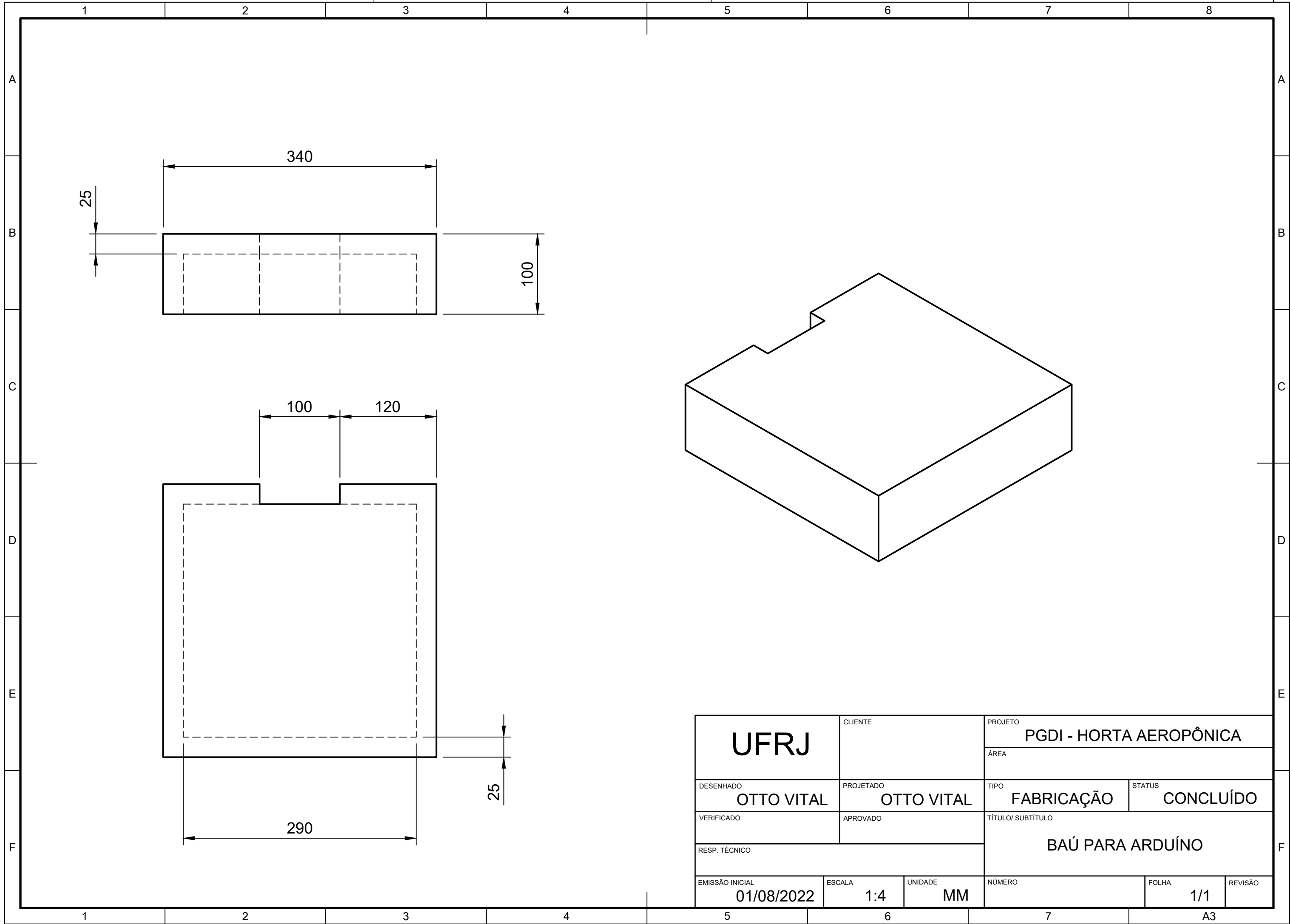
1 2 3 4 5 6 7 8 A3



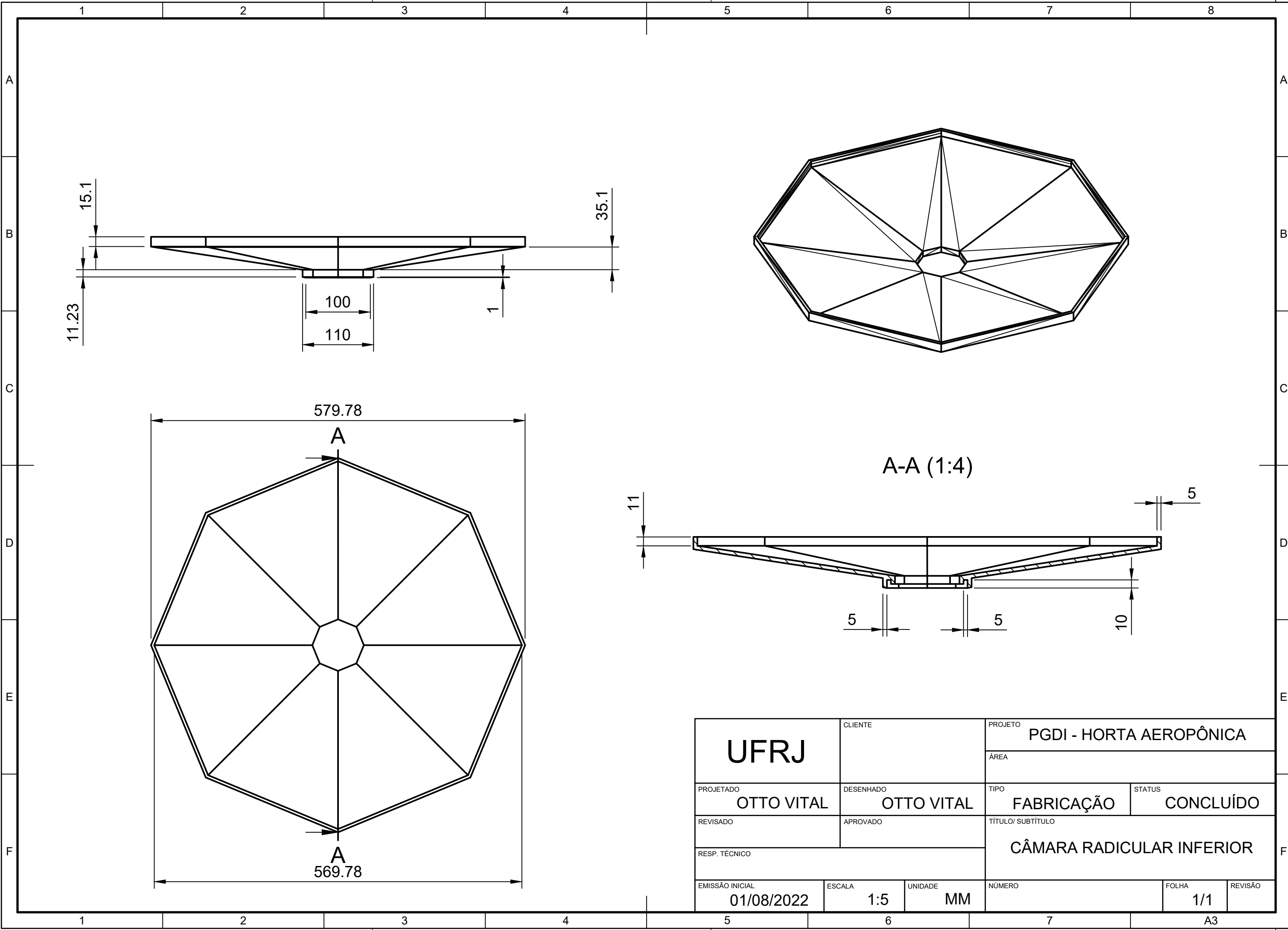
UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
DESENHADO OTTO VITAL	PROJETADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/ SUBTÍTULO RESERVATÓRIO MAIOR		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 02/08/2022	ESCALA 1:5	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
				REVISÃO



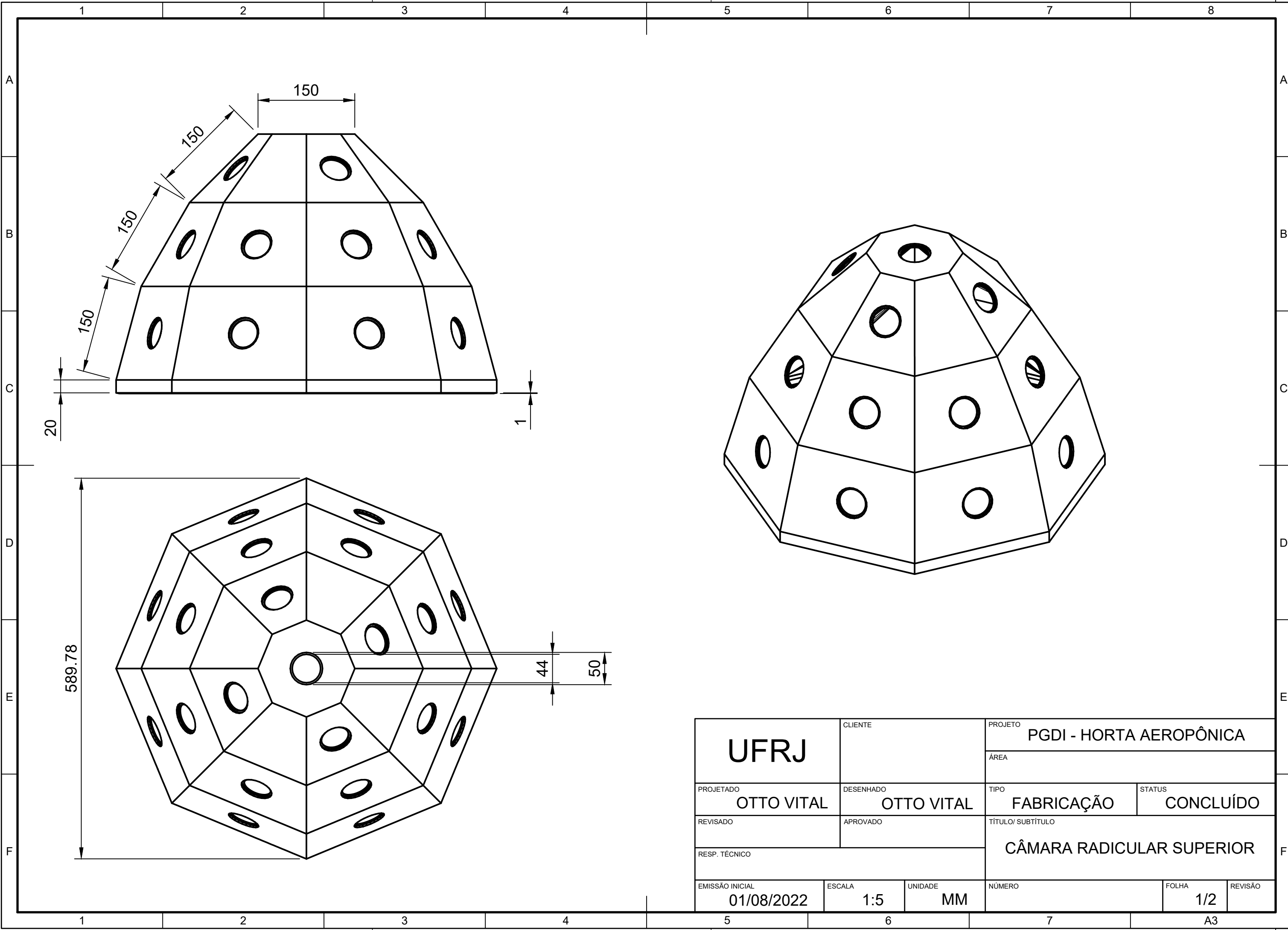
UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
DESENHADO OTTO VITAL	PROJETADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO RESERVATÓRIO MENOR		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 02/08/2022	ESCALA 1:2	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
			A3	



