



homegreens

ESAD.CR

Escola superior de Artes e Design
do Instituto politécnico de Leiria.

Rua Isidoro Inácio Alves de Carvalho
2500-231

Relatório de Projeto Final

Mestrado em Design de Produto

Autora: *Rute Carreira*

rutevscarreira@hotmail.com

Orientador: *Luís Pessanha*

2020

Homegreens
Aquaponia e Educação

Agradecimentos

Aos meus pais e irmã que sempre me incentivaram e proporcionaram a oportunidade de crescer.

Ao professor Luís Pessanha pela orientação, apoio e sentido crítico, determinantes à concretização do projeto.

Ao LIDA e ao projeto de Aquaponia Doméstica: Sistemas de Aquacultura Multitrófica Integrada e respetiva equipa de investigadores, à qual tive oportunidade de integrar enquanto bolsreira de investigação neste projeto.

Aos meus amigos pela força, motivação e por me proporcionarem o acesso a uma ampla rede de conhecimentos.

À Professora Paula Almeida e à turma do 4º ano da EB1/JI do Carvalhal, devido à receptividade e entusiasmo com que acolheram o projeto nas diversas fases.

À Dr.^a Susana Ferreira pela cooperação com o projeto e cedência dos peixes Garra rufa.

Ao Paulo Moucho, autor do design gráfico do documento.

À oficina de audiovisuais da ESAD.CR, em especial a colaboração de Pedro Cá na produção dos registos fotográficos.

À Sara Bernardino pela sua generosidade.

Resumo

A aquaponia é uma prática de produção que surge da combinação de duas técnicas: hidroponia e aquacultura. Esta atividade consiste na construção de um ecossistema natural, que permite o cultivo de plantas suportadas por um substrato, através das águas enriquecidas com nutrientes provenientes da aquacultura. Este tipo de produção oferece várias vantagens, designadamente económicas e ecológicas.

O projeto Homegreens visa o desenvolvimento de pequenos sistemas aquapónicos de água doce ou salgada, que podem ser instalados em escolas, servindo como ferramenta pedagógica para a introdução de conteúdos como a biologia e sustentabilidade ao público infantojuvenil. Este projeto foi desenvolvido por uma equipa multidisciplinar de designers, biólogos e engenheiros agrónomos, responsáveis pelas diversas vertentes da investigação. A metodologia foi baseada no desenvolvimento e na instalação de modelos experimentais, para análise qualitativa relativa à interação com o utilizador.

Este sistema aquapónico de pequena escala é constituído por duas camas de cultivo opcionais, um aquário com capacidade para 45L, uma barreira separadora para as raízes das plantas, um suporte para biofiltro com arejador integrado, uma válvula para limpeza de sedimentos e três diferentes estruturas de suporte. Foram conduzidos testes laboratoriais com a finalidade de viabilizar uma análise quantitativa sobre a utilização da cortiça para efeitos de cama de cultivo.

O envolvimento e a interação com os modelos desenvolvidos, indica que o sistema aquapónico Homegreens proporciona uma oportunidade de aprendizagem em grupo, que contribui com valores e experiências importantes para a conceção de uma literacia ambiental nas crianças.

Palavras chave:

Aquaponia; Ecossistema; Educação; Sustentabilidade; Design

Abstract

Aquaponics is a production practice that emerges from the combination of two techniques: hydroponics and aquaculture. This activity consists in building a natural ecosystem, which allows the cultivation of plants supported by a substrate through the nutrient-enriched waters from aquaculture systems. This type of production offers several advantages, namely economic and ecological ones.

The Homegreens project aims to develop small freshwater or saltwater aquaponic systems, which can be installed in schools, serving as a pedagogical tool for the introduction of subjects such as biology and sustainability to the juvenile audience. A multidisciplinary team of designers, biologists, and agronomists was responsible for the project's research. The development and installation of experimental models for qualitative analysis of user interaction determined the methodology layout.

This small-scale aquaponic system consists of two different grow beds, an aquarium with a capacity of 45L, a separating barrier for plants' roots, a biofilter filter with integrated aerator, a valve for sediment cleaning, and three different support structures. The team conducted laboratory tests to make a quantitative analysis of the use of cork for the grow beds.

The involvement and the interaction with the developed models indicate that the Homegreens aquaponic system provides a group learning opportunity, which contributes to environmental literacy in children with relevant values and experiences.

Palavras chave:

Aquaponics, Education, Ecosystem, Sustainability, Design

Índice

Resumo	
Palavras-chave	VII
Abstract	
Keywords	IX
Introdução	
Objetivos	1
Problema/Desafio	2
Parte I.	
Enquadramento	
A prática da aquaponia	9
Aquaponia, construção de um ecossistema	11
Ciclo do nitrogénio	11
Outros indicadores físico-químicos	12
Design e biologia	15
Educação	
Estratégias pedagógicas para a sustentabilidade	21
Projetos de referência	27
Parte II.	
Desenvolvimento de projeto	
Contexto de projeto	43
Metodologia	47
Dimensão técnica	
Estudo da prática da aquaponia	49
Tanque dos peixes	50
Camas de cultivo	50
Filtro mecânico, biológico e SUMP	54
Funcionamento dos sistemas aquapónicos	58

Implementação de sistemas sonda para recolha de dados	65
Modelos experimentais	
Construção	71
Construção	
Sistema aquapónico Homegreens	77
Aquário	78
Cama de cultivo	82
Recolha e análise de derivados de cortiça para construção das camas de cultivo	84
Ensaio sobre o impacto das cortiças no sistema aquapónico	86
Ensaio 1- análise da saturação de pigmentos lixiviados	90
Ensaio 2 - Sobrevivência de organismos vivos quando expostos aos lixiviados das amostras de cortiça	94
Ensaio 3 - Propriedades bactericidas - influência sobre nitratos, nitritos e amónia	98
Leituras de pH, salinidade e condutividade	103
Conclusão dos ensaios e seleção de um dos derivados de cortiça para produção das camas de cultivo	107
Separador de Raízes	109
Suporte para o biofiltro com dispersão de arejamento	111
Desenvolvimento de um sistema de arejamento por via da impressão 3D em PLA	112
Estudo de malhas estruturais	121
Construção do suporte para o biofiltro com arejador integrado	122
Construção do suporte para o biofiltro com arejador integrado em material cerâmico	135
Válvula de Extração de Sedimentos	
Desenvolvimento do mecanismo	142
Estudo de um manípulo	152
Estrutura de suporte do sistema	159
Estruturas de pé	159
Estrutura de teto	166
Suporte para a Bomba de Ar	173
Custo de produção	176

Modelos Finais	179
Implementação do sistema em contexto escolar	209
Seleção de peixes	211
Seleção de plantas	213
Seleção de um substrato	215
Seleção de testes para os indicadores de qualidade da água	217
Definição e registo de atividades	219
Parte III.	
Recolha de resultados e conclusão	
Recolha de resultados	227
Conclusão	245
Desenvolvimentos futuros	247
Participações	251
Glossário	253
Índice de figuras	255
Referências Bibliográficas	269



Introdução

Objetivos

O presente relatório descreve o desenvolvimento do sistema aquapónico Homegreens, no âmbito do projeto de investigação homónimo, para espécies piscícolas de água doce ou salgada, enquanto ferramenta pedagógica que promove a prática da aquaponia.

Este equipamento é direcionado ao público infantojuvenil, podendo, no entanto, ser utilizado noutros contextos com objetivos similares.

A aquaponia é uma prática de produção alimentar que permite, em simultâneo, o cultivo de peixes e plantas, no mesmo circuito de água, simulando um ecossistema natural. Atualmente, esta é considerada uma atividade ambientalmente relevante, devido à gestão eficiente dos recursos, uma vez que as plantas limpam a água dos peixes, enquanto crescem a partir dos seus resíduos metabolizados, resultando num benefício para ambas as culturas.

A principal premissa do projeto é comunicar aos seus utilizadores uma noção sobre funcionamento dos ecossistemas, através de um leque de atividades essenciais à sua manutenção.

Esta estratégia pretende fomentar nas crianças a literacia ambiental, despertando-as para a sustentabilidade e outras temáticas que lhe são transversais.

É também esperado estimular a compreensão de um conjunto de fenómenos do domínio de disciplinas como a biologia, a química, a física, a nutrição, a ética, entre outras, mantendo nas crianças o entusiasmo em aprender.

A realização do protótipo teve como base alguns dos princípios usados em metodologias de HDC (Human Centered Design), que possibilitaram o desenho de interfaces centradas na relação entre o projeto e o utilizador.

Problema/Desafio

“O ponto de partida do nosso percurso é a consideração banal, mas muitas vezes esquecida, de que a nossa sociedade, e portanto, a nossa vida e a das futuras gerações, depende do funcionamento no longo prazo daquele intrincado de ecossistemas que, por simplicidade, chamamos natureza. Isto é, da sua qualidade e da capacidade produtiva (o que significa, em outras palavras, da sua capacidade de produzir alimentos, matérias-primas e energia)” (Manzini & Vezzoli, 2005, p. 27).

Em 2050, prevê-se que a população mundial atinja os 9 bilhões de habitantes (Touliatos, Dodd & McAinsh, 2016; FAO, 2018). A soma deste facto à necessidade de emancipação dos países em desenvolvimento, diminuindo a disparidade entre estes e os países desenvolvidos, constitui uma ameaça à atual gestão dos recursos ambientais (FAO, 2018). Ao longo das últimas décadas, esta temática vem gerando uma crescente preocupação no seio de diversas organizações, sendo alvo de debate na demanda por estratégias eficientes¹, promotoras de um desenvolvimento sustentável². Este conceito, assente no princípio da equidade, pretende devolver o direito ao acesso a todo e qualquer indivíduo, inclusive às gerações futuras, ao mesmo “*espaço ambiental*”³, propondo assim um equilíbrio entre este princípio, a exploração das atividades económicas e a preservação do capital natural (Manzini & Vezzoli, 2005; UN, 1987; McDonough & Braungart, 2002; Wuppertal Institute, 1996).

Um dos desafios até 2050, é a necessidade de produzir mais alimento, estimando-se um aumento de 60% da produção global, comparativamente aos valores produzidos entre os anos 2005 e 2007 (FAO, 2014). Contudo, os impactes ambientais resultantes das atividades inerentes à indústria alimentar são já uma realidade, tendo efeitos devastadores nos ecossistemas. A exploração abusiva dos solos, resultante dos processos de massificação agrícola, do uso de monoculturas, e da utilização intensiva de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas e herbicidas), é responsável por torná-la numa das indústrias que mais contribui para os problemas ambientais (FAO 2014; Benyus, 1997). A autora Janine Benyus, que apresenta o panorama alusivo aos Estados Unidos da América, defende que: “*este é o tipo de notícias que deve preocupar a todos nós. Segundo os últimos dados, a lixiviação de resíduos de pesticidas fez da agricultura a indústria poluidora número um neste país*”⁴ (Benyus, 1997, p.19). Por outro lado, no que se refere à proteína animal, com foco exclusivo nas espécies piscícolas⁵, atualmente a sobrepesca é responsável pela destruição da biodiversidade dos oceanos, afetando as estruturas de funcionamento dos ecossistemas. Em 2016 foi registado um consumo que atingiu o valor exponencial de 171 milhões

¹ Eficiente: Segundo Manzini, a eficiência é um conceito que assenta na dimensão técnica dos produtos e serviços, consistindo na inovação de tecnologias que permitem a redução da utilização dos recursos ambientais, sem comprometer o seu valor (Manzini & Vezzoli, 2005).

² Desenvolvimento sustentável: Expressão introduzida pela primeira vez em 1987, pela WCED: “Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs (UN, 1997, p. 16).

³ Espaço ambiental: Termo retirado da obra de Manzini, que refere: “O espaço ambiental é a quantidade de energia, água, território e matéria prima não renováveis que pode ser usado de maneira sustentável. Indica quanto de ambiente uma pessoa, uma nação ou um continente dispõem para viver, produzir e consumir sem superar os limites da sustentabilidade” (Manzini & Vezzoli, 2005, p. 28).

⁴ “This is the kind of news that should worry all of us. At least count, leaching pesticides residues made agriculture the number one polluting industry in this country” (Benyus, 1997, p.19).

⁵ Espécies piscícolas: Segundo o artigo publicado na FAO 2018 de onde foi retirada a informação, espécies piscícolas é um termo que engloba peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos, no entanto são excluídos animais mamíferos, reptéis ou algas (FAO, 2018, p. 2).

⁶ “—a world where all people can live productive, vibrant and peaceful lives on a healthy planet” (UN, 2019, p. 2).

⁷ Literacia Ambiental: “Environmental literacy involves human discourse about inter-relationships with the environment. It is essentially the degree of our capacity to perceive and interpret the relative health of environmental systems and to take appropriate action to maintain, restore, or improve the health of those systems” (Environmental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s, Roth, p14).

de toneladas, correspondendo 53% desta quantia à pesca por captura (FAO, 2018).

Frente a esta problemática, o crescente interesse pela otimização de ambas as atividades, levou ao desenvolvimento de novas soluções, como a implementação da hidroponia e da aquacultura. A hidroponia é caracterizada por ser uma técnica mais ecológica de produção de hortícolas, uma vez que permite o seu crescimento em ambiente controlado, evitando a contaminação dos solos. Por outro lado, a aquacultura visa a redução da pegada ecológica geralmente associada às atividades piscatórias (FAO, 2018) e é uma das fontes mais eficientes de proteína animal para consumo humano (Lucas, Southgate & Tucker, 2019). Esta é uma indústria que está em contínuo desenvolvimento e estima atingir em 2030 os 62% do fornecimento de peixe de toda a população mundial (**fig. 2**) (FAO, 2013). Porém, o tratamento dos efluentes provenientes da hidroponia e da aquacultura é um processo dispendioso e o seu descarte tem consequências nefastas no desenvolvimento dos ecossistemas, comprometendo assim o desempenho ambiental destas técnicas (Jensen, 1997; Blidariu & Grozea 2011, Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus, & Lovatelli, 2014).

Enquadrada numa estratégia global para alcançar a sustentabilidade “*um mundo onde todas as pessoas podem viver vidas produtivas, vibrantes e pacíficas num planeta saudável*”⁶ (UN, 2019, p. 2), a aquaponia vem dar resposta à problemática apresentada, consistindo numa alternativa mais eficiente aos modelos de produção alimentar referidos anteriormente. Esta permite o cultivo, em simultâneo, das espécies piscícolas e hortícolas, através do entendimento biológico de um conjunto de fenómenos, que torna possível simular um ecossistema natural. O crescente interesse pela adoção desta atividade, nomeadamente dentro da esfera humanitária, tem incentivado a investigação e desenvolvimento em todo o mundo (FAO, 2014, p.10), com o objetivo de conceber sistemas cada vez mais aptos a compreender os parâmetros de sustentabilidade estabelecidos pelas Nações Unidas até 2030.

Considerando a aquaponia importante para alcançar um futuro sustentável, estabeleceu-se o desafio de construir um sistema aquapónico doméstico enquanto ferramenta pedagógica, aliando a prática do design de produto à biologia. A implementação deste sistema em contextos educativos, ou outros espaços que servem à partilha de conhecimento, foi considerada importante para a divulgação da temática, contribuindo em paralelo para a disseminação de uma cadeia de valores que vêm fomentar a literacia ambiental⁷ no utilizador, através de atividades que envolvem a preservação, equilíbrio e manutenção das diferentes comunidades bióticas⁸ que integram

o sistema aquapónico. Neste sentido, considerou-se importante envolver o utilizador no decurso desta investigação em design de produto, de modo a propor soluções suportadas pela sua interação com o ecossistema. Desta forma, a construção de componentes que compõem o sistema aquapónico, assim como a respetiva seleção de materiais para a sua construção, teve como base esta relação, de modo a potenciar a comunicação do funcionamento do ecossistema.

⁸ Bióticas*: referente a biótico "(...) que é relativo à vida e aos seres vivos; que diz respeito ao desenvolvimento dos seres vivos" (Academia das Ciências de Lisboa, 2001, p. 534).

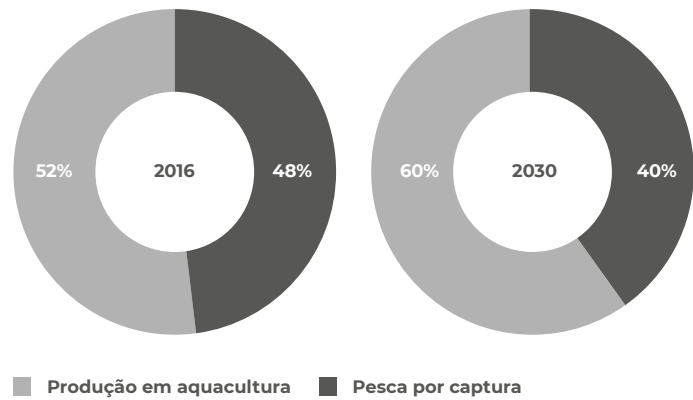


fig. 2
Gráfico alusivo à produção de espécies piscícolas em aquacultura vs pesca por captura, referente aos anos 2016 e 2030.

Parte I

Enquadramento



A Prática da Aquaponia

“It comes from an insistence on decoupling ourselves from nature, from replacing natural systems with totally alien systems, and from waging war on, rather than allying ourselves with, natural processes. The result has been a steady loss of ecological capital – the erosion and salting of soil, the steady domesticating and weakening of our crops” (Benyus, 1997, p. 21).

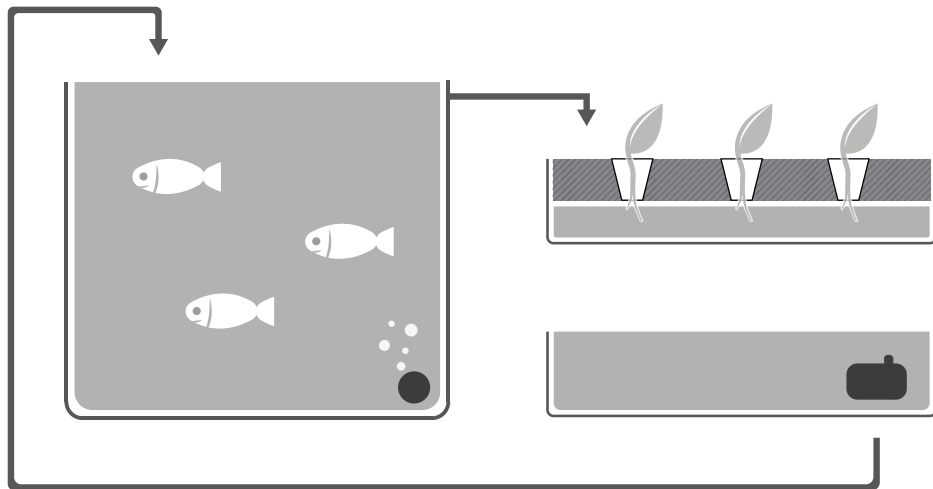
A aquaponia (**fig.4**) consiste essencialmente na combinação de duas práticas de cultivo: a hidroponia e a aquacultura (Blidariu & Crozea, 2011).

A hidroponia é uma técnica que permite o cultivo de plantas sem solo, usando uma variedade de camas de cultivo que servem de suporte ao seu desenvolvimento, enquanto são irrigadas com uma solução responsável por facultar a quantidade de nutrientes necessária ao seu crescimento. A aquacultura consiste na produção de peixes, ou outros animais aquáticos, em ambiente isolado e controlado (Jensen, 1997; Blidariu. & Crozea, 2011; Somerville et al., 2014). Neste sentido, a aquaponia reúne assim ambas as atividades, integrando uma policultura onde

são combinadas espécies hortícolas (hidroponia) e piscícolas (aquacultura) no mesmo circuito de água. Através da simulação de um ecossistema natural, a aquaponia tem a capacidade de neutralizar as consequências nefastas atribuídas à aquacultura e à hidroponia, quando exercidas isoladamente (Blidariu & Grozea, 2011; Somerville et al., 2014).

Esta é uma técnica de produção alimentar considerada uma alternativa eficiente, visando o alcance de um conjunto de práticas associadas ao desenvolvimento de um futuro sustentável. Assim, a aquaponia permite um cultivo intensivo de espécies hortícolas e piscícolas, unicamente através de recursos biologicamente disponíveis, consistindo numa produção exclusivamente orgânica, livre pesticidas, herbicidas, fertilizantes ou antibióticos. Esta redução de químicos possibilita aos produtores obter um maior rendimento económico, concedendo-lhes a comercialização dos seus produtos a um custo mais elevado (Pantarella, 2008, p.11). Para além deste aspeto, a principal vantagem desta atividade reside na otimização da gestão dos seus recursos, através da permanente reciclagem da água, em que os resíduos metabolizados pelos peixes proporcionam um benefício ao desenvolvimento das plantas (Graber & Junge, 2008). Esta estratégia possibilita uma redução significativa da quantidade de água necessária às culturas, uma vez que esta é tratada automaticamente e mantida em ciclo (Blidariu & Grozea, 2011). A utilização destes circuitos permite também a sua implementação em áreas áridas ou desertas, com escassos cursos de águas, onde a agricultura tradicional seria impraticável.

fig. 4
Esquema sobre o funcionamento de um sistema aquapónico.



Aquaponia

Construção de um ecossistema

É possível considerar a aquaponia como uma simulação de um ecossistema que é facilmente encontrado em rios, sustentada num conjunto de interações entre os membros de uma comunidade biótica específica, particularmente espécies piscícolas, hortícolas e bactérias nitrificantes, que habitam um equipamento desenhado de acordo com determinadas especificações.

Golley teoriza a importância do meio ambiente envolvente no desenvolvimento de uma comunidade biótica como um fator chave para alcançar o seu equilíbrio, referindo-se a Tansley, botanista e autor do conceito de ecossistema, proposto em 1935:

“Tansley’s ecosystems concept was a physical concept that stressed that both physical-chemical environment and biotic organisms acted together to form an ecosystem, which was in turn formed part of a hierarchy of physical systems from the universe to the atom. The physical concept of equilibrium guided the organization and maintenance of ecosystems”
(Golley, 1993, p. 34).

Arquitetar e operar um sistema aquapónico requer um conhecimento dos processos biológicos, físicos e químicos a fim de alcançar o equilíbrio e obter um desempenho ecológico superior associado a uma atividade de produção alimentar. Desta forma, a compreensão destes indicadores é um fator chave no decurso do processo de design do equipamento e respetivos componentes, a fim de proporcionar um ambiente apropriado às colónias que integram o ecossistema, e também em transmitir essa aprendizagem do utilizador/cuidador.

Ciclo do Nitrogénio

O ciclo do nitrogénio (**fig.5**) é o principal processo biológico responsável por desencadear as ações que decorrem nos sistemas aquapónicos. É através do processo de nitrificação que é possível transformar os resíduos produzidos pelos peixes em alimentos para as plantas, conforme ilustram os autores Andreas Garber e Ranka Junge:

“Merging the two disciplines, wastewater treatment and crop production, requires moving the focus from optimizing the degradation, nitrification, denitrification and absorption rates to maximizing the recycling rates of phosphorus and nitrogen and to fulfilling the quality requirements of the resulting products such as plant biomass and effluent water”
(Graber, A., Junge, R. p 148).

Neste sentido, a água é filtrada mecanicamente para libertar os resíduos sólidos metabolizados pelos peixes, em seguida passa por uma estrutura de suporte de bactérias nitrificantes, chamada biofiltro, onde a amónia é transformada em nitritos e à posteriori em nitratos, que são absorvidos pelas plantas. Ao seguir estas etapas, a água circula novamente para o tanque dos peixes completamente purificada (Somerville et al., 2014; Blidariu & Grozea 2011).

O nitrogénio é o principal nutriente responsável pelo desenvolvimento das plantas e o elemento mais abundante na atmosfera terrestre, contudo, encontra-se sob forma de uma molécula estável não absorvível (N_2). Para possibilitar a sua absorção, esta deve ser decomposta através de um processo chamado - fixação de nitrogénio - caracterizado por uma transformação química, resultante da ação das bactérias, responsáveis por incorporar o hidrogénio e o oxigénio, criando compostos químicos como a amónia (NH_3), nitritos (NO_2) e nitratos (NO_3), sendo estes últimos, absorvidos pelas plantas. Este processo é comum aos mais variados ecossistemas naturais e é facilmente identificável nos processos de decomposição da matéria orgânica (Somerville et al., 2014;).

Para alcançar o equilíbrio do ecossistema, é essencial manter uma colónia de bactérias nitrificantes saudável, o que pode ser aferido através das medições diárias dos níveis de amónia, nitritos e nitratos. É também necessário encontrar um rácio entre a quantidade de peixes e a quantidade de plantas, apesar deste ser um processo relativo, pois está comprometido com condições subjetivas, nomeadamente: qualidade e quantidade de alimentos fornecidos aos peixes; manutenção do sistema (compasso entre limpezas), e ainda fatores físicos e químicos que afetam a absorção dos nutrientes pelas plantas (Buzby, K. & Lin, L, 2014).

Outros indicadores físico-químicos

Além do ciclo do nitrogénio, como referido, existem outros indicadores fundamentais à manutenção do ecossistema, como o oxigénio, luz, o nível de acidez e temperatura da água:

- O oxigénio é um elemento comum à sobrevivência de todos os organismos. Num sistema aquapónico este elemento deve encontrar-se dissolvido na água entre os valores médios de 5-8 mg/litro, sendo necessária a utilização de um sistema de arejamento (Somerville et al., 2014; Sallenave, 2016).

- A luz é essencial sobretudo ao crescimento das plantas, no entanto o seu contacto com o reservatório dos peixes deve ser limitado, evitando o desenvolvimento de algas responsáveis pela absorção dos nutrientes reservados às plantas, podendo causar uma inibição do seu crescimento. As bactérias são organismos fotossensíveis devendo estar resguardadas da incidência de raios ultravioleta (Somerville et al., 2014).

- O nível de acidez da água de um sistema aquapónico é geralmente medido através da escala de pH, sendo que os valores posicionados entre os 6,0 a 6-5 favorecem as relações simbióticas. Desvios constantes neste indicador tendem a causar uma deficiência na absorção dos micro e macronutrientes (Somerville et al., 2014; Sallenave, 2016).

- Por fim, a temperatura da água deve idealmente estar entre os 18-30°C, com a finalidade de não causar efeitos indesejados no desempenho do sistema, sobretudo ao nível da dispersão do oxigénio, assim como alterações nos valores da amónia. Desta forma, a seleção das espécies para albergar o sistema deve ser coerente quanto à partilha de especificações respetivas a este parâmetro (Somerville et al., 2014; Sallenave, 2016).

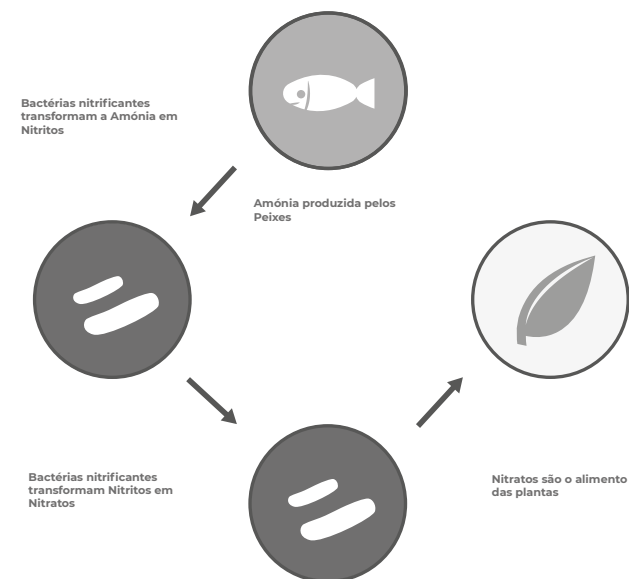
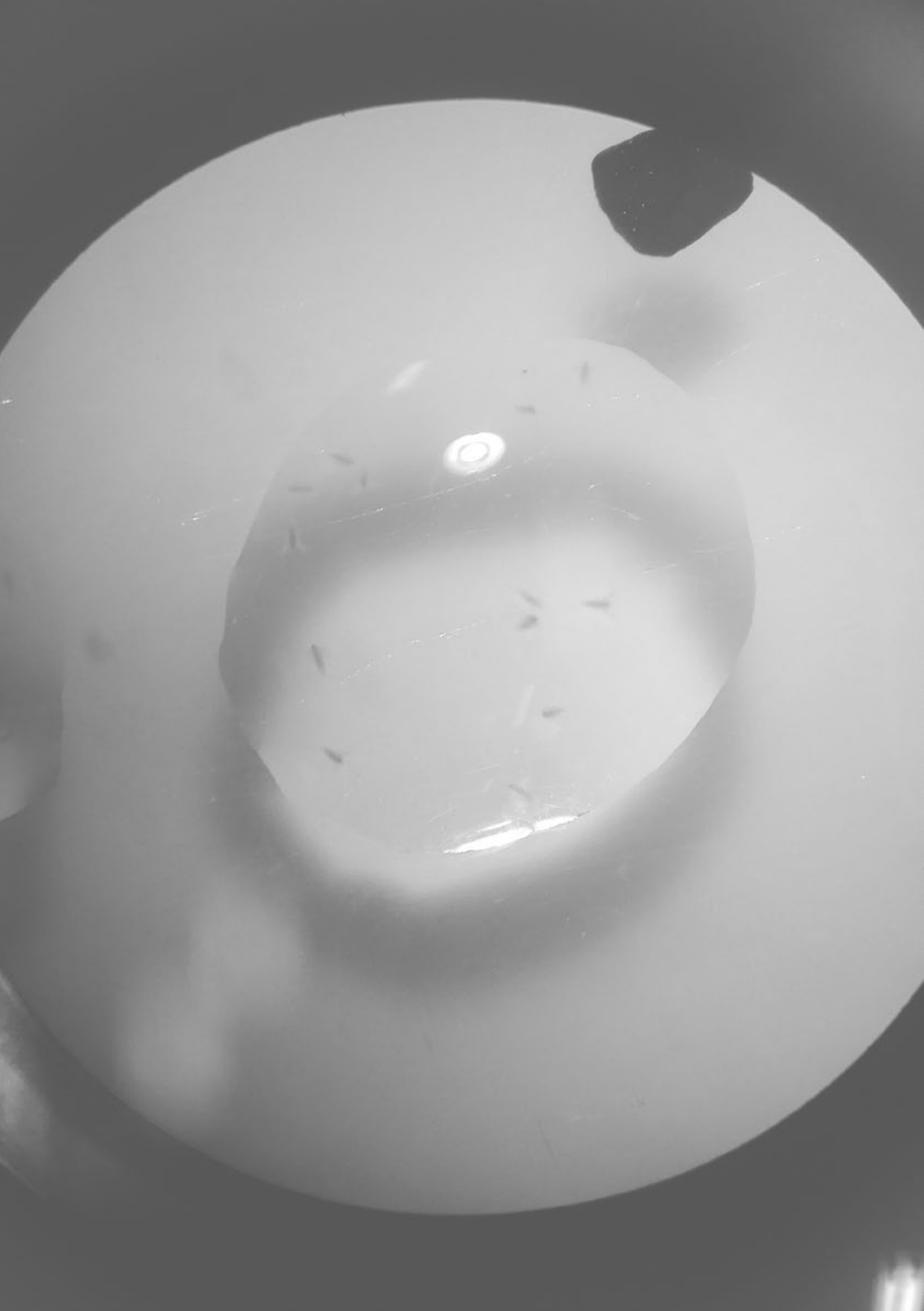


fig. 5
Esquema do ciclo do nitrogénio.



Design e Biologia

Ecological Design describes the ensemble of technologies and strategies by which societies use the natural world to construct culture and meet their needs. Because the natural world is continually modified by human actions, culture and ecology are shifting parts of an equation that can never be solved (Orr, 2002, p. 14).

O século XIX ficou marcado pela revolução industrial, através do desenvolvimento da mecanização e, atualmente, muitos acreditam que o século XXI será assinalado na História como a era dos grandes avanços ao nível da biotecnologia (Ginsberg, Calvert, Schyfter, Elfick & Endry, 2014).

Esta é uma área em evolução há milhares de anos. Em 7000 a.C., ainda longe de compreender o fenómeno intrínseco ao processo de fermentação, a civilização Babilónica utilizava leveduras na produção de cerveja. Em 4000 a.C., o povo Egípcio utilizava esses mesmos organismos para levedar o pão. Todavia, a descoberta deste ser unicelular deu-se milénios mais tarde, com Louis Pasteur no século XIX, que para além de contribuir para a evolução da microbiologia enquanto disciplina, foi também importante para o desenvolvimento de vacinas e

hábitos de higiene que viriam a revolucionar a medicina (Demain, Vandamme, Collins, & Buchholz, 2017). Um outro exemplo do uso da biotecnologia, foi o desenvolvimento da agricultura e da pecuária, que deu origem à revolução neolítica, um marco importante para o sedentarismo dos povos nômadas, que deu origem ao desenvolvimento das cidades (National Geographic, 2019).

O Homem vem desde sempre alterando a natureza, sendo a atual agrobiodiversidade⁹, fruto dos fenómenos do meio ambiente em combinação com a atividade humana para fins alimentares, em função dos seus aspetos culturais e tecnológicos, ao longo de 12000 anos (Fao, 2005). Assim, as espécies alimentares disponíveis nos dias de hoje são distintas das que lhes deram origem, não se tratando esta de uma obra exclusiva da engenharia genética, como são exemplo os alimentos geneticamente modificados, mas o produto de uma evolução conjunta dos progressos tecnológicos e dos fatores bióticos e abióticos (Ginsberg et al., 2014). Importa, pois, entender o mundo como lugar simbiótico onde o Humano integra a natureza: alterar a sua ordem constitui a sua essência. *“Como Darwin observou, a seleção pelos Humanos devia ser entendida dentro do contexto da seleção natural”*¹⁰ (Gessert, 2010, p. 14), assim, o homem - e todas as suas manifestações, nomeadamente o design -, e a natureza são parcelas da mesma equação e não devem ser dissociados.

De acordo com o antropólogo Bruno Latour: *“(...) o design foi estendido dos detalhes dos objetos do quotidiano às cidades, paisagens, nações, culturas, corpos, genes, e (...) à própria natureza - que precisa muito ser redesenhada”*¹¹ (Latour, 2008, p. 2). À luz desta atividade entende-se que o Humano e a natureza são dimensões interdependentes, sendo as alterações climáticas um dos processos resultantes desta relação (Ginsberg et al., 2014; Orr, 2002). Os designers e outros projetistas estão envolvidos neste processo, pois ao longo dos últimos cem anos promoveram estilos de vida que contribuíram para a degradação ambiental. Estes são também corresponsáveis pela determinação do sistema atual da cultura material, cuja lógica é urgente repensar, tornando agora mais do que nunca necessário o seu contributo, apresentando propostas que façam frente às atuais ameaças (Manzini & Vezzoli, 2005; Papanek, 1995).

Neste sentido, tornou-se imperativo procurar estratégias alternativas para satisfazer as necessidades globais: *“devemos projetar novas abordagens para gerir os recursos ambientais e sustentar o desenvolvimento Humano”*¹² (UN, 1987, p.40). Nos últimos anos, segundo a autora Janine Benyus, designers e cientistas têm procurado a natureza como uma fonte de inspiração e aprendizagem para a formulação de projetos que visam alcançar um maior desempenho ecológico. Esta é uma visão holística

⁹ Agrobiodiversidade: “(...) variety and variability of animals, plants and micro-organisms that are used directly or indirectly for food and agriculture, including crops, livestock, forestry and fisheries” (Fao, 2005, p12).

¹⁰ “As Darwin observed, selection by humans should be understood within the context of natural selection” (Gessert, 2010, p. 14).

¹¹ What is more, design has been extended from the details of daily objects to cities, landscapes, nations, cultures, bodies, genes, and, as I will argue, to nature itself – which is in great need of being re-designed” (Latour, 2008, p. 2).

¹² we must design new approaches to managing environmental resources and sustain human development” (UN, 1987, p.40).

¹³ Biodesign: “Biodesign goes further than the many biology-inspired approaches to design and fabrication. Unlike biomimicry, cradle-to-cradle, and the popular and frustratingly vague “green-design,” biodesign refers specifically to the incorporation of living organisms or ecosystems as essential components, enhancing the function of the finish work” (Myers, 2012, p. 8).

¹⁴ biologia sintética: “There are two basic concepts that you need to understand if you wish to be able to engineer biological systems: how information flows in biological systems and how this information flow is controlled. With an understanding of these concepts one can, in principle, apply engineering principles to the design and building of new biological systems: what we call synthetic biology” (Baldwin et al., 2012, p. 1).

suportada pela integração da natureza no processo de design, através da preservação e valorização do capital natural e dos seus fenómenos biológicos (Benyus, 1997). Assim, territórios como o biodesign¹³ ou a biologia sintética¹⁴ recorrem à biotecnologia, e reconhecem no mundo vivo um potencial, ainda pouco explorado, para o desenvolvimento de projetos que respondam às necessidades atuais, e resultem num benefício ecológico:

“Through synthetic biology, living things could become both the operating system and the machine, in theory creating a technology so versatile that it could be used to produce the food for a project global population explosion and remediate the environmental damage wreaked by two centuries of industrial modernization” (Ginsberg et al. 2014, p. xi).

Alguns designers utilizam organismos dentro do espectro visível ao olho humano, tais como plantas ou animais, outros, usam microrganismos, como bactérias, células ou ADN (Ginsberg et al., 2014; Antonelli, 2011). Daisy Ginsberg acredita que no futuro os designers irão desenvolver máquinas biológicas construídas a partir de matéria viva, propondo novas formas de relacionamento com o utilizador:

“Synthetic biology is turning to the living kingdoms for its materials library. It promises no more petrochemicals: instead, pick a feature from an existing organism, locate its DNA and insert into a biological chassis. Engineered life could compute, produce energy, clean up pollution, kill pathogens and even do the housework. Meanwhile, we’ll have to add an extra branch to the Tree of Life. The Synthetic Kingdom is part of our new nature” (Ginsberg, 2009).

O desenvolvimento destes projetos implica que designers estabeleçam vínculos entre as mais diversas áreas do conhecimento, unindo-se assim a biólogos, engenheiros, físicos (entre outros), como forma de tornar a biologia passível de ser compreendida e/ou manipulada. Assim, o designer assume um papel mediador entre o conhecimento técnico-científico e a relação entre Homem-objeto (Ginsberg et al., 2014; Antonelli, 2011; Baldwin et al., 2012).

Apesar do potencial desempenho ecológico do uso da biotecnologia, Anthony Dunne alerta para o modo como esta é utilizada no modelo industrial vigente:

“This could potentially lead to all sorts of benefits and improvements in the quality of our lives; but in making this shift it also has to engage with all the stuff that comes with market-led capitalism — rampant consumerism, fantasies and desires rather than needs, irrationality and the profit motive. Somehow, we



¹⁵ "Industrialization and design are oriented toward growth, not equilibrium or sustainability" (Ginsberg et al., 2014, p.xv).

need to make sure that the short-sighted values currently driving technological development do not destroy the genuine potential of this technology to enrich life" (Ginsberg, Freemont, Dunne, Garvey & Gorman, s.d.).