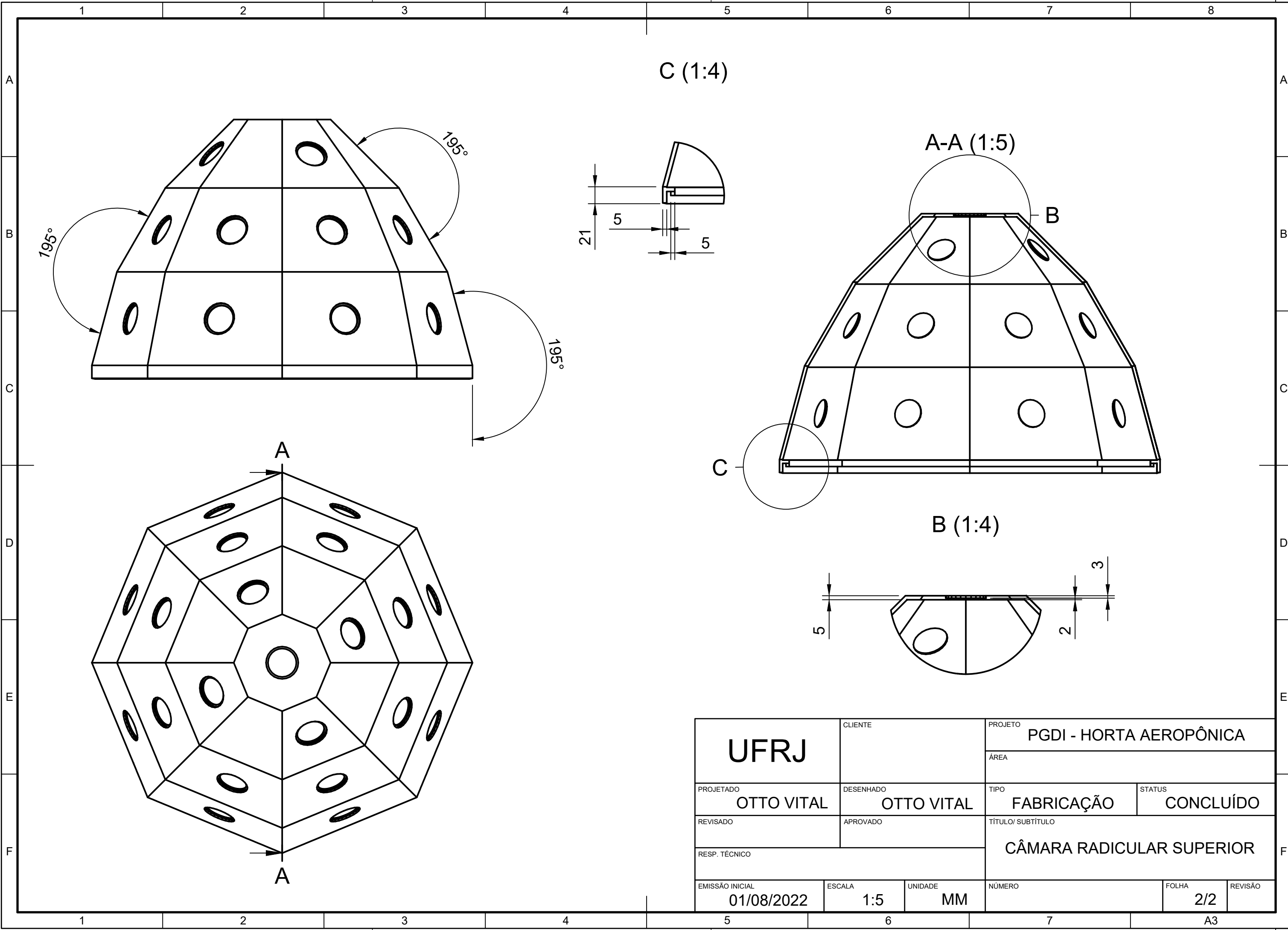
UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
DESENHADO OTTO VITAL	PROJETADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
VERIFICADO	APROVADO	TÍTULO/ SUBTÍTULO BAÚ PARA ARDUÍNO		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 01/08/2022	ESCALA 1:4	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
				REVISÃO



UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO CÂMARA RADICULAR INFERIOR		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 01/08/2022	ESCALA 1:5	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
			A3	



UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO CÂMARA RADICULAR SUPERIOR		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 01/08/2022	ESCALA 1:5	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/2
			A3	

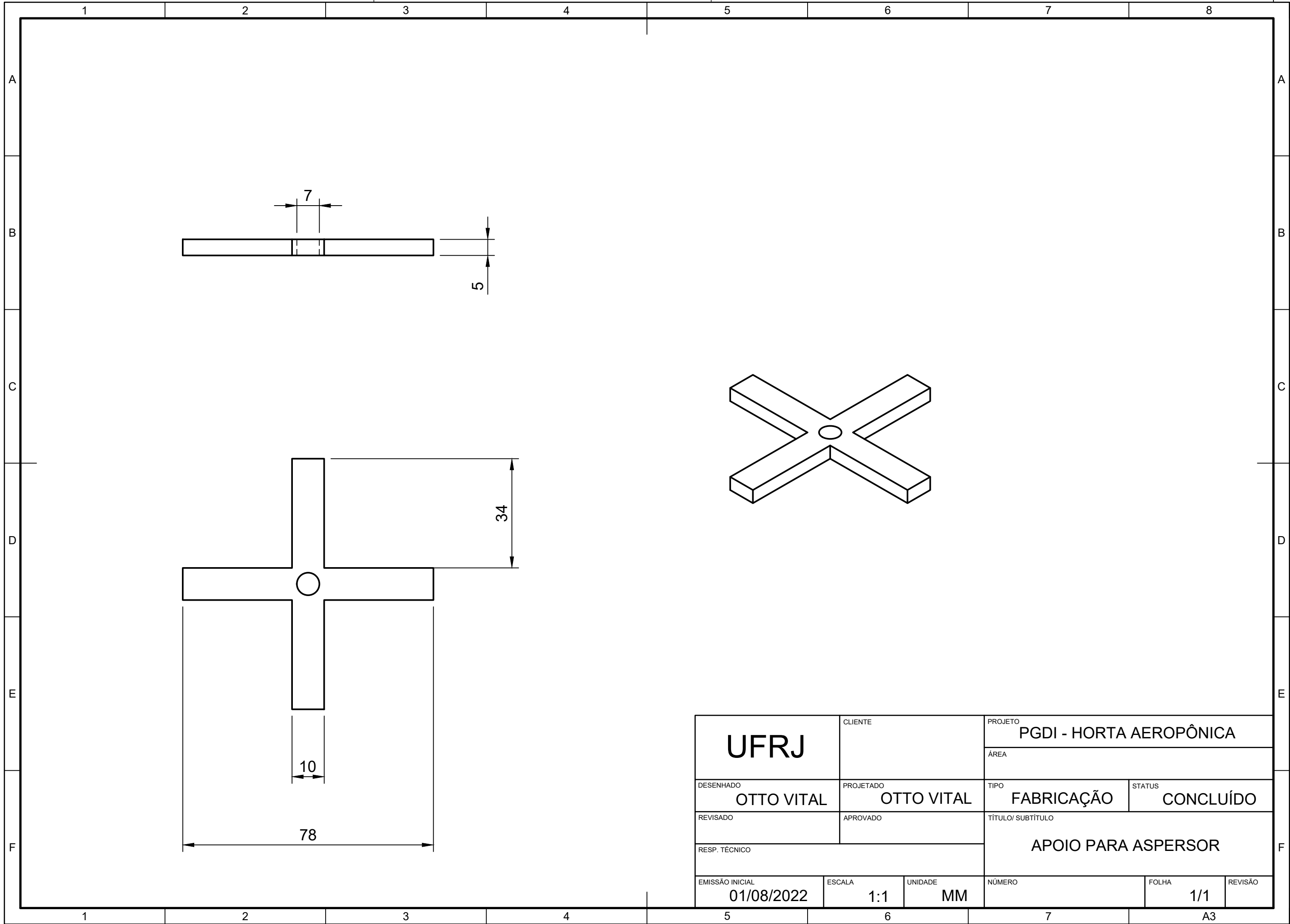


C (1:4)

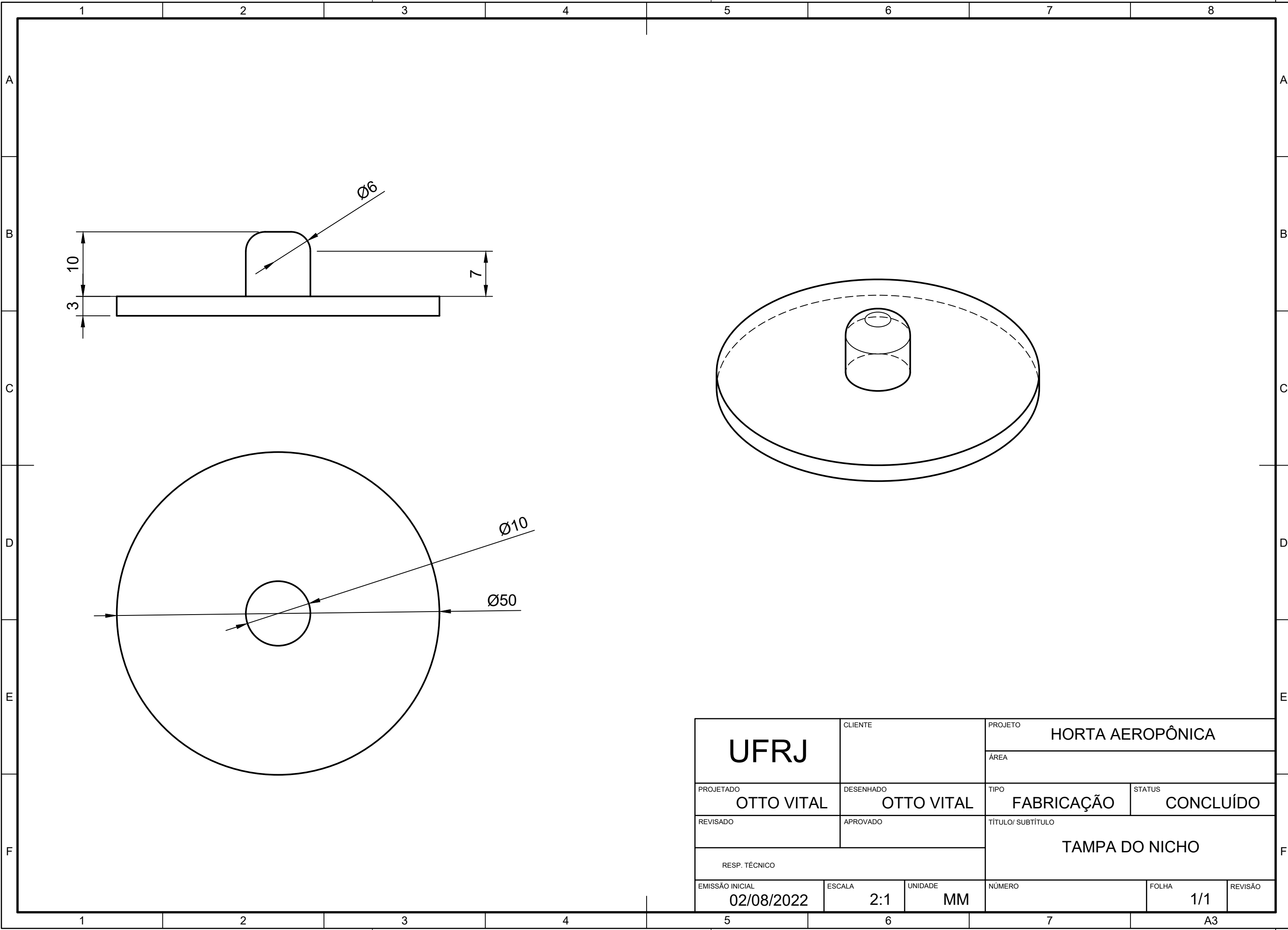
A-A (1:5)

B (1:4)

UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO CÂMARA RADICULAR SUPERIOR		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 01/08/2022	ESCALA 1:5	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 2/2
			A3	



UFRJ	CLIENTE	PROJETO PGDI - HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
DESENHADO OTTO VITAL	PROJETADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO APOIO PARA ASPERSOR		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 01/08/2022	ESCALA 1:1	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
			REVISÃO	



UFRJ	CLIENTE	PROJETO HORTA AEROPÔNICA		
		ÁREA		
PROJETADO OTTO VITAL	DESENHADO OTTO VITAL	TIPO FABRICAÇÃO	STATUS CONCLUÍDO	
REVISADO	APROVADO	TÍTULO/SUBTÍTULO TAMPA DO NICHOS		
RESP. TÉCNICO				
EMISSÃO INICIAL 02/08/2022	ESCALA 2:1	UNIDADE MM	NÚMERO	FOLHA 1/1
				REVISÃO

AEROTREE
HORTA AEROPÔNICA VERTICAL DE BAIXA PRESSÃO



PROJETO DE GRADUAÇÃO OTTO RODRIGO PEREIRA VITAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

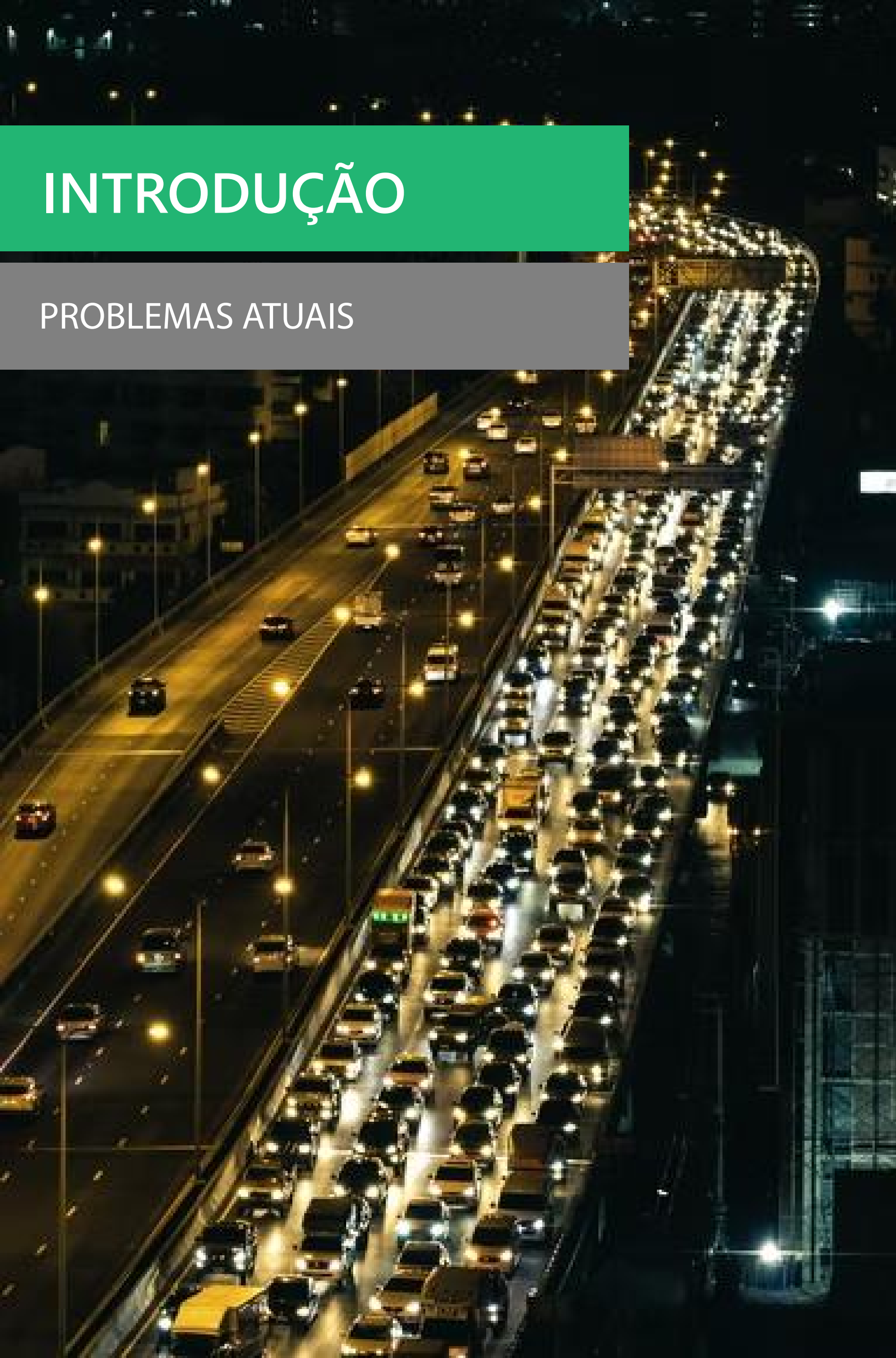
ESCOLA DE BELAS ARTES - DEPARTAMENTO DE DESENHO INDUSTRIAL/ PROJETO DE PRODUTO

ORIENTADOR: VALDIR SOARES

2022.1

INTRODUÇÃO

PROBLEMAS ATUAIS



Stress
Falta de tempo
Poluição
Mudanças climáticas

INTRODUÇÃO

NOVOS HÁBITOS E TENDÊNCIAS



Hábitos mais saudáveis
Qualidade de vida
Otimização de tempo
Estilo de vida mais balanceado

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS

Geral e específicos

Projetar uma horta aeropônica automatizada que busque atender as necessidades dos usuários, em seus respectivos ambientes domésticos.

- Maximizar a oxigenação das raízes das plantas;
- Dinamizar o desenvolvimento das plantas, tornando-o mais célere;
- Otimizar a interação entre usuário e horta;
- Buscar atender as necessidades das plantas de forma mais assertiva em relação aos sistemas hidropônicos e tradicionais (substrato; terra).

ANÁLISE DE DADOS

DEFINIÇÃO DE HORTA AEROPÔNICA

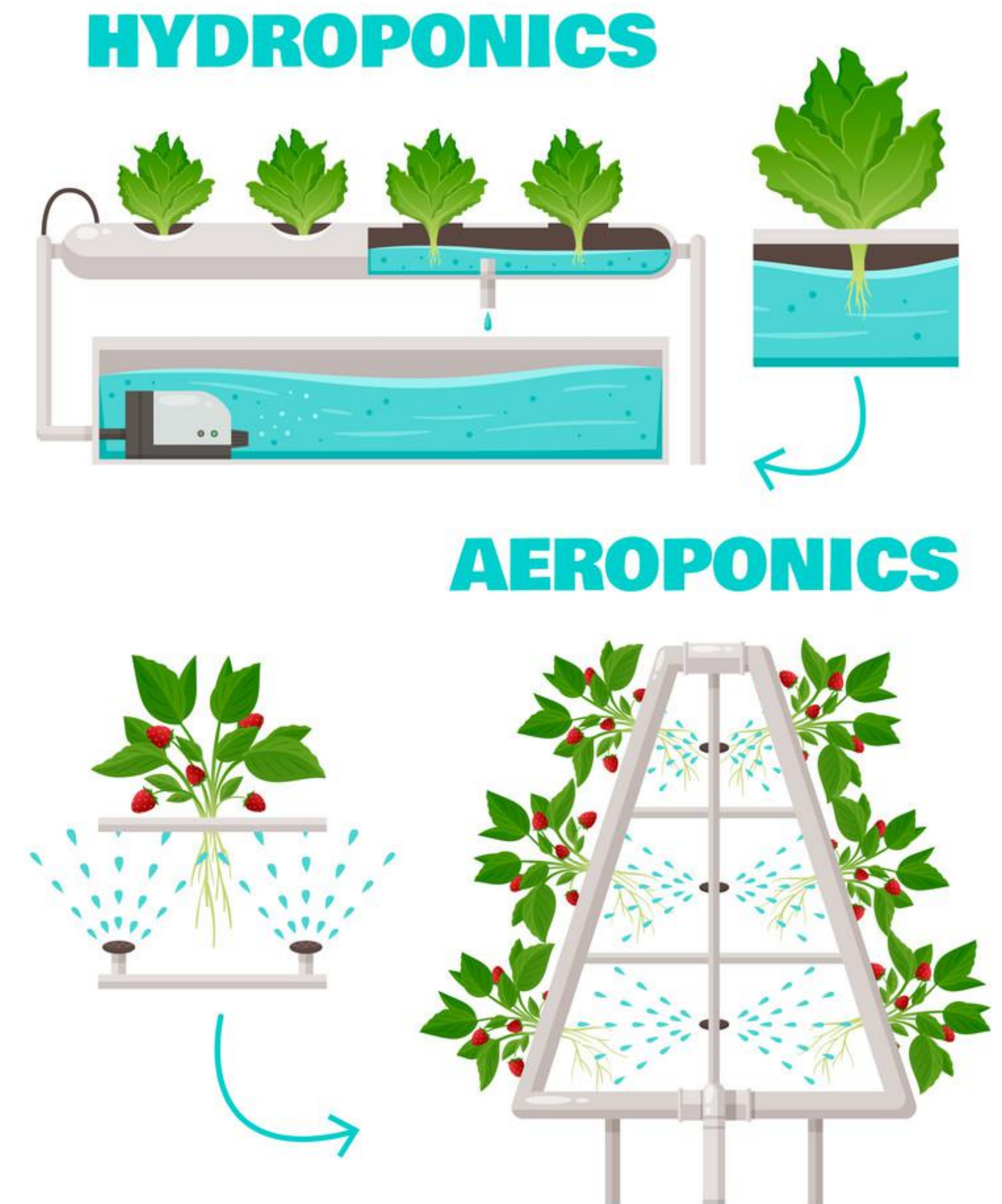
Método, ciclos e pressão

O que é aeroponia?

- Solução nutritiva é bombeada e pulverizada por meio de um bico pulverizador em gotas;
- As raízes estão suspensas no ar dentro da câmara radicular;
- Gotículas depois de pulverizadas viajam pelo ar até pou-
sarem nas raízes, que por sua vez as absorvem.

Ciclos aeropônicos: qual sua finalidade?