Desta forma, receia-se que esta revolução sirva de camuflagem à atual problemática, pois, "a industrialização e o design estão orientados para o crescimento, não para o equilíbrio e sustentabilidade"¹⁵ (Ginsberg et al., 2014, p. xv). Surgem assim questões relacionadas com a possibilidade de direcionar a biotecnologia para fins comerciais: qual a capacidade de renovação dos organismos, visto que esta é uma fonte renovável num planeta onde os recursos são limitados? Terá esta tecnologia capacidade de atender às necessidades de consumo atuais, sem perder o foco na sustentabilidade? Existirão alternativas à industrialização que se enquadrem dentro do novo paradigma da revolução biotecnológica? Será esta uma tecnologia disruptiva, capaz de transformar a relação entre o ser humano, organismos e objetos? Para além da temática ambiental, dimensões como a economia, política, sociologia e outras, são também intrínsecas aos avanços biotecnológicos.

Algumas destas questões podem ser estendidas à prática da aquaponia, que é suportada por mecanismos biológicos para efeitos de produção alimentar. Reconhecendo esta como uma atividade exemplar, a sua divulgação é importante para a sensibilização global sobre a preservação da natureza e dos seus recursos. Neste sentido, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou 2011/2020 como a Década das Nações Unidas sobre a Biodiversidade, definindo como objetivo a consciencialização das pessoas sobre os valores da biodiversidade e das medidas que podem ser tomadas para conservá-la:

"Biological diversity underpins ecosystem functioning and the provision of ecosystem services essential for human well-being. It provides for food security, human health, the provision of clean air and water; it contributes to local livelihoods, and economic development, and is essential for the achievement of the Millennium Development Goals" (UNESCO, 2005).

O mundo depara-se com continuas mudanças nas estruturas biológicas, necessitando agora, mais do que nunca, educar as sociedades como forma de alcançar a sustentabilidade.

fig. 7
Daisy Ginsberg,
Shaping the future
through design, 2013



Educação

Estratégias Pedagógicas para a Sustentabilidade

“É necessária uma mudança fundamental na maneira como pensamos o papel da educação no desenvolvimento global, porque ela tem um efeito catalisador sobre o bem-estar das pessoas e para o futuro do nosso planeta [...]. Agora, mais do que nunca, a educação tem a responsabilidade de se alinhar com os desafios e aspirações do século XXI, e promover os tipos certos de valores e habilidades que irão permitir um crescimento sustentável e inclusivo, e uma convivência pacífica” Irina Bokova, diretora-geral da UNESCO (como citado em UNESCO, 2017, p.7).

Em 2005, a ONU declarou a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável, considerando a educação uma prioridade para inverter a degradação ambiental, promovendo valores, atitudes, capacidades e comportamentos para enfrentar esse desafio, deixando um planeta mais sustentável e seguro como legado para as gerações futuras.

Partindo desta noção de que a educação tem um papel determinante em fomentar a ética ambiental nos indivíduos, houve a necessidade, ao longo dos últimos anos, de criar estratégias didáticas, que visam uma maior eficácia na transmissão dos conteúdos lecionados.

Neste sentido, surgiram novos modelos pedagógicos que consistem numa alternativa às metodologias tradicionais. Alguns destes, como é exemplo a aprendizagem baseada em projeto ou PBL (Project Based Learning) (Bell, 2010), foram inspirados pelas ideologias de John Dewey, pedagogo e filósofo referência no movimento da educação moderna, e são suportadas por princípios que visam proporcionar às crianças, aprendizagens baseadas em atividades práticas. Segundo Dewey, a aplicação destas metodologias, não só permite tornar as crianças mais conscientes em relação ao mundo, preparando-as para o futuro, como também lhes proporciona uma maior compreensão dos conteúdos académicos:

“To imposition from above is opposed expression and cultivation of individuality; to external discipline is opposed free activity; to learning from texts and teachers, learning through experience; to acquisition of isolated skills and techniques by drill, is opposed acquisition of them as means of attaining ends which make direct vital appeal; to preparation for a more or less remote future is opposed making the most of the opportunities of present life; to static aims and materials is opposed acquaintance with a changing world” (Dewey, 1986, p. 244).

Estas abordagens, permitem às crianças tirar partido da sua curiosidade natural para a exploração de temáticas centradas nos seus próprios interesses, possibilitando que se mantenham motivadas e receptivas a relacionar conteúdos das mais diversas áreas do conhecimento, tais como matemática, física, biologia, entre outros (Claussen, 2017; Blumenfeld et al., 1991). O estímulo cognitivo procedente destas didatologias contempla o desenvolvimento de jovens pensadores, que aprendem a organizar pesquisas e a aplicar estratégias, preparando-os para identificar e enfrentar os problemas do mundo real, que estão em constante mutação (Bell, 2010).

Richard Louv menciona também John Dewey na sua obra – *“Last Child in the Woods”*, como uma importante referência na implementação de práticas educativas que promovem interação dos estudantes com os ecossistemas locais, fora do perímetro escolar. Estas atividades estão na base dos princípios da educação ambiental, traçando Louv um paralelismo com a educação experimental. Ao longo da obra, o autor refere que no decorrer dos últimos anos, devido ao crescimento urbano, foi notado um afastamento progressivo do ser Humano para com a natureza¹⁶, havendo estudos que apontam ser esta a génese de uma panóplia de desordens comportamentais, intitulada por Louv de *“Nature-deficit disorder”*¹⁷. Desta forma, o autor apela à reformulação do ensino tradicional, introduzindo didatologias que estimulem a relação das crianças com a natureza e seus

¹⁶ Natural: referente a natureza segundo Louv: “For the purpose of this book, when I use the word “nature” in a general way I mean natural wildness: biodiversity, abundance—related loose parts in a backyard or a rugged mountain ridge” (Louv, 2008, p.26).

¹⁷ Nature-deficit disorder: “(...) describes the human costs of alienation from nature, among them: diminished use of the senses, attention difficulties, and higher rates of physical and emotional illnesses” (Louv, 2008, p.52).



fig. 9
Atividade educativa ao ar livre, plantação de uma horta na escola.

fig. 10
Atividade educativa ao ar livre, construção de uma cabana.

fenómenos como parte essencial não só da aprendizagem, mas também do equilíbrio da sua saúde física e emocional (Louv, 2008).

Estas pedagogias são consideradas fundamentais para a consolidação de uma “*psicologia ecológica*” nas crianças, que é o resultado do estudo que correlaciona a importância da ecologia no desenvolvimento da mente humana. Neste sentido, a psicologia ecológica é sustentada pela ideia de coevolução entre determinado indivíduo (humano ou animal) e o meio ambiente, por intermédio das experiências resultantes da sua interação direta com o mundo físico. Esta área da psicologia tem como princípio central a teoria de Eleanor e James Gibson, que interliga a percepção e a ação e consiste em detetar no meio ambiente um significado funcional¹⁸, através do conjunto de aprendizagens individuais, informais e formais, resultantes de experiências primárias¹⁹ (Chawla, 2008; Gibson & Pick, 2000). Esta relação entre percepção e acção está na origem do conceito de “*affordances*” desenvolvido por James J. Gibson:

“The affordances of the environment are what it offers the animal, what it provides or furnishes, either for good or ill. The verb to afford is found in the dictionary, but the noun affordance is not. I have made it up. I mean by it something that refers to both the environment and the animal in a way that no existing term does. It implies the complementarity of the animal and the environment” (Gibson, 2015, p. 119).

As “*affordances*” são a capacidade de cada indivíduo, humano ou animal, perceber e utilizar de forma intuitiva as propriedades facultadas pelo ambiente que o envolve (Reed, 1996, p. 111).

Sabendo que as crianças estão naturalmente programadas para aprender através dos seus sentidos, as experiências primárias, provenientes da relação criança-ambiente, proporcionam estímulos multissensoriais, concedendo-lhes a capacidade de as tornar despertas em relação ao mundo. O facto destas receberem respostas imediatas das suas ações, fornece uma base de aprendizagens estruturais ao seu crescimento, que as experiências secundárias não conseguem proporcionar (Moore, 1997). Segundo a autora Louise Chawla, as pedagogias experimental e ambiental reúnem condições ao desenvolvimento de “*affordances*”, que proporcionam uma base para a conceção mental de hábitos e comportamentos que têm como suporte a valorização do meio ambiente:

“These principles of ecological psychology suggest that the following conditions support the development of children’s environmental awareness and competence:

¹⁸ Significado funcional: possibilidades de ação.

¹⁹ Experiências primárias segundo Robin C. Moore: “The problem is that in our present-day society, primary experience of nature is being replaced by the secondary, vicarious, often distorted, dual sensory (vision and sound only), one-way experience of television and other electronic media” (Moore, 1997, p. 209).

²⁰ “(...) the human being shapes society and its future through what is taught to young people” (Papanek, 1995, p. 235).

- *Affordances that promote discovery and responsive person/environment relationships;*
- *Access and mobility to engage with affordances;*
- *Perceptual learning to notice and value the environment;*
- *Opportunities to take responsible roles in community settings;”* (Chawla, 2008, p. 102).

Seguindo estas diretrizes, o sistema aquapónico Homegreens constitui uma ferramenta pedagógica que se relaciona com as práticas da educação moderna*, cujas metodologias têm por base a experimentação. Estas pedagogias para além de serem consideradas importantes para fomentar a literacia ambiental nas crianças, intervêm no seu desenvolvimento individual enquanto cidadãos, estimulando habilidades sociais e culturais, cujo papel é fundamental em diversas áreas das suas vidas. Segundo o autor Vitor Papanek, o futuro é construído em prol dos valores depositados nas gerações mais novas: “*(...) o ser humano molda a sociedade e seu futuro através do que é ensinado aos jovens*”²⁰ (Papanek, 1995, p.235), sendo a disseminação desses conteúdos considerada relevante por contribuir para a sedimentação de uma cadeia de valores, sobre a qual as crianças estabelecem uma cosmovisão.



Projetos de Referência

De forma a reduzir o prejuízo ambiental geralmente associado à prática do design industrial em conjunto com as atividades industriais, designers procuram formas de integrar nos seus projetos mecanismos biológicos, a fim de desenvolver abordagens mais eficientes, promotoras de estilos de vida mais sustentáveis. Como referência foram selecionados projetos que incorporam organismos vivos e intervêm em diferentes cenários. Alguns destes têm a função de gerar discussão, desbravando campos de intervenção futuros, outros propõem despertar no utilizador a sensibilidade em torno de questões que envolvem a temática ambiental.

Foi também elaborado um pequeno estado de arte que permitiu avaliar as possibilidades existentes dentro do mundo da aquaponia. Para tal, foram selecionados exemplos de sistemas domésticos com diferentes abordagens, que auxiliaram na definição das diretrizes para a construção do sistema aquapónico.



Com base na exploração da sinergia entre ecossistemas, Microbial Home da autoria da Philips (fig.12), afirma a necessidade de aproximar o Homem da natureza através de um conjunto de modelos que integram uma “máquina biológica”. O projeto recorre à biotecnologia para desempenhar um conjunto de tarefas domésticas, sendo composto por bio-digestores, que, enquanto decompõem os resíduos orgânicos, libertam gás metano que serve de fonte de energia para a confeção de alimentos e é também responsável pelo sistema de iluminação. O projeto comporta ainda um sistema de refrigeração evaporativo que permite manter os legumes frescos, e uma colmeia urbana para recolha de mel. O interesse neste projeto reside na exploração de um cenário futuro, gerando discussão em torno da viabilidade tecnológica destes dispositivos aptos a servir o utilizador no desempenho de tarefas domésticas. Este apresenta-se numa alternativa mais ecológica, que usa um ecossistema como fonte de energia (Etherington, 2011).

fig. 12
Microbial Home,
Philips.



fig. 13
Uroboro,
Marco Balsinha 2015.

Numa outra abordagem, Uroboro (fig.13), da autoria de Marco Balsinha, também pretende levar a compostagem de resíduos orgânicos para dentro das habitações, através de uma versão educacional de vermicompostagem. O projeto é considerado uma referência, pois reúne o objetivo de promover o debate em família sobre questões que envolvem a problemática ambiental, estimulando o desenvolvimento de uma eco consciência e a redução dos resíduos orgânicos em aterros sanitários. O processo de compostagem é agilizado devido às minhocas vermelhas contidas no interior da estrutura, que se alimentam dos mais diversos desperdícios alimentares sem libertar odores, enquanto promove em simultâneo a superação do estigma geralmente associado ao contacto com vermes (Balsinha, 2015).



Num cenário especulativo, a designer Susana Soares pretende abrir novos horizontes à forma como nos relacionamos com a medicina, através do potencial natural presente nos seres vivos, que integram uma ferramenta que auxilia no diagnóstico de patologias como a tuberculose, diabetes e alguns tipos de cancro. O projeto (fig.14) incorpora abelhas, seres extremamente sensíveis ao odor, treinadas segundo o método de reflexo condicionado de Pavlov para obter determinados comportamentos definidos pela interface do projeto, quando expostas a certas substâncias químicas transportadas pelo hálito do utilizador. O principal foco de interesse deste projeto reside na associação do design à biologia, contribuindo com avanços científicos que promovem a superação de dogmas instituídos pela ciência e medicina, abrindo caminho ao debate rumo a novas possibilidades (Soares, 2009).

fig. 14
Bee 's,
Susana Soares 2009.



fig. 15
High Line,
James Corner Field
Operations, Diller
Scofidio + Renfro, e
Piet Oudolf.

High Line, da autoria de James Corner Field Operations, Diller Scofidio + Renfro, e Piet Oudolf (fig.15), consistiu na reabilitação de uma ferrovia transformando-a num parque público, cuja visão naturalista serviu de inspiração ao projeto. Situado na zona oeste de Manhattan, esta plataforma permite uma vista panorâmica sobre a cidade de Nova York, foi desenhada com o objetivo de tornar este local um espaço híbrido que potencia a relação do Homem com o meio, através de um jardim botânico. Este foi projetado de modo a permitir um enquadramento natural dentro dos limites que a paisagem urbana tem para oferecer, e conta com uma variedade significativa de espécies, nativas e introduzidas, que crescem e percorrem os carris abandonados (Oudolf & Darke, 2017).



Através da exposição Conviver (fig.16), Marta de Menezes pretende exibir o mundo vivo em oposição às representações feitas sobre este. O projeto incorpora organismos vivos e é uma referência devido à sua natureza real, proporcionando uma interação dinâmica e inesperada entre a obra de arte e o espectador. Geralmente, os museus são caracterizados por recolherem conjuntos de objetos inanimados, de forma a que possam ser exibidos ao público, catalogados e posteriormente armazenados. Contudo, numa era marcada por complexos progressos tecnológicos, sobretudo ao nível da biologia e subsequente envolvimento da arte, o projeto vem questionar a capacidade dos museus em acolher estas obras, apelando assim a uma evolução face ao contexto atual (Menezes, 2007).

fig. 16
Conviver,
Marta Menezes 2007.



fig. 17
Local River,
Mathieu Lehanneur.

²¹ locavores- grupo de pessoas que praticam uma alimentação local, geralmente a um raio inferior a 160km de onde habitam, a fim de reduzir a pegada ecológica atribuída ao transporte de alimentos (Lehanneur, 2015).

Dentro do universo da aquaponia, Mathieu Lehanneur, com o projeto Local River (fig.17), manifesta-se sobre a pegada ecológica provocada pelo transporte de alimentos. Inspirado pelo movimento locavores²¹, que consiste na prática de uma alimentação local, o projeto desafia o utilizador a produzir peixes e vegetais de forma doméstica. Local River é um projeto especulativo e representa um ecossistema real presente sobretudo em rios. O projeto é referenciado pelo seu carácter visual, alvo de inspiração, que se deve a um conjunto de fatores tais como a seleção do vidro esverdeado para a sua conceção, iluminação interna e seleção de espécies, permitindo a observação dos processos que ocorrem no interior de um rio (Lehanneur, 2015).



Hidroblocks (fig.18), um projeto da autoria de Francisco Diz desenvolvido no âmbito da disciplina de projeto final da licenciatura em Design Industrial da ESAD.CR, foi implementado numa escola básica, a fim de recolher informação que permitisse a elaboração de um desenho centrado no utilizador. O projeto pretende democratizar a prática da aquaponia através da disponibilização de um kit, via uma plataforma online de open source, possibilitando a impressão 3D em PLA dos vasos e elementos de união. Estes são assemblados a pequenas régua de madeira que servem de suporte estrutural. De carácter lúdico, devido à sua componente modular, este permite ao utilizador a liberdade criativa para montar, desmontar e escalar, adaptando-o aos mais diversos modelos de aquário. A sua implementação visa sobretudo espaços domésticos ou educativos (Escola das Caldas, 2018; Thingiverse, 2017).

fig. 18
Hidroblocks,
Francisco Diz 2017.



fig. 19
Water Garden,
Back to the Roots.

Water Garden (fig.19), criado pela empresa Back to the Roots é também um sistema aquapónico educacional/lúdico/recreativo para utilização em contexto doméstico e escolar. De dimensões reduzidas, o projeto permite albergar um peixe Beta, espécie que pode viver isolada, sendo este responsável por produzir nutrientes que alimentam as plantas colocadas no compartimento superior. O interesse no projeto recai no facto de ser uma versão simplificada de um sistema aquapónico, obedecendo a uma lógica de produção em série (Back to the Roots, s.d.).



Ecolife (**fig.20**) é também uma versão educacional/lúdica/recreativa de um sistema aquapónico, que responde igualmente a uma lógica de produção industrial, mais complexa que a apresentada anteriormente. Este tem uma capacidade para cerca de 75 litros de água, permitindo assim a colocação de uma maior quantidade de peixes e plantas. Para além deste aspeto, Ecolife possui um sistema de iluminação, de forma a favorecer o crescimento das plantas (Ecolife Conservation, s.d.).

fig. 20
Ecolife,
Ecolife Conservation.



fig. 21
Herb and fish,
Mee & Wu..

Herb and fish (**fig.21**), da autoria de Mee & Wu., é um sistema aquapónico tecnológico de pequenas dimensões, permitindo a conexão a uma aplicação através de um smartphone. Este facto foi considerado de interesse pois auxilia a manutenção do ecossistema, possibilitando controlar à distância a intensidade e duração da luz, monitorizar a temperatura e programar a bomba de água, responsável pelo ciclo dos nutrientes e circulação de ar no aquário. Envia também sinais de alerta sobre a frequência com que os peixes devem receber alimento e quando efetuar trocas de água (Kicksarter, s.d.).



O projeto Sustentabilidade na reserva da Biosfera de Santana²² (fig.22), apresentado no concurso “ciência na escola” - Fundação Ilídio Pinho, desenvolvido por Orlando Rodrigues Silva, consistiu numa intervenção numa escola do 3º ciclo, na ilha da Madeira. Este envolveu turmas do 8º ano no processo de projetar e construir um sistema aquapónico a partir de materiais pré-existentis, recorrendo a contentores inutilizados, que permitiram produzir um tanque com 1100 litros para a colocação de peixes, e tubos de PVC para criar as camas de cultivo em NFT. O projeto constitui uma referência, pois, para além de divulgar conteúdos alusivos à temática da aquaponia e sustentabilidade no contexto educativo, permite em simultâneo aos estudantes, aplicar conhecimentos de diversas disciplinas, através da atividade de projeto, que levou à edificação deste sistema aquapónico.

fig. 22
Sustentabilidade na reserva da Biosfera de Santana, Orlando Rodrigues Silva.

²² Orlando Silva facultou os dados sobre o projeto uma vez que estes não estão publicados.

Parte II

Desenvolvimento de Projeto



Contexto de Projeto

Reconhecendo a importância da educação em determinar o futuro da sociedade, de modo a rumar ao encontro dos objetivos definidos pela ONU até 2030 (fig.24) tornou-se urgente desenvolver estratégias que vêm abordar a sustentabilidade no contexto educativo.

As didatologias experimentais e ambientais, defendidas por autores como John Dewey ou Richard Louv, poderão contribuir para a literacia ambiental das crianças, através da sua imersão no meio ambiente e ecossistemas locais. Partindo da exploração das capacidades naturais das crianças, estas pedagogias despertam nelas a consciência para o mundo real, permitindo mantê-las motivadas e recetivas às mais diversas áreas do conhecimento.

Enquadrado nestas abordagens, o sistema aquapónico Homegreens é direcionado, sobretudo, para o público infantojuvenil, visando ser implementado em escolas do 1º ciclo, ou outros contextos considerados favoráveis à partilha de conhecimento.

Este tem por base a divulgação da aquaponia enquanto prática de produção alimentar, substanciada por princípios que promovem o desenvolvimento sustentável, visto que esta é considerada uma alternativa mais ecológica comparativamente com outras atividades de produção alimentar. Neste sentido, o sistema transporta para o interior do contexto de ensino um ecossistema, que exhibe um conjunto de fenómenos biológicos. Esta estratégia proporciona às crianças um papel ativo/participativo na sua manutenção, de modo a criar experiências que servem à assimilação de conteúdos, despertando-as para questões que envolvem a natureza: seus organismos e recursos. Assim, as crianças tornam-se mais suscetíveis a desenvolver hábitos e comportamentos ambientalmente conscientes, resultantes do contacto com o ecossistema, que sugere uma compreensão sistémica do mundo.

Uma outra valência do sistema, é gerar conhecimento sobre a origem dos alimentos e dos processos intrínsecos à sua produção, que tem vindo a perder-se nas camadas mais jovens da sociedade com o crescente desenvolvimento urbano, conforme refere o autor Richard Louv, : " Alguns de nós sentem falta dos aspetos mais brutais da produção de alimentos. Para a maioria dos jovens, no entanto, a memória não fornece experiência para comparação"²³ (Louv, 2008, p. 38).

Dada a complexidade técnica e formal associada à prática da aquaponia, a construção de modelos funcionais articula a vertente técnica e científica ao contexto onde estes se inserem. Deste modo, a seleção de uma configuração e materiais para a sua conceção partiu de critérios que visam potenciar a experiência de aprendizagem ao utilizador, garantindo as condições necessárias ao desenvolvimento da biota.

O desenvolvimento deste sistema está enquadrado num projeto de investigação que tem por base a construção de equipamentos que promovem a aquaponia, e compreende a realização de um conjunto de tarefas, que englobam: um estudo sobre a biomassa de peixes necessária ao crescimento das plantas sem a necessidade de recorrer a suplementos de nutrientes hidropónicos adicionais; uma avaliação dos diferentes estágios de crescimento das plantas em função dos nutrientes necessários, usando espécies como o manjeriço, acelga e cebolinho; um estudo da adaptação das espécies de plantas em meios de cultivo com elevadas taxas de salinidade, idênticas à do mar, bem como os requisitos de luz necessários, e ainda, a construção de um sistema aquapónico doméstico para fins educacionais. O projeto foi executado por uma equipa multidisciplinar, formada por designers, biólogos e engenheiros agrónomos, responsável pelas diversas vertentes da investigação. Para a sua realização considerou-se fundamental estabelecer parcerias com escolas,

²³ Few of us miss the more brutal aspects of raising food. For most young people, however, memory supplies no experience for comparison" (Louv, 2008, p. 38).

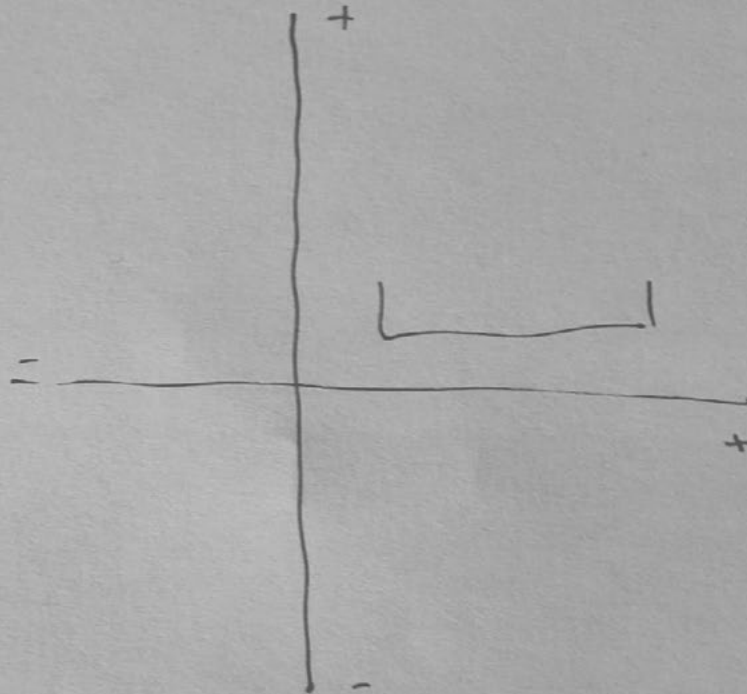


fig. 24
Objetivos para o desenvolvimento sustentável, ONU.

que permitiram a recolha de dados no decurso da investigação. A equipa de investigação do MARE, disponibilizou-se para a realização análises laboratoriais para obter uma avaliação quantitativa de alguns componentes desenvolvidos durante o processo.

FACILIDADE / EFICÁCIA
MANTER ECOSISTEMA

COMUNICAR
CONCEITO
AQUAPONIA



Metodologia

A metodologia projetual foi organizada em quatro etapas que vão desde a definição do conceito à construção de protótipos funcionais.

A primeira etapa foi dividida em dois momentos. O primeiro momento, incidiu na investigação sobre a prática da aquaponia, tendo como foco principal o estudo sobre o funcionamento de sistemas aquapônicos numa escala de produção, e no levantamento do estado de arte de equipamentos domésticos disponíveis no mercado. O segundo momento, consistiu em envolver o utilizador no processo de design de produto, através da implementação de um sistema sonda numa escola básica, que permitiu coletar informações importantes para o desenvolvimento de uma interface centrada na relação entre as crianças e o sistema aquapónico. Esta estratégia partiu de princípios presentes nas metodologias da IDEO, que contemplam o envolvimento do utilizador no decurso do processo projetual.

A segunda etapa consistiu na construção de modelos experimentais com recurso a objetos preexistentes que permitiram a validação de uma composição formal. Assim, foi possível definir a dimensão técnica e funcional do projeto de acordo com as diretrizes definidas no conceito.

A terceira etapa, foi dividida em dois momentos. O primeiro, definição de materiais a aplicar aos componentes do projeto. O segundo, dos processos de produção intrínsecos aos materiais selecionados. Os desenhos dos componentes foram adaptados de acordo com as limitações dos materiais e dos processos selecionados. Nesta etapa foram também selecionadas empresas aptas a prestar os serviços requeridos, de acordo com a complexidade dos elementos a produzir.

Por último, quarta etapa, que consistiu na instalação do protótipo final na escola, de forma a recolher dados, a fim de proceder a uma análise qualitativa referente ao seu desempenho.



Dimensão Técnica

Estudo da prática da aquaponia

Este capítulo destina-se à investigação da dimensão técnica e formal das unidades funcionais que compõem os sistemas aquapónicos de produção alimentar. A parceria com o laboratório de investigação de aquaponia, sediado no CETEMARES, em Peniche, e as visitas ao Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras, serviram de agente catalisador ao processo, proporcionando o estudo do funcionamento destes sistemas. Desta forma foi possível recolher informação sobre a construção, configuração e distribuição das unidades funcionais, materiais utilizados e operações necessárias à sua manutenção diária.

Ao longo da investigação foi sublinhada a importância do circuito cíclico da água, e do evitar trocas abruptas que possam comprometer, em especial, as colónias de bactérias essenciais ao ecossistema. Desta forma, estes sistemas foram desenhados de acordo com uma lógica de encaminhar a água com os resíduos metabolizados pelos peixes, através das unidades relativas à limpeza e transformação biológica, fazendo chegar os nutrientes às camas de cultivo, onde se encontram as plantas. Estes equipamentos são compostos por cinco unidades funcionais: o tanque dos peixes; a(s) cama(s) de cultivo; um reservatório para o filtro mecânico, incumbido da função de limpeza mecânica, outro para o filtro biológico e uma SUMP que contém a bomba responsável pela circulação da água no sistema. Em todas as unidades o oxigénio, que serve de suporte vital aos diversos organismos envolvidos no ecossistema, é disperso recorrendo ao uso de bombas de ar. Geralmente, estas unidades são opacas, de forma a impedir a passagem de raios UV, evitando o desenvolvimento de microalgas que germinam a partir dos nutrientes disponíveis e levam a um défice no crescimento das plantas (Somerville et al., 2014; Pantanella, 2008).

Tanque dos peixes

O tanque ou aquário (fig. 28) é o reservatório onde são colocados os peixes. Geralmente, nos sistemas aquapónicos de produção alimentar são usados tanques cilíndricos, pois estes favorecerem o movimento das forças centrípetas. Estas, são responsáveis pela acumulação dos dejetos dos peixes ao centro do tanque, facilitando o seu processo de extração e limpeza. As dimensões dos tanques devem ser adequadas às características morfológicas da espécie piscícola que albergam (Somerville et al., 2014).

Camas de cultivo

As camas de cultivo são o suporte que serve o desenvolvimento das plantas e existem três tipologias (Somerville et al., 2014).

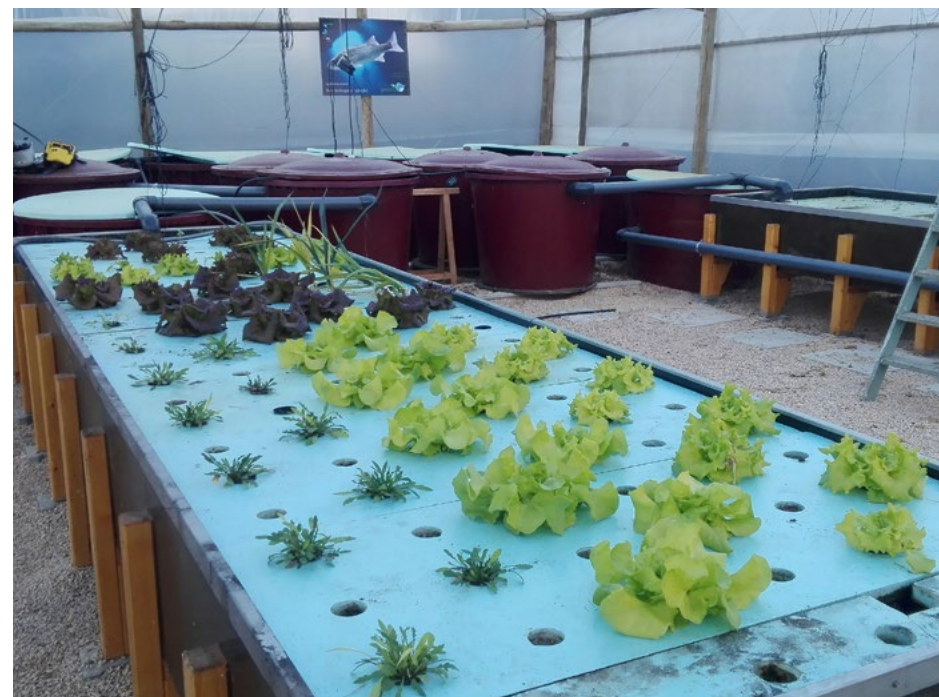
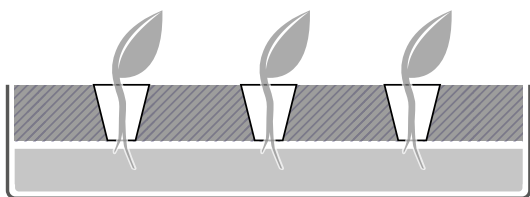
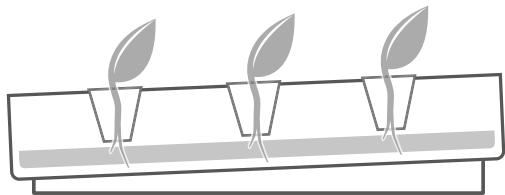


Fig. 27
Esquema cama de cultivo em jangada.

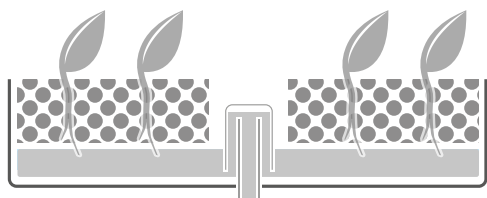
Fig. 28
Tanque dos peixes, Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.

Fig. 29
Cama de cultivo em jangada.

Jangada ou *deep water culture*, (**fig. 27 e 29**), tipologia que recorre ao uso de placas flutuantes, concebidas em poliestireno expandido, cujos pequenos orifícios servem de suporte aos vasos hidropónicos²⁴ para a colocação das hortícolas. Este sistema é caracterizado por possibilitar a submersão permanente das raízes no meio aquático, onde se encontram os nutrientes necessários à sobrevivência das plantas (Somerville et al., 2014; Rakocy, Masser & Losordo, 2016).



NFT (*nutrient film technique*) ou sistema de canaletas (**fig. 30 e 32**), tipologia caracterizada pela disposição das plantas em orifícios distribuídos ao longo de tubos de PVC, que permitem a passagem no interior de um filme de água com nutrientes. Para que a água se movimente pelos tubos, devido à gravidade, estes são instalados com uma ligeira inclinação. Esta tipologia é comum em sistemas verticais (Somerville et al., 2014, Walsworth, 2016).



Media bed technique (**fig. 31 e 33**), tipologia constituída unicamente por um contentor que permite a colocação de plantas suportadas por um substrato. Esta cama de cultivo funciona em simultâneo como filtro mecânico e biológico, através da acumulação de um conjunto de matéria orgânica, que permite prescindir do uso de compartimentos exteriores destinados à filtração da água. Geralmente, esta tipologia está associada a um sistema de inundação e drenagem, usando um sifão de Bell, que através das leis da hidrodinâmica permite purgar de forma periódica a água das camas de cultivo. Este mecanismo funciona devido à ação de uma bomba de água, responsável por encher o reservatório onde está o substrato com as plantas. Quando a água atinge o topo do tubo interno, a cobertura que fica por cima

²⁴ vasos hidropónicos: vasos perfurados ou em rede que permitem a passagem da água.

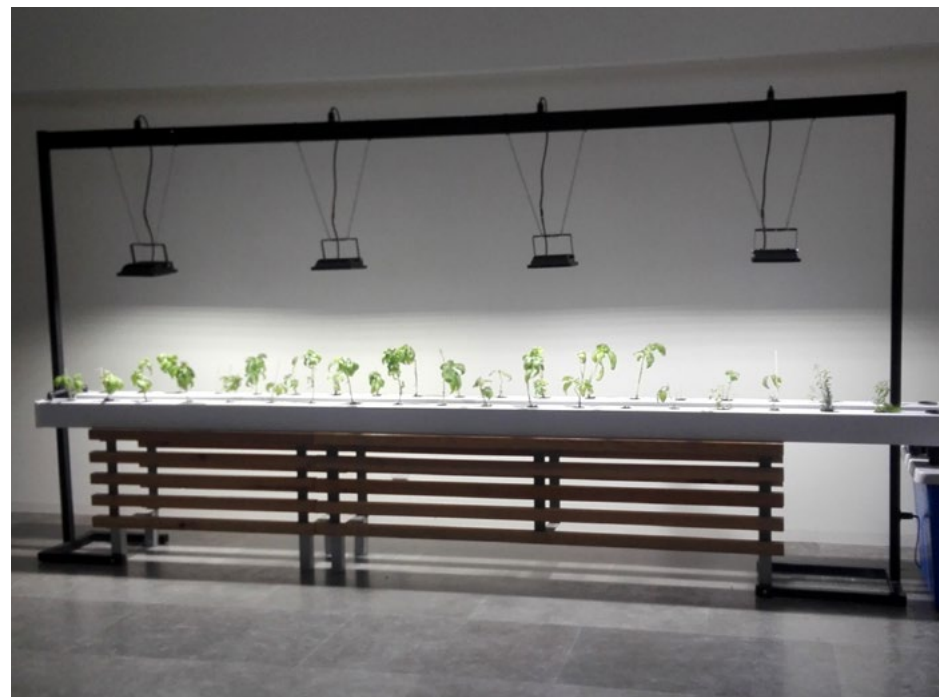


Fig. 30
Esquema cama de cultivo em NFT.

Fig. 31
Esquema cama de cultivo em media bed technique.

Fig. 32
Cama de cultivo em NFT, Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.

Fig. 33
Cama de cultivo em media bed technique.

deste funciona como tampa hermética, produzindo o efeito de sifão, escoando-a para exterior. O processo repete-se cada vez que o limite do sifão for atingido. Todavia, devido à acumulação e decomposição de resíduos orgânicos, esta técnica é mais suscetível ao desenvolvimento de doenças comprometedoras ao funcionamento do ecossistema (Somerville et al., 2014; Walsworth, 2016).

Filtro mecânico, biológico e SUMP

Partindo do princípio base da aquaponia, abordado no capítulo referente ao ciclo do nitrogénio, foi ressaltada a importância do circuito e da qualidade da água, nos processos que ocorrem no interior das unidades funcionais que integram um sistema aquapónico. Desta forma, estes sistemas são equipados com um filtro mecânico, um filtro biológico e uma SUMP.

O Filtro Mecânico (**fig. 34**), é responsável pela limpeza dos detritos sólidos pois, conforme referido anteriormente, o processo de decomposição dos resíduos dentro dos contentores, gera gases nocivos libertados pelas bactérias anaeróbias, que comprometem o equilíbrio do ecossistema. Muitas vezes estes sedimentos também podem bloquear os circuitos, causando um défice na absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas. Para conceber um filtro mecânico são usadas estratégias, como a utilização de reservatórios para sedimentação, cujas características formais inibem a passagem de resíduos (por ex. reservatórios em forma de cilindro-cone²⁵), ou a utilização de material filtrante, como esponjas ou tecidos de diversas densidades (geralmente combinadas da menor densidade para a maior), que permitem a passagem da água e a retenção gradual dos sedimentos (Somerville et al., 2014; Rakocy et al., 2016; Walsworth, 2016).

O Filtro biológico (**fig. 35**), funciona através da fixação de biomassa numa determinada superfície, possibilitando o seu crescimento até ao desenvolvimento de um biofilme responsável pelas transições patentes no ciclo do nitrogénio (Permatasari, Rinanti & Ratnaningsih, 2018). São diversas as tipologias de suporte correntemente utilizadas para a função de filtro biológico, contudo, as mais comuns são as biobolas, geralmente produzidas em material plástico ou cerâmico, de modo a fornecer múltiplas superfícies, permitindo aglomerar, lentamente, microrganismos. A utilização de biobolas de plástico, em oposição à cerâmica, tem a vantagem de evitar que estas fiquem obstruídas pelo biofilme, permitindo a passagem do ar pelo seu interior, responsável por oxigenar a comunidade bacteriana (Aquamovement, 2020). Evitar a obstrução das biobolas é o principal motivo para que o filtro mecânico seja disposto antes do filtro biológico.

²⁵ Cilindro-cone: reservatório cilíndrico com a extremidade inferior afunilada, em forma de cone.