Alta pressão x Baixa pressão



ANÁLISE DE DADOS

DEFINIÇÃO DE HORTA AEROPÔNICA

Diferenciais

- Até 95% de economia de água em relação ao cultivo tradicional;
- Sem necessidade de fertilizantes/ pesticidas;
- Superação dos fatores climáticos em relação ao cultivo tradicional (estiagem, chuva, etc.);
- Sem obstáculos para o pleno crescimento das raízes;
- Maior oxigenação possível para as raízes;
- Monitoramento do ambiente para que o alimento se desenvolva totalmente;
- Maior produção em menor espaço e com menos recursos sendo necessários.



ANÁLISE DE DADOS

ANÁLISE DE SIMILARES

Hortas hidropônicas

Desvantagens

- Sem apelo estético;
- Não é tão avançado quanto o sistema aeropônico;
- Pode demandar um espaço horizontal grande.

Vantagens

- Excelente custo-benefício;
- Materiais empregados são recomendados para o uso aeropônico;
- Suas partes podem ser prontamente substituídas caso necessário.



ANÁLISE DE DADOS

ANÁLISE DE SIMILARES

Horta aeropônica de torre móvel

Desvantagens

- Sem apelo estético;
- Não é voltado para o uso doméstico;
- Sua base necessita de um espaço considerável.

Vantagens

- Bom custo-benefício;
- Materiais empregados são recomendados para o uso aeropônico.



ANÁLISE DE DADOS

ANÁLISE DE SIMILARES

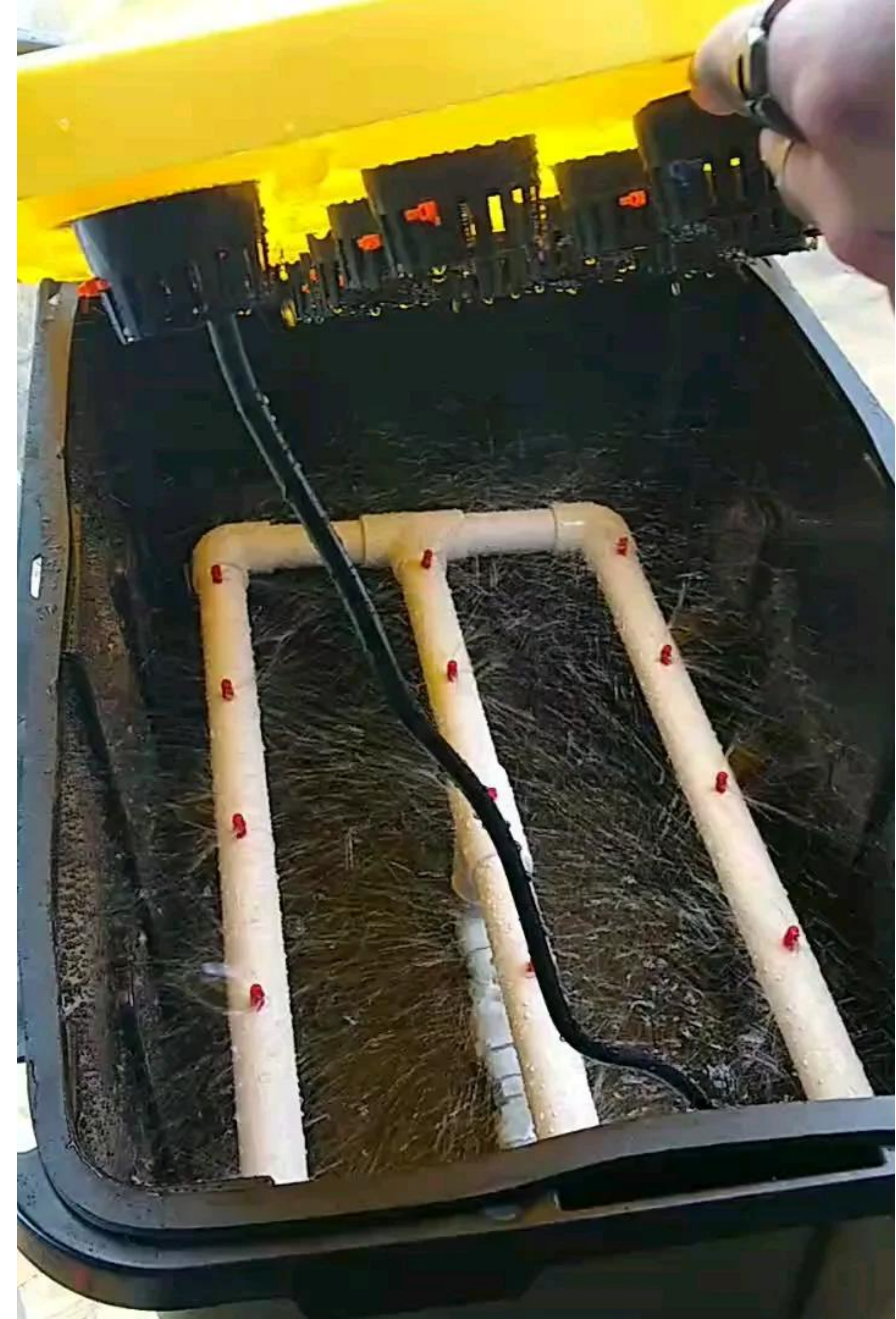
Horta aeropônica artesanal

Desvantagens

- Os materiais empregados geralmente não são duráveis/ higiênicos;
- O sistema aeropônico não é tecnologicamente preciso;
- Itens que não foram previamente concebidos para esta finalidade.

Vantagens

- Ótimo custo-benefício;
- Partes sempre disponíveis para compra se precisar substituir.



ANÁLISE DE DADOS

SÍNTESE

Principais atributos

Estruturais

- Capacidade de abrigar verduras, legumes e raízes;
- Câmara radicular com espaço suficiente para as raízes crescerem;

Funcionais

- Estrutura radicular com capacidade mínima de 10 nichos;
- Fácil usabilidade dos comandos;
- Monitoramento autônomo;

ANÁLISE DE DADOS

SÍNTESE

Principais restrições

Funcionais

- Água e solução nutritiva entre 18 e 21 graus;
- Câmara radicular isolada do ambiente externo e sem contato com a luz solar;
- Ciclos de pulverização de acordo com a necessidade das plantas;
- Controle de umidade na câmara radicular (na faixa de 80%);
- Gotas entre 30 e 100 micrômetros;
- Sistema de refrigeração para a solução.

Estruturais

- Base no chão;
- Horta vertical;
- Plantas cobrem parcialmente a estrutura à medida que crescem;
- Encaixe certo das partes para que não haja vazamento de solução.

CONCEITUAÇÃO

GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Conceito 3,

Conceito 9

Conceito 12,

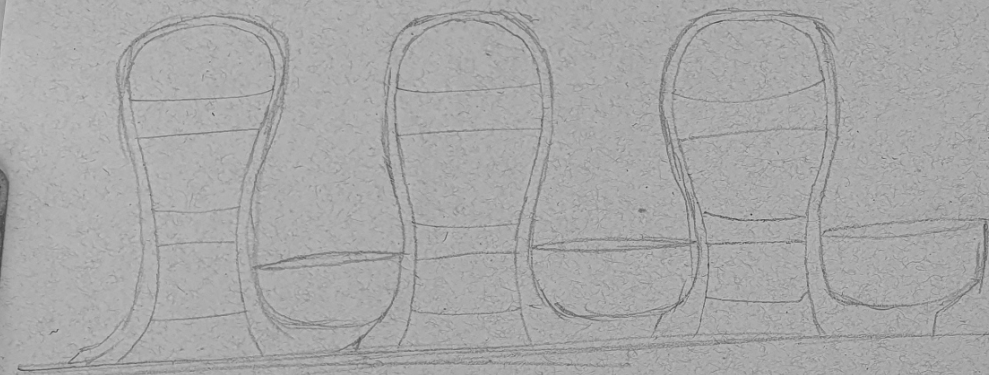
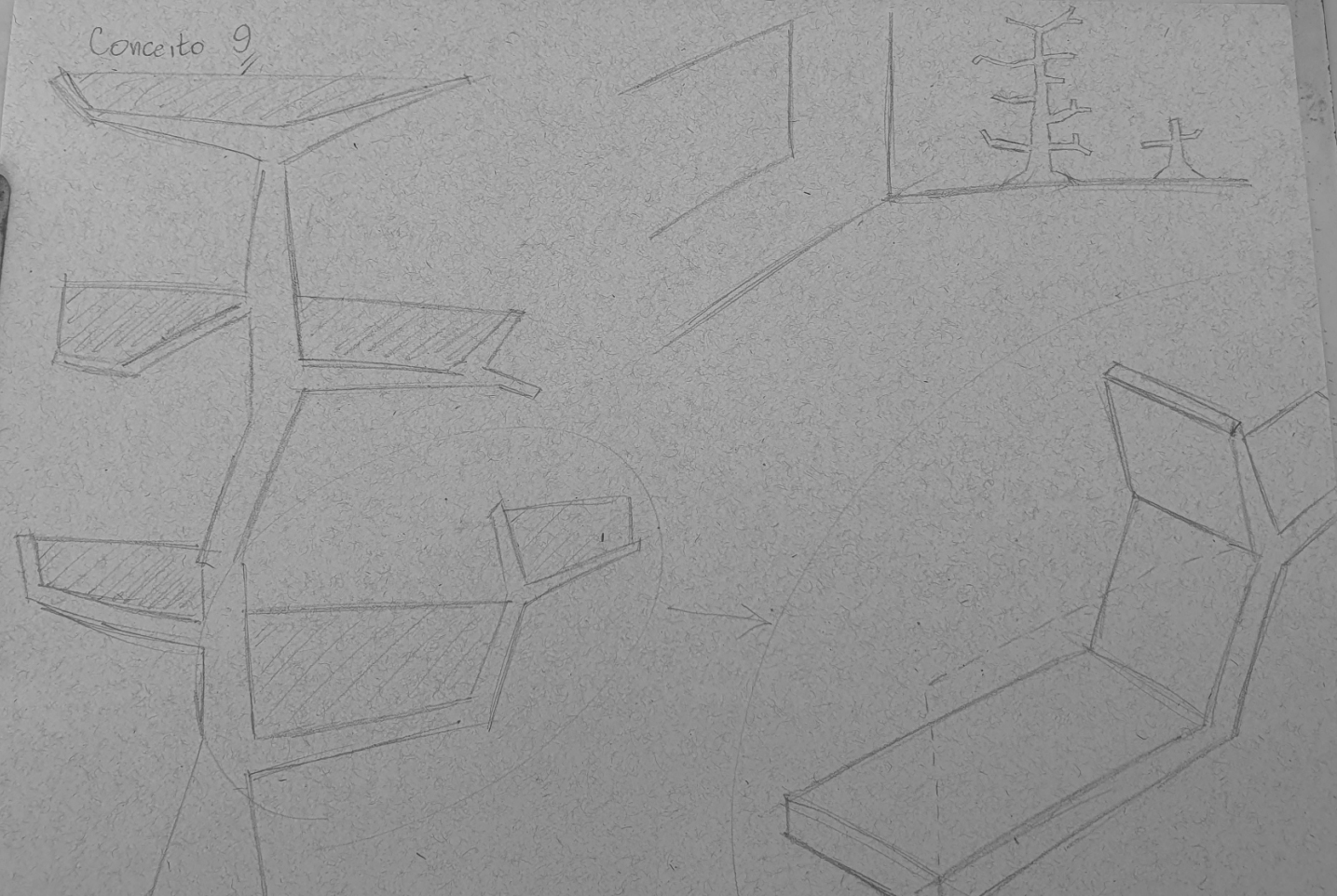
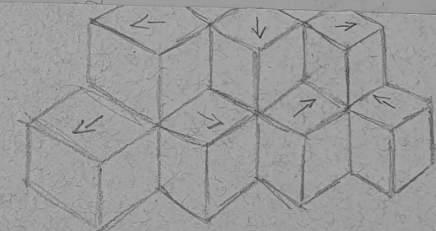
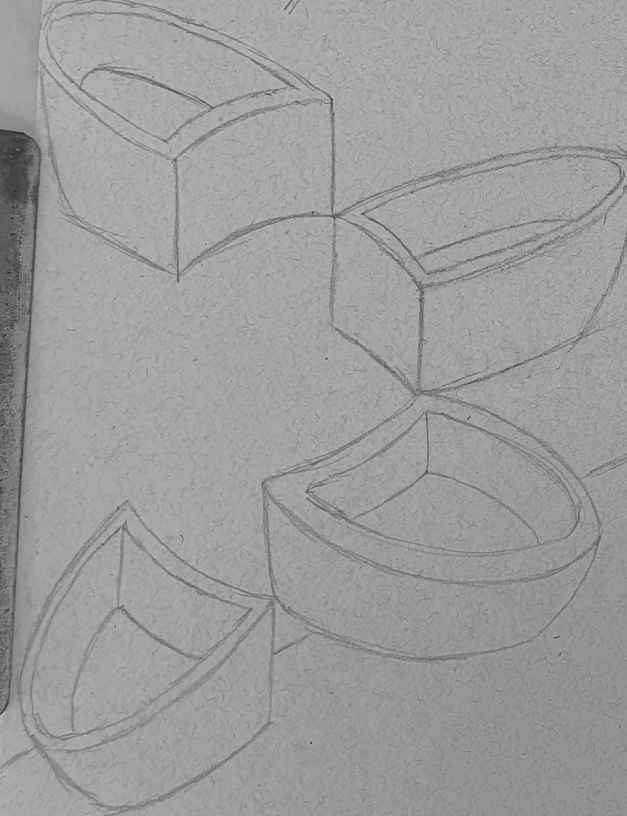
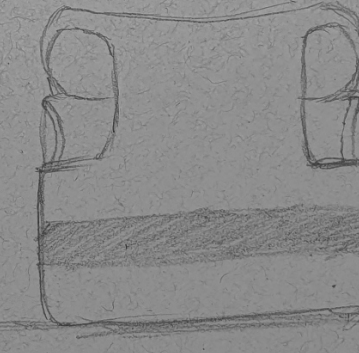
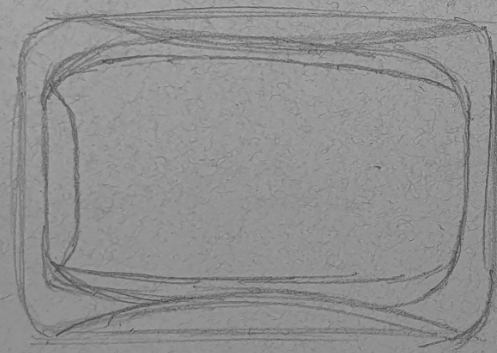
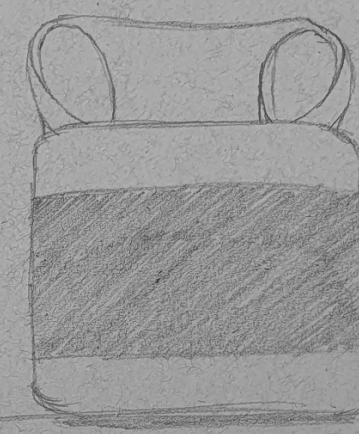
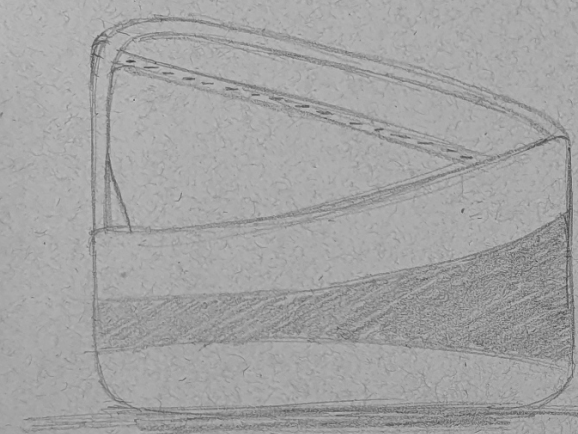
Conceito 11,

Conceito 13,

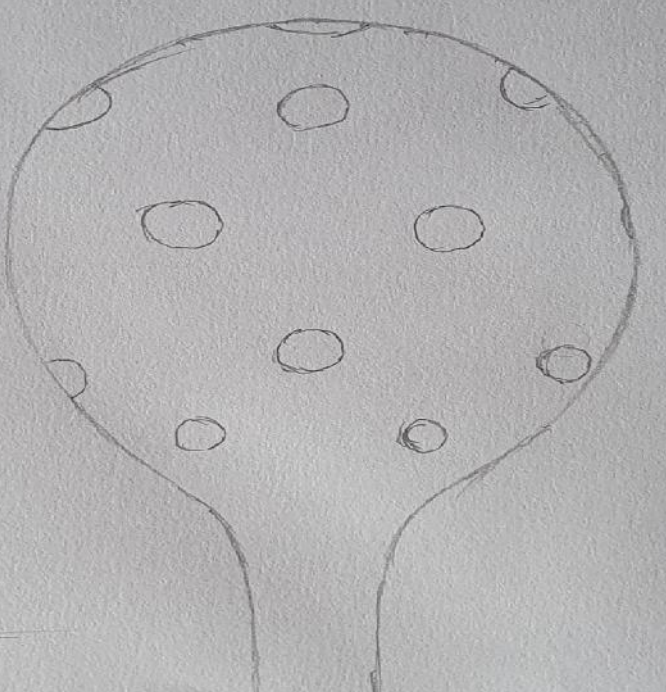
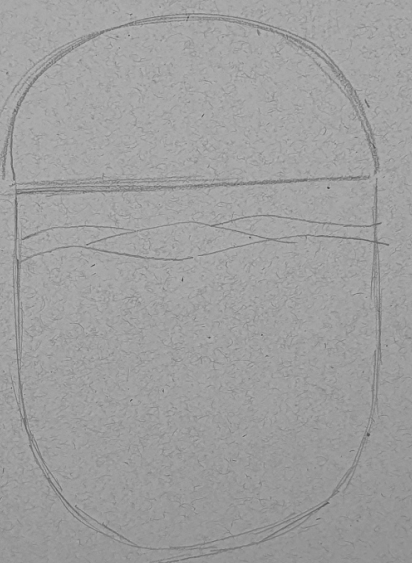
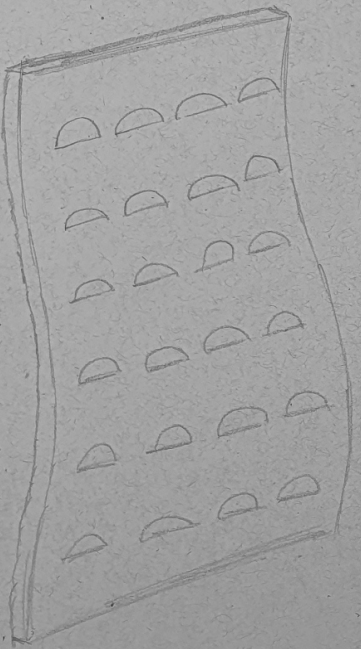
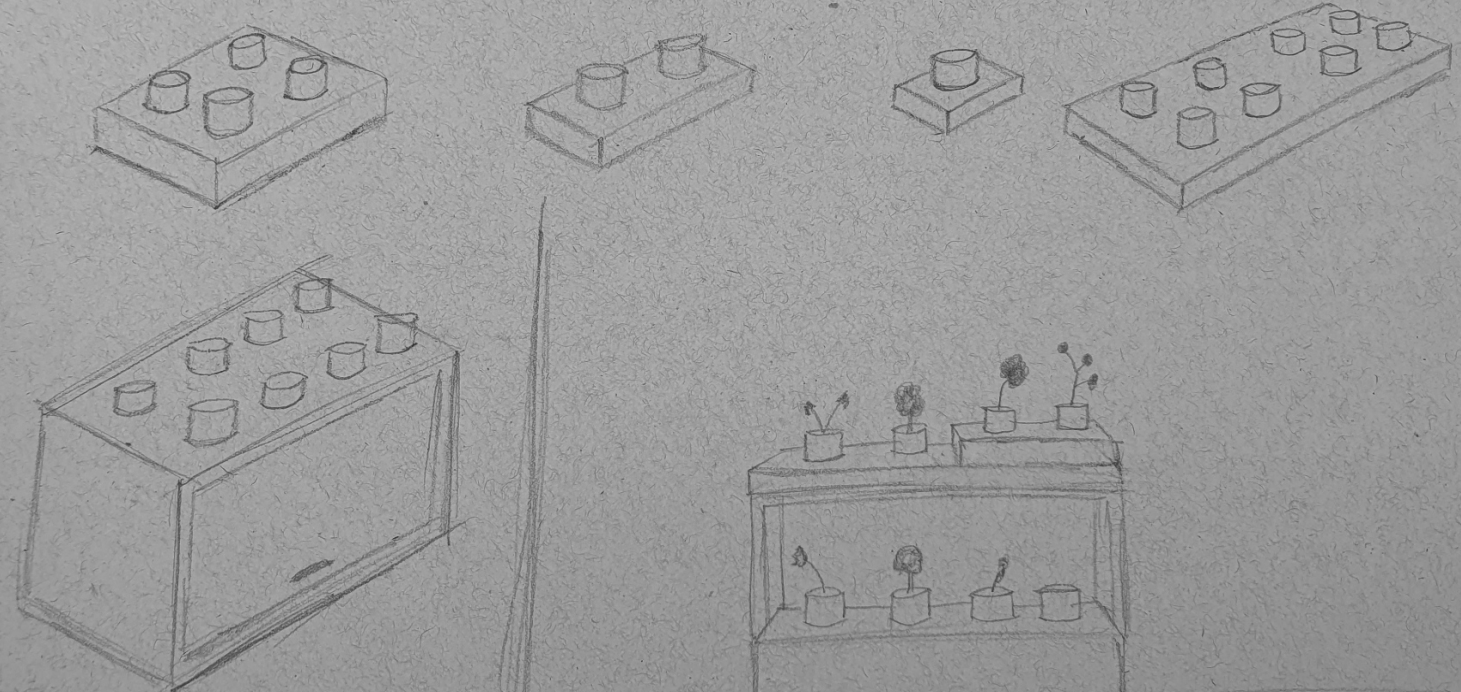
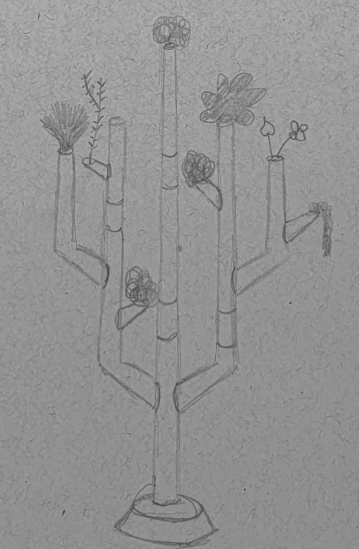
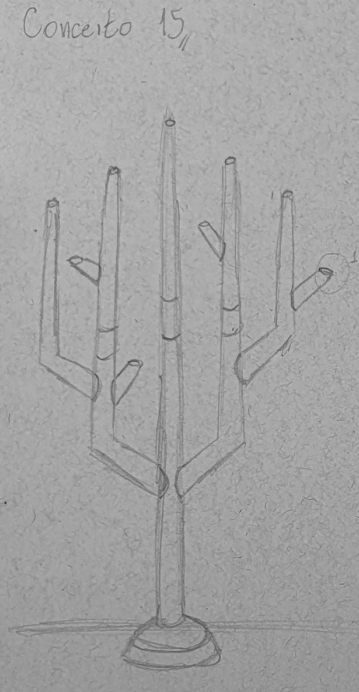
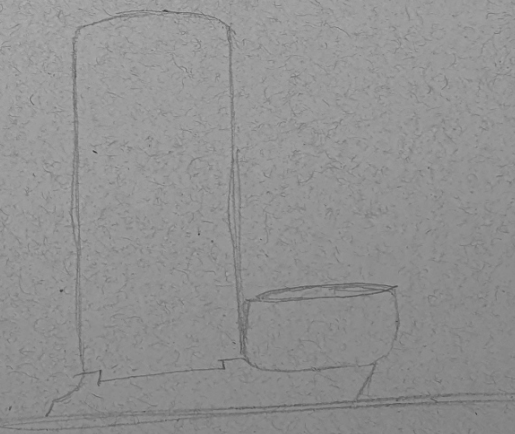
Conceito 6,