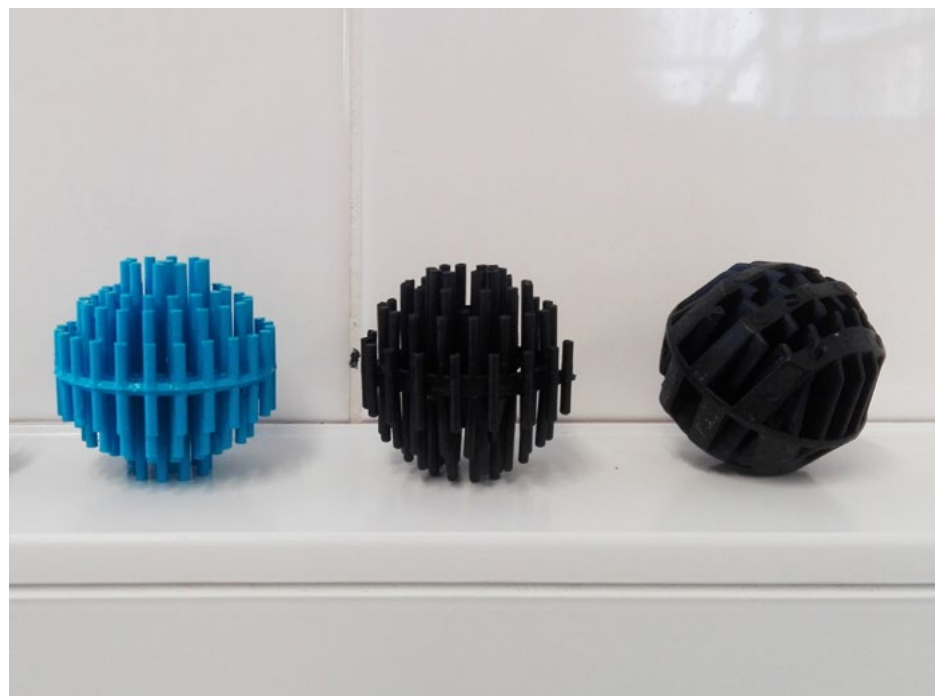
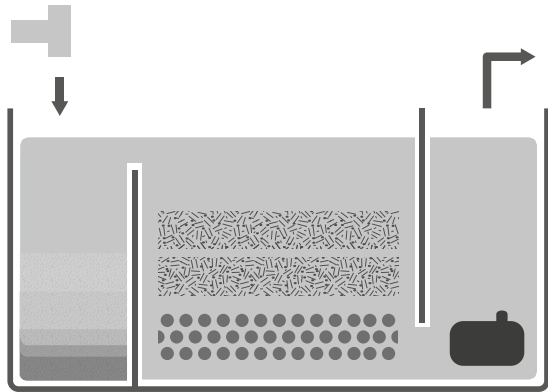


Fig. 34
Filtro mecânico, esponjas de várias densidades.

Fig. 35
Suporte para filtro biológico, biobolas.

A SUMP (**fig. 37**) é o reservatório onde se encontra a bomba de água e é responsável pela movimentação de todo o circuito de um sistema aquapónico. Este é geralmente mais pequeno, comparativamente com os restantes reservatórios, e tem também a função de recolher o volume de água excedente do sistema, situando-se assim numa zona inferior. Por vezes a SUMP encontra-se integrada juntamente com o filtro mecânico e/ou biológico (Somerville et al., 2014; Rakocy et al., 2016).

Nos sistemas aquapónicos de produção alimentar, devido às suas dimensões, verificou-se que as diferentes unidades de filtragem funcionam de forma isolada. Contudo, de modo a compreender melhor o funcionamento destes filtros, ao longo das visitas ao CETEMARES, analisaram-se duas técnicas utilizadas em aquacultura, que integram num só reservatório, a filtragem mecânica, biológica e a SUMP.



A primeira técnica caracteriza-se pela utilização de um reservatório compartimentado em três espaços, cada qual correspondendo a um estágio do processo (**fig. 36 e 38**). O primeiro estágio consiste na chegada da água proveniente dos aquários com os resíduos produzidos pelos peixes. Neste estágio, processam-se os detritos maiores e mais pesados no fundo, que são limpos diariamente através de um aspirador de aquário. A água segue para o segundo estágio, por cima da divisória, e após atravessar as esponjas responsáveis pela filtragem mecânica, que a libertam das restantes partículas, permanece em contacto com o biofiltro. Posteriormente esta é encaminhada para o terceiro estágio, por baixo da barreira onde está inserida a bomba de água que a conduz de novo para os aquários. Esta técnica não necessita da utilização de um sistema

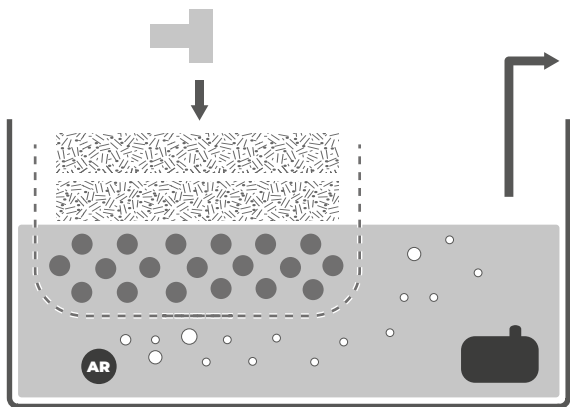


Fig. 36
Esquema sobre funcionamento da primeira técnica da unidade de filtragem da água.

Fig. 37
Sump, Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.

Fig. 38
Primeira técnica, unidade de filtragem da água, CETEMARES.

de arejamento adicional, uma vez que a queda contínua da água tem a capacidade de simular o efeito de um arejador, devolvendo o oxigênio necessário à comunidade bacteriana.



A segunda técnica (fig. 39 e 40), consiste no uso de um reservatório com um compartimento, onde está colocado o filtro mecânico sobreposto ao filtro biológico. Desta forma a água proveniente dos aquários atravessa as esponjas (que integram o filtro mecânico), e permanece no reservatório onde são inseridas as biobolas, até ser encaminhada de novo para os aquários por ação da bomba de água. Nesta técnica é necessária a colocação de um sistema de arejamento de forma a garantir a estabilidade das bactérias.

Em ambas as técnicas, as biobolas permanecem sempre submergidas, garantindo a sobrevivência das bactérias.

Funcionamento dos sistemas Aquapônicos

De forma a melhor compreender a dinâmica de funcionamento das unidades que compõem um sistema aquapônico, analisaram-se dois exemplares de produção alimentar.

Fig. 39
Esquema sobre funcionamento da segunda técnica, unidade de filtragem da água, CETEMARES.

Fig. 40
Segunda técnica, unidade de filtragem da água, CETEMARES.



O primeiro (fig.42), corresponde a um sistema construído pela empresa Aquaponics Ibéria, instalado no Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras, com capacidade para cerca de 3500 litros.

Este é composto por seis unidades: um tanque para peixes, um reservatório para depósito dos sedimentos, outro para colocação do biofiltro, duas camadas de cultivo, uma com sistema NFT e outra em Jangada, e por fim uma SUMP. Todo o circuito funciona através de uma bomba de água. Desta forma, a água é encaminhada pela SUMP [1] e percorre a cama de cultivo NFT [2], subindo até ao tanque dos peixes [3], onde continua o seu percurso, recorrendo à força da gravidade, que proporciona o efeito “cascata” entre as restantes unidades. A limpeza mecânica funciona através da configuração cilíndrica do tanque dos peixes, que permite a aglomeração dos sedimentos ao centro, por ação da força centrípeta (Somerville et al., 2014). Em seguida, estes são encaminhados por meio de um mecanismo inserido no centro do tanque, que permite a sua canalização desde o fundo até ao reservatório seguinte. Funciona através de um tubo maior que reveste o canal situado no centro do tanque [4], e possui uma abertura na zona inferior, obrigando a passagem da água a ser efetuada da base para o topo, levando consigo os detritos sólidos. A saída da água para o contentor dos

sedimentos é direcionada para a sua parede (fig.41), proporcionando novamente um movimento centrípeto. Este movimento, somado às características formais do tanque cilindro-cônico [5], possibilita a acumulação dos resíduos no fundo do reservatório. Neste local é colocada uma válvula, facilitando a purga dos sedimentos. Em seguida, a água circula para o contentor do biofiltro [6], e desce para a cama de cultivo em jangada [7]. Por fim, a água é sugada pela SUMP, iniciando de novo o ciclo.

O segundo circuito esteve instalado no CETEMARES (fig.43) no âmbito do projeto Homegreens, foi construído com objetos preexistentes e tem uma capacidade para aproximadamente 3000 litros. Este sistema é composto por dois tanques para os peixes, uma cama de cultivo em jangada, e dois reservatórios: um para a colocação do filtro mecânico e outro para o filtro biológico onde

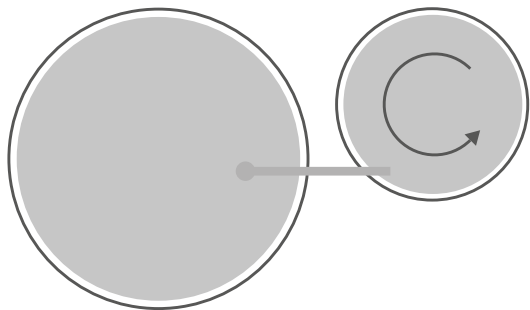
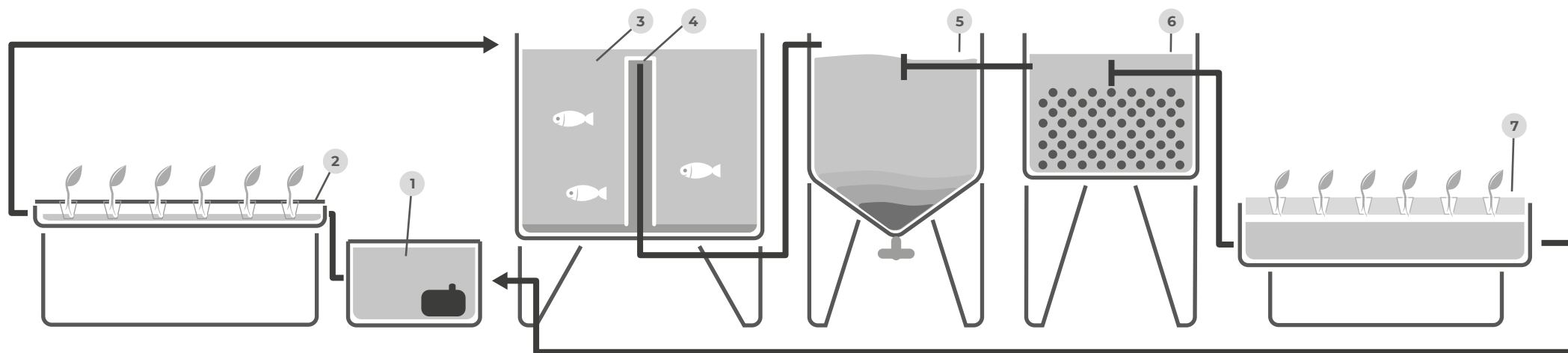


Fig. 41 Esquema de pormenor passagem da água do tanque dos peixes para o contentor dos sedimentos.

Fig. 42 Esquema de funcionamento do sistema aquapónico do Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.



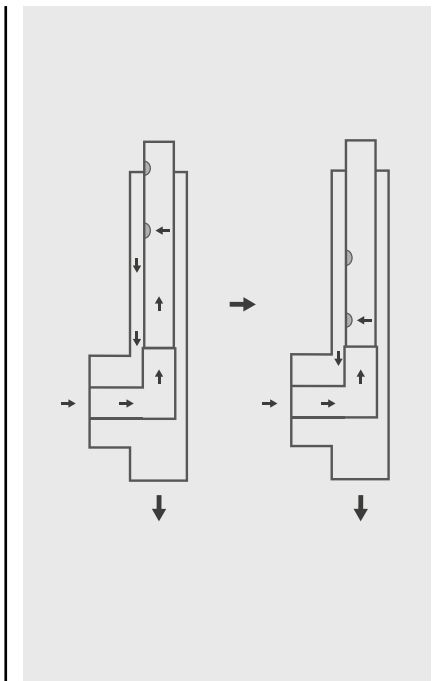
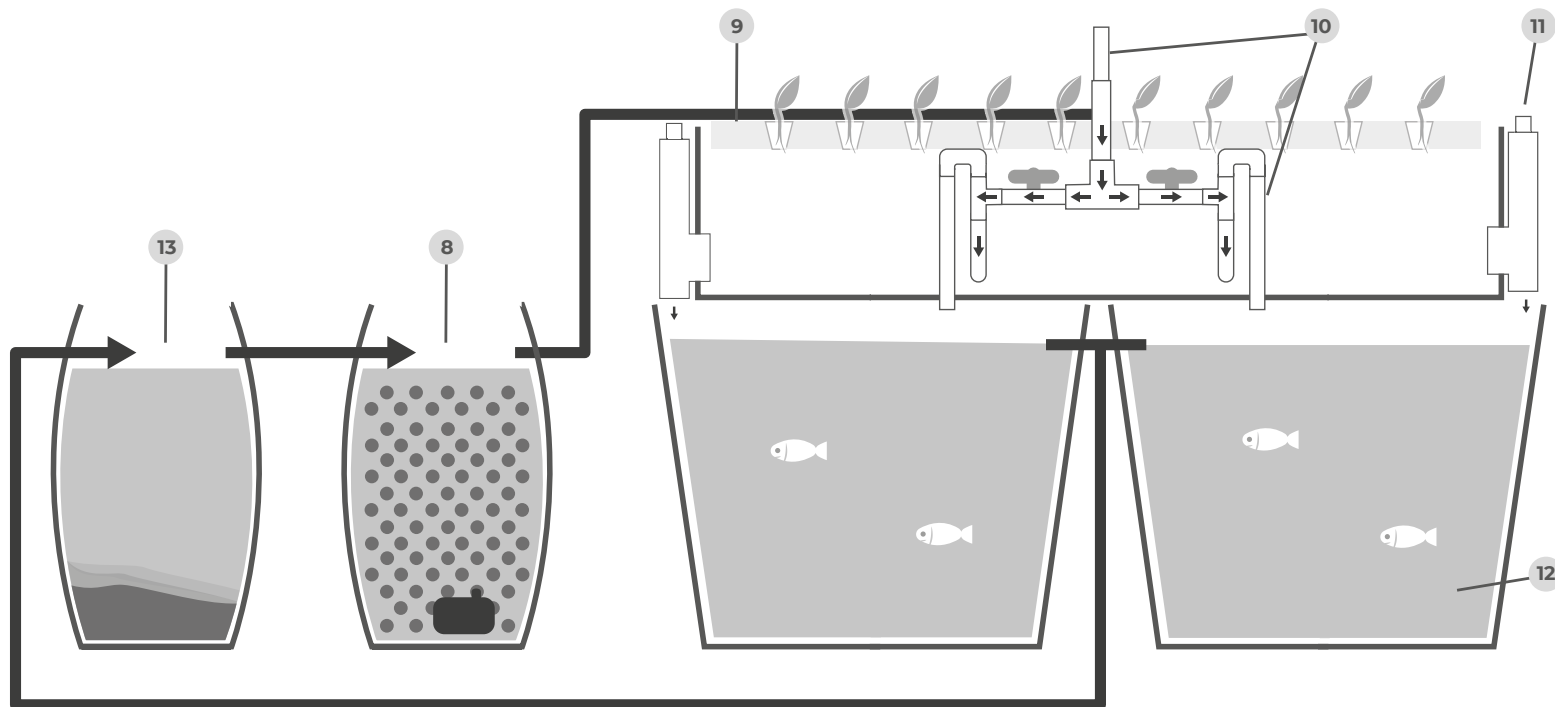
está também inserida a SUMP. A lógica do circuito da água é equiparada à do sistema anterior, funcionando igualmente através da gravidade. Assim, devido à ação da bomba presente no reservatório do biofiltro [8], a água sobe para a cama de cultivo [9], onde estão duas válvulas que condicionam a sua passagem. Junto a estas estão três “tubos ladrão” [10], que na eventualidade do escoamento ser insuficiente, impedem que o leito da cama de cultivo transborde, libertando o excedente para o tanque dos peixes. Em seguida, a água desce para o reservatório dos peixes [12], através de um mecanismo que possibilita regular o volume de água da cama de cultivo a duas alturas [11]. Este consiste num tubo, por onde sai a água, que possui dois orifícios distanciados, podendo este ser retirado e colocado de forma invertida, sendo que o volume do leito da cama de cultivo corresponde ao nível das furações (fig.45). Posteriormente a água é encaminhada para o reservatório com função de filtro mecânico [13], que devido à sua configuração cilíndrica permite a acumulação de sedimentos ao centro através das forças centrípetas, sendo necessário o uso de um aspirador de aquários para efetuar a sua limpeza. Em seguida a água retorna ao contentor do biofiltro, seguindo novamente para a cama de cultivo, e assim sucessivamente.

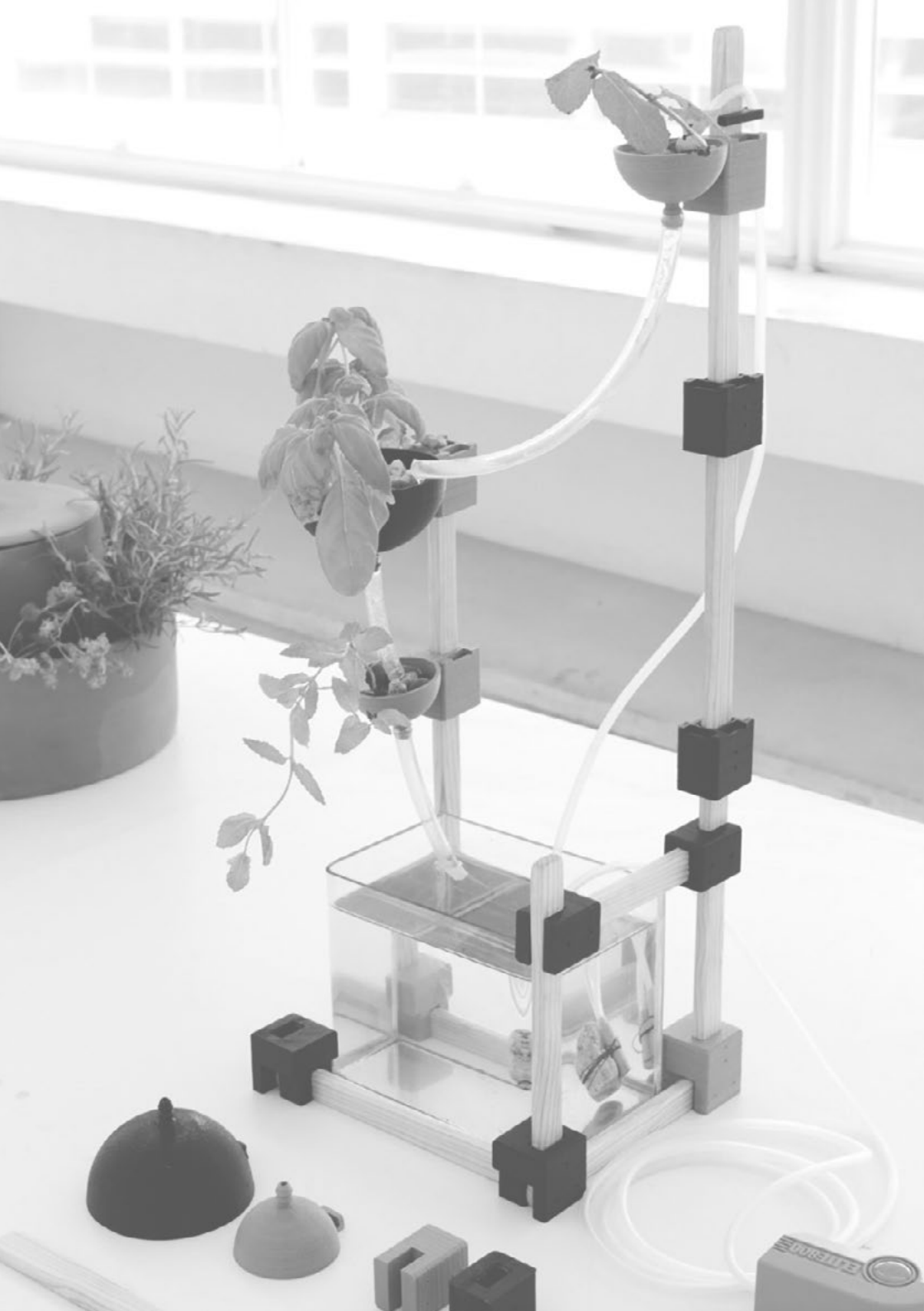


Fig. 43
Sistema aquapónico
instalado no
CETEMARES.

Fig. 44
Esquema de
funcionamento do
sistema aquapónico
do CETEMARES.

Fig. 45
Esquema do
pormenor de saída
da água da cama de
cultivo para o tanque
dos peixes.





Implementação de Sistemas

Sonda para recolha de dados

O presente capítulo descreve a recolha de dados, que viriam a orientar o desenho de uma proposta centrada na relação entre o sistema aquapónico e as crianças. Foram utilizadas estratégias que partiram de metodologias desenvolvidas pela IDEO que visam o envolvimento do utilizador no processo de design de produto:

“O design centrado no ser humano é baseado na empatia, na ideia de que as pessoas para quem se está a desenhar são o seu roteiro para soluções inovadoras. Tudo o que precisa de fazer é empatizar, compreendê-las e trazê-las consigo no processo de concepção”²⁶ (IDEO, 2015 p. 22).

²⁶ Human-centered design is premised on empathy, on the idea that the people you're designing for are your roadmap to innovative solutions. All you have to do is empathize, understand them, and bring them along with you in the design process" (IDEO, 2015 p. 22).

Foi realizada uma ação que decorreu numa fase inicial do desenvolvimento do sistema aquapónico, no dia 23 de abril de 2018, e teve lugar na Escola Básica 1º Ciclo de Carvalhal em Aljubarrota, pertencente ao agrupamento das Escolas de Cister – Alcobaça. A professora Paula Almeida, que se encontra a lecionar ao 1º ciclo pelo 3º ano consecutivo nesta escola, foi responsável pelo acompanhamento do processo, que foi realizado com uma turma do 2º ano.

A seleção desta escola teve como base os princípios pedagógicos nela praticados, e a proximidade da ESAD.CR, onde o sistema aquapónico se encontrava a ser concebido. Segundo a professora Paula Almeida, esta escola tem um modelo pedagógico que reúne um conjunto de metodologias que vão desde o ensino tradicional à escola moderna, passando também pela aplicação de estratégias de PBL (Project Based Learning) - abordagem pedagógica baseada em projeto, promovendo assim uma aprendizagem que vai para além da utilização dos manuais escolares. Estas metodologias visam também incentivar o crescimento individual, através do ensino personalizado adaptado às necessidades de cada criança e tem como base uma cadeia de valores que incrementam o sentido de igualdade e partilha (Região de Cister, 2015). Para além destas práticas, esta escola tem participado no programa Eco-Escolas²⁷, que tem a finalidade de implementar uma metodologia inspirada nos objetivos definidos pela ONU, patentes na Agenda 21, que visam incutir valores para desenvolvimento de uma comunidade escolar mais sustentável (Associação Bandeira Azul da Europa, s.d.a.).

Esta ação iniciou-se com uma apresentação sobre a temática da aquaponia (Fig. 47), mencionando a sua importância para sustentabilidade e os processos naturais que lhe estão subjacentes, nomeadamente o ciclo do nitrogénio. A transmissão destes conteúdos foi adaptada de acordo com as idades das crianças. Terminada a apresentação, foi instalado o sistema Hidroblocks (Fig. 48), da autoria de Francisco Diz, apresentado nos projetos de referência. Este serviu de sonda, possibilitando a recolha de dados relativos à interação e operação de um sistema aquapónico doméstico no contexto escolar. Esta estratégia viria a auxiliar na definição de critérios importantes ao desenvolvimento de interfaces centradas no utilizador. Nesta fase, para a manutenção do ecossistema foi solicitado às crianças a alimentação diária dos peixes e a substituição parcial da água.

Como resultado, de uma forma geral, verificou-se um grande entusiasmo em torno da temática, quer na comunidade juvenil, quer no corpo docente. Durante a apresentação foi verificado que os alunos se sentiam familiarizados com temas relacionados com a sustentabilidade, facilitando a transmissão de conteúdos sobre a importância da aquaponia. Contudo, a principal dificuldade foi sentida durante a explicação do processo do ciclo do nitrogénio, devido à introdução de conceitos do domínio da biologia.

Com a implementação do sistema Hidroblocks foi possível validar o entusiasmo e a vontade das crianças em participar ativamente no processo de montagem e interagir com os seres vivos. As crianças possuíam autonomia para realizar as tarefas de

²⁷ Programa Eco-Escolas: "É um Programa vocacionado para a educação ambiental, para a sustentabilidade e para a cidadania, que a Fundação para a Educação Ambiental (FEE), implementa em vários países desde meados dos anos 90. Destina-se fundamentalmente às escolas do ensino básico (do 1º ao 3º ciclo) podendo no entanto, ser adaptado e implementado noutros graus de ensino. Visa encorajar acções e reconhecer o trabalho desenvolvido pela Escola em benefício do ambiente" (Associação Bandeira Azul da Europa, s.d.b.).



Fig. 47
Apresentação do projeto Homegreens na EB1/JI do Carvalho, Alcobaca.

Fig. 48
Instalação do sistema Hidroblocks na EB1/JI do Carvalho, Alcobaca.

manutenção do aquário. Devido à modularidade e à quantidade de elementos necessários para a montagem do sistema, este revelou-se frágil e instável para o contexto onde estava inserido, desmontando-se com grande facilidade e prejudicando o seu normal funcionamento. Também foi possível validar a relação direta entre uma maior exposição dos seres vivos e um aumento do entusiasmo das crianças. Quando podiam observar os peixes e as plantas estas tornavam-se mais interessadas e despertas em relação às necessidades do ecossistema.

Decorrida a ação definiram-se as seguintes diretrizes para a construção do sistema aquapónico:

- criar um sistema aquapónico unificado onde estão integradas as unidades funcionais essenciais ao seu desempenho, conferindo-lhe estabilidade e robustez face ao contexto de utilização;
- selecionar materiais atendendo a critérios de resistência e segurança;
- utilizar uma escala capaz de reunir junto do sistema aquapónico diversas crianças, promovendo uma aprendizagem coletiva;
- exibir os fenómenos biológicos responsáveis pela atividade do ecossistema, reforçando a dimensão pedagógica;
- fomentar a interação com os peixes e as plantas, através de uma seleção específica para o efeito, facilitado às crianças, o acesso a estes seres;
- permitir uma fácil operação das manutenções diárias;
- incluir um kit de testes para promover o entendimento dos parâmetros físico-químicos e auxiliar a compreensão do ciclo do nitrogénio.



Modelos Experimentais Construção

Com base nos dois momentos anteriores, foi estabelecida uma composição formal para o sistema aquapônico Homegreens, testada subsequentemente através de dois modelos experimentais.

O primeiro modelo (**fig. 50 e 51**) proporcionou um estudo preliminar sobre a organização das unidades que integram um sistema aquapônico. Com base nos sistemas de produção alimentar apresentados no capítulo da dimensão técnica, estudo da prática da aquaponia, foi desenvolvido um aquário, com o corpo cilíndrico e o fundo cônico, para executar em simultâneo a função de acumulador de sedimentos, funcionando como filtro mecânico. Selecionou-se um material transparente para a sua construção, de modo a poder exibir as ações decorridas no interior. Foram anexados ao aquário, os restantes componentes essenciais à prática da aquaponia, optando-se por ocupar o espaço central com a colocação do filtro biológico, permitindo enfatizar a importância da sua atividade. Apesar das bactérias não serem observáveis a olho nu, considerou-se relevante proporcionar ao utilizador o acompanhamento visual das alterações de cor e

textura do filtro biológico, intrínsecas ao processo de colonização destes organismos. A colocação de uma pedra difusora de arejamento ao centro, por baixo do suporte do filtro biológico, possibilitou a distribuição de ar aos elementos vivos que habitam o sistema, originando em simultâneo um movimento ascendente da água, que possibilita levar a amónia através do biofiltro, onde é convertida em nitratos, até às raízes das plantas para que possam ser absorvidos. Desta forma a água retorna limpa para o aquário. Com esta estratégia definiu-se um circuito da água, usando uma bomba de ar e prescindindo da utilização de uma bomba de água. A configuração do aquário permitiu o depósito de sedimentos no fundo, possibilitando a sua purga para o exterior por ação de uma válvula.

O modelo experimental foi construído a partir de materiais reutilizados, sendo o aquário ensaiado através de um garrafão de 20 L, invertido, que permitiu simular a configuração cilindro-cónica para a função de acumulador de sedimentos. O sistema de purga dos resíduos foi construído com um tubo de silicone, colado ao bucal do garrafão e um vedante em cortiça. A base do garrafão foi cortada e encaixada de forma invertida por cima do mesmo, em contacto com a água do aquário, de modo a suportar as plantas inseridas em vasos hidropónicos. Este componente possibilitou a colocação do biofiltro ao centro, constituído com uma garrafa de 25cl repleta de fissuras (de modo a permitir a passagem da água) e preenchida com biobolas. Por baixo destas, foi colocada uma pedra difusora de ar, permitindo efetuar a circulação da água e do ar através do biofiltro.

O modelo experimental esteve ativo durante cerca de um mês, e albergou um peixe e cinco plantas. Decorrido este período, verificou-se o cumprimento dos critérios estabelecidos para a definição do sistema, validando assim esta composição formal.

O segundo modelo (fig.52 e 53) proporcionou o estudo do suporte para as plantas e da possibilidade de incorporar um separador de raízes. Nesta fase considerou-se a conceção das camas de cultivo através do sistema em jangada, por meio da utilização de material flutuante, servindo, em simultâneo, de cobertura ao aquário. Estudou-se o desenvolvimento de uma membrana para separar as raízes das plantas do meio dos peixes, possibilitando aos organismos coabitar o mesmo sistema aquapónico. Segundo o biólogo Dr. Raúl Bernardino, doutorado em Química Computacional aplicada à Química Supramolecular e investigador na área da aquicultura sustentável e produção hortícola, existem peixes que se alimentam das raízes das plantas. Assim este componente deve servir para controlar a invasão entre ambas as espécies, permitindo aos peixes efetuar a triagem do excedente de raízes.

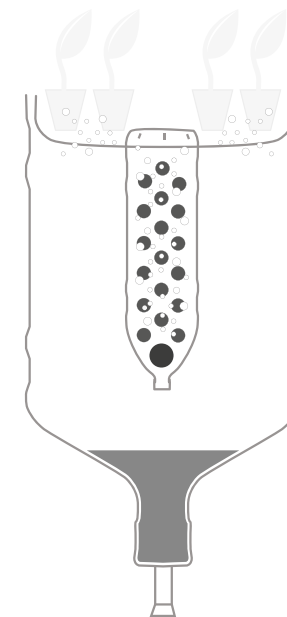


Fig. 50
Esquema de funcionamento do primeiro modelo experimental.

Fig. 51
Primeiro modelo experimental.



Este modelo experimental, envolveu novamente o uso de materiais reutilizados para a construção do aquário. Devido a este não ter um sistema de purga, foi necessário efetuar a limpeza através de um aspirador de aquários. A cama de cultivo foi concebida com uma placa de cortiça para isolamento, uma vez que a sua utilização nesta fase era uma hipótese em consideração. Testaram-se duas configurações de rasgos para suporte das plantas: rasgos longitudinais partilhados e rasgos cónicos individuais, prescindido assim do uso de vasos hidropónicos. O separador de raízes consistiu numa rede de nylon, com furos de 1mm, agrafada à cortiça. O biofiltro foi construído segundo a lógica do seu congénere utilizada no modelo anterior. Este modelo experimental esteve operacional durante largos meses.

Durante o tempo do ensaio foi verificado que o separador de raízes era insuficiente, deixando passar a totalidade das raízes para o aquário. Também não houve evidências do peixe ter-se alimentado das raízes das plantas, facto que poderá estar relacionado com a espécie do mesmo. O único inconveniente verificado foi o facto das raízes ocuparem o espaço útil dedicado ao peixe. A adaptação das plantas na cama de cultivo sem os vasos hidropónicos revelou-se positiva, sendo que as suas raízes se fixaram argila expandida, usada como substrato, e na superfície da cortiça, abrindo caminho ao desenvolvimento deste tipo de suportes.

Dado este percurso, iniciou-se a investigação isolada de cada um dos componentes, mantendo a disposição dos elementos estudada através dos modelos experimentais abordados ao longo deste capítulo. Desta forma, o projeto é composto por: um aquário, uma cama de cultivo, um separador de raízes, um biofiltro arejador integrado, um sistema de purga e estruturas de suporte.



Fig. 52
Segundo modelo experimental.



Fig. 53
Pormenor cama de cultivo, segundo modelo experimental.



Construção

Sistema Aquapónico Homegreens

Os elementos que compõem o sistema aquapónico foram produzidos em fábricas de acordo com os materiais e tecnologias definidas para o efeito. Para a seleção dos fornecedores foi necessário analisar as propostas recebidas em função da especificação do material, processos tecnológicos de produção, respeito pelo desenho, prazos de execução/entrega e orçamento apresentado.

A conclusão dos desenhos de cada um dos componentes do sistema aquapónico só foi possível após frequentes reuniões com os diversos fornecedores, de modo a avaliar em rigor os detalhes construtivos dentro das limitações intrínsecas aos respetivos processos de produção.

Aquário

Numa primeira fase, de acordo com as premissas estabelecidas para a concretização do sistema aquapónico Homegreens e à semelhança do primeiro modelo experimental, considerou-se utilizar um aquário com uma configuração formal cilíndrica com um diâmetro de 600mm, e a base cônica.

Conforme descrito anteriormente, esta configuração cilindro-cônica apresenta na parte inferior uma zona para acumulação dos dejetos dos peixes. Devido às dimensões do aquário, considerou-se prolongar a estrutura, criando um canal para instalar um sistema de purga, facilitando o seu acesso ao utilizador (**fig.56**). A fim de garantir a eficácia deste mecanismo, utilizou-se como referência o ângulo de 28° , similar à inclinação da parede do garrafão (**fig.55**).

Dada a importância de comunicar o funcionamento do ecossistema ao utilizador, optou-se por manter visíveis as operações decorridas no interior do aquário, não obstante este facto propiciar o desenvolvimento de algas e o subdesenvolvimento de bactérias, devido à exposição do ecossistema aos raios UV (Somerville et al., 2014). Apesar desta exposição ser suscetível de afetar o equilíbrio da biota, não é determinante para seu desenvolvimento, podendo reverter a favor do enriquecimento da experiência de aprendizagem ao utilizador. Nesta fase, dada a necessidade de concretizar este componente num material transparente, ponderou-se a utilização do vidro, que permitiria a modelação de formas geométricas e orgânicas.

Para a produção do aquário ponderou-se recorrer a um método artesanal, que seria altamente complexo, sobretudo, devido às suas dimensões. Agendaram-se reuniões com artesãos, nomeadamente com Cláudio Duarte, formador no CENCAL (Centro de Formação Profissional para a Indústria da Cerâmica), a fim de avaliar a viabilidade de produção e eventuais alterações necessárias. Entendeu-se ser possível a execução do aquário em vidro, contudo existiu a dificuldade em efetuar de forma controlada o processo de tempera, aumentando assim o risco de quebra do vidro em pequenos fragmentos.

Após este percurso, concluiu-se que a seleção do vidro para produção do aquário era inviável, devido à complexidade formal e dificuldade em executar o processo de tempera, que comprometia a segurança do sistema considerando o contexto de utilização com crianças. Para além destes aspetos, a este cenário estão ainda associados um elevado custo de produção e peso do objeto.

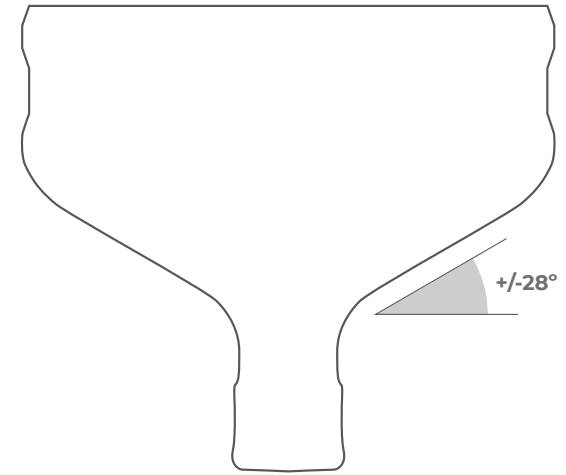


Fig. 55
Esquema do ângulo de referência, primeiro modelo experimental.

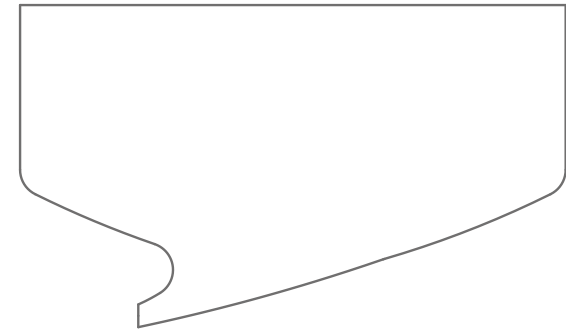


Fig. 56
Corte frontal do aquário para produção em vidro.

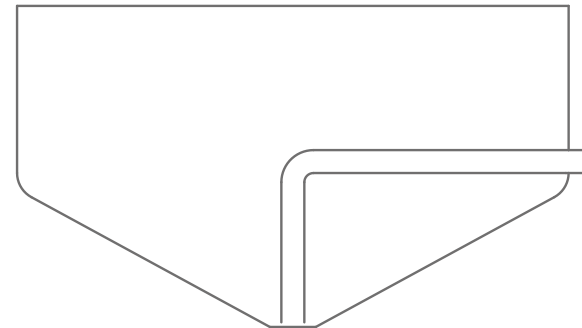


Fig. 57
Corte frontal do aquário para produção em acrílico.

Em alternativa ao vidro, optou-se pelo PMMA – Polimetilmetacrilato ou acrílico transparente, que permite manter visíveis as operações decorridas no interior do aquário. Segundo a empresa Moldacril, comparativamente com o vidro, o acrílico possui um: “coeficiente de condução térmica (risco de condensações) 5 vezes menor; resistência ao impacto 17 vezes maior, sendo ao mesmo tempo 50% mais leve; transparência só comparável ao vidro ótico usado em laboratório” (Moldacril, s.d.). O desenho do contentor foi repensado de forma a adaptar a sua configuração, compatibilizando-a com a produção em acrílico. Manteve-se a configuração cilindro-cónica do aquário, contudo o mecanismo de purga foi adaptado, recorrendo a uma estratégia similar à utilizada no sistema instalado no Centro Ambiental de Torres Vedras, em que a passagem da água do contentor dos peixes para o tanque dos sedimentos, funcionava através da gravidade. Este caracteriza-se por ser um canal em forma de “L”, localizado ao centro do aquário, que percorre o fundo cónico do contentor até à parede cilíndrica, transpassando-a até ao exterior. Nesta extremidade do canal, seria colocada uma válvula responsável por acionar o sistema de purga. Este método funcionaria sempre que o nível da água se encontrasse acima do canal de saída. Assim, sempre que a válvula fosse acionada, a água encaminhada ao exterior do aquário transportaria consigo os sedimentos depositados no fundo (fig.57).