Conceito 15,

Conceito 10,



90°



CONCEITO FINAL



O PRODUTO



PÚBLICO-ALVO

- Homens e mulheres
- Com idades entre 30 e 70 anos
- Classes B e C
- Que já possuem afinidade com o cultivo e/ ou preparo de seus próprios alimentos
- Tenham interesse por um estilo de vida mais balanceado, saudável e natural.



O PRODUTO



FUNCIONALIDADE

Descrição geral

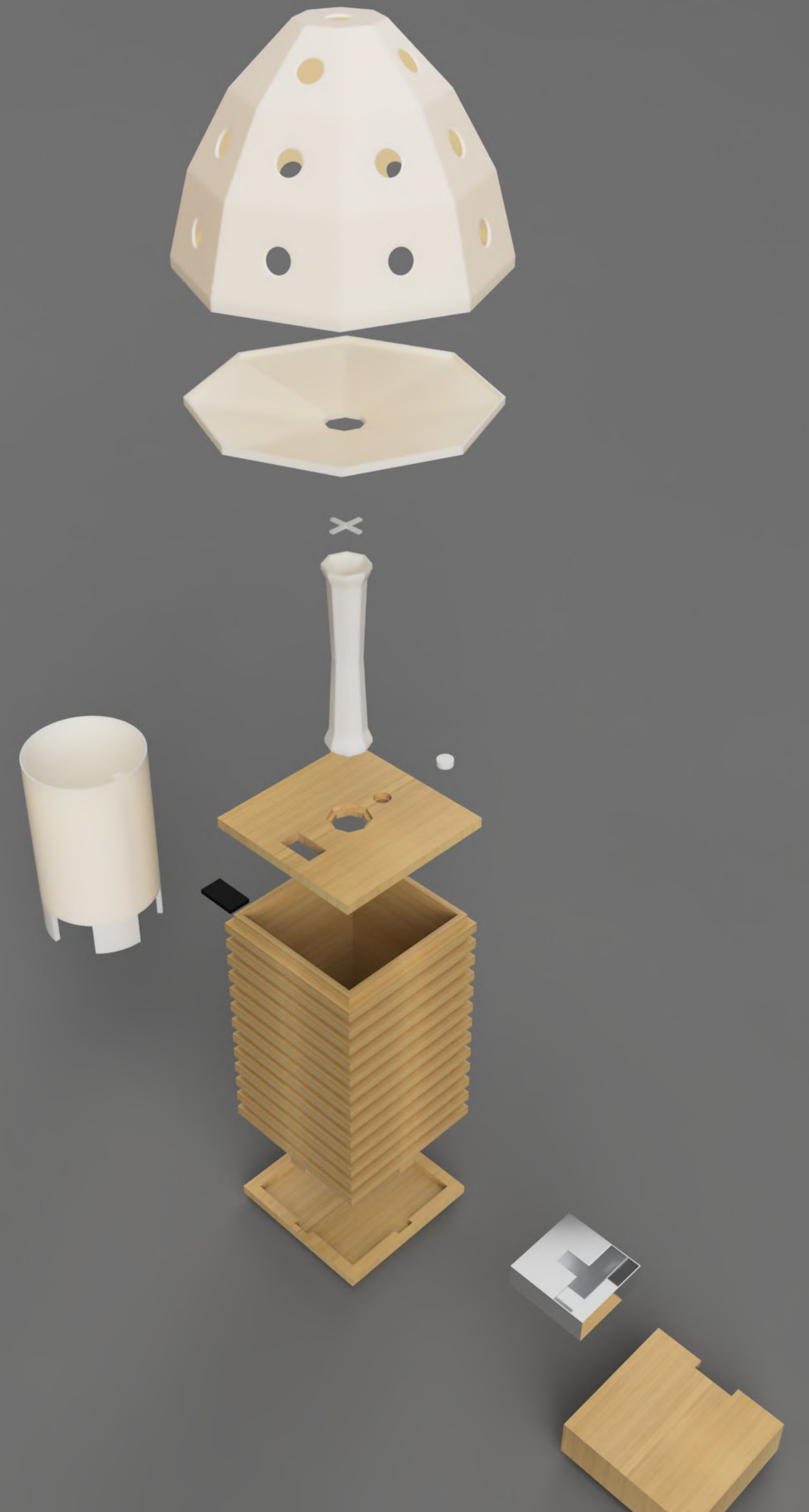
A AeroTree possui um sistema de monitoramento 24/7 por sensores, que coletam as informações mais importantes para o pleno funcionamento do mesmo. Uma vez com o tanque cheio, basta o usuário iniciar o processo de funcionamento, definindo o ciclo aeropônico mais adequado a situação.

O usuário define o ciclo aeropônico que melhor atente às necessidades das plantas

O sistema da horta irá realizar a pulverização das raízes automaticamente

Todas as informações são coletadas em tempo real pelos sensores/ Arduino

O usuário poderá modificar o ciclo e verificar as informações da horta a qualquer momento



O PRODUTO



FUNCIONALIDADE

Amenidades e tecnologia

4 módulos:

- Módulo Relé
- Válvula solenóide
- Módulo de data e hora
- Tela touch screen

- Função autolimpeza
- Controle de umidade
- Circuitos isolados
- RTC por bateria moeda
- Exaustor de ar quente

5 sensores:

- Ph da solução nutritiva
- Temperatura e umidade da câmara radicular
- Temperatura da solução nutritiva
- Nível do reservatório maior
- Nível do reservatório menor

Tela touch

É por ela que o usuário tem acesso ao status atual da horta. Os sensores coletam as informações em tempo real e enviam os dados para a tela. Nela também estão os controles para o usuário ajustar seu sistema da melhor forma.

O PRODUTO



FUNCIONALIDADE

Capacidade e alimentos

A AeroTree dispõe de diversos nichos e ampla capacidade de produção.

- **21 nichos**
Mesma espécie de planta ou cultivos diferentes, no mesmo espaço*
- **Capacidade máxima de 32 litros**
Autonomia de até 2 semanas (14 dias)

*As plantas devem ter características similares para cultivo simultâneo na horta.

Além disso, comporta diversos alimentos, entre eles:

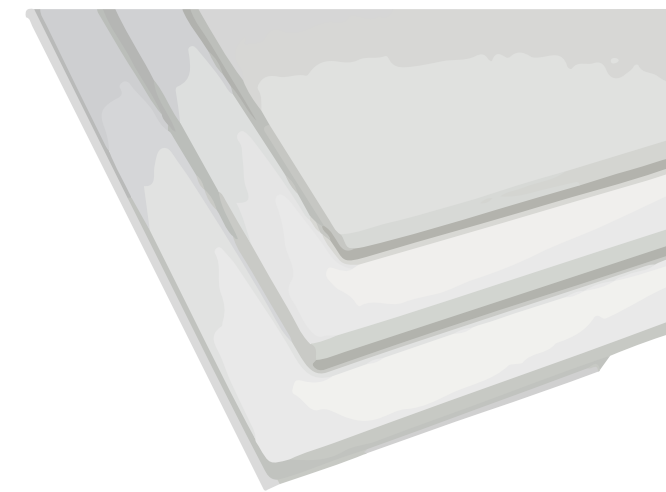
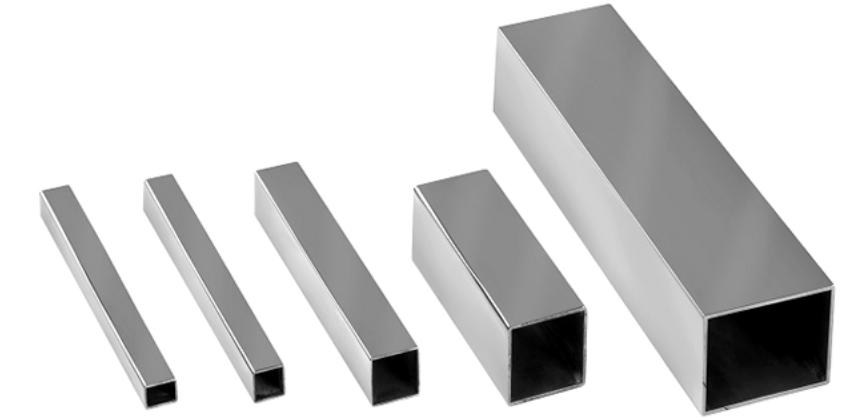
- **Verduras**
Alface, agrião, rúcula, bortalha, espinafre, mostarda, couve, etc.
- **Legumes**
Tomate, brócolis, batata calabresa, jiló, morango, pimenta, etc.
- **Flores**
Flores e plantas ornamentais de pequeno porte

O PRODUTO



MATERIAIS

Alumínio: reservatório menor (refrigerado)



PVC: câmara radicular, tronco e reservatório maior

Madeira plástica: tampo, vaso e base



Objetos adquiridos de terceiros são compostos de outros materiais, como borracha, silicone, cobre e outros tipos de plástico.