Após contactar com alguns dos possíveis fornecedores, foi indicado que a produção da configuração cilindro-cónica em acrílico, seria efetuada através da colagem de um excerto de tubo a um cone produzido por termoformagem. O processo seria executado com recurso a aglutinantes, que poderiam corroer e manchar o acrílico ao longo da sua periferia. Para o efeito, também seria necessário criar uma aba que serviria de encaixe à colagem das duas unidades, de modo a garantir a união entre estas. A produção unitária deste componente teria ainda o custo de 1110€, valor que excedia o orçamento disponível para a execução do sistema aquapónico (ver capítulo custo de produção).

Subsequentemente, optou-se por uma alternativa standard, que proporcionasse uma redução significativa dos custos associados ao aquário. O elemento encontrado no mercado mais compatível com as configurações definidas foi uma claraboia semiesférica em acrílico transparente (fig.58), com um diâmetro de 600mm e uma capacidade para aproximadamente 45 litros de água. Esta é produzida por termoformagem, e tal como os modelos anteriores, possibilita a criar um sistema de purga dos sedimentos, através de uma furação para colocação de uma válvula, na parte inferior, ao centro. Apesar desta configuração manter a visibilidade do funcionamento do sistema, a sua curvatura confere uma deformação ótica ao conteúdo, ao contrário das propostas anteriores.

²⁸ Artigo 31º do Decreto-Lei n.º 276/2001 de 17 de Outubro, na alínea 2), item b).

Face a este percurso que justifica a seleção do formato de semiesfera para a concretização deste componente, em última análise, a utilização desta configuração é algo controversa, pois segundo consta no artigo referente às condições de manutenção de peixes em água doce: “*Não é admitida a manutenção de peixes vermelhos em aquários de forma esférica*”²⁸ (Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 2001). O facto da norma não estar fundamentada, dá azo às mais diversas especulações sobre o tema, sobretudo entre os praticantes de aquariofilia. Uma vez não foram encontrados artigos científicos que substanciassem tais especulações e teorias, a questão foi colocada à Dr^a Susana Ferreira, doutorada em biologia e especialista em ecologia, docente na Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, que afirmou estimar que a lei se aplica sobretudo aos aquários tradicionais redondos, pois estes muitas vezes não comportam as condições necessárias à sobrevivência dos peixes, devido à falta de espaço e à curvatura das paredes que impossibilitam a colocação de mecanismos de limpeza e arejamento. A forma esférica pode também condicionar as trocas gasosas, devido à área da superfície da água em contacto com o oxigénio ser reduzida.

Apesar destas considerações, o sistema aquapónico foi projetado de modo a colmatar as necessidades dos organismos que o irão habitar. Contudo, durante implementação do protótipo, será avaliado o comportamento dos peixes, a fim de identificar a existência de situações que comprometam a utilização desta configuração.

fig. 58
Claraboia semiesférica em acrílico.



Cama de Cultivo

Conforme ensaiado em maquete, optou-se pela construção das camas de cultivo para a técnica de jangada. Este componente para além de servir de suporte às plantas, tem também a função de cobertura ao aquário. Considerou-se o desenvolvimento de duas camas de cultivo que respondem a lógicas de utilização distintas. A primeira (**fig.59.1**), foi desenvolvida usando como referência os sistemas de escala produtiva, e possibilita a colocação vasos hidropónicos em orifícios desenvolvidos para o efeito. Estes foram distanciados entre si, a fim de evitar o entrelaçamento das raízes. Esta configuração permite a colocação de 15 plantas. O facto de não existir uma correlação entre a quantidade de quantidade de peixes e plantas, permite ao utilizador a tarefa de equilibrar a quantidade de seres vivos a habitar o sistema, pois, de acordo Steve Diver, estes valores estão intrinsecamente ligados com o: “*tipo de sistema hidropónico (cascalho vs. Jangada), espécies de peixes, densidade de peixes, índice alimentar, espécies de plantas, etc.*”²⁹ (Driver, 2006, p.3). A configuração foi desenvolvida com uma espessura de 30mm, de modo a favorecer o contacto dos vasos hidropónicos com a água, cuja altura ronda os 50mm.

A segunda configuração (**fig.59.2**), possibilita a conjugação de espécies de uma forma menos condicionada, através da colocação de diversas plantas ao longo de rasgos longitudinais. Estes foram recortados em forma de “V”, o que permitiu abdicar dos vasos hidropónicos, possibilitando a colocação direta das plantas suportadas pelo substrato na sua superfície. Esta estratégia permite ao utilizador explorar o processo de adaptação do ecossistema, sobretudo das plantas, quando exposto a fatores de stress, tais como a sobreposição, ou uso excessivo de plantas. Esta cama de cultivo tem uma espessura de 40mm, de modo a proporcionar uma maior área de suporte às raízes, comparativamente com a cama de cultivo anterior.

Definiu-se uma zona de acesso ao aquário, que consiste num bucal com o objetivo de permitir a alimentação diária dos peixes.

O material para produzir a cama de cultivo teve de cumprir alguns requisitos, designadamente:

- impermeabilidade, devido ao contacto prolongado com a água;
- conforto e suavidade ao toque, tornando-se convidativo face ao contexto de utilização.

Atendendo a estes critérios, selecionou-se a cortiça, uma vez

²⁹ “The variation in range depends on type of hydroponic system (gravel vs. raft), fish species, fish density, feeding rate, plant species, etc.” (Driver, 2006, p.3).

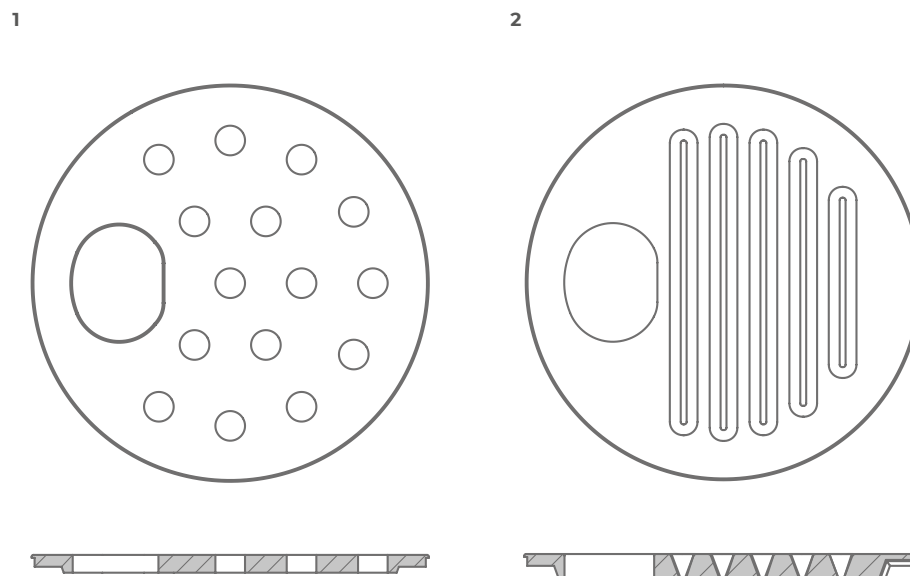
³⁰ Orgânica: “ (...) 3. Biol. e Quím. Que provém dos tecidos vivos; que se estrai de organismos vivos, ou é formado por eles” (Academia das Ciências de Lisboa, 2001, p. 2685).

que este é um material natural de proveniência orgânica³⁰ sendo impermeável a elementos no estado líquido e gasoso, devido aos elementos presentes na sua composição celular, tal como refere a empresa Amorim: “*Graças à suberina e aos ceróides presentes nas paredes das células, a cortiça é impermeável a líquidos e a gases. A sua resistência à humidade permite-lhe envelhecer sem se deteriorar.*” (Amorim, 2015). O sobreiro (*Quercus Suber L.*), árvore de onde provém a cortiça, é uma espécie autóctone Portuguesa sendo que os montados de sobreiro são ambientalmente relevantes, segundo o artigo publicado pela Quercus:

“(...) os montados de sobreiro e os sobreirais, desempenham funções importantes na conservação do solo, na regularização do ciclo hidrológico e na qualidade da água, na produção de oxigénio e consequente sequestro do carbono da atmosfera, apresentando-se também como ecossistemas florestais mediterrânicos singulares, extremamente ricos em termos de biodiversidade que estão identificados entre os mais importantes para a conservação da natureza a nível nacional e europeu” (Quercus, s.d.).

Para além deste ser um material de origem nacional, permite a produção de acordo com o desenho estipulado para as camas de cultivo.

Fig. 59
Vista frontal e em corte da cama de cultivo para colocação de vasos hidropónicos (1) e cama de cultivo com rasgos longitudinais (2).



Recolha e análise de derivados de cortiça para construção das camas de cultivo.

Para a produção das camas de cultivo em cortiça, avaliaram-se as ofertas disponíveis no mercado, a fim de selecionar a opção mais indicada para utilização no sistema aquapónico. Recolheram-se cinco amostras distintas de cortiça provenientes de duas empresas: duas amostras de aglomerados de cortiça facultados pela empresa Sofalca, e três amostras de compósitos de cortiça facultadas pela empresa Ferreiras&Marcelino, que é fornecida pela empresa Amorim.

Os aglomerados de cortiça são concebidos através da falca³¹, que é granulada e colocada em autoclaves, sendo submetida a temperaturas que rondam entre 300-370°C. Posteriormente os grânulos são expandidos, por ação do vapor de água, libertando suberina, resina natural responsável por tornar os elementos soltos num só aglomerado, conferindo-lhes assim, a coloração enegrecida. Este é um material completamente natural, sem qualquer tipo de aditivo químico e é 100% reciclável (APCOR, 2011).

As amostras provenientes da empresa Sofalca consistem no mesmo tipo de aglomerado (**fig.60**), mas diferem na variação de densidade. Segundo Paulo Estrada, CEO da Sofalca, a amostra 1 é usada para isolamento, e comparativamente com a amostra 2, tem uma menor densidade e conseqüentemente uma menor resistência, desaglomerando-se com maior facilidade. A amostra 2 corresponde a uma gama chamada Gencork, possui maior concentração de granulado de cortiça na sua composição, com a finalidade de ser utilizado na fabricação de produtos tais como cadeiras, mesas ou revestimentos de paredes interiores com padrões. Na amostra 1, o processo de triagem dos grânulos é também menos refinado, permitindo uma maior concentração de pedaços de madeira na sua composição, ficando com partículas de carvão na sua composição que se desagregam com facilidade.

Os compósitos facultados pela fábrica Ferreiras&Marcelino (**fig.61**) resultam de um processo de aglutinação dos grânulos de cortiça através de colas formuladas à base de poliuretano. A amostra 3 é um compósito de cortiça natural referência: 9426, e é constituída por grãos que variam entre os 4 e os 14mm. A amostra 4 consiste no compósito de cortiça negra referência: 8702, e é formulada com grãos que variam entre os 5 e os 15mm e por fim a amostra 5 corresponde a um aglomerado de cortiça natural referência: 8122 e possui uma variação granular entre 0.5 e 1mm.

O uso de poliuretanos na composição destes compósitos torna-os uma opção menos ecológica. Contudo, conforme é possível consultar nas fichas técnicas (**anexo 1**), quando comparados com os da

³¹ Falca: "(...) cortiça proveniente das operações de poda e limpeza dos sobreiros" (APCOR, 2011, p.13).

empresa Sofalca, estes possuem uma resistência mecânica superior conferindo-lhes uma maior durabilidade e qualidade superior de acabamentos, permitindo um maior detalhe no recorte de arestas.

Uma informação relevante recolhida durante processo de análise foi o facto da água resultante do processo de produção dos aglomerados possuir propriedades bactericidas. Subsequentemente, e com o propósito de avaliar o impacto das diversas amostras de cortiça quando em contacto com o ecossistema que integra o sistema aquapónico, foi estruturado e conduzido um estudo no laboratório do CETEMARES.

Fig. 60
Aglomerados de cortiça, amostras 1 e 2.

Fig. 61
Compósitos de Cortiça, amostras 3, 4 e 5.



Ensaio sobre o impacto das cortiças no sistema aquapónico.

O presente estudo foi realizado no laboratório CETEMARES, Centro de I&D, Formação e Divulgação do Conhecimento Marítimo, localizado em Peniche, e contou a ajuda da equipa de biólogos responsáveis pela componente do projeto Homegreens.

Os ensaios visaram analisar a viabilidade da utilização das diferentes tipologias de cortiça para o desenvolvimento das camas de cultivo a incorporar no sistema aquapónico. Pretendeu-se assim averiguar a existência de propriedades suscetíveis de causar alterações nos indicadores biológicos, físicos e químicos, tais como: toxicidade, alterações de pH, capacidade de coloração da água e propriedades bactericidas, responsáveis por aniquilar as bactérias nitrificantes.

Não obstante o conjunto de amostras recolhidas, optou-se por adicionar ao ensaio dois materiais diferentes, servindo como meio de comparação:

- cortiça natural, uma vez que não sofreu qualquer tipo de transformação, conservando intactas as suas propriedades,
- poliestireno expandido, ou EPS, mais conhecido por Wallmate, é um material usado correntemente para a função de cama de cultivo em jangada, nos sistemas de produção alimentar (Somerville et al., 2014; Rakocy et al., 2006). O poliestireno expandido é um material formulado a partir do petróleo e é comumente usado na construção civil, sobretudo como isolante térmico, devido às suas propriedades que lhe conferem leveza, resistência mecânica e química, permitindo manter-se inalterado em contacto com a água por longos períodos de tempo (Futureng, s.d).

Para dar início ao procedimento, foi necessário cortar as diferentes amostras de cortiça em cubos iguais, a fim de serem colocados dentro de recipientes com 250ml de água. A medida dos cubos teve como referência a área da primeira cama de cultivo, que apresentava a maior superfície de contacto com a água. Para determinar a área da cama de cultivo recorreu-se ao programa Solidworks. Foram elaborados cálculos de forma a encontrar a razão de semelhança entre a área da superfície do componente e a área necessária às amostras do ensaio. Em seguida determinou-se a medida das arestas dos cubos, que teriam cerca de 3,13cm³².

$$\begin{aligned} &^{32} \text{Cálculo:} \\ &\text{Área da superfície} = \\ &1768,23\text{cm}^2 \\ &1768,23\text{cm}^2 - 45 \text{ L} \\ &X = 0,25\text{L} \\ &\frac{1768,23 \text{ cm}^2 \times 0,25 \text{ L}}{45 \text{ L}} \\ &A = 9,8235 \text{ cm}^2 \\ &\sqrt{9,8235\text{cm}^2} = 3,13\text{cm} \\ &\text{Medida da Aresta: } 3,13 \text{ cm} \end{aligned}$$

Foram realizados 3 ensaios distintos. O procedimento foi organizado de seguinte modo:

- cada ensaio tinha um grupo de controlo, com água dos ensaios, sem adição de amostras. Esta estratégia permitiu tornar os resultados comparáveis.
- cada amostra foi testada através de um grupo de 3 réplicas, com repetições do mesmo teste a fim de obter um resultado preciso. Desta forma, o processo contou com um total de 78 testes.

Os ensaios tiveram a duração total de quinze dias e os grupos foram nomeado com letras do alfabeto.

Ensaio 1:

A – Grupo controlo; B – grupo poliestireno expandido; C – grupo cortiça, D – grupo aglomerado amostra 1; E – grupo aglomerado amostra 2; F – grupo compósito de cortiça ref: 9426, amostra 3; G – grupo compósito de cortiça ref: 8702, amostra 4; H – grupo compósito de cortiça ref:8122, amostra 5 (**fig.64**). O ensaio teve como objetivo avaliar a concentração de pigmentos depositados na água e foi efetuado em água doce para que se consiga dissolver uma maior quantidade de pigmento.

Ensaio 2:

I – Grupo controlo; J – grupo poliestireno expandido; K – grupo cortiça, L – grupo aglomerado amostra 1; M – grupo aglomerado amostra 2; N – grupo compósito de cortiça ref:9426, amostra 3; O – grupo compósito de cortiça ref:8702, amostra 4; P – grupo compósito de cortiça ref:8122, amostra 5 (**fig.65**). O ensaio permitiu testar a toxicidade através da sobrevivência da Artémia, organismo vivo selecionado, e foi realizado em água salgada que é o meio natural da Artémia.

Ensaio 3:

Q – Grupo controlo com biofiltro maturado; R – grupo poliestireno expandido; S – grupo cortiça, T – grupo aglomerado amostra 1; U – grupo aglomerado amostra 2; V – grupo compósito de cortiça ref:9426, amostra 3; W – grupo compósito de cortiça ref:8702, amostra 4 ; X – grupo compósito de cortiça ref:8122, amostra 5; Y- grupo controlo sem adição de amostras; Z- grupo controlo com biobolas sem maturação, (**fig.66**). O ensaio visou perceber a influência das amostras nas bactérias nitrificantes, por meio de alterações, relativamente ao processo natural de passagem da amónia para nitritos e posteriormente a nitratos. Para este ensaio foi utilizada a água de um sistema aquapónico pré-existente.

Paralelamente, em todos os ensaios foram analisados os níveis de pH, salinidade e condutividade. Os testes foram dispostos de forma aleatória para que não houvesse nenhuma condicionante exterior que contribuisse para a manipulação dos resultados.

Fig. 62
Preparação dos ensaios 1,2 e 3.

Fig. 63
Pormenor dos ensaios.

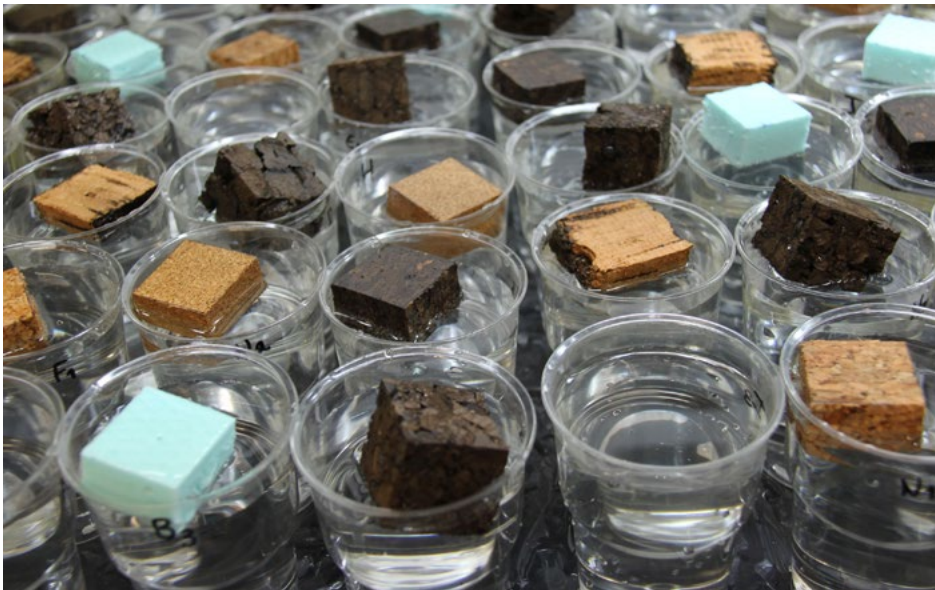


Fig. 64
Ensaio 1.

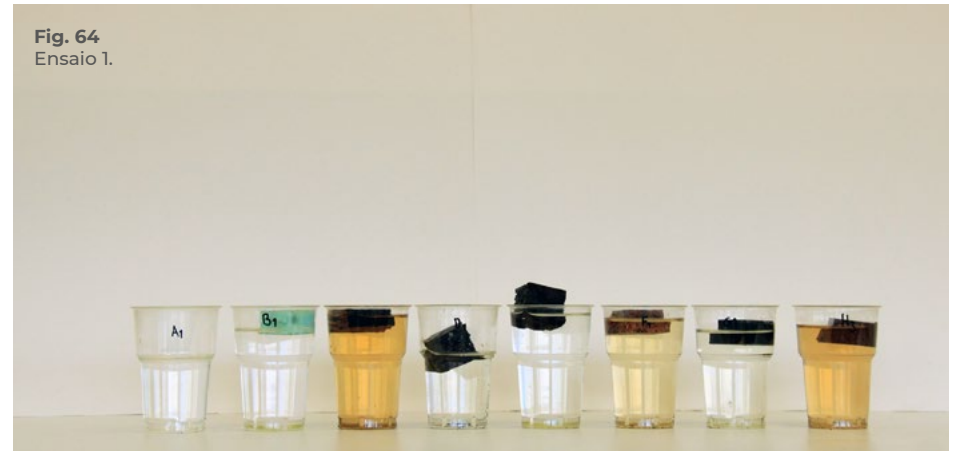


Fig. 65
Ensaio 2.

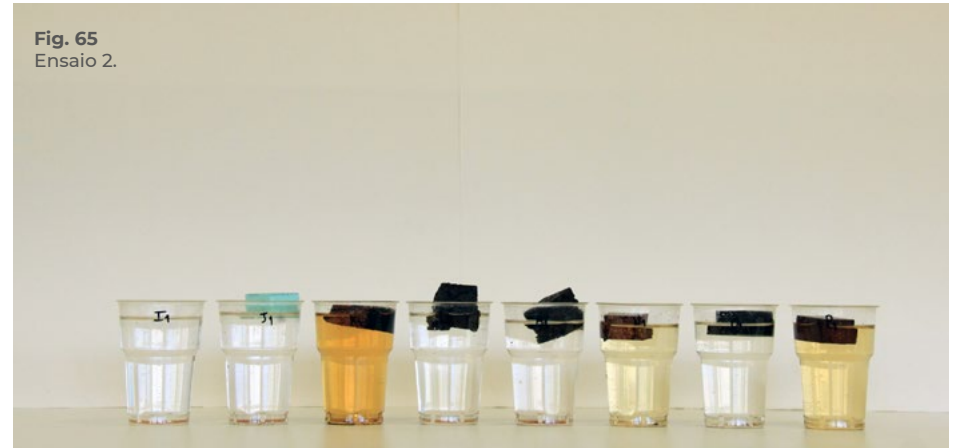
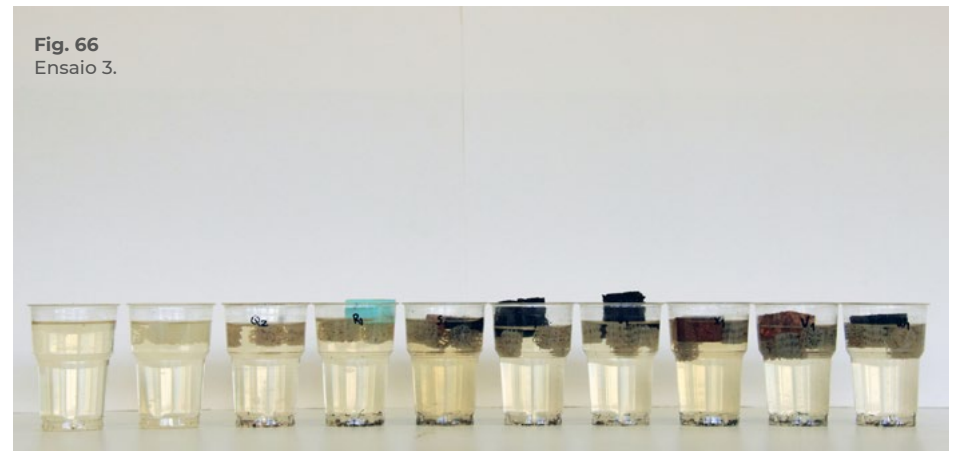


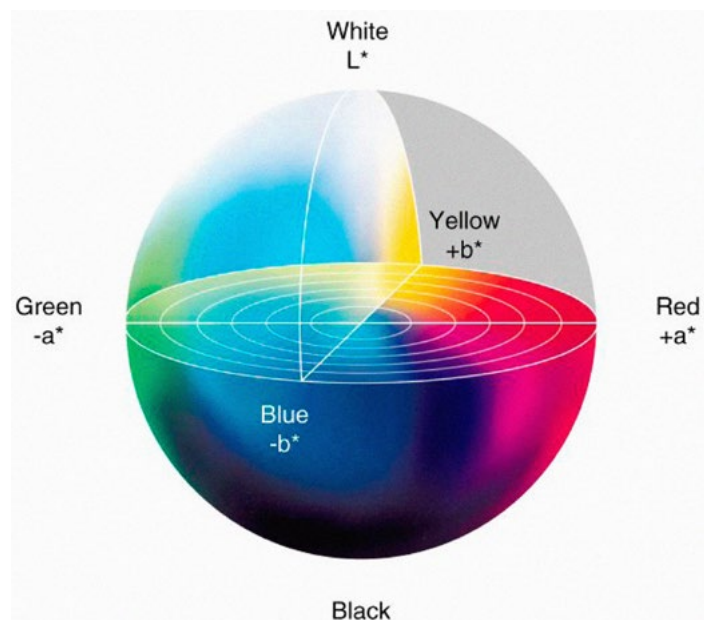
Fig. 66
Ensaio 3.



Ensaio 1- análise da saturação de pigmentos lixiviados

O ensaio realizado permitiu quantificar, através de coordenadas, a tonalidade, luz e saturação dos pigmentos presentes na água em cada um dos testes [A - H].

A avaliação foi registada com auxílio de um sistema de coordenadas baseado na lógica de cores complementares (fig. 67). Desta forma, o eixo “b” indica uma variação entre amarelo e azul, e o eixo “a” entre o vermelho e o verde. O eixo L, varia entre o branco e o preto, e é o indicador referente ao nível de limpidez da água, sendo que quanto mais elevado for este valor, maior é a sua transparência.



Com recurso a um colorímetro, foi possível obter a medição e registo da concentração de pigmento lixiviado pela cortiça, aglomerados e compósitos durante o ensaio. O procedimento foi efetuado numa sala escura, em total isolamento de luz, com a finalidade de obter uma medição rigorosa.

Dados os resultados, (fig.68) é possível verificar que no grupo de controlo A, no eixo L é representada pelo valor médio de 31.12, sendo este o resultado de referência dada a ausência

Fig. 67
Diagrama cromático.

Fig. 68
Tabela ensaio 1,
pigmentos lixiviados.

Amostra	L	a	b
A	31,11	-2,91	3,44
A	31,12	-2,86	3,42
A	31,12	-2,87	3,4
B	31,52	-2,94	3,38
B	31,53	-2,96	3,37
B	31,51	-2,95	3,41
C	29,69	-2,96	8,09
C	29,69	-2,98	8,1
C	29,7	-2,94	8,09
D	31,27	-2,88	3,61
D	31,28	-2,87	3,61
D	31,28	-2,92	3,62
E	31,5	-2,92	3,5
E	31,5	-2,94	3,5
E	31,5	-2,95	3,48
F	29,82	-2,84	6,46
F	29,84	-2,83	6,48
F	29,84	-2,83	6,47
G	29,58	-2,92	5,31
G	29,56	-2,9	5,31
G	29,58	-2,92	5,31
H	28,42	-2,25	9,08
H	28,44	-2,25	9,09
H	28,43	-2,24	9,13

de cortiça. O grupo H foi o que apresentou o valor mais baixo, sendo que as amostras com melhores resultados foram as da empresa Sofalca, apresentando valores superiores aos do conjunto de controlo.

Relativamente à concentração dos pigmentos situados no eixo “a”, todos os grupos se encontram dentro do espectro negativo, levando à conclusão da existência de pigmento verde em todas as soluções em quantidades similares, podendo este ser um pigmento presente na água, ou ter-se desenvolvido durante o tempo do ensaio.

Na coordenada “b”, todos os grupos apresentam valores dentro do eixo positivo, que é correspondente ao pigmento amarelo. Verificou-se que o compósito de cortiça, grupo H, teve a maior concentração de pigmento, com um valor médio de 9 superando a cortiça natural, grupo C, onde foi registado uma média de 8, seguindo-se o grupo F, com valor de 6. Estas concentrações de pigmento permitem ser observadas a olho nú. Os aglomerados, grupo D e E, obtiveram os resultados mais baixos, similares ao poliestireno expandido, grupo B, e do controlo, grupo A, entre os 3 e os 4 valores.

Conclusão:

De uma forma geral o grupo H foi o que obteve o pior resultado ao nível de coloração e turvação da água, seguindo-se a grupo C, composta pela cortiça natural. As amostras que apresentaram um melhor desempenho nas várias coordenadas foram os aglomerados, grupos D e E.

Apesar dos valores servirem de indicador relativamente aos pigmentos lixiviados na água, estes não são determinantes para a decisão dos materiais, pois, segundo a equipa, é possível lixiviar as cortiças antes da aplicação no equipamento, libertando os pigmentos indesejáveis.



Fig. 69

Ensaio 1:

- A – grupo controlo,
- B – grupo poliestireno,
- C – grupo cortiça natural,
- D – grupo amostra 1,
- E – grupo amostra 2,
- F – grupo amostra 3,
- G – grupo amostra 4,
- H – grupo amostra 5.

Ensaio 2 - Sobrevivência de organismos vivos quando expostos aos lixiviados das amostras de cortiça.

Para dar início ao ensaio seguinte, foi necessário utilizar organismos vivos, a fim de obter informação sobre a toxicidade dos aglomerados e compósitos. Para tornar isto possível, de forma a não infringir a diretiva estabelecidas pelo Parlamento Europeu e do Conselho, no que refere à proteção de animais utilizados para fins científicos, optou-se por não usar peixes nos ensaios, pois, segundo consta no documento:

“Para além dos animais vertebrados, incluindo os ciclóstomos, deverão ser igualmente incluídos no âmbito de aplicação da presente diretiva os cefalópodes, pois a sua capacidade para sentir dor, sofrimento, angústia e dano duradouro, está cientificamente demonstrada” (Diretiva 2010/63/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de setembro de 2010 relativa à proteção dos animais utilizados para fins científicos, 2010).

Dada a legislação vigente, na impossibilidade da utilização de peixes, uma vez que estão incluídos nos seres vertebrados, os ovos de peixe seriam a alternativa mais indicada para obter uma aproximação dos resultados ao contexto real. Uma vez que não foi possível esta opção, selecionou-se a *Artémia* para o efeito.

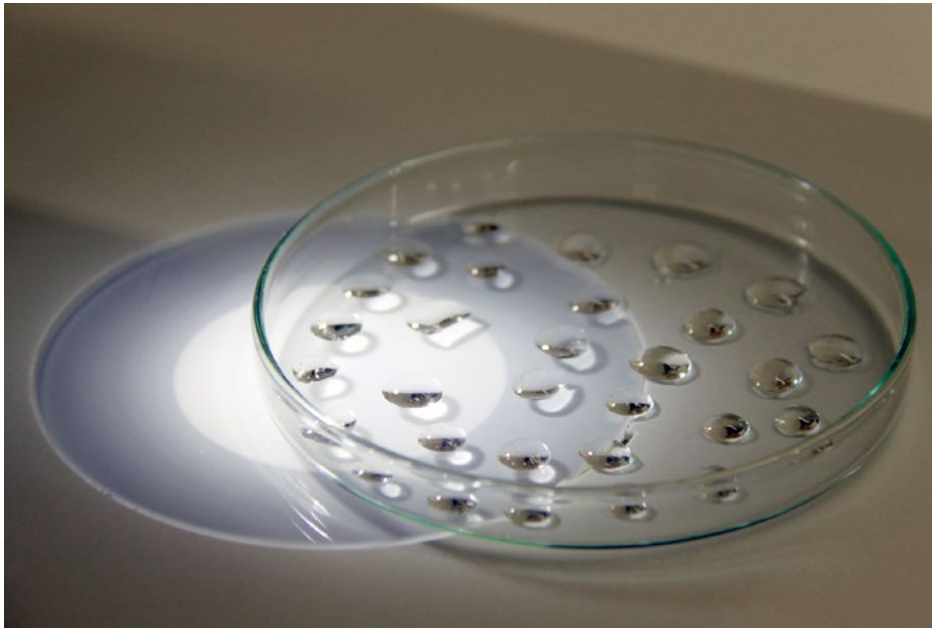


Fig. 70
Contagem de *Artémia*.

Fig. 71
Ensaio 2:
I – grupo controlo,
J – grupo poliestireno,
K – grupo cortiça natural,
L – grupo amostra 1,
M – grupo amostra 2,
N – grupo amostra 3,
O – grupo amostra 4,
P – grupo amostra 5.

A Artémia é um crustáceo que vive em água salgada e apesar de ser uma espécie resistente, ao contrário do desejado pelo que pode condicionar o resultado, é largamente utilizada para testes de toxicidade, pois a sua produção em laboratório é um processo simples (Nunes, Carvalho, Guilhermino & Stappen, 2006). Para usar este organismo foi necessário proceder à incubação dos ovos de Artémia, processo que demora cerca de 24 horas.

Devido ao tamanho reduzido destes crustáceos, optou-se por efetuar uma percentagem da média de seres vivos presentes em cada copo com 250 ml de água salgada, onde foi adicionado 15ml de solução com Artémia.

Fig. 72
Tabela ensaio 2, percentagem de sobrevivência da Artémia.

Amostra	Artémia	% Sobrevivência	% Média de Sobrevivência
I1	116,7	49%	37 %
I2	16,7	7%	
I3	133,3	56%	
J1	50,0	21%	28%
J2	116,7	49%	
J3	33,3	14%	
K1	0,0	0%	9%
K2	0,0	0%	
K3	66,7	28%	
L1	100,0	42%	30%
L2	83,3	35%	
L3	33,3	14%	
M1	150,0	63%	77%
M2	133,3	56%	
M3	266,7	112%	
N1	200,0	84%	103%
N2	200,0	84%	
N3	333,3	141%	
O1	150,0	63%	59%
O2	100,0	42%	
O3	166,7	70%	
P1	200,0	84%	94%
P2	200,0	84%	
P3	266,7	112%	

Conclusão:

Feita a contagem (**fig.72**), concluiu-se que o grupo K apresentou a percentagem mais baixa de seres vivos, sendo questionada a hipótese de envenenamento devido aos lixiviados da cortiça natural. Contudo, foram também registadas concentrações baixas de Artémia viva no grupo de controlo I, e nos grupos J e L, com valores abaixo dos 50% levando à especulação deste sucedido estar relacionado com outros fatores tais como falhas na distribuição de arejamento. O grupo N apresentou uma percentagem ligeiramente acima da média.

Os resultados determinam que este ensaio foi inconclusivo, sendo necessária a sua repetição. Todavia, de uma forma geral, considerou-se que os diversos aglomerados e compósitos não comprometeram o desenvolvimento e sobrevivência da Artémia.

Ensaio 3 - Propriedades bactericidas - influência sobre nitratos, nitritos e amônia.

O presente ensaio teve como objetivo perceber a influência das amostras de cortiça sobre as bactérias nitrificantes, através de possíveis alterações no processo de nitrificação, abordado no capítulo do ciclo do nitrogênio.

Para executar o ensaio, conforme referido anteriormente, foi necessário recolher a água de um sistema aquapónico ativo, previamente maturado³³, nomeadamente o que se encontrava instalado no CETEMARES. Para efetuar as medições destes indicadores, recorreu-se a um kit³⁴, que permitiu obter resultados rigorosos.

Neste ensaio foram utilizados três grupos de controlo:

- Q, solução com suportes de bactérias maturados;
- Y, solução com suportes de bactérias sem maturação;
- Z, solução sem suportes de bactérias nitrificantes.

Desta forma, segundo a lógica do processo de nitrificação, era esperado um resultado semelhante entre o grupo Y e Z, sendo estimado um elevado nível de amónia e baixo valor de nitratos, devido à ausência de bactérias, comparativamente com o ensaio onde estão presentes biofiltros maturados Q, onde era esperado observar uma inversão destes valores.

Feitos os testes aos vários indicadores, de acordo com a indicação fornecida pela marca, foi possível proceder à quantificação dos resultados (fig.73).

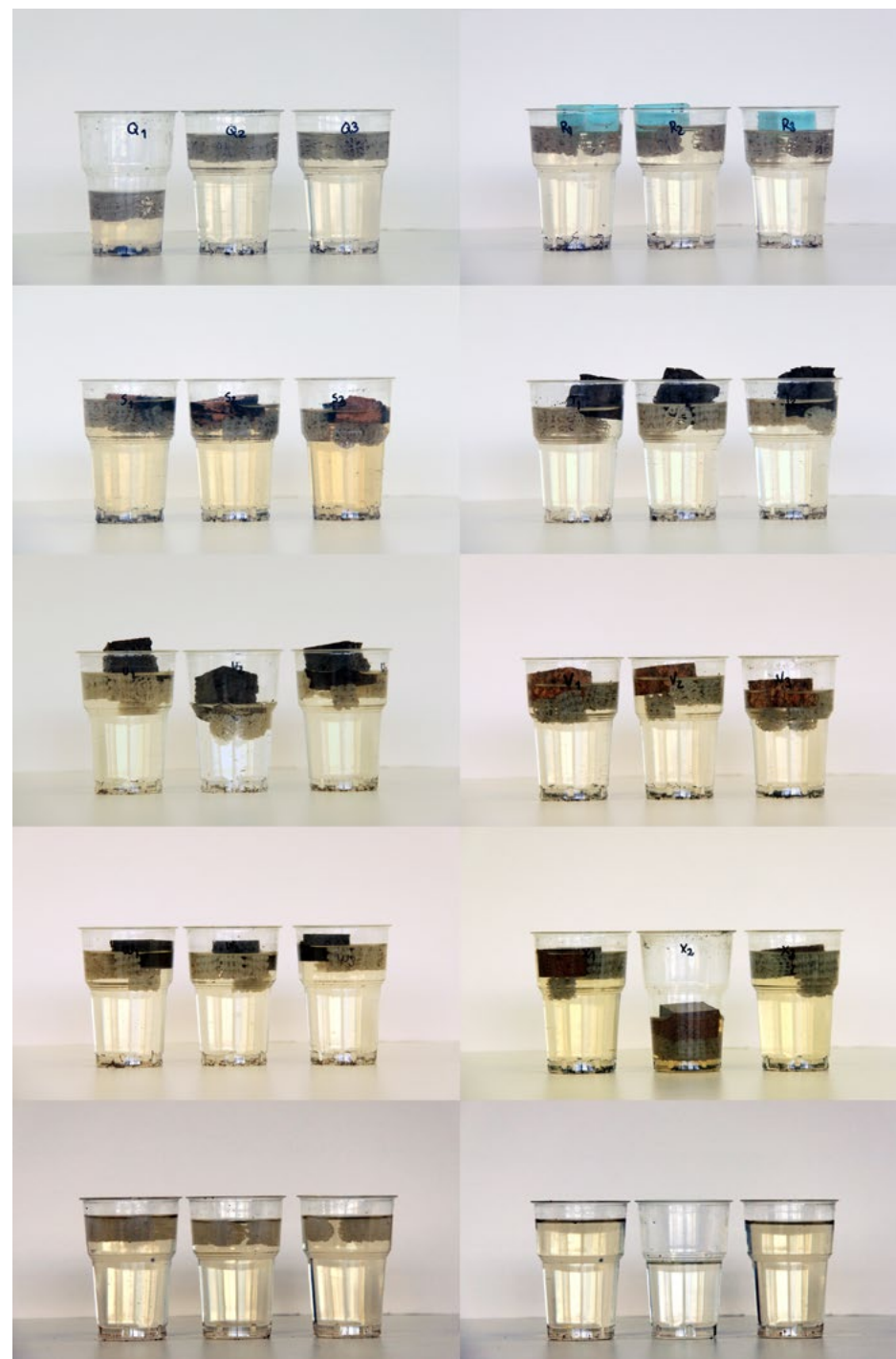
³³ Maturado: Sistema em funcionamento, cujas colónias se encontram desenvolvidas e em atividade.

³⁴ Kit: HANNA INSTRUMENTS

Fig. 73
Tabela ensaio 3, medição de amónia, nitritos e nitratos.

Fig. 74
Ensaio 3:
Q – grupo controlo,
R – grupo poliestireno,
S – grupo cortiça natural,
T – grupo amostra 1,
U – grupo amostra 2,
V – grupo amostra 3,
W – grupo amostra 4,
X – grupo amostra 5,
Y – grupo controlo com suportes sem maturação,
Z – grupo controlo sem suportes.

Grupo	Amónia	Nitritos	Nitratos
Q	2.27 mg/L	0.02 mg/L	Out of Range
R	1.7 mg/L	0.01 mg/L	Out of Range
S	3.75 mg/L	0.03 mg/L	28.0 mg/L
T	2.29 mg/L	0.01<0.02 mg/L	25.5 mg/L
U	3.55 mg/L	0.01<0.02 mg/L	26.9 mg/L
V	3.15 mg/L	0.01<0.02 mg/L	26.3 mg/L
W	3.6 mg/L	0.01 mg/L	Out of Range
X	1.75 mg/L	0.03 mg/L	27.4 mg/L
Y	4.1 mg/L	0.22 mg/L	4.2 mg/L
Z	3.6 mg/L	0.07 mg/L	Out of Range



O ensaio apresentou resultados novamente inconclusivos, pois os valores dos grupos de controlo Y e Z foram divergentes, distanciando-se da lógica espectável o que dificultou a sua interpretação. A grupo Y, que continha os suportes de bactérias sem maturação, revelou-se coerente com o resultado esperado, com um valor elevado de amónia e nitritos, correspondendo respetivamente a 4,2 mg/L e 0,22, sendo estes os mais elevados da tabela. Em contrapartida, o valor de nitratos foi o mais baixo com 4.2mg/L. Estes valores justificam-se devido à ausência de bactérias nitrificantes. Comparativamente, a grupo Z, onde era esperado observar uma situação idêntica, apresentou o resultado com mais de 30 mg/L (Out of Range) de nitratos, 0,07mg/L de nitritos e 3,5mg/L de amónia.

Os grupos Q e R apresentaram valores próximos, verificando-se uma subida do valor de nitratos, os nitritos com um valor aproximado a zero, e uma descida dos níveis da amónia, validando a ação das bactérias.

Relativamente aos restantes grupos, podemos verificar que houve em todos os testes uma conversão da amónia para nitratos. O grupo W foi o que apresentou o valor mais alto de nitratos, superior a 30 mg/L (Out of Range), sendo que todos os restantes se encontram abaixo deste valor. Neste grupo os resultados foram contraditórios, pois teve o valor mais alto de amónia e também o valor mais alto de nitratos, divergindo da lógica do processo de nitrificação.

Conclusão

De uma forma geral, neste ensaio, as cortiças apresentaram um resultado pior comparativamente ao *Wallmate*. Todavia, este fator não compromete a sua utilização, uma vez que as transições entre os indicadores analisados continuam a ocorrer, determinando a existência de bactérias nitrificantes.

Dados os resultados, o ensaio foi considerado inconclusivo, ficando para considerações futuras a sua repetição. Até à data, a utilização destes aglomerados não está comprometida, uma vez que existe a possibilidade de lixiviar as substâncias menos desejadas na cortiça antes de ser utilizada para a função de cama de cultivo.

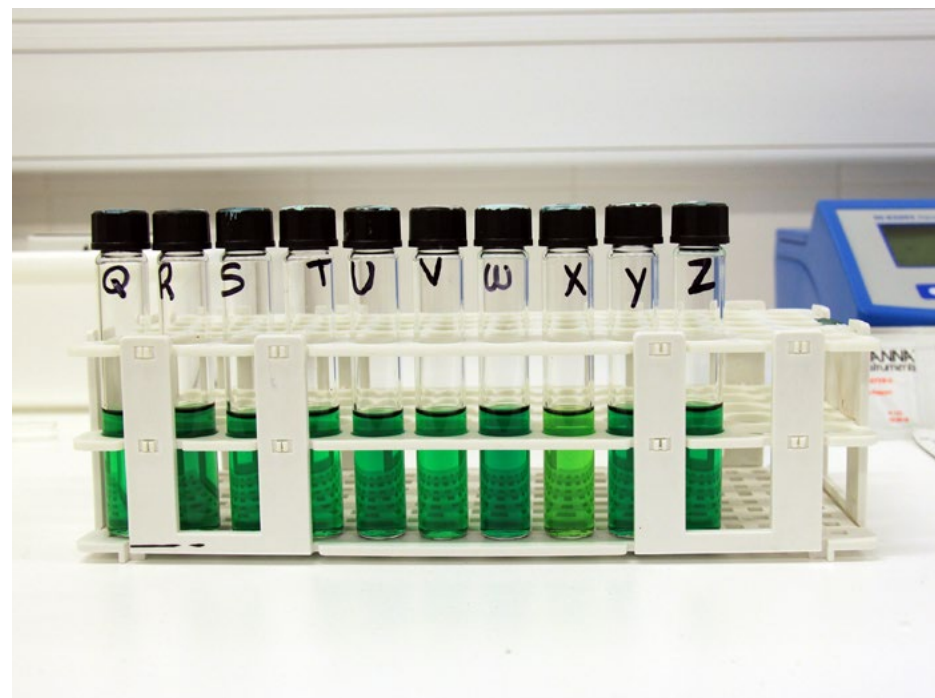
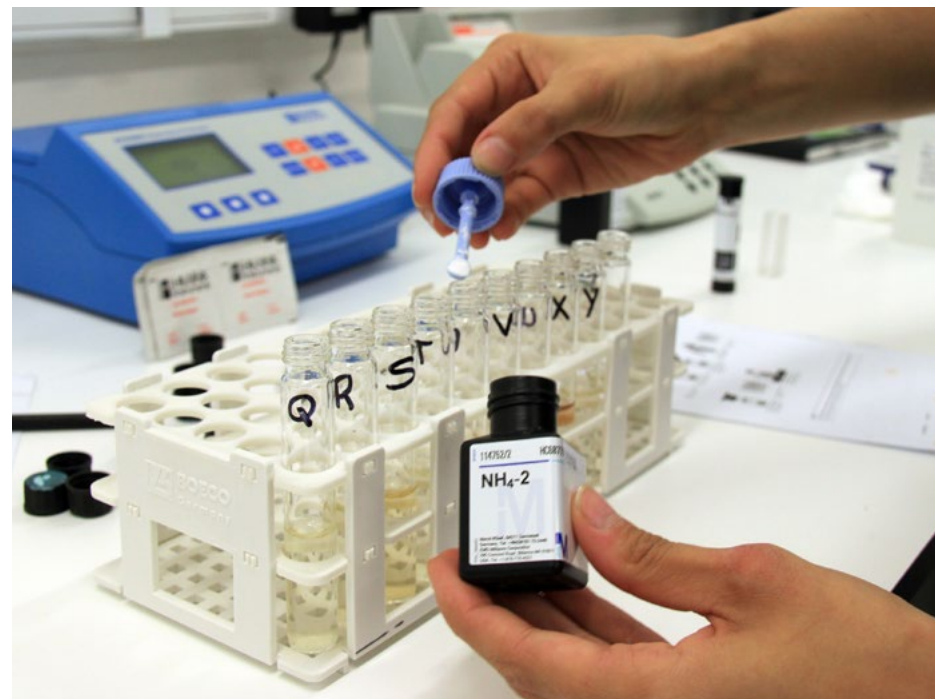


Fig. 75
Preparação da solução para medir a concentração de amónia.

Fig. 76
Teste da amónia após a ação dos reagentes.



Fig. 77
Medição da amónia.

Fig. 78
Teste dos nitritos após a ação dos reagentes.

Fig. 79
Medição do pH.

Leituras de pH, salinidade e condutividade.

A medição dos níveis de acidez da água, salinidade e condutividade efetuaram-se nos ensaios 1, 2 e 3, permitindo analisar o impacte das cortiças na água de um sistema aquapónico.

Relativamente ao indicador da acidez, utilizou-se a escala de pH. Observou-se que os valores dos ensaios se mantiveram lineares, quer nos grupos de controlo, quer nos restantes grupos, concluindo a inexistência de alterações significativas, comprometedoras do desempenho das cortiças em análise. Contudo, verificaram-se duas situações fora do padrão, devido à falta de uma distribuição do arejamento homogénea pelos 78 testes, que conferiu alterações nos resultados, como no caso das amostras U2 e Y3, onde foi impossibilitada a contagem, devido à perda total do seu conteúdo.

Quanto aos níveis de salinidade e condutividade (**fig. 80, 81 e 82**), também foi possível observar que os valores se mantiveram constantes, sendo que as maiores variações foram também desencadeadas pela evaporação da água, concentrando os níveis de sal e, conseqüentemente, aumentando a condutividade.



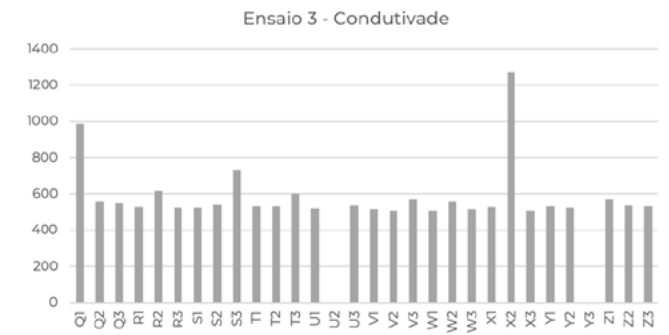
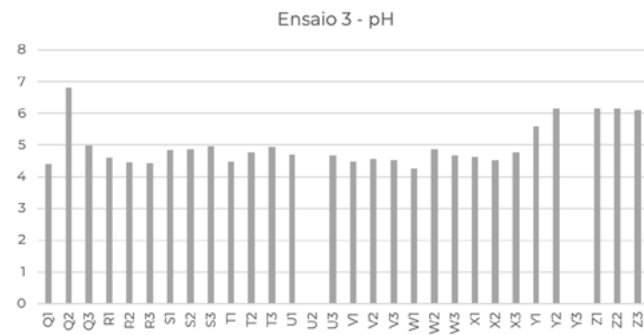
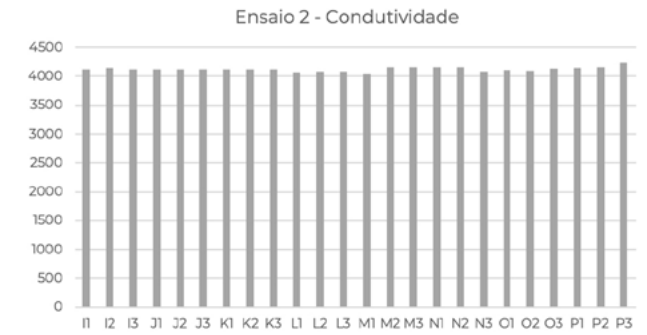
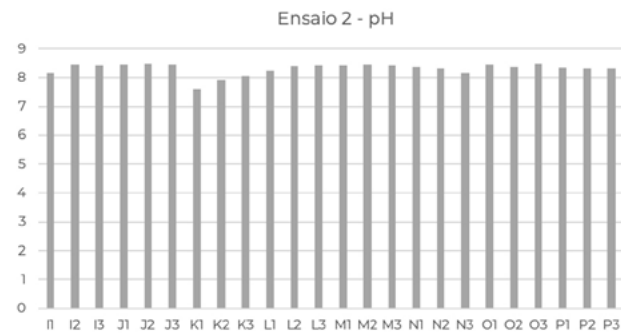
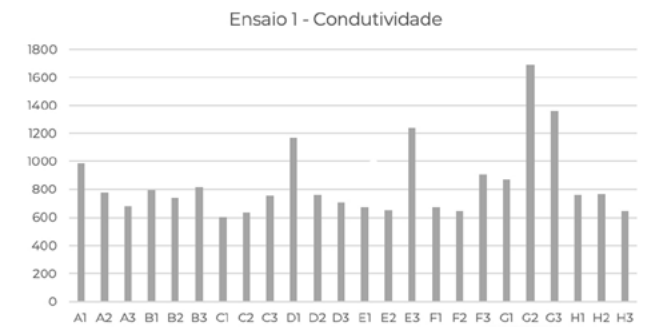
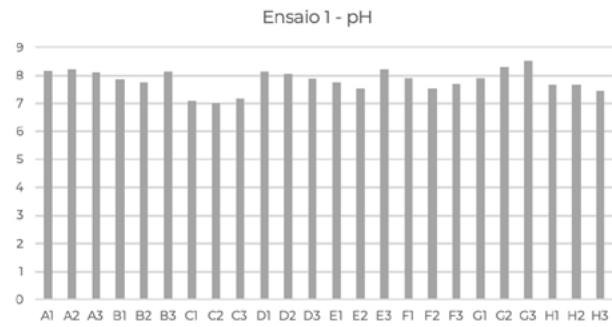


Fig. 80
Gráficos do pH,
ensaios 1, 2 e 3.

Fig. 81
Gráficos da
condutividade,
ensaios 1, 2 e 3.

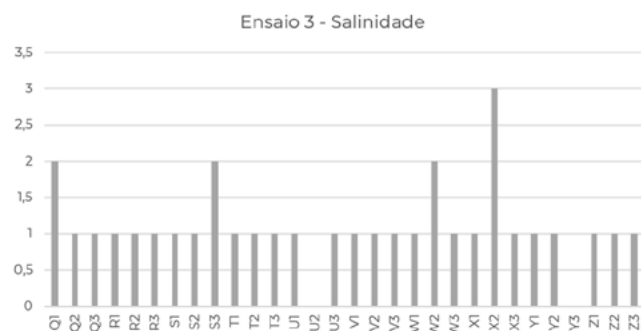
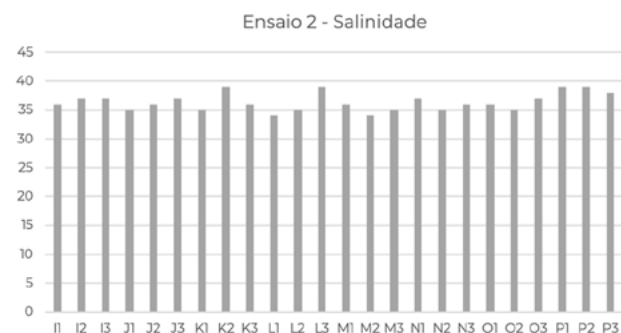
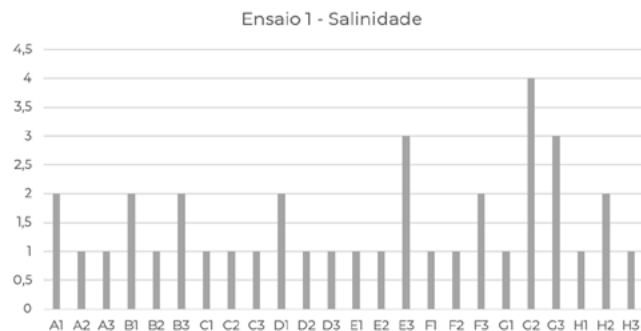


Fig. 82
Gráficos da salinidade,
ensaios 1, 2 e 3.

Conclusão dos ensaios e seleção de um dos derivados de cortiça para produção das camas de cultivo

Ao longo dos ensaios, devido à utilização de organismos vivos, foi necessário colocar arejamento em todos os 78 testes. Para tornar isto possível, foi utilizada uma pipeta por cada copo, responsável pela dispersão de ar. Dada a quantidade de testes, cada pipeta estava conectada a um tubo, que correspondia a uma ramificação de um canal principal, que fazia ligação diretamente ao sistema de arejamento do laboratório. Foi evidente a dificuldade em dispersar o ar de forma homogênea por todos os copos dos ensaios, devido à impossibilidade em colocar as pipetas todas ao mesmo nível, e também à elevada quantidade de ramificações do tubo, causando variações de ar entre os testes. Em consequência, em alguns dos testes foi manifesta a ausência de oxigénio, e em 2 deles foi registada a perda total do conteúdo devido à elevada pressão de saída do ar.

Apesar dos ensaios, de uma forma geral, serem inconclusivos, deixando para um futuro próximo um exame mais aprofundado, é possível afirmar, até prova em contrário, a inexistência de propriedades que comprometam a utilização das cortiças testadas num sistema aquapónico, pois não foram detetadas situações de toxicidade, e as transições dos parâmetros físico-químicos indicam a existência de bactérias nitrificantes.

Relativamente ao ensaio 1, aponta para uma seleção das cortiças de tons escuros, uma vez que estas apresentaram uma menor concentração de pigmentos lixiviados. As cortiças negras possibilitam também uma conexão perceptual com os solos de cultivo, remetendo para a forma como as plantas se encontram na natureza, estabelecendo assim um paralelismo com este fenómeno, enfatizando a compreensão do mesmo.

Em suma, dado o facto das decisões do projeto serem tomadas de acordo com o seu contexto de utilização, optou-se pelo compósito de cortiça ref:8702, correspondente à amostra [5], proveniente da Amorim, devido a esta garantir uma melhor qualidade de produção e acabamento, não se desagregando na água e, naturalmente, ser estimada uma maior durabilidade. No entanto, existe o interesse em identificar, por via de investigações futuras, um material com propriedades similares a este compósito, sem a adição de poliuretanos, com a finalidade de melhorar o seu desempenho ecológico.



Separador de raízes

Dada a natureza do ecossistema, e conforme estudado através das maquetes, foi necessário adicionar ao sistema aquapônico um componente (**fig.85**) que visa separar as raízes das plantas e os peixes, como forma de estabelecer um equilíbrio.

A execução deste componente assenta nos mesmos critérios referidos ao longo dos capítulos anteriores, optando-se por enfatizar a comunicação visual do funcionamento do ecossistema. Como forma de manter a coerência na seleção dos materiais para aplicação no projeto, definiu-se que a sua produção seria através do mesmo material usado na conceção do aquário, o PMMA (Polimetacrilato ou acrílico transparente). Esta opção é também justificada pela sua transparência, constituindo uma espécie de “barreira invisível”, permitindo ao utilizador a observação do desenvolvimento radicular, que é geralmente ocultada nos sistemas aquapónicos analisados numa primeira fase.

Este componente encontra-se entre a cama de cultivo e o aquário, e serve de suporte ao biofiltro. A sua configuração consiste num plano circular com o centro recortado, permitindo o encaixe do biofiltro, por meio de rotação. Desenvolveu-se um canal de acesso ao aquário, com uma configuração igual ao bucal das camas de cultivo e faz união com estas.

A aba periférica do aquário permitiu criar uma zona de suporte ao separador de raízes. De forma a simplificar o processo de produção deste componente, definiram-se quatro apoios que ficam pousados sobre a aba do aquário e são fixos pela cama de cultivo. O espaço para o desenvolvimento das raízes tem uma altura que varia entre os 20mm e os 30mm, sendo esta medida determinada consoante a cama de cultivo em utilização.

Para a produção do componente, inicialmente definiu-se, por uma questão de resistência, que os apoios seriam moldados através do calor. Contudo, em conversa com Álvaro Nunes, CEO da Moldacril, optou-se pela sua colagem, uma vez que permitia uma maior precisão e também evitar desperdícios de material. O canal de acesso ao aquário foi construído a partir de duas tiras de acrílico, moldadas com a configuração desejada e posteriormente coladas junto ao recorte do bucal de acesso ao aquário.

Ponderou-se adicionar ao separador de raízes um reforço longitudinal na sua superfície, através da colagem de perfis, evitando que esta ficasse empenada no decorrer do tempo de utilização. Contudo, segundo informação prestada pelo fornecedor, utilizou-se uma placa de acrílico com 5mm, sendo assegurado esta medida ser suficiente ao contexto de utilização,

Fig. 83
Cama de cultivo com rasgos longitudinais.

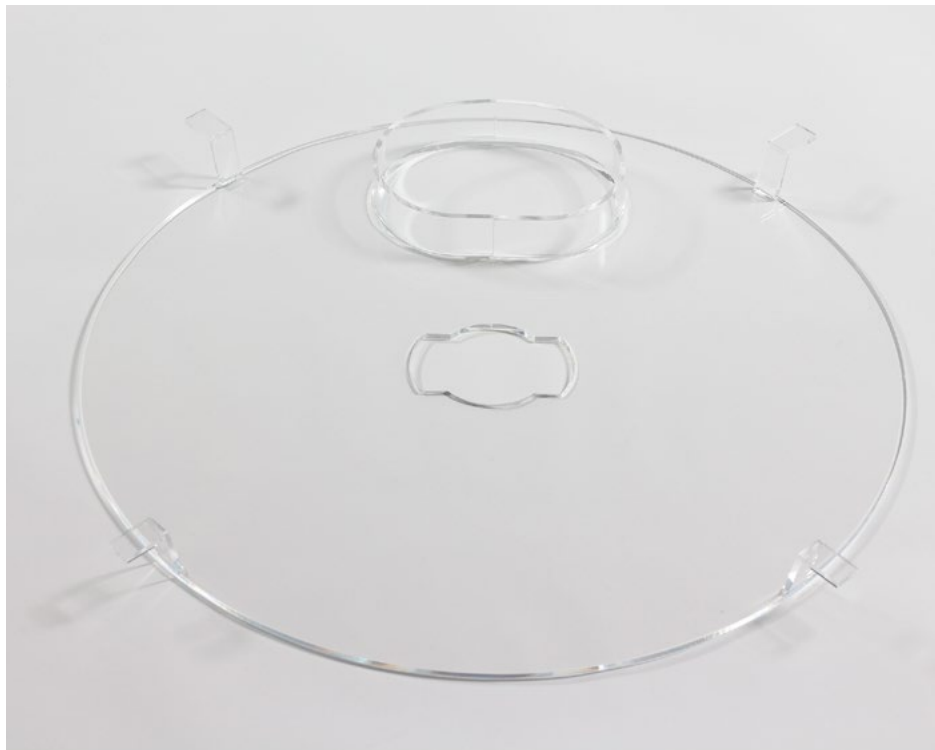
Fig. 84
Cama de cultivo para vasos hidropónicos.

conferindo durabilidade ao componente. Não obstante, a necessidade de fazer este reforço será averiguada futuramente, após a implementação do sistema aquapônico em contexto real.

Conforme referido no início do capítulo, este componente serve apenas para equilibrar as invasões entre os peixes e as plantas, permitindo, de certa forma, que estas continuem a ocorrer, através do espaço com cerca de 5mm junto da sua periferia, entre este e o aquário.

O espaço reservado para o desenvolvimento radicular neste sistema é reduzido, sobretudo quando comparado com as medidas usadas geralmente nos sistemas aquapônicos de produção alimentar, que idealmente têm uma profundidade de 300mm para as camas de cultivo em jangada (Somerville et al., 2014). Contudo, neste caso, e ao invés dos sistemas de produção para consumo, optou-se por compactar as unidades funcionais.

Fig. 85
Separador de raízes.



Suporte do biofiltro com dispersão de arejamento

Num estágio embrionário do projeto, conforme testado através dos modelos experimentais, considerou-se colocar o suporte para o filtro biológico e o sistema de arejamento no espaço central do aquário. Em teoria, esta estratégia permitiria tirar partido do movimento ascendente do ar, recorrendo a uma bomba de ar que seria responsável pela sua distribuição e também pela circulação da água. Desta forma, a água com amónia subiria através do biofiltro, onde habitam as bactérias nitrificantes responsáveis pela conversão desta em nutrientes, até ao patamar superior, onde estão colocadas as plantas preparadas para receber o seu alimento.

Inicialmente, considerou-se a construção deste componente utilizando objetos disponíveis no mercado. Assim, este seria construído através de um cilindro em acrílico transparente com biobolas no interior e um local para a colocação de uma pedra difusora de arejamento. Contudo, a conceção deste suporte para o biofiltro com arejador dependia, não só de inúmeras colagens e encaixes, como também da utilização de componentes com determinadas especificações, tais como pedras difusoras de arejamento e biobolas com uma forma e dimensão particular, permitindo a sua colocação no cilindro de acrílico. Posto isto, decidiu-se produzir uma peça integral com dupla função: suporte de bactérias nitrificantes (biofiltro) e difusor de ar. Esta estratégia facilitaria a instalação do componente no sistema e a manutenção do biofiltro. O desenvolvimento deste componente teve como base o estudo de infraestruturas para o suporte de bactérias, visando potenciar a comunicação visual da sua função, através da exploração de formas que exibissem o processo de acomodação do filme biológico.

Para a concretização do suporte do biofiltro com arejador integrado recorreu-se à tecnologia de impressão 3D, uma vez que permite construir peças com elevado rigor e complexidade. Possibilita ainda, em poucas horas, testar e aperfeiçoar diversos modelos, tal como referem os autores Weidong Zhou e Jiansheng Chen:

“ 3D printing is a technology of three dimensional additive manufacturing that the components are fabricated layer by layer instead of molding or cutting materials. In certain circumstances, compared to the traditional subtractive manufacturing, 3D printing is more creative to produce complex and customized products, and has faster delivery time, lower material consumption and production cost” (Zhou & Chen, 2018, p558).

Foi selecionada o método de fabricação aditiva em PLA, por ser uma tecnologia que permite, de forma geral, um acabamento com textura irregular, conferindo às superfícies ligeiros relevos, favoráveis à fixação das bactérias.

O desenvolvimento deste componente passou por dois ensaios realizados paralelamente: um baseado na exploração da prototipagem em PLA para a construção de um sistema de arejamento; e outro consistiu no estudo de uma malha tridimensional para a edificação de uma infraestrutura de suporte à comunidade de bactérias nitrificantes.

Desenvolvimento de um sistema de arejamento por via da impressão 3D em PLA

Para determinar o movimento ascendente da água e a função de arejador, foi usada como referência a produção de bolhas de ar de uma pedra de arejamento, vulgarmente encontrada nos estabelecimentos comerciais da especialidade (fig.86). Definiu-se o objetivo de criar um dispersor de ar capaz de provocar um efeito idêntico à referência, ou se possível, superior em número de bolhas, com um tamanho igual ou inferior, de modo a provocar uma maior movimentação da água.



Fig. 86
Pedra difusora de arejamento.

Foi desenvolvido e testado um conjunto de amostras, que visou produzir uma distribuição de ar homogênea ao longo da sua superfície ou nas suas arestas.

Para o efeito, exploraram-se duas estratégias para o desenvolvimento de um sistema de dispersão de ar por via da fabricação aditiva em PLA.

A primeira estratégia passou pela exploração imperfeições associadas à impressão em PLA, que pudessem ocorrer ao longo do processo aditivo, durante a deposição das camadas de filamento, criando pequenos orifícios, favoráveis à passagem do ar. A fim de testar esta hipótese, foram desenvolvidos 2 conjuntos de 3 amostras (fig.87), impressas com diferentes percentagens de filamento: 100%, 66% e 33% de preenchimento, seguindo uma lógica de 100:3. O conjunto 1 consistiu em peças cilíndricas de interior preenchido e o conjunto 2 foi composto por peças com o interior oco. Todas as amostras têm um local para conexão de uma bomba de ar.

Fig. 87
Amostras do conjunto 1 e 2.







Fig. 92
Amostra conjunto 2,
66% preenchimento.



Fig. 93
Amostra conjunto 2,
33% preenchimento.

Conforme é possível observar através do registo fotográfico, as amostras do conjunto 1 (**fig.88, 89 e 90**) não permitiram qualquer dispersão de ar. O conjunto 2 (**fig.91, 92 e 93**), também se mostrou ineficaz, pois a dispersão de ar foi considerada insuficiente e localizada apenas nas duas extremidades onde existe um cruzamento dos filamentos: junto ao bucal que conecta à bomba de ar e no lado oposto. O sucedido deve-se à posição das peças/amostras durante a impressão durante a impressão, propiciando o desenvolvimento deste tipo de imperfeições.

Apesar dos resultados anteriores não corresponderem às expectativas, imprimiu-se uma nova amostra, mais frágil que as anteriores, de interior oco (pertencente ao conjunto 2), impressa numa percentagem de 7% de PLA (mínimo possível) (**fig.94**). Comparativamente com os restantes protótipos, foi possível verificar uma maior dispersão de ar, contudo, estas bolhas apresentavam-se ainda numa quantidade reduzida e a sua saída continuava localizada nos dois polos opostos da peça.

A segunda estratégia consistiu no desenvolvimento do conjunto 3, composto por 5 amostras cilíndricas de interior oco, semelhantes às do conjunto 2, possuindo, no entanto, microfurações numa das superfícies. Estas variavam entre: 1mm

Fig. 94
Amostra conjunto 2,
7% preenchimento.



(fig.95), 0.75mm (fig.96), 0.5mm (fig.97), 0.3mm (fig.98) e 0.1mm (fig.99).

Concluiu-se que as furações de 1mm são demasiado grandes para o efeito pretendido, fazendo com que o ar não se distribua uniformemente por toda a sua superfície. Em contrapartida, os resultados da amostra de 0.75mm foram satisfatórios ao nível da distribuição do ar ao longo da sua superfície e volume de bolhas. No entanto, a amostra de 0.5mm foi a que obteve os resultados mais próximos do pretendido, com o maior volume de bolhas, e também uma distribuição homogénea pela superfície da amostra.

Relativamente às peças com orifícios de 0.3mm e 0.1mm, verificou-se uma maior dificuldade em conseguir uma distribuição do ar uniforme, facto que se torna mais evidente nesta última, existindo a tendência das bolhas de ar saírem de forma agrupada num dos lados da peça.

Face aos resultados, para a construção do arejador optou-se pela utilização de furações com 0.5mm.

fig. 95
Amostra conjunto 3,
furações de 1mm.



Fig. 96
Amostra conjunto 3,
furações de 0.75mm.

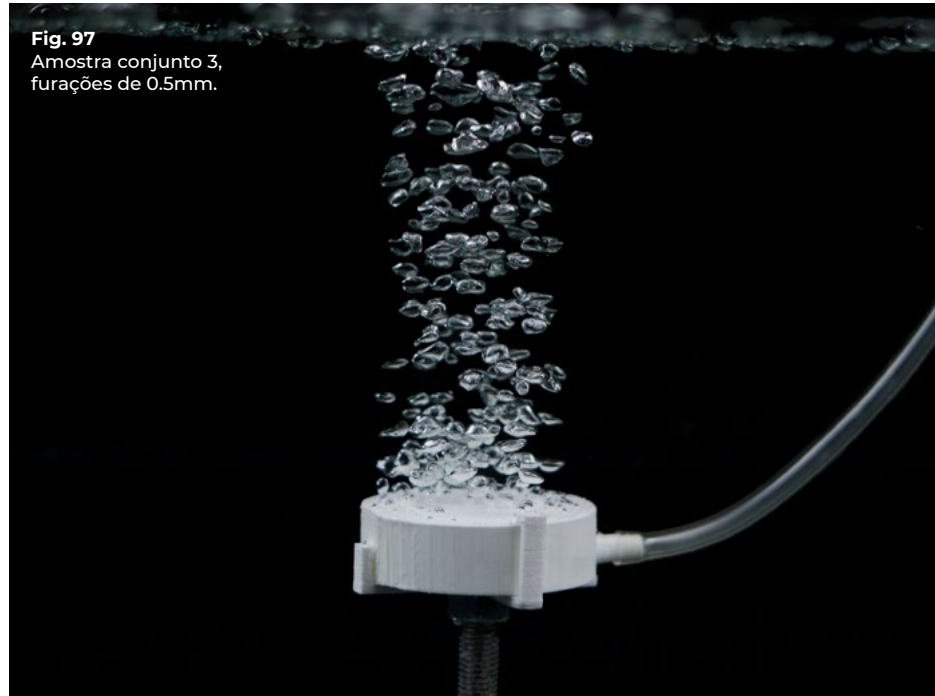


Fig. 97
Amostra conjunto 3,
furações de 0.5mm.



Fig. 98
Amostra conjunto 3,
furações de 0.3mm.

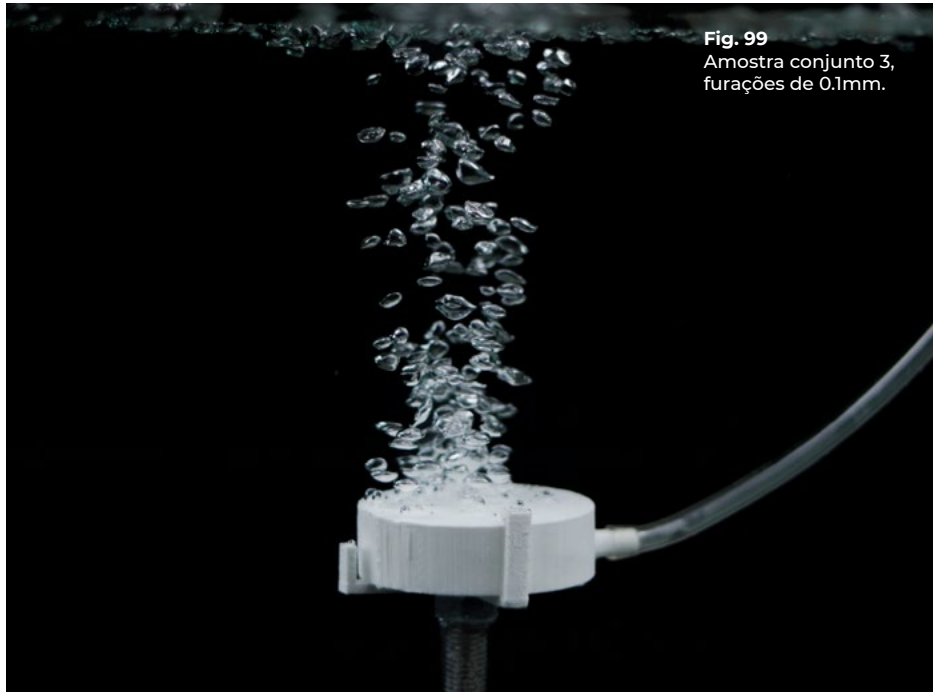


Fig. 99
Amostra conjunto 3,
furações de 0.1mm.

Estudo de malhas estruturais

A construção do suporte para o biofiltro iniciou-se com a exploração de estruturas orgânicas como forma de comunicar a noção de que estas superfícies comportam vida, dado o facto das bactérias serem invisíveis a olho nu. Optou-se também pela impressão do componente em PLA branco, a fim de possibilitar ao utilizador acompanhar as mutações visuais, designadamente mudanças de tonalidade inerentes ao processo de adaptação do filme biológico. Uma vez que este suporte ocupa o espaço central do aquário, considerou-se manter a geometria cilíndrica e, a partir desta, desenvolver uma infraestrutura que permitisse a passagem da água pelo seu interior, possibilitando a fixação das bactérias na sua superfície. O desenvolvimento deste componente teve como base o princípio das biobolas, comumente usadas para a fixação do biofiltro, sendo que a sua eficácia é medida em função da área fornecida pelas suas superfícies, de modo a acomodar o maior número de bactérias nitrificantes (Somerville et al., 2014).

Na fase inicial deste processo, considerou-se usar o diagrama de Voronoi, que é aplicado nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como: arqueologia, geometria computacional, astronomia, física, biologia e ecologia (Lin, Wang & Zeng, 2014). Este modelo geométrico por vezes é também usado em design, para desenvolvimento de produtos, permitindo a construção de suportes estruturais resistentes, proporcionando uma redução significativa de matéria. O diagrama de Voronoi caracteriza-se por ser uma nuvem com determinado número de pontos dispersos, geralmente dispostos, sobretudo em planos bidimensionais, segundo a distância Euclidiana. A partir destes pontos é constituída uma malha poligonal, cujas arestas partilhadas dos polígonos são a bissetriz perpendicular ao raio que une o centro de duas células, resultando num conjunto de segmentos que são a matriz da estrutura (Oxman, 2010).

Numa fase inicial, para tecer uma malha tridimensional segundo o módulo de Voronoi, recorreu-se ao programa *3Dmax* e à instalação de um script específico para o efeito. Contudo, este software apenas permitiu a modelação de peças de forma orgânica, sem detalhe e rigor milimétrico, impossibilitando definir pormenores importantes à concretização do componente com as especificações pretendidas (**fig.100**).

Não obstante estas dificuldades, após a modelação de uma peça visualmente próxima à ideia pretendida, imprimiu-se uma amostra numa escala de 1:2, como forma de avaliar a estratégia até aqui seguida. Para a sua impressão foi necessário recorrer ao uso de suportes, que serviram para sustentar a

malha poligonal (fig.101), sendo que a sua remoção, para além de difícil, fragilizou a peça em alguns locais. É ainda perceptível que esta amostra possui bastante espaço vazio no seu interior, fazendo com que a área de superfície de fixação de bactérias seja significativamente reduzida, e aumentar o número de células que compõem a malha poligonal, tornaria impossível a remoção dos suportes contidos no interior do componente.

Devido à dificuldade em executar uma modelação parametrizada deste componente, decidiu-se por abandonar esta estratégia e repensar o suporte do biofiltro de acordo com uma lógica favorável à impressão.

Construção do suporte para o biofiltro com arejador integrado

Após este percurso, considerou-se desenvolver uma estrutura que se autossustentasse, através da utilização de pirâmides triangulares. Para a construção deste modelo recorreu-se ao programa de modelação paramétrica *Solidworks*, que possibilitou a sua execução e a integração do arejador.

Para a modelação da estrutura de suporte ao biofiltro com um sistema de arejamento, foram definidas três zonas distintas:

- zona superior ou topo – área que serve à colocação de uma aba, permitindo a sua fixação ao separador de raízes;
- corpo central – onde se encontra a malha de suporte às bactérias nitrificantes;
- zona inferior ou base – local onde estão as microfurações de 0,5mm que permitem efetuar a dispersão do ar.

Foi definido um diâmetro de 100mm para uma altura de 160mm, de forma a que o componente ocupasse um volume considerável do aquário, sem se tornar massivo. A modelação fez-se a partir da base, num plano horizontal, sendo esta composta por anéis com vinte triângulos, que diminuem da periferia para o centro da circunferência. Dada a complexidade do componente, este foi contruído com base numa lógica de simetria e repetição, de forma a agilizar as operações necessárias à sua concretização. Assim, começou-se por modelar um excerto de 9^{o35} da circunferência, que foi posteriormente refletida, e em seguida replicada em torno do seu eixo central, criando assim um módulo que deu origem à totalidade da base (fig.102. 1, 2 e 3).