O PRODUTO

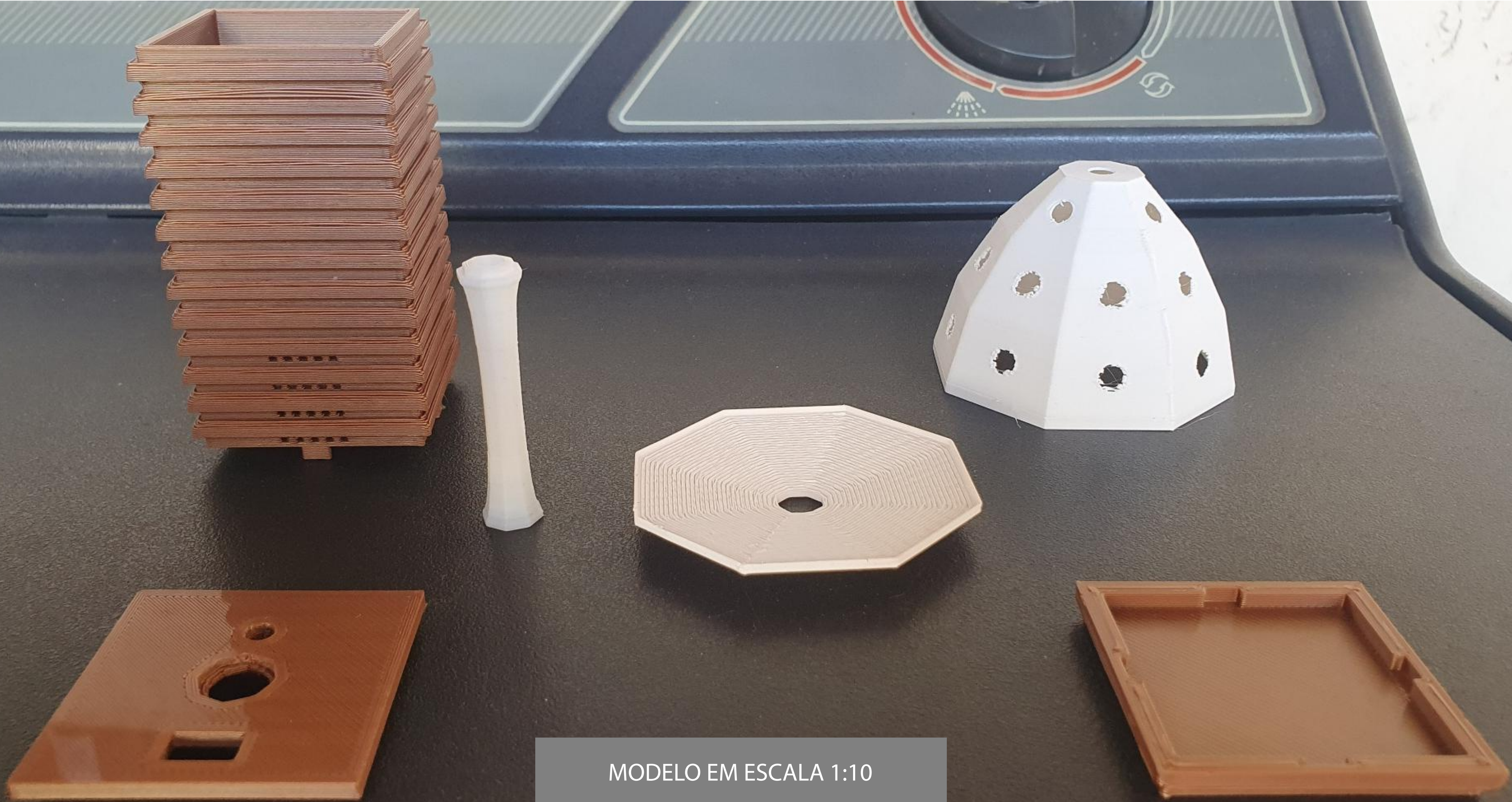


AMBIENTAÇÃO



Obrigado!





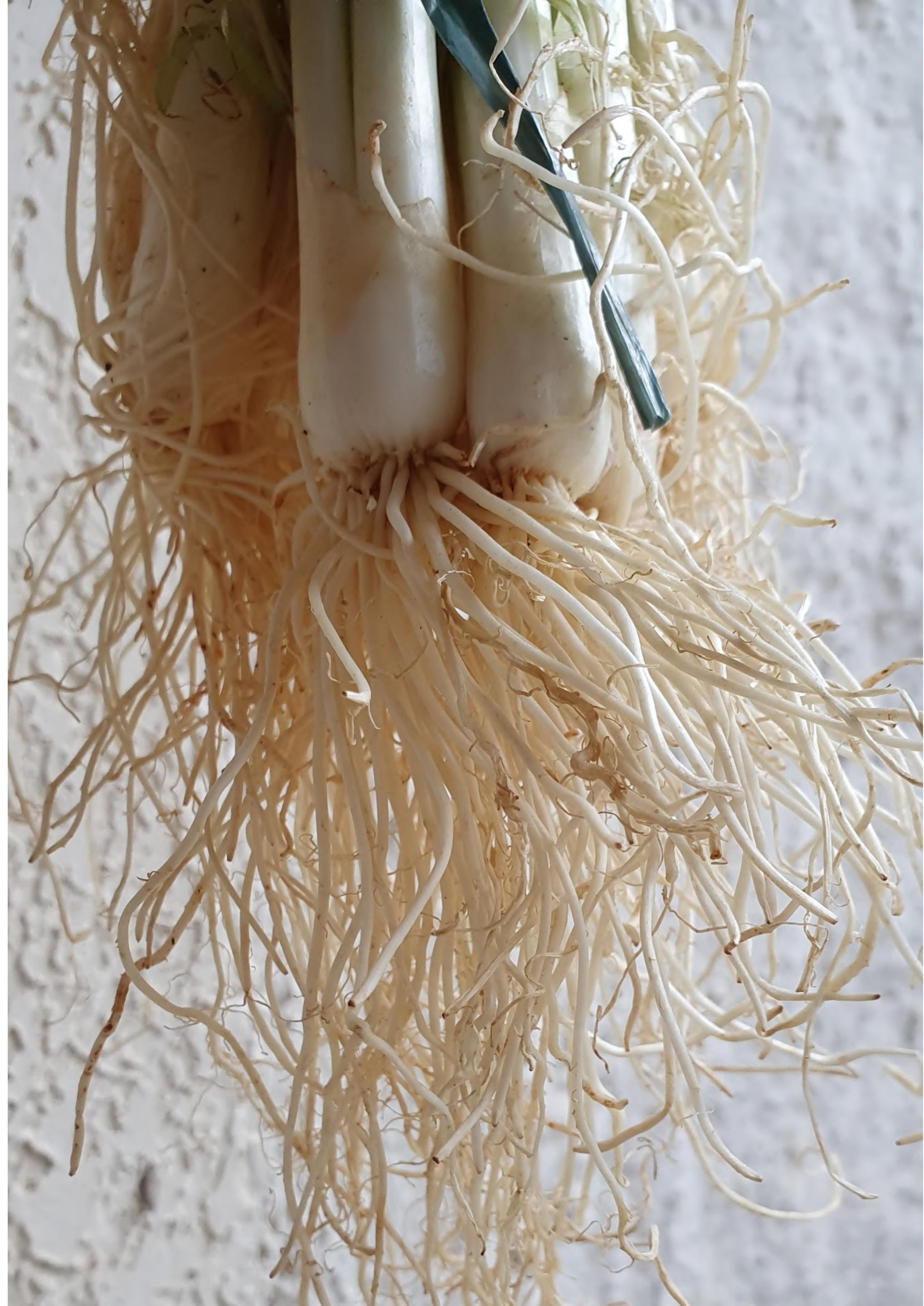
MODELO EM ESCALA 1:10



AeroTree montada em um jardim



AeroTree com estrutura parcialmente coberta



Raízes brancas indicam hidro/ aeroponia

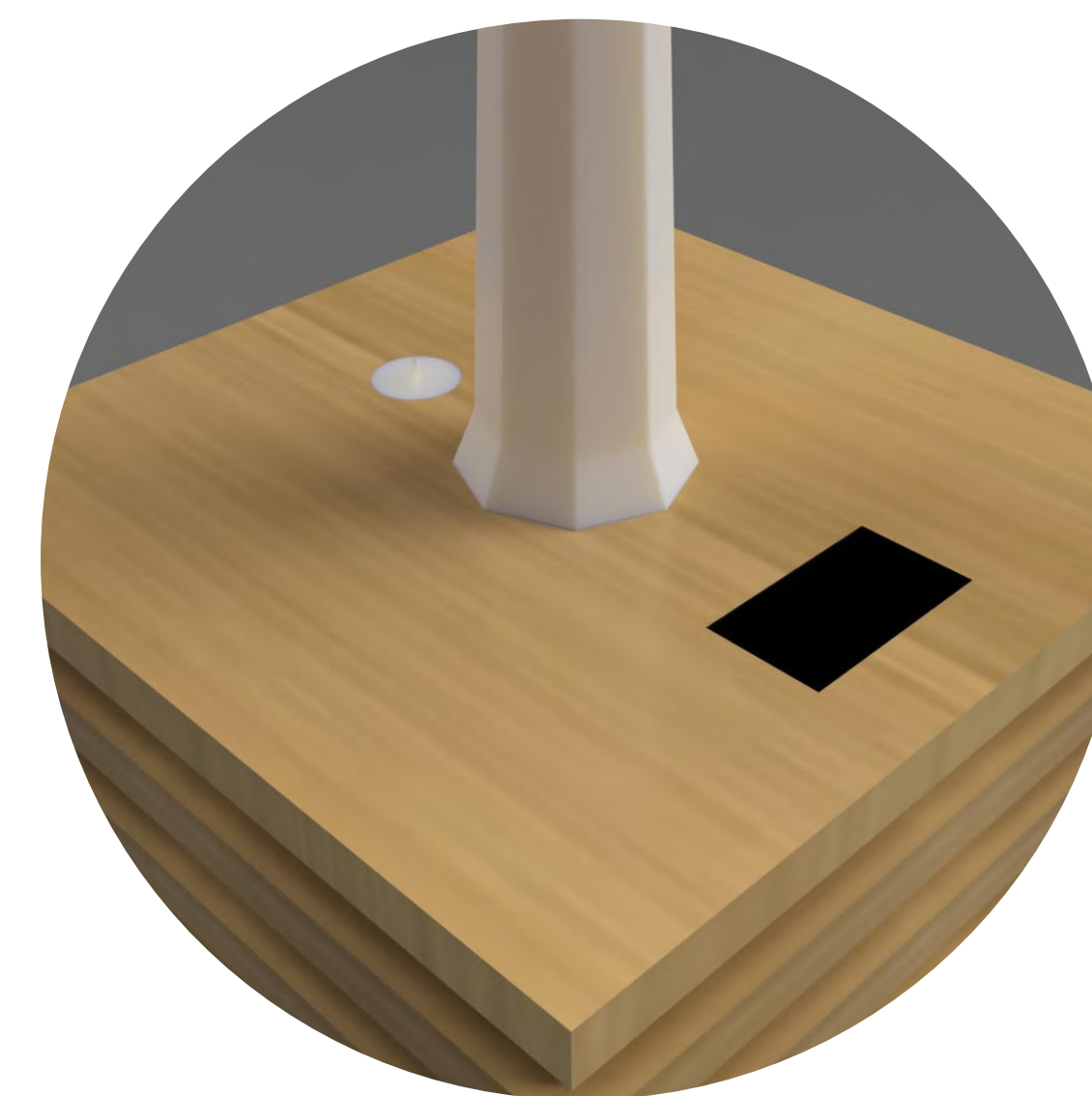


Problemas atuais

Diversos problemas contribuem muito para o mau aproveitamento das colheitas ao redor do globo, como o desperdício de água e a logística falha. Além disso, muitos alimentos não chegam totalmente conservados até as prateleiras, acabando por não ser vendido. Isso se dá pelo transporte irregular ou até mesmo questões de safra e eventos climáticos. Tudo isso acaba por influenciar o preço final e o estado dos produtos.

Aliado a tudo isso, cada vez mais pessoas escolhem opções saudáveis e nutritivas para se alimentarem, tornando os hábitos saudáveis uma rotina. E embora as opções saudáveis estejam ganhando mais espaço, os fatores citados acima reduzem a possibilidade de muitos em transformar vontade de mudança em uma nova realidade de fato.