Os triângulos da base são uma estrutura de secção circular, com um diâmetro exterior de 6mm, cuja medida vai diminuindo até aos 3mm consoante se aproxima do eixo central do componente. Esta estrutura tem o interior oco, de modo a criar uma câmara interna para a circulação do ar, sendo este distribuído

³⁵ Correspondente à metade de 1/20 da circunferência.
 $360^{\circ}:20=18^{\circ}$ $18^{\circ}:2=9^{\circ}$

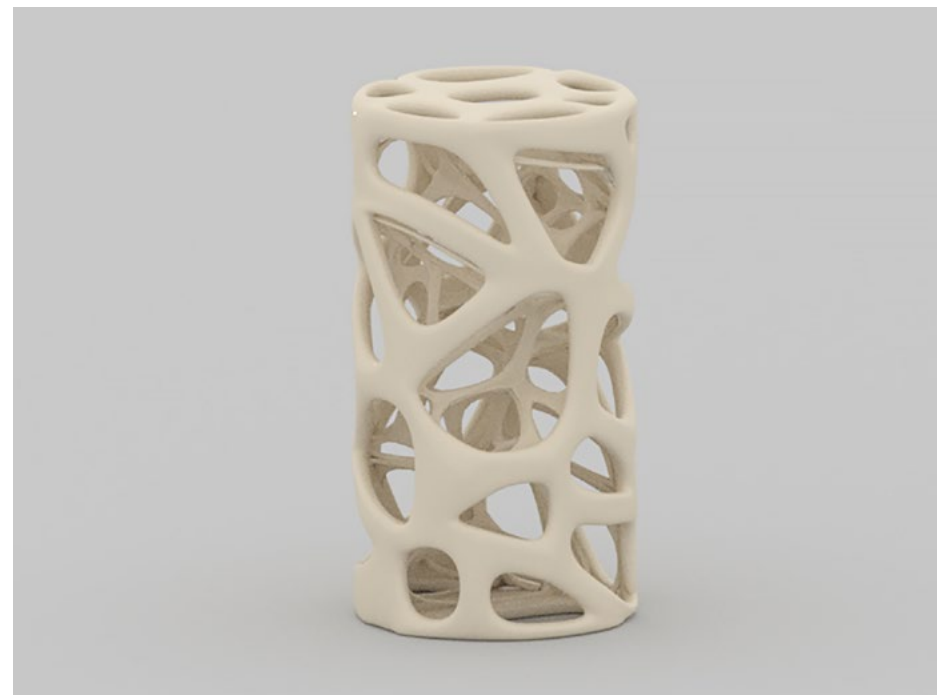


Fig. 100
Imagem 3D de cilindro modelado segundo o diagrama de Voronoi.

Fig. 101
Cilindro impresso em malha de diagrama de Voronoi.

pelas furações de 0,5mm (conforme estudado nas amostras anteriores), que se encontram na sua superfície (fig.102. 4).

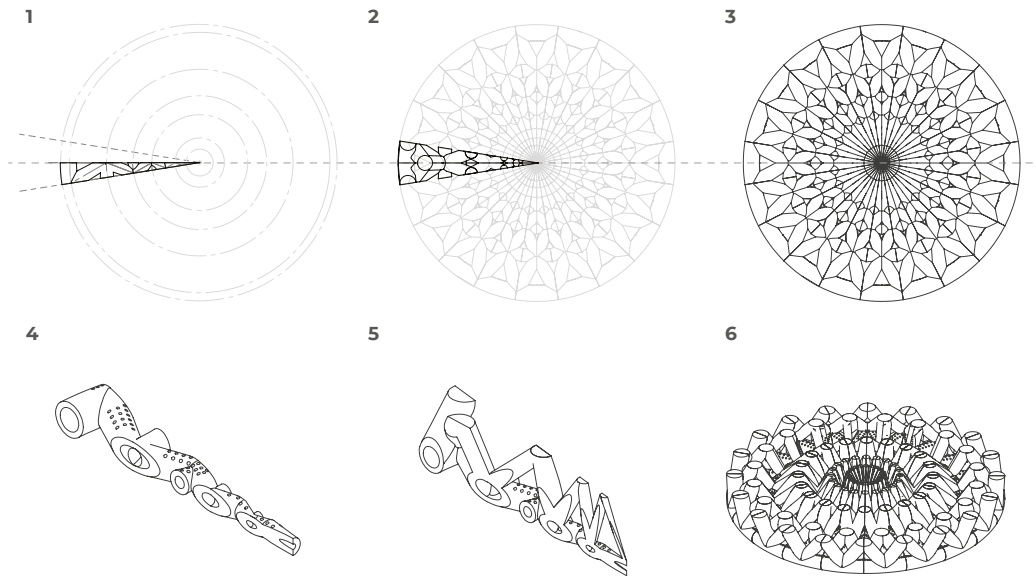
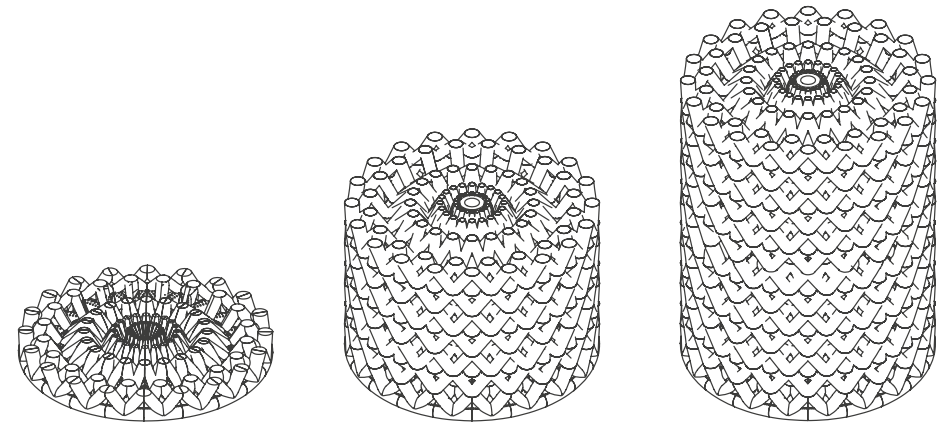
Posteriormente, sobre esta superfície foram modelados cilindros (fig.102. 5), que quando replicados criam um padrão, que constitui a volumetria piramidal para suporte do biofiltro (fig.102. 6). Estes não possuem qualquer ligação à câmara no interior da base, uma vez que esta zona é reservada ao sistema do arejamento.

A construção da volumetria do cilindro fez-se através de uma sucessão de reflexões que replicaram estes cilindros no sentido vertical, até obter a altura desejada, criando assim uma malha composta por pirâmides triangulares que se autossustentam, (fig.103). O facto desta estrutura se suportar a si mesma, deve-se ao ângulo dos cilindros oblíquos que compõem as pirâmides, ser superior a 30°. Concluída a estrutura, foram anexadas as abas de suporte laterais, junto ao topo da peça.

Fig. 102
Esquema da construção da base para o suporte do biofiltro com difusor de arejamento.

Fig. 103
Esquema da construção da malha para o suporte do biofiltro.

Fig. 104
Amostras para conexão do tubo de arejamento.



A fim de analisar a melhor estratégia para desenvolver o canal de conexão à bomba de ar, foram analisadas comparativamente três abordagens (fig.104):

- primeira abordagem - ligação ao tubo de arejamento pelo centro do cilindro, estratégia que permitiria efetuar a ligação através do topo da peça (fig.105),
- segunda abordagem - ligação do tubo de arejamento através da zona inferior da base da peça, que possui o interior completamente oco (fig.106),
- terceira abordagem - ligação do tubo de arejamento através da zona inferior da base da peça, que possui o interior oco apenas na sua periferia (fig.107).

As imagens não permitem a compreensão em absoluto dos resultados obtidos, devido à amostra correspondente à primeira abordagem (fig.105), no momento do registo fotográfico se encontrar danificada. Não obstante este facto, a sua dispersão de ar é idêntica à da terceira abordagem (fig.107), pelo que se decidiu efetuar o arejamento ao centro, permitindo um acesso favorável à colocação do tubo de arejador, possibilitando que este fique escondido entre os componentes do sistema. Concluído este estudo, foi modelado um canal de ligação para a bomba de ar, que

Fig. 105
Amostra primeira abordagem, conexão do tubo de arejamento.

Fig. 106
Amostra segunda abordagem, conexão do tubo de arejamento.

Fig. 107
Amostra terceira abordagem, conexão do tubo de arejamento.



percorre o componente do topo à base, encaminhando o oxigénio até à câmara que serve de arejador.

Para imprimir o biofiltro com arejador integrado, foi também necessário estudar a forma como este seria impresso, pois o seu desenho foi pensado com a finalidade de prescindir dos suportes de sustentação ao longo da malha estrutural. Contudo, existiu a necessidade de recorrer a estes suportes para a impressão das abas laterais, que estão dispostas em dois planos horizontais, e foram projetadas de forma a fixar o biofiltro ao separador de raízes através de rotação. Este facto implica a impressão do componente no sentido invertido, ou seja, começando desde o topo até à base, como forma de minimizar o desperdício de material (**fig.108**). Desta forma, foi necessário testar a impressão da base do cilindro, uma vez que existem zonas na sua periferia que não são suportadas pela malha poligonal, fazendo com que o extrusor depositasse matéria no vazio. Esta consideração foi testada em paralelo com os ensaios para a conexão da bomba de ar, sendo que a amostra da primeira abordagem corresponde à impressão de um excerto no sentido do topo para a base (conforme seria impresso o componente na sua totalidade) e a amostra da segunda abordagem foi impressa no sentido da base para o topo.

Fig. 108
Programação da impressão do suporte do biofiltro com dispersor de ar.

Fig. 109
Impressão de amostra no sentido topo-base (1), impressão de amostra no sentido base-topo (2).

Fig. 110
Pormenor imperfeição na câmara para passagem do ar.

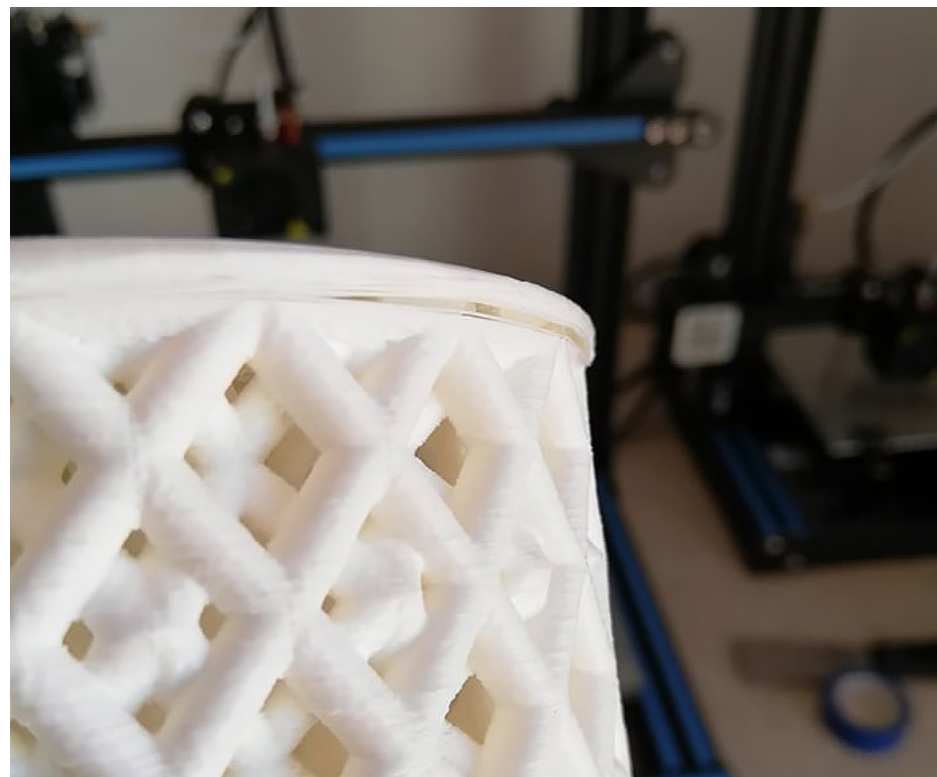
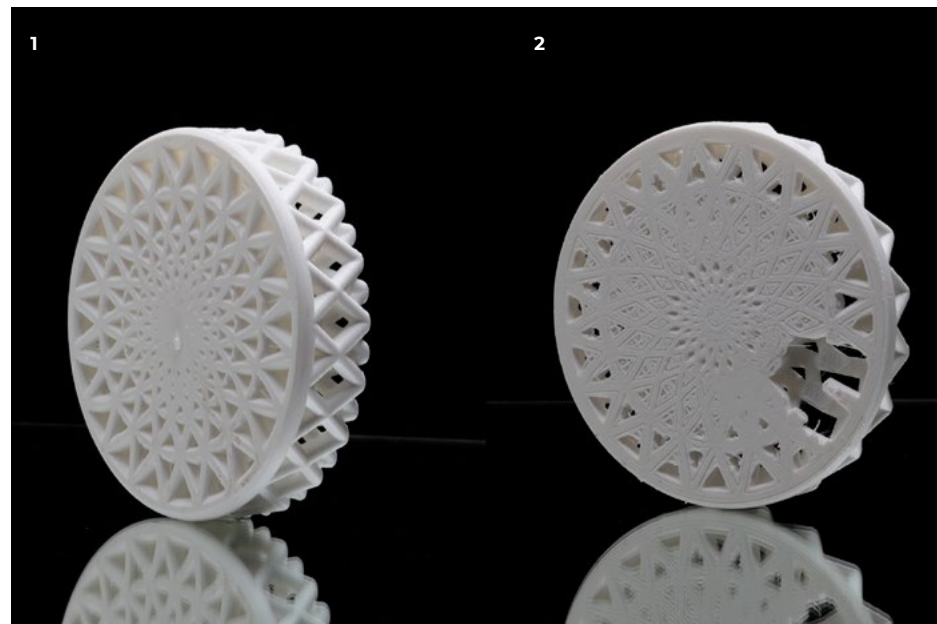
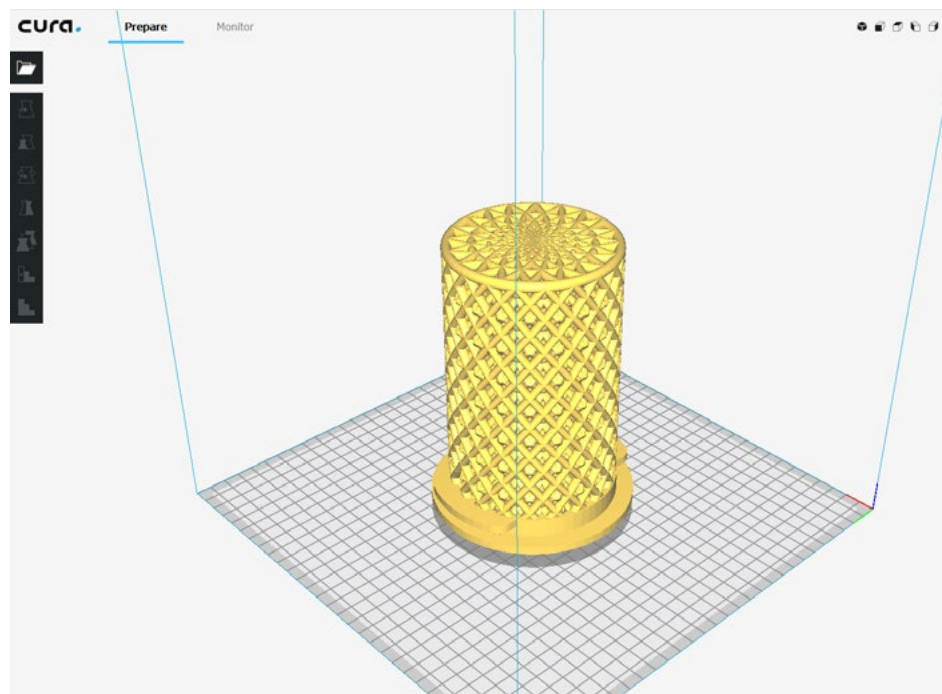




Fig. 111
Primeira impressão do suporte do biofiltro com arejador integrado.

Como resultado deste estudo foi possível validar a impressão do suporte para o biofiltro com arejador integrado no sentido topo - base (primeira abordagem), sendo notada uma maior definição do padrão da base do componente, comparativamente com a amostra da segunda abordagem (fig.109).

A primeira impressão integral do componente, demorou cerca de 80 horas, devido às dimensões da peça e à complexidade da malha de suporte ao biofiltro. Contudo, o peso do componente somado à complexidade do ficheiro, impediram a correta conclusão da impressão, ficando a câmara localizada na base rasurada, o que impossibilitou testar o seu desempenho (fig.111). Apesar do sucedido, a impressão deste componente permitiu perceber que as suas proporções necessitavam de ser ajustadas, de modo a facilitar o seu manuseamento. Neste sentido, removeu-se o último anel de pirâmides triangulares que envolvia o componente, assim como a malha exterior, ficando com um diâmetro de 75mm. Esta redução permitiu diminuir o tempo de impressão para um total aproximado de 40 horas.

Foi possível obter uma versão funcional do biofiltro com o arejador integrado (fig.112 e 113) (anexo 2). Este funciona através da conexão de um tubo de arejamento no topo da peça, ligado a uma bomba de ar, permitindo a passagem do ar pelo canal interno do componente, saindo através das furações presentes na base.

Por último, foi adicionado um suporte para a fixação de um termostato, possibilitando a utilização de peixes de água quente no sistema. Para o efeito foi adquirido o termostato da marca Marinha de 50W Mini, que garante o aquecimento de um aquário com cerca de 50 litros. Este é uma versão mais pequena que a maioria dos dispositivos disponíveis no mercado com a mesma potência, permitindo a colocação na vertical, por baixo do separador de raízes (fig.114).

Nesta fase, a seleção da impressão 3D em PLA para a concretização do suporte do biofiltro com arejador procurou atender às necessidades mencionadas anteriormente, podendo ser ajustada futuramente, mediante o rumo que o projeto seguir.

O PLA ou ácido polilático, é um bioplástico pertencente à categoria dos termoplásticos, e é concebido a partir de matéria orgânica, como o amido de milho em combinação com matéria vegetal (Relvas, 2017). Segundo o engenheiro Carlos Relvas, estas propriedades conferem a este material a capacidade de degradação no meio ambiente, podendo ser decomposto após 24 meses quando em contacto com a terra ou 48 meses em contacto com a água (Relvas, 2017). Em contrapartida, num artigo publicado pela revista Dezeen sobre a utilização de bioplásticos,

o engenheiro e arquiteto Arthur Huang alega que o PLA é um material compostável, sendo que não se degrada quando exposto a condições normais, podendo a sua deterioração demorar no meio ambiente o mesmo tempo que o plástico derivado do petróleo. Neste artigo, é também referido por Mamou-Mani o facto do PLA possuir um pH ácido, tendo assim a capacidade de alterar a acidez do meio com que entra em contacto. Esta reação merece especial atenção durante a fase de implementação do sistema, sendo necessário averiguar cuidadosamente o pH, e em caso de serem verificados valores de acidez anormais, será necessário recorrer a outro material para impressão (Marcus Fairs, 2019). Apesar deste componente ser construído em PLA, existe a possibilidade da sua impressão noutros materiais. O mesmo acontece relativamente ao processo produtivo, considerando que cada exemplar demora cerca de 40 horas para ser impresso, é uma alternativa viável para uma produção reduzida de unidades. Contudo, na eventualidade de uma produção massificada seria necessário um redesenho do biofiltro, adaptando-o aos meios de produção definidos para o efeito.

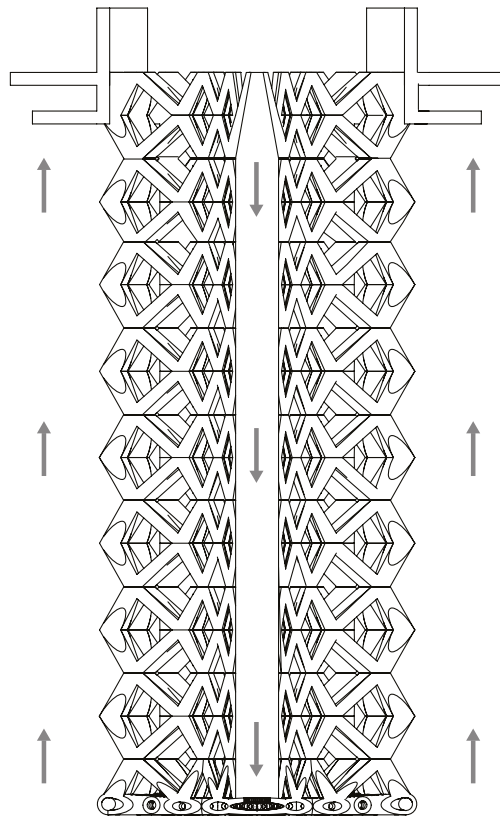
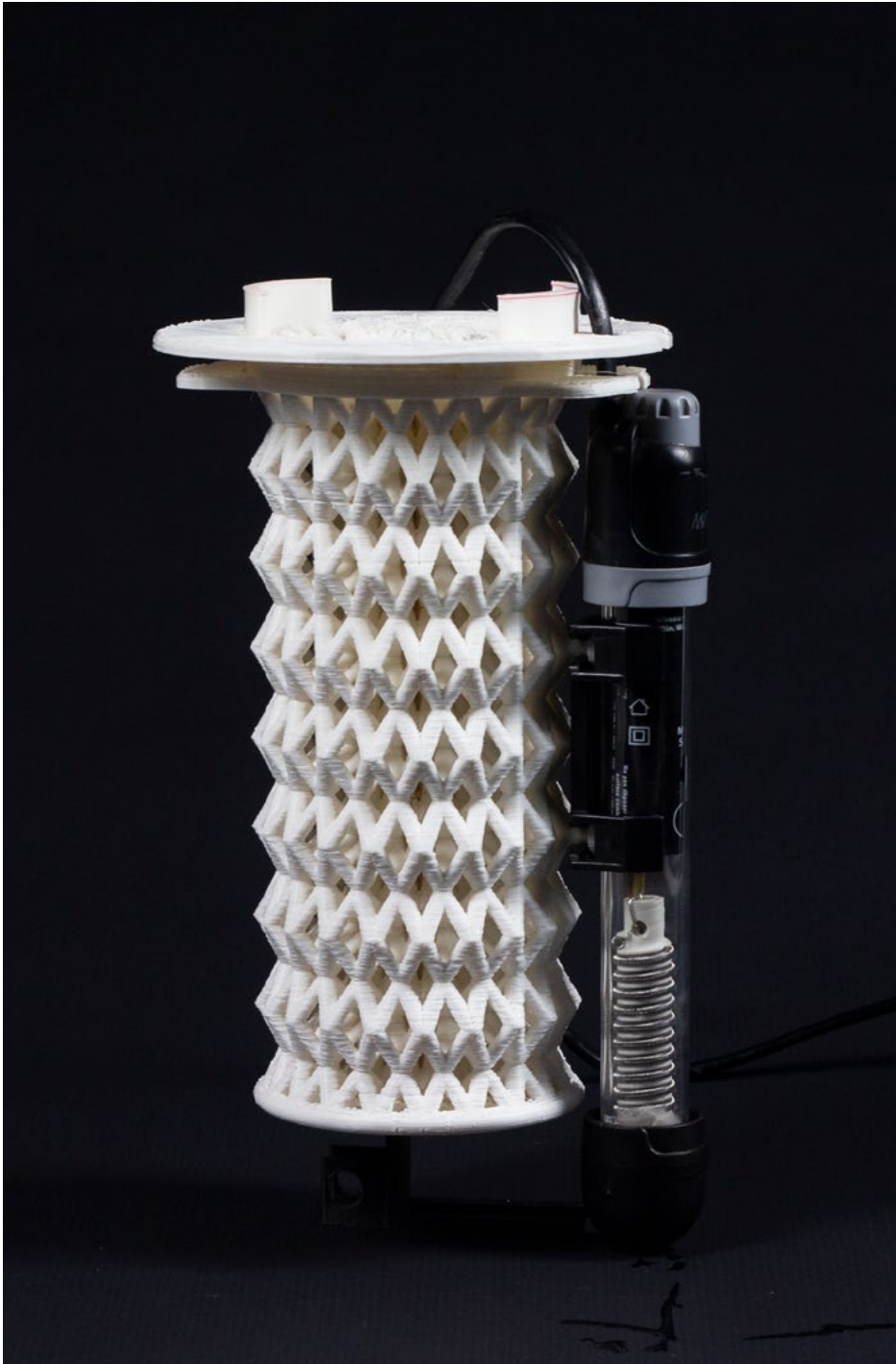


Fig. 112
Esquema do funcionamento do suporte do biofiltro com arejador integrado.

Fig. 113
Suporte para biofiltro com arejador integrado.



Construção do suporte para o biofiltro com arejador integrado em material cerâmico

Ao longo do projeto existiu a oportunidade de aliar o estudo do suporte do biofiltro com arejador a uma outra tese que decorreu também no âmbito do Mestrado em Design de Produto na ESAD.CR. Da autoria de Sara Silva e orientada pelo professor Sérgio Gonçalves, este projeto encontra-se ainda em fase de desenvolvimento e tem o nome de “Barro de Café”. Sara Silva propôs-se criar materiais, através da exploração das potencialidades das pastas cerâmicas com adição de borra de café, realizando estudos quanto às suas propriedades, e face a estas, identificar possíveis aplicações que permitam a otimização de produtos.

Esta partilha de conhecimento possibilitou uma via de desenvolvimento futuros, relativamente à concretização do suporte do biofiltro com arejador integrado em cerâmica e borra de café, para aplicar não só neste sistema aquapónico, como também noutros contextos, entre os quais lagos ou aquários.

As borras de café quando em contacto com a argila, permitem uma redução da quantidade de material cerâmico usado durante o processo de conformação de peças. Este composto distingue-se devido à sua porosidade, uma vez que quando o material é exposto ao processo de cozedura a uma temperatura superior a 950°C, as partículas de café entram em combustão, desaparecendo na sua totalidade, facultando-lhes também uma maior leveza (Eliche-Quesada, Pérez-Villarejo, Iglesias-Godino, Martnez-Garca & Corpas-Iglesias, 2011). Foi devido a esta particularidade que se considerou a utilização deste material neste componente, visto esta característica, em teoria, ser vantajosa para ambas as funções (biofiltro e arejador).

Iniciou-se um estudo para avaliar a viabilidade da dispersão de ar, através da porosidade da pasta. Encheram-se moldes de gesso para produzir amostras cilíndricas, similares às dos estudos anteriores, com uma parede interior de cerca de 2 a 3mm de espessura e um orifício com 5mm para a conexão da bomba de ar. Desenvolveram-se 4 amostras: 2 em faiança e 2 em porcelana com percentagens de 10% e 20% de borra de café (fig. 115, 116, 118 e 119). As amostras foram cozidas a diferentes temperaturas, a faiança entre os 970° C e os 1.055° C e a porcelana entre os 1200°C e os 1300°C.

Uma vez produzidas as peças, foram conectadas a uma bomba de ar, e posteriormente submergidas em água, a fim de avaliar os resultados. De imediato, foi possível observar, de uma forma geral, que todas tinham uma capacidade produzir uma elevada concentração de bolhas de ar com uma dimensão reduzida.

Fig. 114
Suporte para biofiltro
com termostato
Marina 50W mini.

Apesar do efeito ser similar entre as amostras, nas peças com 20% de borra de café foi notada uma maior dispersão de ar.

Em paralelo desta experiência foi também construído um cilindro completamente compacto, com uma câmara oca na sua extremidade inferior e um orifício para conectar a bomba de ar, a fim de poder analisar a passagem do ar entre volumes ociosos e compactos (fig.117). Este foi produzido em porcelana com 15% de borra de café. Uma vez desenvolvido, foi feito o teste, verificando-se mais uma vez a passagem do ar. Este, para além de atravessar a zona oca, também se distribuía de forma homogênea por todo o volume maciço, independentemente da sua posição na água, com o mesmo efeito das amostras anteriores.

Relativamente à produção da malha estrutural para suporte do biofiltro, foi percebida a dificuldade da sua execução por via da prototipagem digital em 3D, dada a sua complexidade. A principal dificuldade deste processo consistia no facto os cilindros que constituem as pirâmides da malha serem demasiado finas e a deposição do filamento cerâmico ser efetuado com a pasta no estado plástico, correndo o risco da estrutura não se suportar e acabar por abater. Contudo, optou-se por testar, através da impressão de um excerto da malha poligonal que serve de suporte ao biofiltro. Utilizou-se a porcelana, dado o facto desta pasta já se encontrar com as características necessárias à impressão, agilizando a validação deste processo.

Foi impressa uma amostra (fig.120) com uma altura de 30mm e verificou-se que os resultados foram positivos, embora exista ainda a necessidade de ajustes ao nível da densidade da pasta e da programação do sistema de impressão, uma vez que foram verificadas ligeiras imperfeições.

O aluno do Mestrado de Design de Produto da ESAD, CR, Pedro Lopes, participou também neste estudo e realizou a impressão deste componente, utilizando os laboratórios da ISICOM, onde teve oportunidade de trabalhar. A malha estrutural que serve de suporte ao biofiltro foi impressa em faiança, a uma escala de 1.5:1 do seu tamanho, como forma de tornar os cilindros mais espessos, conferindo uma maior estabilidade. Foi possível imprimir a malha piramidal na totalidade, em faiança, verificando-se apenas algumas falhas junto do topo (fig.122).

Verificada esta hipótese, foi efetuado um pequeno estudo sobre a possibilidade da impressão em cerâmica com borra de café. Imprimiu-se um toro com um diâmetro de 100mm e uma geratriz com um raio de 75mm (fig.121). Em resultado desta experiência, foi possível validar também esta estratégia. Contudo, existe ainda a necessidade de realizar estudos adicionais

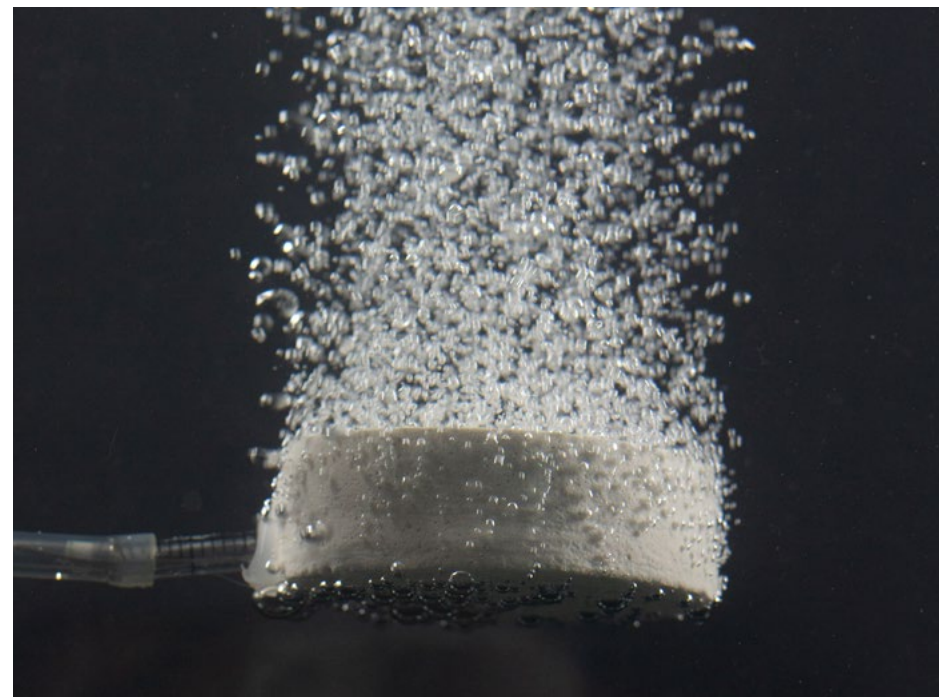


Fig. 115
Amostra de porcelana com 20% de borra de café.

Fig. 116
Amostra com porcelana e 15% de borra de café.

relativamente às qualidades da pasta e da impressão, a fim de garantir a impressão com qualidade do componente.

Apesar deste estudo não ter sido concluído, verificou-se ao longo de todos os testes referidos neste capítulo, um potencial quanto ao uso de pastas cerâmicas com adição de borra de café para aplicação ao cilindro do biofiltro com arejador embutido. Contudo, apesar de promissor, este processo carece ainda de uma longa pesquisa para tirar conclusões quanto à melhor estratégia para a sua execução. Posto isto, o rumo desta investigação poderia seguir dois caminhos. O primeiro seria referente à construção do componente através da prototipagem digital, contemplando alterações sobretudo nos planos horizontais, uma vez não ser possível utilizar suportes na impressão em cerâmica. O segundo, consistiria no redesenho integral do componente em função de outros processos usados em cerâmica considerados mais viáveis, mantendo a lógica do interior amplo e com estruturas ramificadas que permitam a passagem da água pelo seu interior.



Fig. 117
Cilindro de porcelana e
15% de borra de café.

Fig. 118
Amostra de faiança de
20% de borra de café.

Fig. 119
Amostra de faiança de
15% de borra de café.



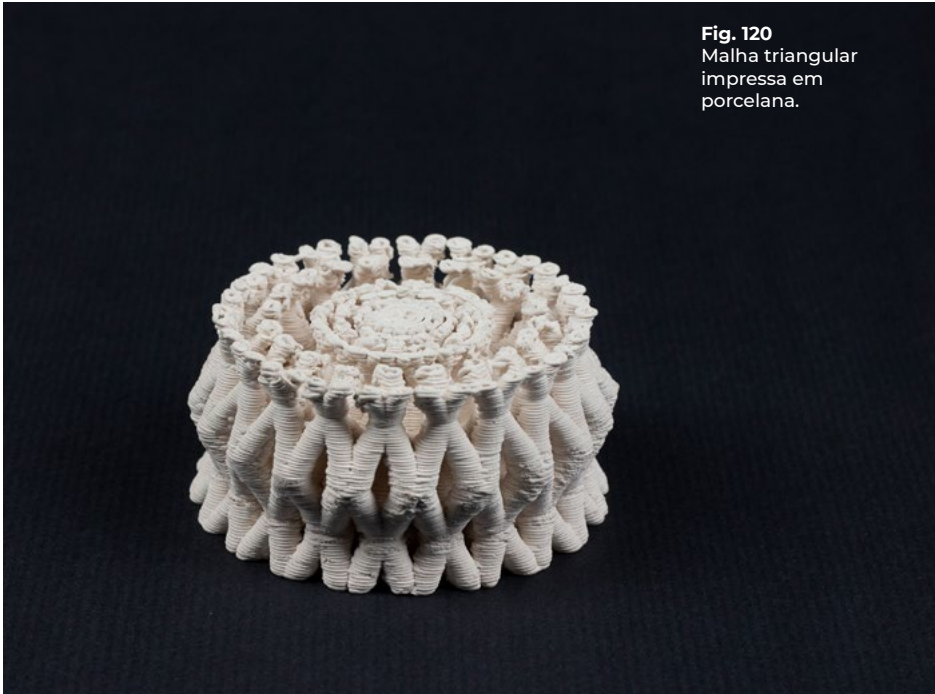


Fig. 120
Malha triangular
impressa em
porcelana.



Fig. 121
Toro impresso em
porcelana e borra de
café.



Fig. 122
Cilindro com malha
triangular para suporte
do biofiltro impressa
em porcelana.

Válvula de Extração de Sedimentos

Desenvolvimento do mecanismo

O presente capítulo visa o desenvolvimento de uma válvula de extração de sedimentos, com o objetivo de ser integrada no aquário dos peixes do sistema aquapónico. Para a sua realização, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- ser desmontável e fácil de instalar, optando-se por encaixes entre os componentes que permitam abdicar do uso de colas;
- utilização fácil, favorecendo a interação com o utilizador, de modo a que este consiga acionar a válvula de forma intuitiva,
- incorporar um sistema de segurança, garantindo a sua permanência fechada.

Como no suporte do biofiltro com arejador, para a construção deste componente recorreu-se à tecnologia de impressão 3D, pois esta permite uma rápida articulação entre o desenho e a sua execução. Optou-se pela concretização deste componente através da fabricação aditiva em filamento Onyx³⁶, pois, para além de ser localmente acessível, é um material resistente, que permite a construção de peças com elevado detalhe e rigor, conforme referido no artigo publicado pela revista científica Additive Manufacturing:

“Additive manufacturing techniques, such as FFF, commonly known as 3D printing, have an underappreciated similarity to those of traditional composite materials, as both are inherently based on stacking a series of discrete layers. It is therefore reasonable to suggest that successful adaptation of 3D printing technologies to composite materials could enable a simple composite manufacturing method with lower production cost and a high degree of automation. As reinforcements can be accurately placed, the laminated structure of composite parts can be further optimised in each layer, allowing for an increase in design freedom and mechanical performance.” (Blok, Longana, Yu & Woods, 2018).

Segundo a marca utilizada Markforged, o filamento de Onyx é também resistente quando exposto a agentes corrosivos, como a água salgada, conferindo-lhe assim, as características necessárias ao contexto de utilização do projeto (Markforged, s.d.).

Com base nas premissas estabelecidas para a conceção da válvula, desenvolveu-se diversos mecanismos distintos, que

³⁶ Onyx: é um filamento usado no processo de fabricação aditiva, e consiste num composto de nylon enriquecido com fibra de carbono, conferindo-lhe uma elevada resistência comparativamente com outros termoplásticos, segundo a marca: “Nylon mixed with chopped carbon fiber offers a high-strength thermoplastic with excellent heat resistance, surface finish, and chemical resistance” (Markforged, 2020a).

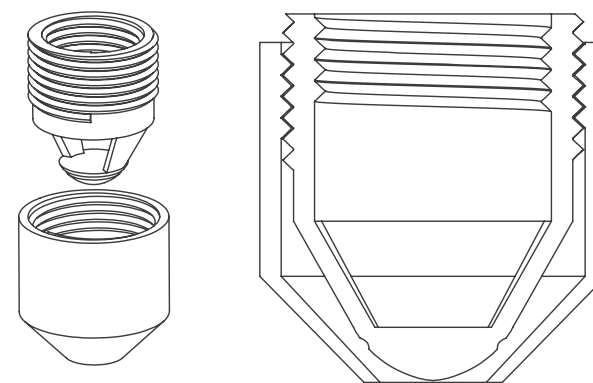


Fig. 123
Corte frontal e componentes, válvula de rosca.

Fig. 124
Impressão de teste, válvula de rosca.

permitiram chegar à concretização de um modelo funcional. Foram impressos mais estudos do que os apresentados neste documento, com função de corrigir dimensões, difíceis de antecipar através do desenho digital.

A primeira impressão (**fig.123 e 124**) consistiu num teste ao processo de fabricação aditiva em filamento Onyx para a construção de rosca, uma vez que é necessário um elevado rigor na sua execução para que estas funcionem. Possibilitou, em paralelo, estudar a necessidade da existência e dimensão das folgas entre as rosca, de modo a que se tornem fáceis de operar, sem perder a força de aperto, pois este material permite fazer afinações milimétricas com uma precisão de 0.1mm.

A válvula teria de travar a passagem da água do aquário para o exterior em dois locais: na periferia do encaixe com o aquário e na zona onde é efetuada a purga. Desta forma, definiu-se que o componente seria constituído por três partes:

- a primeira é colocada por dentro do aquário e tem a função de agregar os restantes componentes,
- a segunda consiste numa rosca que serve para unir o primeiro componente ao aquário,
- a terceira é o manipulador que serve de interface entre a válvula e o utilizador.

Foram desenvolvidos modelos, que consistiram numa evolução dos anteriores. Os testes realizados às válvulas foram efetuados no aquário do sistema.

O modelo 1 (**fig.125 e 126**), foi desenhado com base numa torneira de rosca, permitindo regular o volume de saída do caudal e foi pensado de modo a recorrer à utilização de borrachas vedantes, responsáveis por estancar a água nos dois locais de fuga.

Este funciona através da peça **[3]**, que roda sobre o elemento **[1]**, exercendo pressão no o-ring³⁷, localizado na sua extremidade inferior, impedindo a saída de água para o exterior. Na zona de contacto entre o aquário e o componente **[1]**, foi colocado também um vedante, responsável por estancar a água quando introduzida a rosca **[2]** que faz a união entre estes.

Após testar esta estratégia, verificou-se que o uso de borrachas vedantes entre a zona de contacto da válvula e o aquário foi insuficiente, sendo necessário, recorrer à utilização de um silicone específico para aquários, optando assim por validar esta estratégia nos modelos que se seguem.

Relativamente ao mecanismo que faz acionar a torneira era difícil de operar, uma vez que a rosca era demasiado extensa,

³⁷ O-ring – Borracha vedante em forma de O. Existe em diversos tamanhos e espessuras.

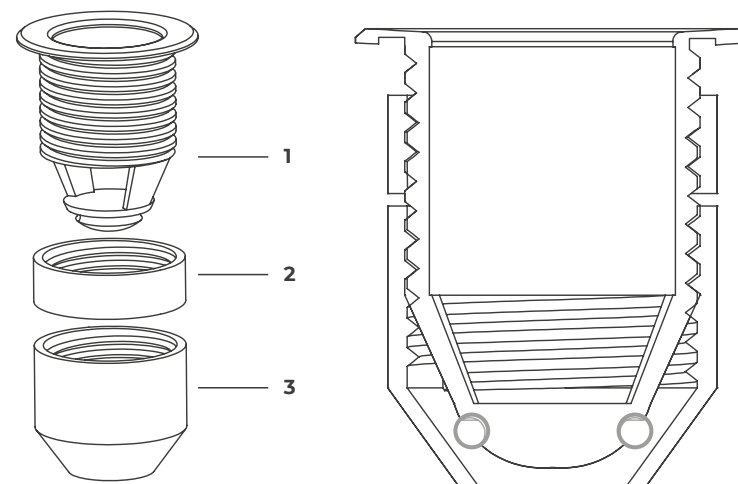


Fig. 125
Corte frontal e componentes da válvula modelo 1.

Fig. 126
Válvula modelo 1.

dificultando a saída de um caudal significativo para limpeza do aquário. Foi também necessário definir uma zona para a colocação do manípulo [3] e outra para a anilha que prende a válvula ao aquário [2], de forma a evitar que o utilizador desaperte os elementos que devem permanecer estáticos.

O modelo 2 (fig.127 e 128), contruiu-se com base na ideia de facilitar a operação e torná-la mais intuitiva.

Nesta configuração o manípulo sugere uma rotação de 180°, permitindo acionar a válvula com um só gesto. Esta estratégia possibilitou também fixar o manípulo [6] ao elemento [4], através de um baixo relevo em [4] e uma saliência em [6], que faz a união entre os dois.

Ao testar esta amostra, percebeu-se que a força de atrito entre o componente [4] e [6] era insuficiente, proporcionando a existência de folgas e conseqüente fuga de água, verificando-se a necessidade de reforçar a conexão entre os dois.

O modelo 3 (fig.129 e 130), consiste num híbrido entre os dois anteriores e foi inspirado no mecanismo usado nas garrafas de plástico que possuem duas roscas de meia volta. A estratégia visa reforçar a conexão entre o manípulo [9] e o elemento [7] reduzindo o espaço entre os componentes, de modo a impedir a passagem da água entre estes.

Após testar a amostra, verificou-se a sua incapacidade em bloquear a passagem da água, contudo, este mecanismo permitiu perceber a necessidade de fazê-lo num nível superior, acima da zona das roscas, para que a água não as atravessasse quando a válvula se encontrava fechada. Neste modelo ainda não estava solucionada a fixação do manípulo na válvula.

Neste modelo foi adicionado um indicador com função de mostrar ao utilizador a posição da válvula quando corretamente fechada, através de um componente com a forma do manípulo. Porém, considerou-se que esta era uma opção inviável, dada a dificuldade em alinhar os componentes, devido ao acerto entre as roscas e a flexão das borrachas vedantes.

O modelo 4, (fig.131 e 132) é semelhante ao anterior, contudo o manípulo [12] passou a incorporar a ponta cônica do componente [7] do modelo anterior, que foi invertida, de modo a encaixar dentro do elemento [10], onde é feito o bloqueio da água através da borracha vedante.

Esta configuração permitiu impedir a passagem da água para o exterior, contudo, os elementos [12] e [9] não têm qualquer

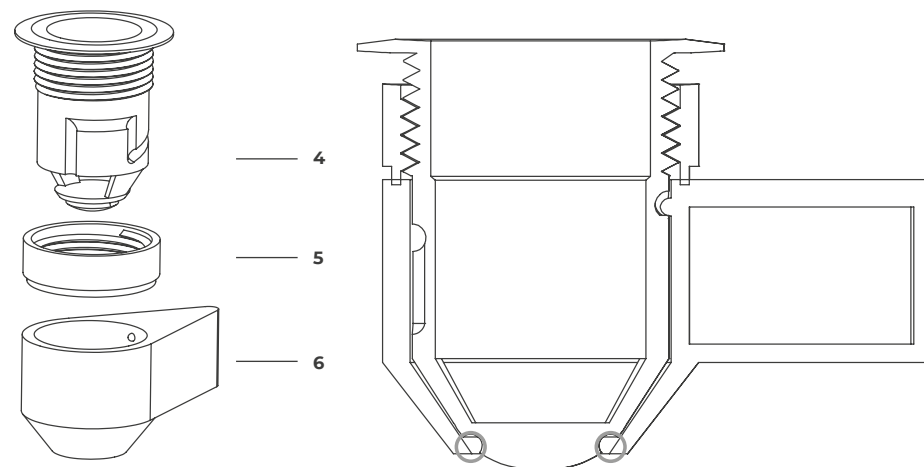


Fig. 127
Corte frontal e componentes da válvula modelo 2.

Fig. 128
Válvula modelo 2.

fixação entre si, dificultando a operação da válvula, uma vez que o utilizador correria o risco de a desmontar durante a utilização.

De forma a garantir a eficácia do sistema de purga e a permitir uma utilização mais intuitiva, centrada na relação com o utilizador, optou-se por repensar a configuração da válvula, de forma a torná-la mais fácil de operar. Decidiu-se usar um sistema de mola, que permitiu garantir o seu bloqueio, acionando-a unicamente quando necessário.

O modelo 5 (**fig.133 e 134**) consiste num novo mecanismo, igualmente constituído por três peças, fixando-se ao aquário do mesmo modo que os sistemas anteriores. Funciona através de uma mola, colocada entre o componente [14] o manípulo [15], permitindo que este se mova no sentido vertical. Na extremidade superior do manípulo [15] é colocada uma borracha vedante, o-ring, permitindo a sua fixação no corpo da válvula, servindo de batente, e em simultâneo de vedante, impedindo a passagem de água para o exterior. O corpo do manípulo [15] tem uma estrutura de secção em “x”, possibilitando a passagem da água pelo seu interior, até ao exterior do aquário. O orifício de despejo, com uma medida de 20mm, permite a saída de um volume de água maior ou igual ao que entra na válvula, evitando fugas por locais indesejados.

Esta configuração possibilitou responder a todas as considerações que os modelos anteriores não respondiam. Contudo, durante a fase de teste foi verificada a existência de uma pequena fuga de água, levando à especulação do o-ring não possuir uma deformação elástica suficiente ao efeito. Foram também testados o-rings em silicone, pois segundo o fornecedor de vedantes Hidromarinha, este material apresentava uma maior capacidade em se deformar, porém não foram verificadas melhorias.

Uma vez que a oferta de material vedante era limitada, optou-se por desenhar e produzir um anel de borracha, com uma configuração cónica (**fig.137**), em silicone. Em teoria, esta forma permitia à borracha ficar presa entre o componente [13] e o manípulo [15], bloqueando a passagem da água ao longo de toda a periferia dos elementos que constituem a válvula.

Após a colocação das novas borrachas, verificou-se que o objetivo de vedar a válvula de extração de sedimentos tinha sido finalmente cumprido.

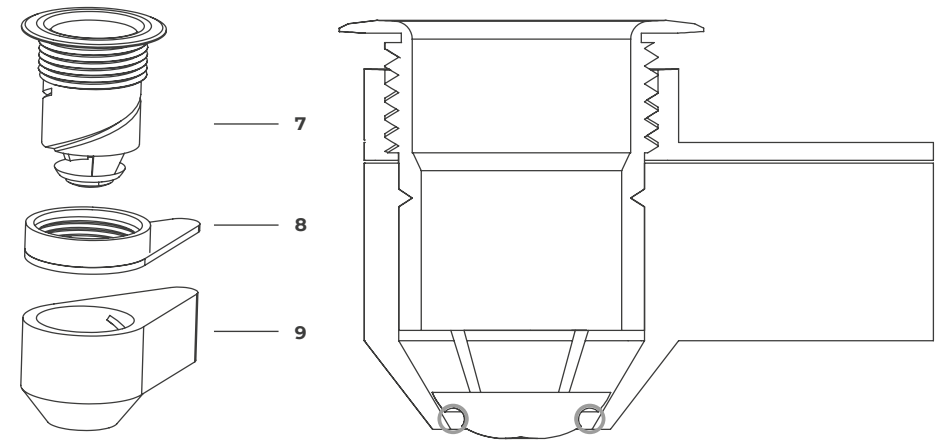


Fig. 129
Corte frontal e
componentes da
válvula modelo 3.

Fig. 130
Válvula modelo 3.

Fig. 131
Corte frontal e
componentes da
válvula modelo 4.

Fig. 132
Válvula modelo 4.

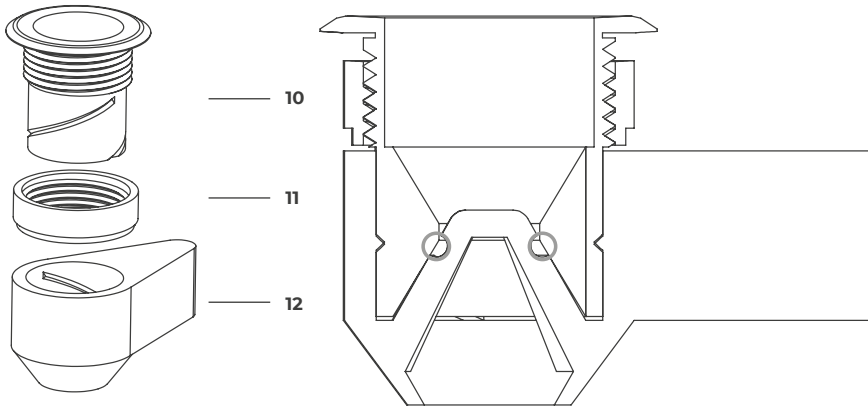
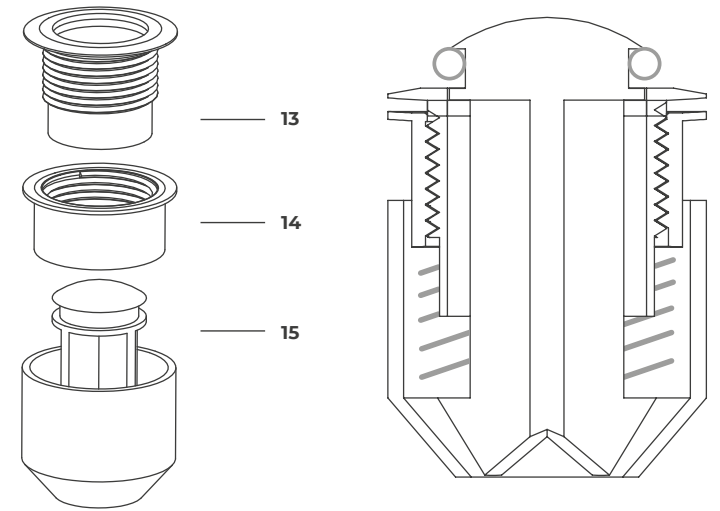


Fig. 133
Corte frontal e
componentes da
válvula modelo 5.

Fig. 134
Válvula modelo 5.



Estudo de um manípulo

Validado o mecanismo da válvula, iniciou-se um pequeno estudo para a construção dos manípulos, segundo os objetivos estabelecidos. Durante os testes às válvulas desenvolvidas anteriormente, percebeu-se que a forma mais intuitiva de acionar a válvula seria fazê-lo só com uma mão, ou diretamente com um copo.

Na primeira configuração (**fig.135 e 136**), adicionou-se ao manípulo três abas em ângulo, conferindo ao componente um diâmetro total de 75mm.

Após o teste de utilização, foi possível perceber que o manípulo era desconfortável, sendo necessário acrescentar material que permitisse criar uma zona de suporte à mão, garantindo também uma maior estabilidade à utilização de um copo, para a colheita dos sedimentos.

A segunda configuração (**fig.138 e 139**), visou integrar no manípulo uma aba circular, fixa por três eixos em ângulo. Este último foi desenhado com o objetivo de criar uma maior zona de apoio à mão, ou ao copo, sem ser massiva.

O manípulo foi testado e verificou-se que as abas eram demasiado finas, acabando por se danificar em poucas utilizações. O uso das abas angulares também não favorecia o suporte ao copo nem proporcionava conforto à mão.

A terceira e última configuração (**fig.140 e 141**) possibilitou ampliar a zona de contacto entre o copo ou a mão do utilizador, através do desenvolvimento de uma aba horizontal periférica, com 80mm de diâmetro.

Após testar o modelo, verificou-se que este ia ao encontro do pretendido, sendo mais confortável que os anteriores e também mais resistente.

Ao contrário da premissa inicial, a construção de uma válvula funcional para a extração de sedimentos teve de recorrer à utilização de colas para a sua fixação. Contudo, a seleção do silicone garante a fixação de um dos componentes da válvula no aquário, possibilitando que esta seja facilmente removido e substituído.

Uma vez não ter sido ainda desenvolvido um conjunto de ferramentas que permitam operar o sistema aquapónico, a recolha dos resíduos depositados no fundo do aquário foi pensada de modo a permitir ser executada através de um copo, cujo diâmetro seja igual ou inferior a 80mm, medida estabelecida para o desenho da válvula.

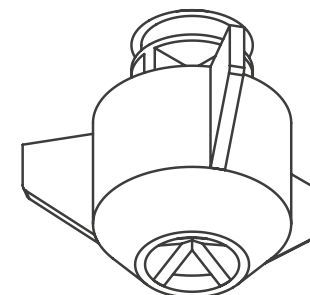


Fig. 135
Esquema primeiro manípulo.

Fig. 136
Primeiro manípulo.

Foi definido o diâmetro de abertura da válvula de 20mm, sendo necessário analisar durante o período de implementação do sistema, a necessidade de ajustes, entre a capacidade do recipiente que acolhe os detritos e a velocidade de saída da água do aquário necessária à limpeza eficaz do sistema.

O material de conceção da válvula só está disponível em preto, indo ao encontro das especificações estabelecidas no decorrer do projeto, dado o facto de ser uma cor neutra, preservando a expressão ao ecossistema.

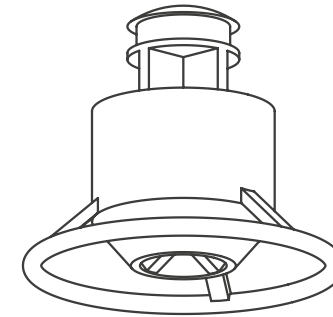


Fig. 137
Borracha vedante
cônica.

Fig. 138
Esquema segundo
manípulo.

Fig. 139
Segundo manípulo.



Fig. 140
Esquema terceiro
manípulo.

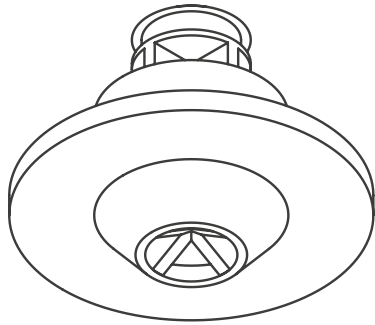


Fig. 141
Terceiro manípulo.



Fig. 142
Montagem da válvula
de extração de
sedimentos.



Fig. 143
Colocação da borracha
vedante.





Fig. 144
Válvula de extração de sedimentos.

Estrutura de suporte do sistema aquapônico

A construção do suporte para o sistema aquapônico envolveu o desenvolvimento de um conjunto de estruturas que possibilitam a implementação em contextos diferentes, definidos segundo o critério do utilizador. Desenvolveram-se duas estruturas de pé, uma com 850mm e outra de 500mm, e uma de fixação ao teto, que permite manter o sistema suspenso.

O desenho das estruturas de suporte partiu de três considerações.

A primeira, as estruturas deveriam ser projetadas de acordo com uma lógica de portabilidade, permitindo transportar, montar e desmontar facilmente mediante a implementação nos diversos contextos. Dada esta premissa, considerou-se de interesse que os componentes pudessem ser partilhados entre as estruturas, permitindo ao utilizador modificar as características do suporte, sem a necessidade de recorrer à sua substituição integral.

A segunda, de acordo com a dimensão comunicativa do projeto, a estrutura teria de ser sóbria, evitando tirar o protagonismo ao ecossistema, devendo evidenciar o aquário. Contudo, dado o contexto de utilização e a imprevisibilidade do comportamento das crianças, esta teria de ser suficientemente resistente.

A terceira, a estrutura teria de suportar os componentes externos que fazem parte do funcionamento do sistema, como a bomba de ar, e se possível, criar zonas que permitam abrigar os fios dos dispositivos elétricos usados no sistema, resguardando-os das crianças.

Estruturas de pé

A conceção das estruturas partiu de um tripé, de modo a ir ao encontro das diretrizes mencionadas anteriormente, reduzindo assim o número de apoios e favorecendo a observação periférica do aquário. Optou-se pela construção da estrutura em aço, conferindo-lhe a resistência necessária ao contexto de utilização, sem a tornar visualmente massiva, através de perfis com uma espessura de 20mm.

As estruturas foram separadas em três elementos distintos (**fig.146 e 148**): o suporte do aquário, um triângulo estabilizador e os apoios. O suporte do aquário é comum a todas as estruturas e o eixo estabilizador é partilhado entre os sistemas de pé.

O desenho elementos que compõem os suportes esteve sempre presente, e procurou manter equidistantes as furações

e encaixes, assim como a coerência na seleção dos perfis. As decisões relativas aos detalhes construtivos, designadamente sobre a sua resistência e viabilidade de execução, foram discutidas previamente em conjunto com o fornecedor Dcst Inox, até definir o desenho final.

A aba periférica do aquário permitiu a construção de um suporte circular com 670mm de diâmetro exterior. O triângulo que faz a união dos apoios garante a estabilidade das estruturas, permitindo o acesso à válvula de limpeza de sedimentos.

Os apoios foram construídos em ângulo, com o objetivo de conferir estabilidade à estrutura, aumentando a área de suporte do sistema (base), garantindo que a vertical que passa pelo centro de gravidade a intersecta. Desta forma, os apoios de ambas as estruturas foram afastados 110mm em relação ao eixo perpendicular ao chão (fig.150). Estas medidas foram definidas com base em simulações, elaboradas a partir de uma estrutura que serviu de suporte ao sistema aquapónico no decurso da sua construção (fig.145).

Inicialmente considerou-se a construção dos elementos que integram a estrutura com perfis quadrangulares. Contudo, por via da necessidade de arrumar os fios elétricos do termostato e da bomba de ar, optou-se por utilizar uma calha com secção em U para a construção dos apoios, de modo criar uma câmara interior que permitisse a sua colocação. Desta forma, utilizou-se a mesma calha para a conceção do triângulo estabilizador, mantendo a coerência com os restantes elementos, sem perder a resistência. A circunferência foi concebida através de um perfil de secção quadrangular, dada a necessidade de soldar os elementos que fazem a união aos apoios, e também por motivos intrínsecos à própria construção, que se prendem à dificuldade em executar a calandragem da calha de acordo com a configuração pretendida.

A conexão entre os elementos da estrutura é realizada utilizando encaixes “macho-fêmea”. De modo a garantir uma maior precisão entre estes, executou-se esta ligação através de um varão circular. A união destes apoios foi feita quer no sentido vertical, quer no horizontal, através de dois excertos de varão quadrado com uma furação de 15mm, soldados à calha e polidos. A fixação entre os elementos foi efetuada através de um parafuso, colocado na perpendicular ao encaixe, conferindo a estabilidade necessária ao sistema (fig.151).

Por fim, a bomba de ar foi colocada num dos apoios, através de furações que permitiram a colocação de um suporte adaptado às configurações do modelo *EHEIM Air Pump* de 200L/h, recomendada pelo biólogo Dr. Raúl Bernardino.



Fig. 145
Estrutura experimental usada no decurso da construção do sistema aquapónico.

Fig. 146
Esquema da estrutura
de pé grande.

Fig. 147
Estrutura de pé
grande.

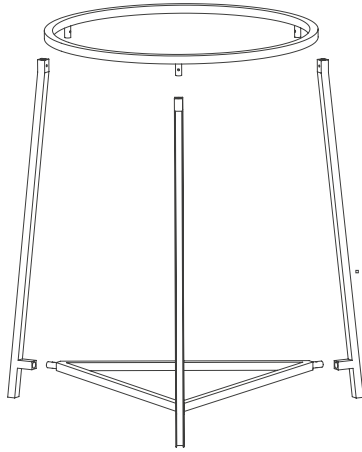
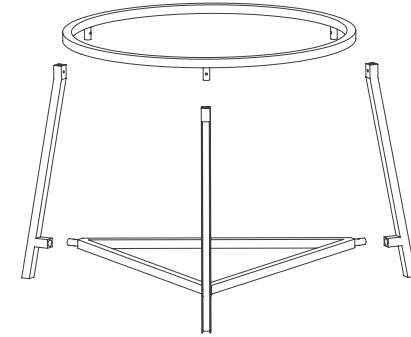


Fig. 148
Esquema da estrutura
de pé pequeno.

Fig. 149
Estrutura de pé
pequeno.



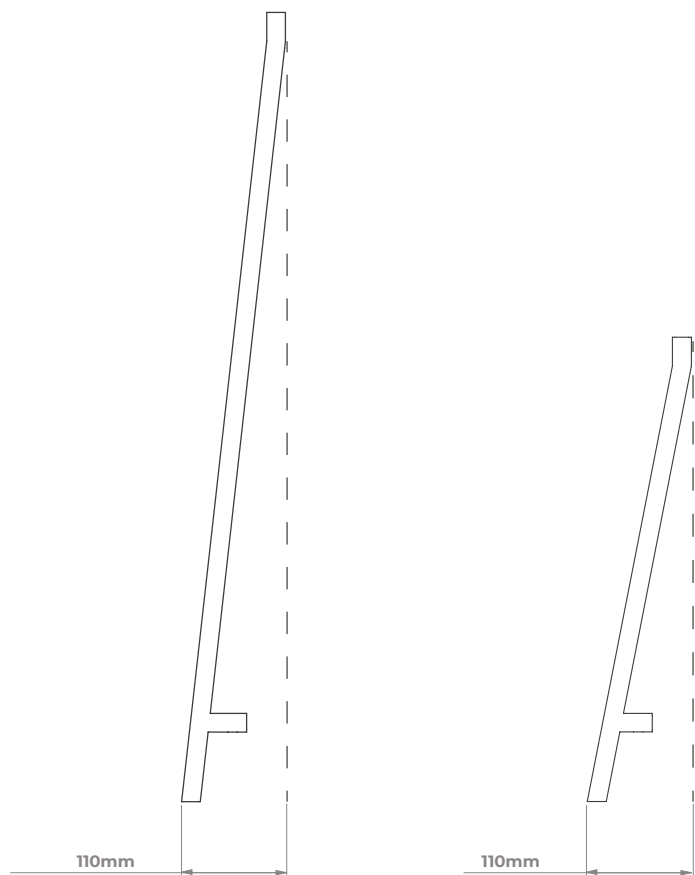


Fig. 150
Diferença entre os apoios da estrutura maior e menor.

Fig. 151
Encaixes da estrutura de pé.

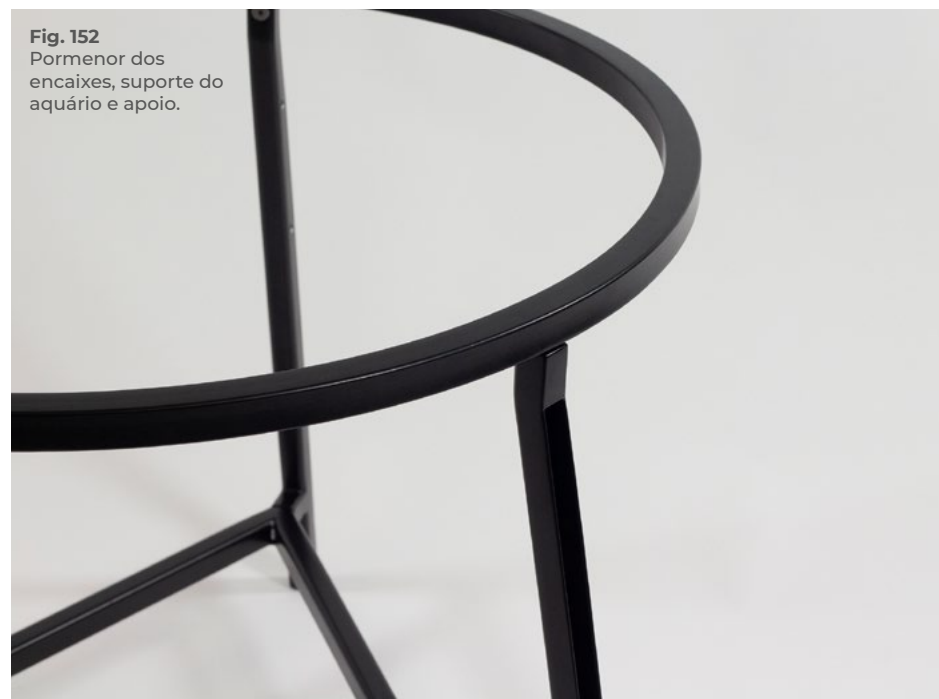
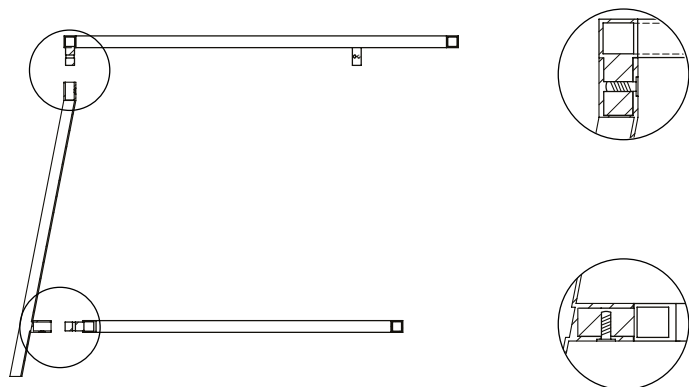


Fig. 152
Pormenor dos encaixes, suporte do aquário e apoio.



Fig. 153
Pormenor dos encaixes, triângulo estabilizador e apoio.

Estrutura de teto

A estrutura de teto foi concebida de acordo com as premissas estabelecidas no início do capítulo, e foi projetada de modo a integrar o suporte do aquário, elemento em comum com os modelos apresentados anteriormente. Desta forma o sistema é composto por este elemento, três suportes que fazem a sua suspensão, três cabos de aço, um dispositivo de fixação dos cabos de aço ao teto, e uma caixa que reveste a unidade anterior (fig.154).

Com a finalidade de suspender o suporte do aquário, foram produzidos pequenos paralelepípedos, com o mesmo sistema de encaixe das restantes estruturas. A estes, são fixos cabos de aço com uma espessura de 2mm, capazes de suportar até 60 quilos cada. Uma vez que os cabos de aço não poderiam ser soldados, porque perderiam resistência devido à altas temperatura do processo, foram cravados numa das extremidades, de modo a criar um batente interno, que fica preso no interior das peças que fazem a suspensão do aquário. A utilização de cabos de aço para este efeito possibilitaria a suspensão do sistema aquapónico, proporcionando um equilíbrio entre a resistência e uma noção visual de leveza.

Para a fixação ao teto desenvolveu-se um sistema com três hastes, através da calha em U. Em cada extremidade, foi soldado um mecanismo que permite fixar e regular a medida dos cabos de aço, e funciona através de dois orifícios, que possibilitam a colocação do cabo em arco, deixando uma porção excedente de reserva, que fica ocultada dentro da caixa que reveste o sistema (fig.155). A fixação do cabo é efetuada pelo lado interno do dispositivo, através de uma peça móvel, colocada entre o parafuso de aperto e o local de passagem do cabo, evitando que este fique com marcas. Este sistema também foi executado com recurso a um excerto de varão, conforme usado nos encaixes das estruturas referidas anteriormente. Foi soldado de forma a criar um espaço na sua zona superior, que serve à colocação da caixa que reveste o sistema, esta fica presa entre este elemento e o teto, sendo inserida por meio de rotação. Este elemento consiste num cilindro em chapa metálica e foi concebido com o objetivo de ocultar os dispositivos e as ligações elétricas necessárias ao sistema. Possui três furações para a passagem dos cabos de aço, presos no suporte de teto. Junto a um destes orifícios fez-se uma furação maior, permitindo a passagem do tubo de arejamento e do fio elétrico que faz a ligação ao termostato. Devido à tensão exercida ao tensionamento dos cabos que atravessam a caixa, é possível travar as suas oscilações horizontais, garantindo assim a uma fixação segura durante a utilização.

Considerou-se pintar todas as estruturas de preto mate, de forma a garantir a coerência visual para com a válvula de extração de sedimentos e os fios dos dispositivos elétricos, permitindo assim que estes fiquem camuflados. O preto permite também dar evidência aos restantes elementos do ecossistema (sistema aquapónico).

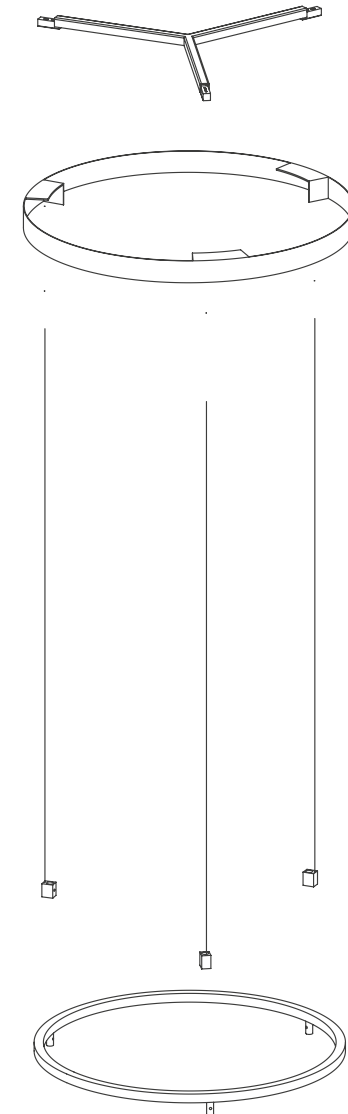


Fig. 154
Esquema da estrutura de teto.

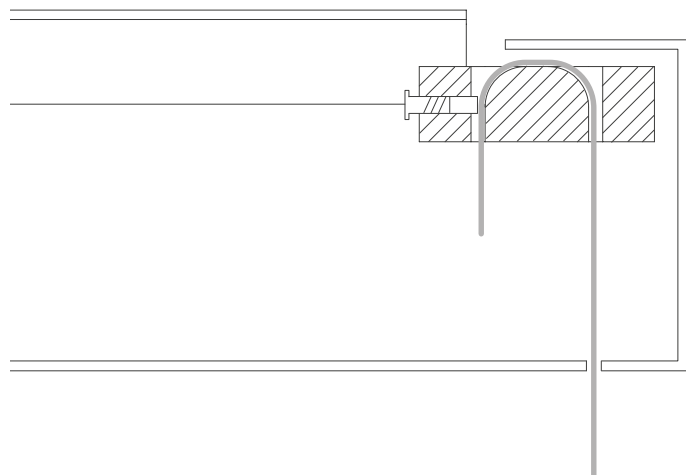


Fig. 155
Esquema do mecanismo para fixar os cabos de aço.

Fig. 156
Suporte para fixação da estrutura ao teto.

Fig. 157
Regulação da medida dos cabos de aço.

Fig. 158
Fixação dos cabos de aço.

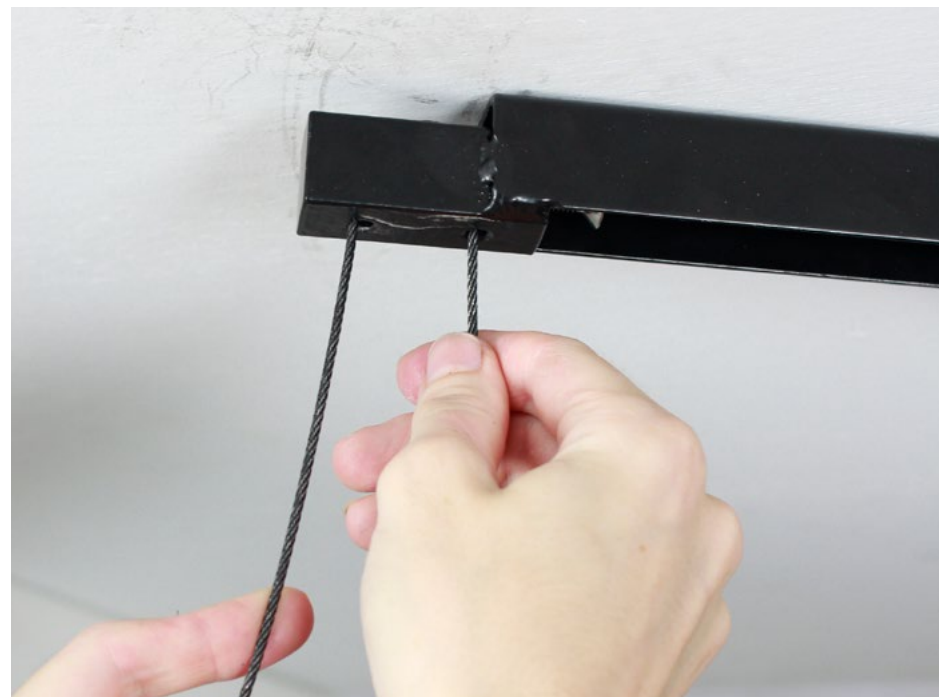




Fig. 159
Colocação da bomba de ar na caixa que reveste a estrutura.



Fig. 160
Encaixe para o suporte do aquário.

Fig. 161
Fixação do suporte do aquário.





Fig. 162
Estrutura de teto.

³⁸ Dimensões da bomba de ar: 152x89x71mm (AlturaxLarguraxProfundidade)

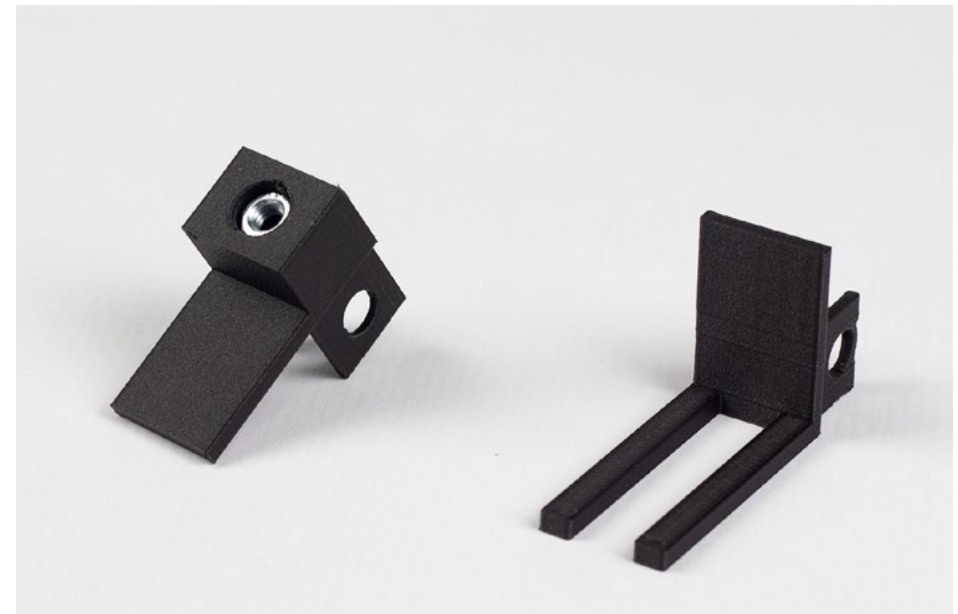
Suporte para a Bomba de Ar

Durante a construção dos suportes do sistema aquapónico, verificou-se a necessidade de desenvolver um dispositivo com a finalidade de fixar a bomba de arejamento num dos apoios das duas estruturas de chão. Para a construção deste componente foi selecionada a tecnologia de impressão 3D em filamento de Onyx, devido aos mesmos motivos enumerados no capítulo da válvula de extração de sedimentos.

Dadas as dimensões da bomba ³⁸ utilizada EHEIM Air Pump de 200L/h, que lhe conferiam um aspeto massivo, decidiu-se que o suporte deveria ser discreto, reduzindo a informação visual. Procurou-se também tirar partido da forma da bomba de ar, optando-se pela sua fixação nas duas extremidades, através do desenvolvimento de duas peças separadas, fixas através de rosca aos elementos de apoio das estruturas (**fig.163**).

O mesmo sistema de rosca foi usado para prender a bomba de ar na sua extremidade superior, tirando partido de uma borracha incorporada que permitia a colocação de um parafuso, enquanto que para a construção do suporte inferior criou-se um sistema que bloqueia a sua rotação, mantendo-se paralela ao apoio do sistema aquapónico, servindo de arrumação para os fios elétricos (**fig.164**). Os tubos de arejamento e dos cabos elétricos passam e são fixos no interior dos elementos de apoio.

Fig. 163
Suporte para bomba de ar.



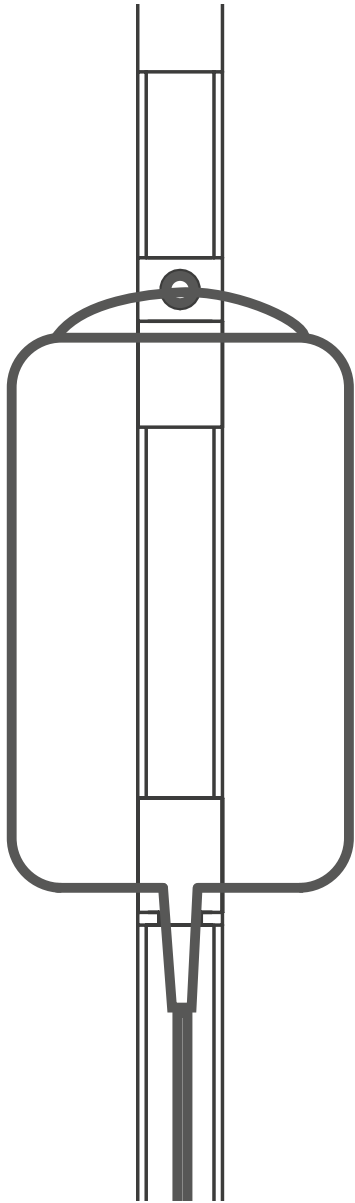


Fig. 164
Esquema do suporte
para a bomba de ar.