Assim, os problemas foram listados para que o projeto pudesse ser uma alternativa plausível em fornecer estes alimentos para um maior número de pessoas, sejam elas já habituadas aos alimentos saudáveis ou não.



A AeroTree possui uma tela touch com todas as informações da horta, 24/7.

Sobre a AeroTree

Embora pouco conhecida do público, a aeroponia é uma técnica de cultivo recente que é considerada como uma atualização da hidroponia por muitos. Entre seus destaques estão a maior otimização dos insumos (solução nutritiva) e a ausência de solo para o crescimento das plantas, o que proporciona um ambiente livre para o crescimento das raízes e livre de muitos agentes que poderiam prejudicar as mesmas.

Visando uma horta aeropônica que se atente para as necessidades de pessoas cada vez mais preocupadas com hábitos saudáveis ao mesmo tempo que oferece um objeto compacto e de certa autonomia, o produto se apresenta como uma opção funcional e de fácil adaptabilidade para quem for manuseá-la. As escolhas dos materiais foram motivadas pela proposta de aliar estética com funcionalidade. A horta também oferece outras três opções de cores, expandindo os estilos para os mais variados ambientes. Nasce assim a AeroTree, um sistema aeropônico que faz alusão a uma árvore.



Materiais

PVC
Câmara radicular, tronco e reservatório maior

Madeira plástica
Base, vaso e tampo

Alumínio
Reservatório menor

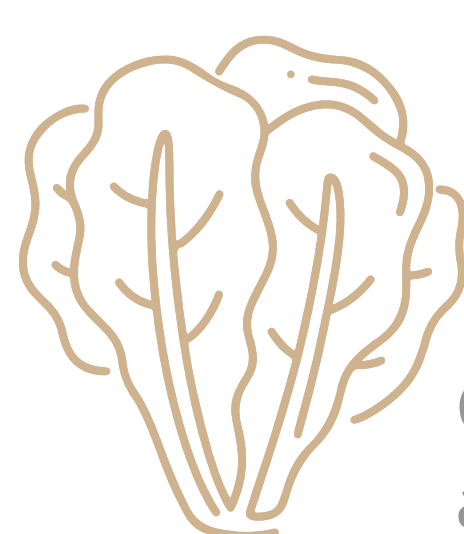


Materiais recicláveis

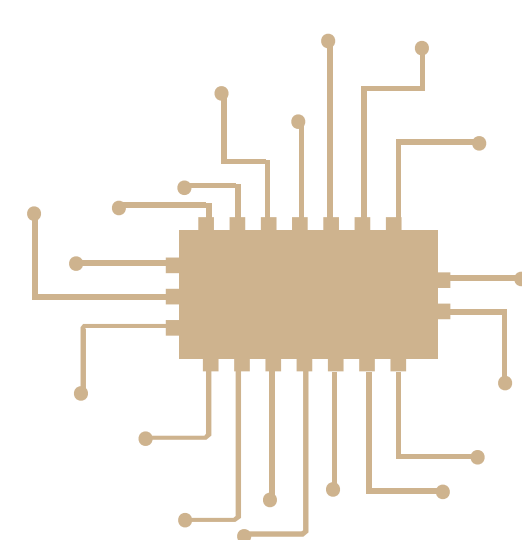
Amenidades



Fácil limpeza e manutenção



Capacidade para até 21 plantas



Monitoramento em tempo real

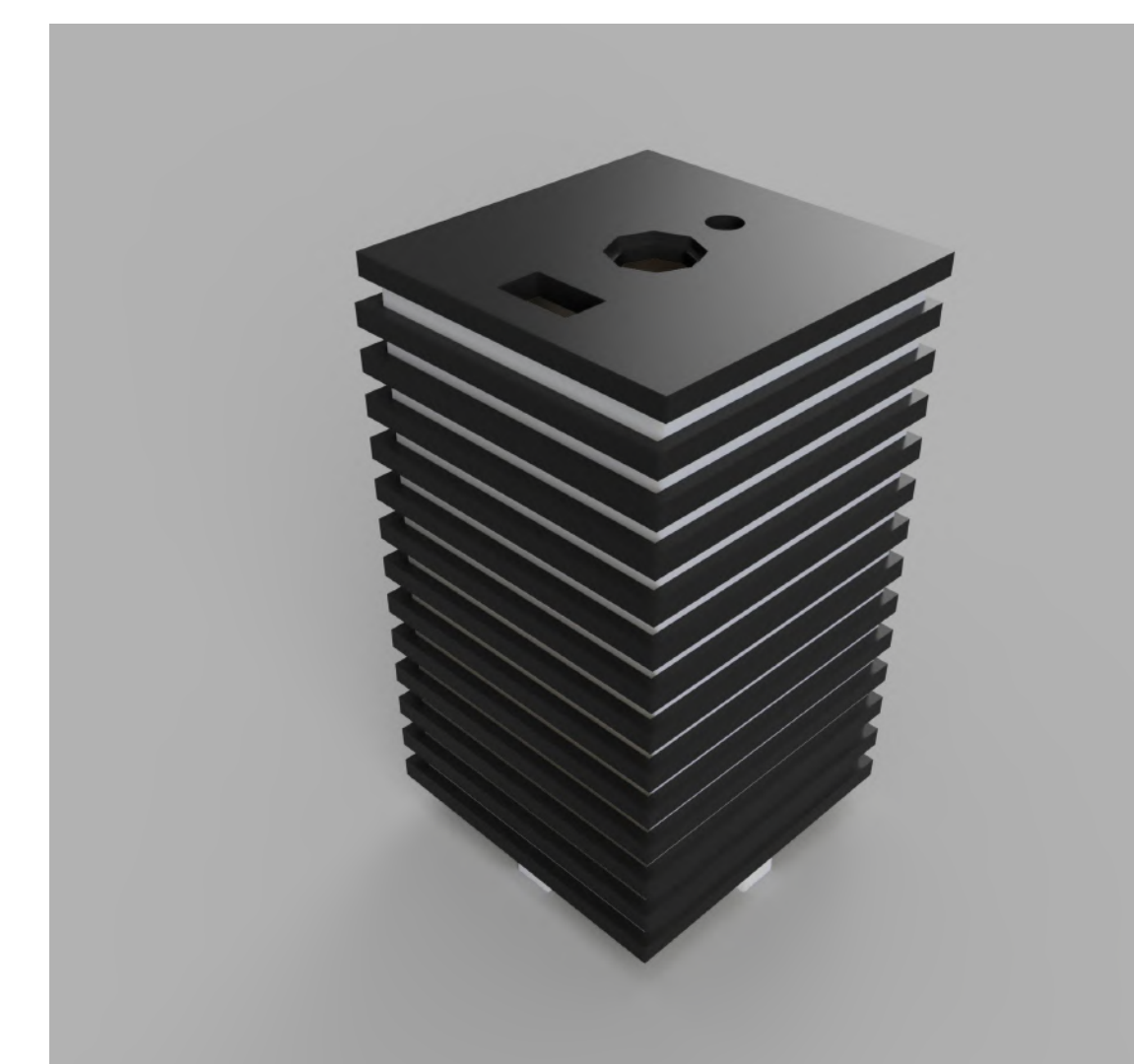
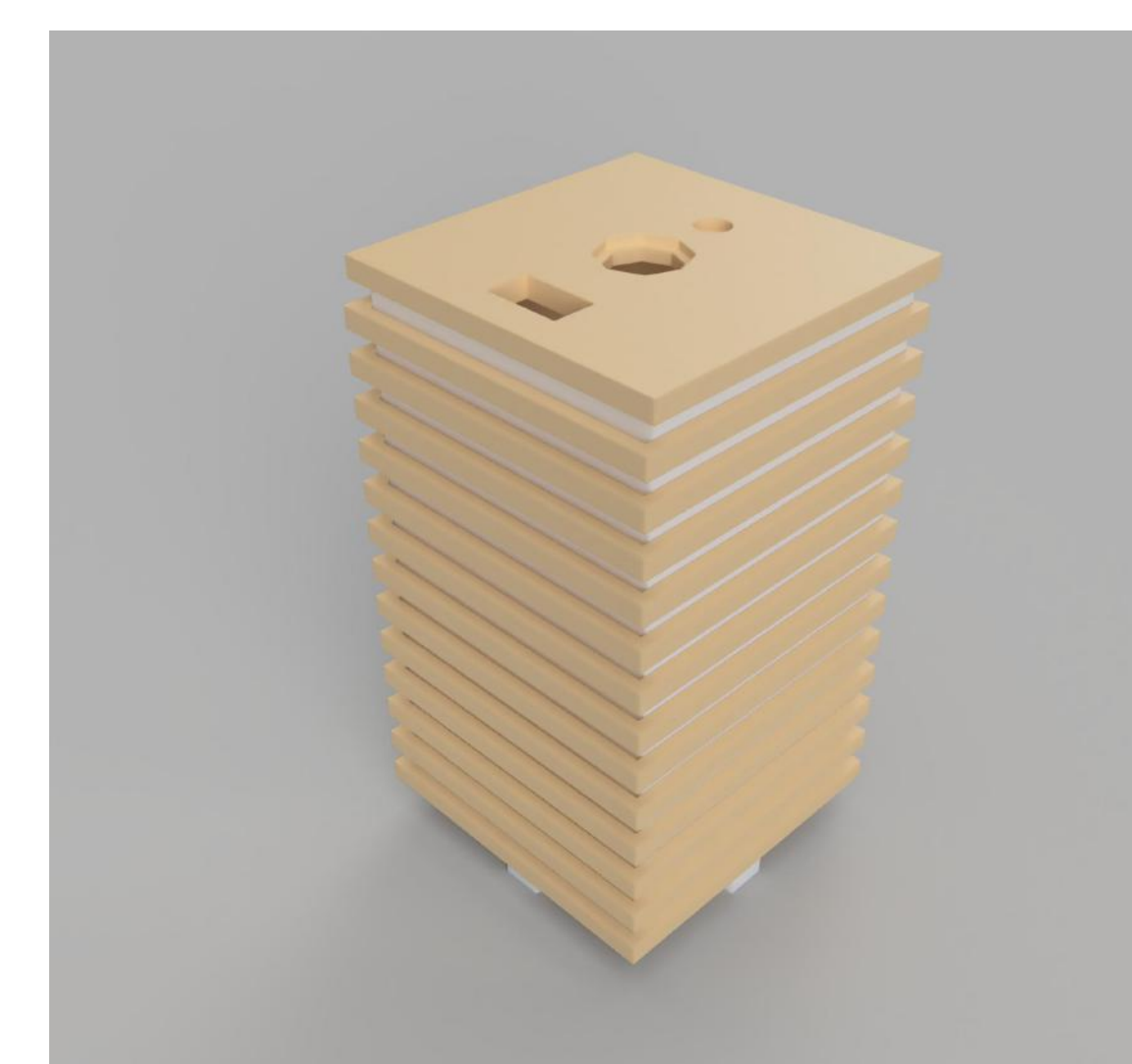


Prática, eficiente e sustentável

Funcionamento

- 1 O usuário define o ciclo aeropônico que melhor atente às necessidades das plantas;
- 2 O sistema da horta irá realizar a pulverização das raízes automaticamente;
- 3 Todas as informações são coletadas em tempo real pelos sensores/ Arduino;
- 4 O usuário poderá modificar o ciclo e verificar as informações da horta a qualquer momento.

Variantes



Ambientação