Fig. 165
Pormenor do suporte
com a bomba de ar
EHEIM 200W.



Custo de produção:

A aquisição de materiais para a execução de estudos preliminares e produção dos componentes do sistema aquapónico, desenvolvido no âmbito do projeto Aquaponia Doméstica: Sistemas de Aquacultura Multitrófica Integrada (IMTA) SAICT-POL/23397/2016, contou com a disponibilização por parte da FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia), entidade financiadora, do montante de 4000 euros.

O desenvolvimento de cada protótipo individual, com as 3 estruturas de suporte e respetivos dispositivos elétricos, custou um total de 2,160€ S/IVA (fig.166). Este valor é justificado pelo facto desta ser uma produção de pequena série, que torna mais dispendioso o seu processo de fabrico. Contudo, numa produção mais alargada do sistema aquapónico é estimada uma redução significativa deste valor.

Componente	Valor S/IVA
Claraboia	100€ Un.
Cama de cultivo	223€ Un.
Separador de raízes	88€ Un.
Biofiltro	40€ Un.
Válvula de extração de sedimentos	10€ Un.
Borrachas	15€ Un.
Mola	3€ Un.
Estrutura metálica pequena	540€ Un.
Estrutura metálica grande	660€ Un.
Estrutura de teto	435€ Un.
Suporte bomba de ar	5€ Un.
Bomba de ar	28.9€ Un.
Termostato	13.5€ Un.
Total	2,160 €

Fig. 166
Tabela sobre custo de produção dos componentes.



Modelos Finais

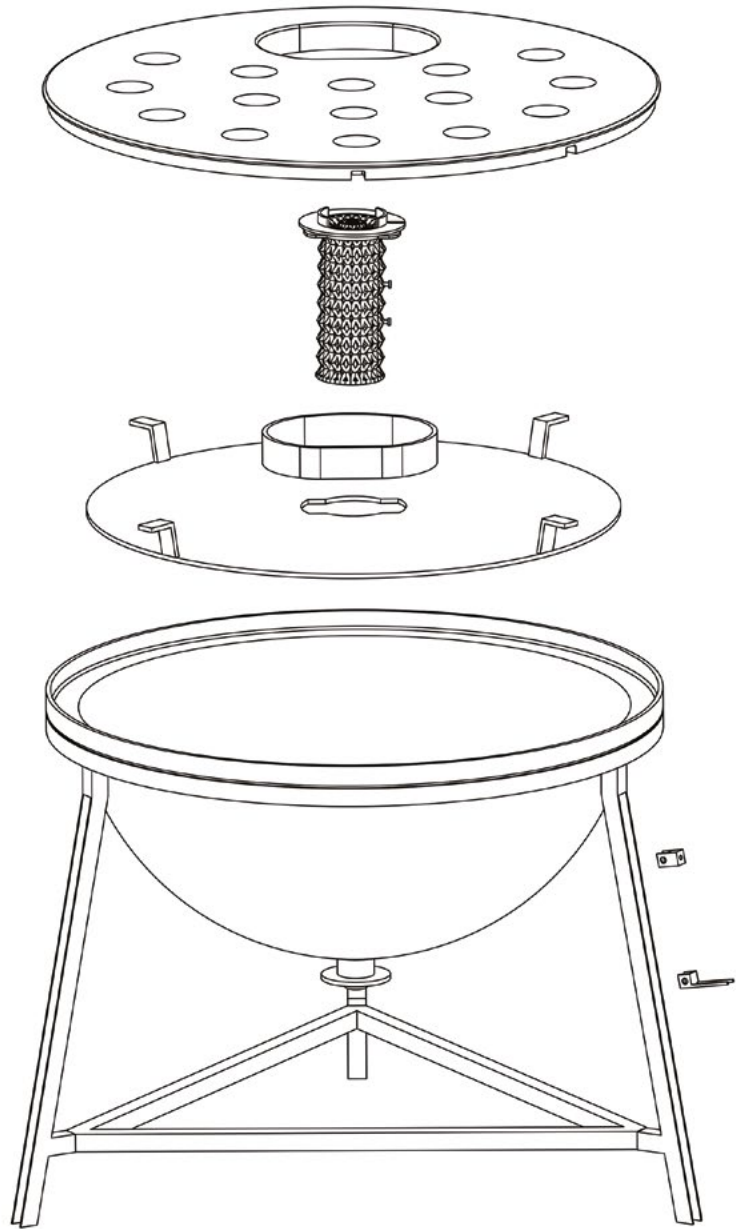


Fig. 168



Fig. 169



Fig. 170



Fig. 171



Fig. 173



Fig. 172



Fig. 174



Fig. 175



Fig. 176



Fig. 177



Fig. 178

Fig. 179

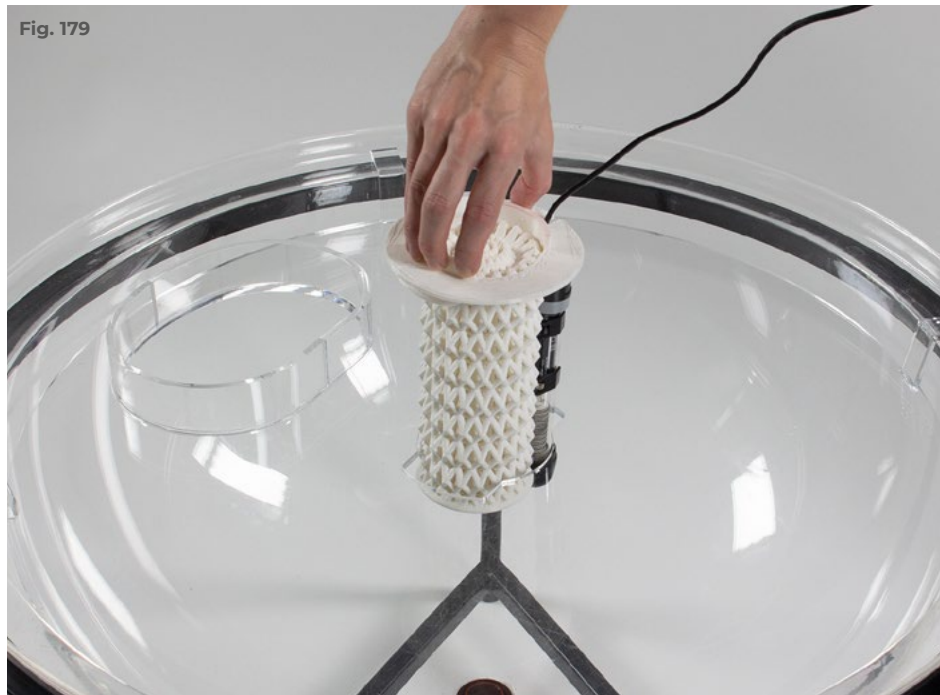


Fig. 181



Fig. 180



Fig. 182





Fig. 183



Fig. 184



Fig. 185



Fig. 186



Fig. 187



Fig. 188



Fig. 189



Fig. 190



Fig. 191



Fig. 192



Fig. 193



Fig. 194



Fig. 195



Fig. 196



Fig. 197



Fig. 198



Fig. 199



Fig. 200



Implementação

Sistema no contexto escolar

O presente capítulo visa avaliar o desempenho do sistema aquapónico em contexto escolar. Conforme mencionado no capítulo referente à implementação de sistemas sonda para recolha de dados, esta atividade decorreu novamente na EB1/JI do Carvalho em Aljubarrota. Foi elaborada novamente uma apresentação da temática, transmitida aos alunos do 1º ao 4º ano de escolaridade, e o sistema foi instalado no refeitório, permitindo o seu acesso a todas as crianças. Contudo, este ficou ao encargo da turma do 4º ano, a mesma que acolheu numa primeira fase o sistema Hidroblocks, sendo a professora Paula Almeida responsável pelo acompanhamento do processo. A implementação do sistema aquapónico na escola teve início no dia 24 de janeiro de 2020 e foi interrompida no dia 13 de março de 2020, devido ao surgimento da pandemia COVID-19.

Inicialmente não foi definido um período temporal para a implementação do sistema, sendo que quanto mais tempo este estivesse na escola, mais aprofundados seriam os conteúdos, e consequentemente, maior o seu contributo para a aprendizagem das crianças. Este facto deve-se sobretudo a dois fatores: a componente orgânica, resultante da apropriação e adaptação do ecossistema ao equipamento; e a complexidade temática, que envolve a assimilação e compreensão dos conteúdos por parte das crianças, sendo estes processos lentos e que exigem continuidade.

Durante a implementação era esperado que o sistema aquapónico fosse explorado enquanto ferramenta de suporte pedagógico, para ilustrar ou lançar problemáticas que pudessem extrapolar o domínio da biologia, e servir para lecionar outras áreas do conhecimento, tais como matemática, física e química.

O processo de implementação e recolha de resultados foi dividido em três fases:

- a primeira fase - instalação do sistema na escola, apresentação oral sobre a importância da aquaponia, e demonstração das atividades necessárias à manutenção do ecossistema. Esta atividade correspondeu ao primeiro dia,
- a segunda fase - manutenções do sistema realizadas pelas crianças com auxílio da professora, durante o período semanal enquanto o sistema aquapónico esteve ativo,
- a terceira fase - recolha de resultados através de uma conversa informal com as crianças e com a professora Paula Almeida. Esta foi a última ação e decorreu após a recolha do sistema aquapónico.

Para a realização desta atividade foi necessário ainda definir uma seleção de:

- peixes;
- plantas;
- testes aos indicadores físico-químicos;
- ferramentas que permitissem a recolha de dados e designassem quais as tarefas de manutenção.

Foi ainda necessário incluir acessórios, concebidos a partir de materiais disponíveis no mercado que viriam prestar auxílio às tarefas de manutenção. Posto isto, foi utilizado:

- um reservatório suplementar para a reposição da água do sistema. Este foi recomendado por parte dos biólogos, que aconselharam a utilização da água da rede pública, embora possua elevadas concentrações de cloro, prejudiciais ao ecossistema. Estes referiram que o cloro é

³⁹ Ictioterapia: "Ichthyotherapy is defined as the treatment of skin disease (so far mainly cornification disorders like psoriasis and ichthyosis) with the so-called "doctor fish of Kangal", Garra rufa (Heckel 1843). (Grassberger & Sherman, 2013, p. 147).

⁴⁰ Zoonótico: "Any disease or infection that is naturally transmissible from vertebrate animals to humans and vice-versa is classified as a zoonotic disease (zoonosis)" (Grassberger & Sherman, 2013, p.165).

um elemento químico volátil, sendo o repouso prévio da água seria suficiente para assegurar a sua libertação. De modo a fornecer a distribuição de ar e a evitar choques de temperatura, este reservatório continha ligação a uma bomba de ar e a um termostato,

- um copo de acrílico transparente com capacidade aproximada para 250ml, para realizar a colheita dos detritos sólidos saídos da válvula de extração de sedimentos,
- um recipiente com capacidade para cerca de 3 litros, que consistia num excerto de um garrafão de plástico, servindo para auxiliar no transporte de maiores quantidades de água, quer dos detritos, quer da reposição no reservatório suplementar e do sistema aquapónico.

Seleção de peixes

A seleção de uma espécie piscícola para habitar no sistema partiu do princípio pedagógico intrínseco ao projeto, que tem por base a interação com o utilizador. Utilizaram-se os peixes Garra rufa devido à sua curiosidade natural e capacidade que têm de se relacionar com os seres humanos. Esta é uma espécie de água doce, originária das bacias hidrográficas do médio Oriente (Wildgoose, 2012; Patimar, Chalanchi, Chamanara, & Naderi, 2010; Fish Veterinary Society, 2011), sendo que a sua utilização na Europa para fins cosméticos tem vindo a aumentar, sobretudo em pedicures, devido aos seus benefícios estéticos (Volpe et al., 2019). São também conhecidos por "peixe-médico", usados em ictioterapia³⁹, existindo diversos estudos que relacionam a sua utilização no auxílio do tratamento de patologias dermatológicas, especialmente em pacientes com psoríase ou eczema (Sayilia, Akcaa, Dumanb & Esengun, 2007; Yedier, Konaş, Bostancı & Polat, 2016; Grassberger & Hoch, 2017; Wildgoose, 2012; Cabral & Carneiro, 2014). Os Garra rufa são peixes omnívoros, porém é incerto se estes se alimentam de peles mortas ou se as removem na procura de comida, pois estas são constituídas essencialmente por queratina, não representando uma dieta equilibrada. Esta espécie possui uma boca oval, com as extremidades queratinizadas e o lábio inferior ampliado, possibilitando a sucção de alimento depositado em rochas ou outras superfícies submersas (Wildgoose, 2012).

Segundo o artigo publicado pela Fish Veterinary Society, a sua utilização em Spas carece de cuidados ao nível da higienização e esterilização da água, visto existir o risco de contaminação e propagação de bactérias, vírus ou parasitas, tanto ao nível zoonótico⁴⁰, como entre utilizadores (Fish Veterinary Society, 2011).

Contudo, existem outros estudos que afirmam esta como uma prática segura, pois, de acordo com o artigo publicado na

revista Portuguesa de medicina geral e familiar, redigido pelas autoras Helena Cabral e Joana Carneiro:

“A ictioterapia (...) parece ser segura e inócua. Os riscos relatados associados à exposição a G. rufa parecem ser baixos. Até ao momento, há apenas um número limitado de relatos de doentes que podem ter sido infectados por esta via de exposição” (Cabral & Carneiro, 2014, p.404) .

Apesar das diversas posições quanto à utilização destes peixes, a relação desta espécie com os objetivos do projeto não se prende as suas capacidades terapêuticas, mas sim no carácter curioso e interativo, característico desta espécie, que favorece a proximidade entre estes e as crianças. Assim a sua utilização permite às crianças relacionar-se com os peixes, embora com as precauções de higiene necessárias ao efeito, não se limitando a estabelecer um contacto direto com as plantas.

Uma vez que os Garra rufa habitam em regiões onde há uma temperatura de água oscila entre 15°C e 28°C (Wildgoose, 2012), é necessário a aplicação de um termostato, principalmente durante as estações frias.

Não obstante esta seleção, o utilizador poderá usar o aquário de acordo com o seu próprio critério, uma vez que o equipamento permite hospedar outras espécies de peixes de água doce ou salgada, desde que se enquadrem dentro da escala do projeto.

Fig.202
Peixes Garra rufa.

Fig. 203
Morfologia dos Garra rufa.



Seleção de plantas

A aquaponia permite o cultivo de todo o tipo de plantas, geralmente produzidas através da agricultura tradicional, pois a constante irrigação, acompanhada de níveis elevados de oxigénio, garante a sua sobrevivência, impedido que estas morram por excesso de humidade. As espécies vegetais de desenvolvimento subterrâneo, tais como as cenouras, beterrabas (entre outras), são também possíveis de cultivar, embora possam adquirir formas diferentes das habituais, devido ao espaço onde estão confinadas (Stout, 2013).

O sistema aquapónico Homegreens possibilita a colocação de diferentes plantas em simultâneo, favorecendo o estudo do comportamento de cada espécime. Contudo, devido ao seu conceito, a seleção das plantas partiu de uma lógica de familiaridade, permitindo às crianças o reconhecimento das

mesmas, estando esta relacionada com a variedade existente ao nível local. Desta forma a seleção incidu sobretudo na utilização espécies para consumo, como pequenas hortícolas, ervas aromáticas e de desenvolvimento subterrâneo (fig.204).

A temperatura da água ideal para a produção da maioria dos vegetais situa-se entre os 18° a 30°C (Somerville et al., 2014), valores semelhantes aos da espécie de peixes selecionada, uma vez que as raízes das plantas estão alojadas no aquário. Dentro deste largo espetro de vegetais, as alfaces são as mais vulneráveis, uma vez que estas se desenvolvem em climas frios, correndo o risco de espigar ou mesmo acabar por morrer. (Somerville et al., 2014; Walsworth, 2016; Stout, 2013). A luz é também um fator determinante para o seu crescimento e, futuramente, será considerado o desenvolvimento de um sistema de iluminação. Este deverá atender à realização de estudos científicos que permitam compreender as características necessárias (temperatura, intensidade, distância das camas de cultivo, etc.,) para incorporar no sistema aquapónico.

A utilização de plantas que crescem em água salgada, como é o caso da salicórnia, deverá ser também testada através de ensaios, permitindo definir conjuntos de espécies que podem ser conjugadas em função da salinidade, temperatura ou outros fatores abióticos.

Fig.204
Exemplo de uma
seleção de plantas:
alfaces e manjeriço.



Seleção de um substrato

O substrato é a substância que serve de suporte às raízes das plantas, contribuindo para o seu desenvolvimento. Uma vez que este tem a capacidade de influenciar o desempenho do sistema aquapónico, a sua seleção deve atender a alguns requisitos, tais como: apresentar uma superfície adequada à fixação de bactérias nitrificantes e capacidade de retenção de água (Somerville et al., 2014).

Existem duas categorias de substratos, os orgânicos: compostos geralmente por matéria vegetal como as fibras de coco, cascas de arroz e madeira; e os inertes: constituídos por minerais ou outros materiais sólidos inorgânicos, nomeadamente a perlite, vermiculite, pedra-pomes ou argila expandida (Asaduzzaman, 2005).

A seleção do substrato para aplicação no projeto teve como base as características morfológicas, sobretudo da segunda cama de cultivo, que é composta por rasgos longitudinais, prescindindo do uso de vasos. Uma vez que os rasgos têm 10mm de largura na parte inferior da cama de cultivo, torna-se necessária a utilização de um substrato para as plantas cujos elementos tenham uma dimensão superior, permitindo a sua retenção. Com efeito, considerou-se também importante este não turvar a água, devido à libertação de partículas, sendo esta uma propriedade verificada nos substratos mais finos (fig.205 e 206).

Frente a estas considerações, optou-se por utilizar a argila expandida, uma vez que é um material de fácil aquisição, leve e disponível em diversos tamanhos. Este material, quando devidamente esterilizado, pode ser reutilizado, evitando as substituições entre culturas. Para além deste aspeto, a sua estrutura confere a capacidade de retenção de água, nutrientes e bactérias, tornando este um substrato com as características ideais para aplicação no sistema aquapónico (Jones, 2004).



⁴¹ Dureza carbonatada: Segundo a associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, a dureza carbonatada está relacionada com a concentração na água de hidrogenocarbonatos e carbonatos de cálcio e magnésio (APDA, 2012).

⁴² Dureza total: Segundo a associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas a dureza total: "reflete a presença de sais de metais alcalino terrosos, predominantemente cátions de cálcio e de magnésio, ou cátions de outros metais: bário, ferro, manganês, estrôncio e zinco, sendo que frequentemente estão na forma complexa" (APDA, 2012).

Seleção de testes para os indicadores de qualidade da água

Para a realização das medições aos indicadores de qualidade da água, considerou-se ser de interesse as crianças contactarem com diversos tipos de ferramentas que permitissem a leitura dos resultados, como forma de enriquecer a experiência de aprendizagem. Para estas medições foi utilizado o Kit Pro Scan da JBL (**fig.207**), que consiste num conjunto de tiras com reagentes, funciona através de uma aplicação para smartphone e permite o acesso remoto aos valores e à data em que foram efetuadas. Cada tira é mergulhada na água do aquário, e após 1 minuto, tempo necessário a que esta revele uma sequência de cores, esta é colocada sobre um cartão, ao qual é necessário tirar uma fotografia para que a aplicação compare o resultado das cores obtidas com as da tabela de referência (com múltiplas cores). A aplicação apresenta automaticamente a leitura dos valores, que se encontram posicionados numa escala de cor, verde, amarelo ou vermelho, servindo de indicador ao utilizador sobre a qualidade da água (**fig.208**). Este sistema possibilita a leitura dos níveis de: pH, nitritos e nitratos, tal como referido no capítulo sobre o ciclo do nitrogénio, e ainda mede o cloro, dióxido de carbono, dureza carbonatada⁴¹ e dureza total⁴².

Neste sistema não estava incluído um medidor para o parâmetro da amónia, sendo necessário recorrer a um teste adicional. Utilizou-se o teste da marca Sera (**fig.209**), que proporcionou às crianças uma experiência laboratorial através da combinação de reagentes, incitando-as à observação e interpretação dos resultados. Os valores são interpretados por via de uma análise comparativa, entre a solução e o catálogo de cores que indica o nível de amónia. Desta forma, quanto mais elevada for a concentração de amónia, maior é a intensidade de pigmento verde presente na solução.



Fig.205
Partículas libertadas na água pelos substratos: fibra de coco, terra e vermiculite.

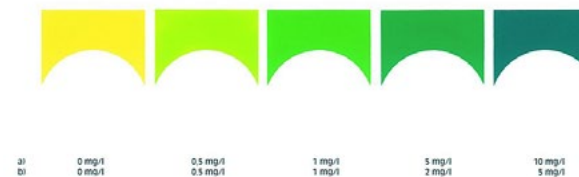
Fig.206
Duas tipologias de argila expandida em água.



Fig.207
Pro Scan da JBL.

Fig.208
Interface da aplicação
Pro Scan da JBL.

Fig.209
Teste amónia e
indicadores cromáticos
da marca Sera.



Definição e registo de atividades

A manutenção do ecossistema envolveu um conjunto de atividades. Sugeriu-se a divisão da turma em cinco grupos, definidos pela professora Paula, ficando cada um responsável pelo sistema ao longo do período de uma semana.

Desenvolveu-se uma ferramenta que permitia obter um registo das atividades diárias. Desta forma, foi desenvolvido um caderno, que acompanhou o sistema **(anexo 3)**.

A zona inicial do caderno foi reservada à apresentação dos grupos e do sistema. Cada atividade diária estava assinalada com um pequeno espaço para a identificação do grupo e a data. Foram definidos cinco conjuntos de atividades:

- atividade 1 - monitorização do estado de desenvolvimento de cada espécime vegetal. Fez-se um mapeamento da cama de cultivo selecionada (utilizou-se a primeira cama de cultivo), onde se identificaram as plantas colocadas em cada espaço. Em seguida, as crianças teriam de assinalar, diariamente, com uma cor: verde, amarelo ou vermelho, correspondendo ao estado em que se encontrava cada planta **(fig.210 e 211)**,
- atividade 2 - manutenção do ecossistema: limpeza dos sedimentos depositados no fundo do aquário, alimentação os peixes e reposição da água no reservatório suplementar. Para validar o cumprimento das tarefas, foi pedido que as crianças assinalassem com um “visto” os respetivos espaços no caderno **(fig.212)**,
- atividade 3 - medição da temperatura da água através



de um termómetro. Em seguida, foi proposto às crianças elaborar um gráfico de linha, assinalando o local correspondente à temperatura. O gráfico estava inserido numa escala de cor, servindo de indicador à temperatura adequada à espécie de peixes utilizada, os Garra rufa (fig.213),

• atividade 4 – análise aos indicadores de qualidade da água. Solicitou-se às crianças que usassem os testes e registassem os resultados numa tabela. Se fossem registados valores fora dos parâmetros facultados pelos testes (nos diversos indicadores), seria necessário a substituição parcial ou total da água, até estabilizar o ecossistema (fig.214),

• atividade 5 – observação e registo fotográfico da evolução diária do ecossistema. A atividade consistia e fotografar diariamente o ecossistema, permitindo colecionar no final, uma sequência de fotografias que permitiriam observar a evolução e adaptação dos diversos organismos, enquanto despertava o sentido de observação nas crianças (fig.215).

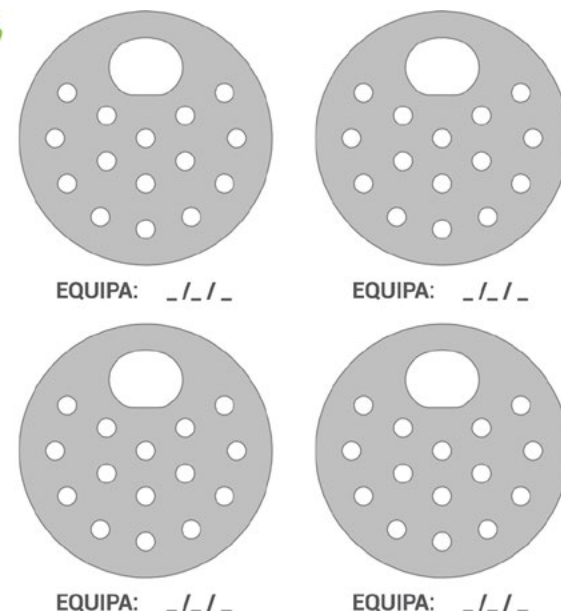
Fig.210
Atividade 1: mapear o local correspondente a cada espécime vegetal.

Fig.211
Atividade 1: colorir os locais correspondentes ao estado de cada espécime vegetal.

Fig.212
Atividade 2: limpeza e alimentação do sistema aquapónico.

SEGUNDO O MAPEAMENTO, pintar o local:

- Planta saudável
- Planta Doente
- Planta Morta

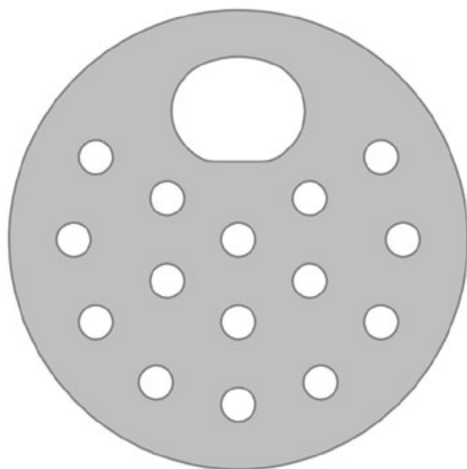


ATIVIDADE 1 - mapeamento das plantas:

Identificar as espécies a usar no sistema.

Assinalar no local correspondente da figura, o número atribuído a cada planta.

- 1:
- 2:
- 3:
- 4:
- 5:
- 6:
- 7:
- 8:
- 9:
- 10:



ATIVIDADE 2 - limpeza e alimentação diária.

Preencher com um "✓"

	Limpeza dos sedimentos	Repôr a água na caixa / no sistema	Alimentar os peixes
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			
EQUIPA: _/_/_			

Parte III

Recolha de resultados

Conclusão



Recolha de Resultados

Como forma de obter dados desta experiência, dada a não retoma das atividades letivas presenciais, optou-se pela realização de uma conversa informal com a professora Paula Almeida e com as crianças através de videoconferência. Devido aos compassos de espera provocados pela instabilidade deste período, apenas foi possível organizar duas sessões nos dias 13 e 27 de junho (as sessões encontram-se disponíveis no **anexo 2 entrevista 1 - [conversa com Professora Paula](#) e entrevista 2 - [conversa com os alunos](#)**, e o caderno de atividades preenchido no decurso da implementação no **anexo 4**).

As atividades de manutenção eram realizadas habitualmente durante o período do intervalo da manhã e os alunos faziam a distribuição destas entre si, de modo a que todos pudessem participar nas diferentes tarefas. Algumas das crianças já tinham experienciado cuidar de peixes em

aquários, contactando com algumas das necessidades básicas de manutenção, como a limpeza e a alimentação, todavia apenas uma delas tinha visto um sistema aquapónico. Ao longo do período de implementação do sistema aquapónico foram identificados alguns episódios merecedores de especial destaque:

- o facto do sistema estar instalado no refeitório, acessível a todos os alunos da escola, levou a que ocorressem episódios sistemáticos onde algumas crianças desconectavam os tubos das bombas de ar no sistema aquapónico e no reservatório suplementar de água. No dia 7 de fevereiro, sexta-feira, uma das crianças desconectou o tubo que liga a bomba de ar ao suporte do biofiltro com arejador. Este sucedido só foi reparado na segunda-feira dia 10, causando a morte a um dos peixes, devido à insuficiência de trocas gasosas.

- nos dias 12 e 13 de fevereiro, houve um pico de amónia, que implicou a substituição total da água do aquário. Este desequilíbrio pode estar relacionado com diversos fatores, pois coincidiu com a morte das plantas, e aconteceu em sequência do episódio anterior.

- no dia 14 de fevereiro, foi substituída a totalidade das plantas. Especula-se que estas tenham sucumbido sobretudo por falta de luz, uma vez que o sistema estava colocado num local pouco iluminado. Este foi transportado para junto de uma janela e até ao final da experiência não foram verificadas anomalias no crescimento das plantas, nem episódios de alterações significativas no indicador da amónia.

A implementação do sistema aquapónico foi acolhida na EB1/JI do Carvalho com grande entusiasmo pelo corpo docente e discente, e foi salientado, durante as diferentes fases do processo, o interesse das crianças em aproximarem-se e interagirem com o ecossistema. A professora Paula referiu o facto dos seus alunos se sentirem entusiasmados com as tarefas de manutenção, relembrando-a constantemente da chegada da hora da sua realização. Paula Almeida ressaltou também que: “as nossas crianças, na atualidade, precisam de ter visibilidade de futuro e a sustentabilidade é mesmo isso”. Desta forma, na sua visão, a implementação deste sistema nas escolas, contribui com valores que têm como base a sustentabilidade, proporcionando às crianças o contacto com temas e práticas, que podem potenciar o interesse pelas ciências, e servir de semente para o aparecimento de investigadores e cientistas. Os princípios assim adquiridos assentam numa ideia de respeito pela natureza e meio ambiente, e sugerem a preservação do capital natural: ecossistemas e recursos.

Neste sentido, o sistema aquapónico é uma ferramenta importante em incrementar a ideia de “ciclo simbiótico onde as crianças integram o ecossistema e têm um papel fundamental na



Fig.217
Apresentação do projeto Homegreens.



Fig.218
Apresentação do projeto Homegreens com Dr.ª Susana Ferreira.

sua manutenção e equilíbrio. Este facto foi também salientado por alguns dos alunos, que referiram ser esta uma ferramenta relevante para despertar o sentido de responsabilidade. Durante as atividades de manutenção, foi afirmado pelas crianças sentirem-se como pequenos cientistas.

Quando colocada a questão sobre a importância da implementação de abordagens experimentais, a docente Paula mencionou que as crianças até ao 6º ano assimilam os conteúdos com maior facilidade através de experiências práticas, sendo estas mais eficazes em fomentar a educação para a sustentabilidade, ao invés das pedagogias exclusivamente teóricas. Para além destes aspetos, foi também ressaltado o sentido de cooperação, através da distribuição de tarefas e entreajuda, contribuindo assim para a formação de habilidades sociais e o desenvolvimento da cidadania.

Apesar de ser reconhecido o potencial pedagógico desta ferramenta, esta dimensão ficou comprometida devido ao surgimento da pandemia Covid-19, que levou à interrupção da instalação do sistema na escola. Desta forma, não foi possível que as crianças acompanhassem a metamorfose do ecossistema, nem o utilizassem como ferramenta pedagógica para abordar outras áreas do conhecimento. No decurso deste processo um dos grupos foi responsável pelas manutenções durante duas semanas, enquanto que os restantes quatro grupos tiveram esta oportunidade apenas durante uma semana, considerando-se tempo insuficiente para proporcionar o efeito pretendido. A recolha de informação referente a esta dimensão foi também prejudicada, devido à conversa com as crianças ter sido organizada tardiamente, cerca de três meses depois do contacto com o sistema. Assim, quando as crianças foram confrontadas com perguntas alusivas ao funcionamento do ecossistema, muitas já não se recordavam das questões mais complexas de natureza técnica, relacionadas com a atividade biológica. Contudo, segundo a professora, no decorrer da experiência, alguns dos alunos já aplicavam a linguagem e os termos adequados alusivos ao ciclo do nitrogénio.

Ao longo das conversas com os alunos, observou-se entusiasmo, suscitado pela interação com o sistema, sobretudo com os peixes, uma vez que estes reagiam à presença das crianças. Foi referido também pela professora Paula que as crianças eram sensíveis aos desequilíbrios do ecossistema, demonstrando preocupação perante determinadas circunstâncias, como a observação de níveis elevados de amónia, procurando trocar a água de imediato, a fim de garantir o bem-estar dos peixes.

De uma forma geral os alunos cumpriram as tarefas propostas no Caderno de Atividades relacionadas com a manutenção



Fig.219
Alunos da EB1/JI do
Carvalhal, Aljubarrota.



Fig.220
Professora Paula
Almeida e alunos da
EB1/JI do Carvalhal,
Aljubarrota.

do sistema aquapónico, embora o registo fotográfico correspondente à atividade 5 ter ficado em falta e os valores de amónia na atividade 4, foram anotados incorretamente.

Quando à dimensão formal do sistema, as crianças demonstraram também interesse na escala do sistema, frisando de forma entusiasmada ao facto deste possuir um “aquário grande”. Apesar da utilização da configuração semiesférica do aquário ter sido colocada em causa na fase de construção do sistema aquapónico, observou-se que os peixes mantiveram um comportamento ativo e comunicativo, reagindo à presença de pessoas junto do sistema. Este comportamento contrastava com o verificado no aquário retangular onde os peixes eram mantidos no decurso do desenvolvimento do sistema aquapónico, pois estes passavam a maior parte do tempo escondidos debaixo do termostato. Contudo, as deformações óticas, proporcionadas pela curvatura da semiesfera dificultavam a contagem dos peixes e a limpeza dos detritos, sendo por vezes necessário retirar grandes porções de água para obter uma extração eficaz dos sedimentos. Até à data da desmontagem do sistema, não foi observado o desenvolvimento de algas. Também se pode afirmar que a entrada de raios UV não comprometeu o desenvolvimento das bactérias nitrificantes, pois nos testes de amónia, nitritos e nitratos verificaram-se evidências da sua atividade.

Durante as visitas realizadas à escola foi perceptível que a cortiça da cama de cultivo estava a ficar com uma aparência curvada, aspeto também mencionado pelos alunos. Contudo, percebeu-se que este sucedido tinha origem no facto da água não estar a ser reposta até ao nível cortiça, que serve de seu suporte. Em conversa com os alunos, constatou-se também que estes derramavam a água sobre a cama de cultivo quando faziam a sua reposição. Desta forma, este componente sofria um conjunto de forças, que levavam à sua deformação. Todavia foi possível a sua correção, através de uma explicação sobre a sua correta utilização. Relativamente ao impacto da cortiça no ecossistema, não se verificaram evidências negativas, uma vez que os peixes se mantiveram vivos e as transições do ciclo do nitrogénio ocorreram dentro da regularidade. Também não foi observada libertação de pigmento.

Tal como na cortiça, foi verificado no separador de raízes a mesma tendência em curvar, considerando-se futuramente em adicionar um reforço longitudinal, tal como fora previsto numa fase inicial, de forma a manter a sua superfície plana, prolongando assim o tempo de vida útil do componente. As crianças referiram a dificuldade em limpar parte dos resíduos que se acumulavam neste patamar, contudo, com o desenvolvimento radicular das plantas, deixaria de ser necessária a limpeza destes detritos, que acabariam por servir de substrato. Foi também registado que, por



Fig.221
Apresentação das atividades de manutenção.

Fig.222
Preparação do sistema aquapónico em conjunto com as crianças.

vezes, alguns peixes subiam para a parte superior do separador de raízes, devido ao facto da sua dimensão o permitir. Todavia, aparentemente, estes não interferiram negativamente com o resto do ecossistema.

Foi verificada a tendência do pH apresentar níveis de alcalinidade ligeiramente acima do indicado. Desta forma concluiu-se que a utilização do PLA na construção do suporte do biofiltro com arejador não comprometeu o desenvolvimento do ecossistema.

Devido ao sistema ter sido instalado no inverno, foi necessário adicionar um segundo termostato, a fim de garantir a estabilidade da temperatura e o bem-estar dos peixes.

Ao longo das tarefas de manutenção foram mencionadas dificuldades, na sua maioria relacionadas com a limpeza dos sedimentos. As crianças referiram ficar frequentemente com a roupa molhada, identificando-se a principal causa ser o transporte de água num reservatório desde a casa de banho até ao local onde se encontrava o sistema. Foi também constatado que por vezes, ao acionar a válvula, esta ficava bloqueada, devido à acumulação de partículas (por exemplo de argila expandida) entre o eixo do manípulo e o aquário. O volume de água que sai da válvula era elevado para o copo usado na colheita dos sedimentos, sendo necessário ajustar futuramente as medidas destes dois componentes.



Fig.223
Demonstração da preparação do teste da amónia.

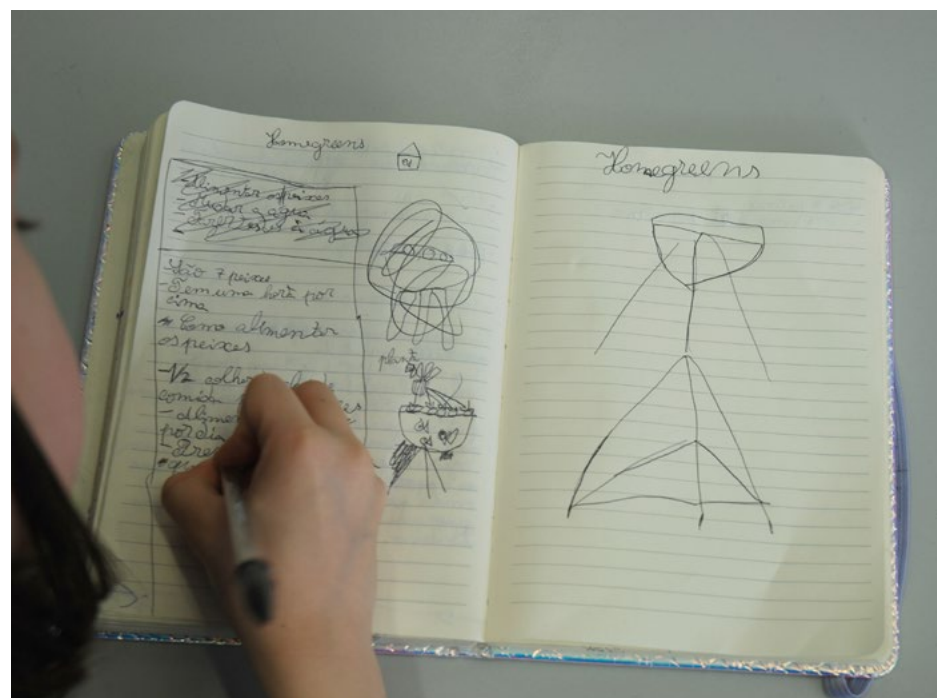


Fig.224
Desenho do sistema aquapónico, elaborado por uma das crianças durante a apresentação.



Fig.225
Pormenor do desenvolvimento das raízes.



Fig.226
Atividades de manutenção realizadas pelas crianças ao ecossistema.

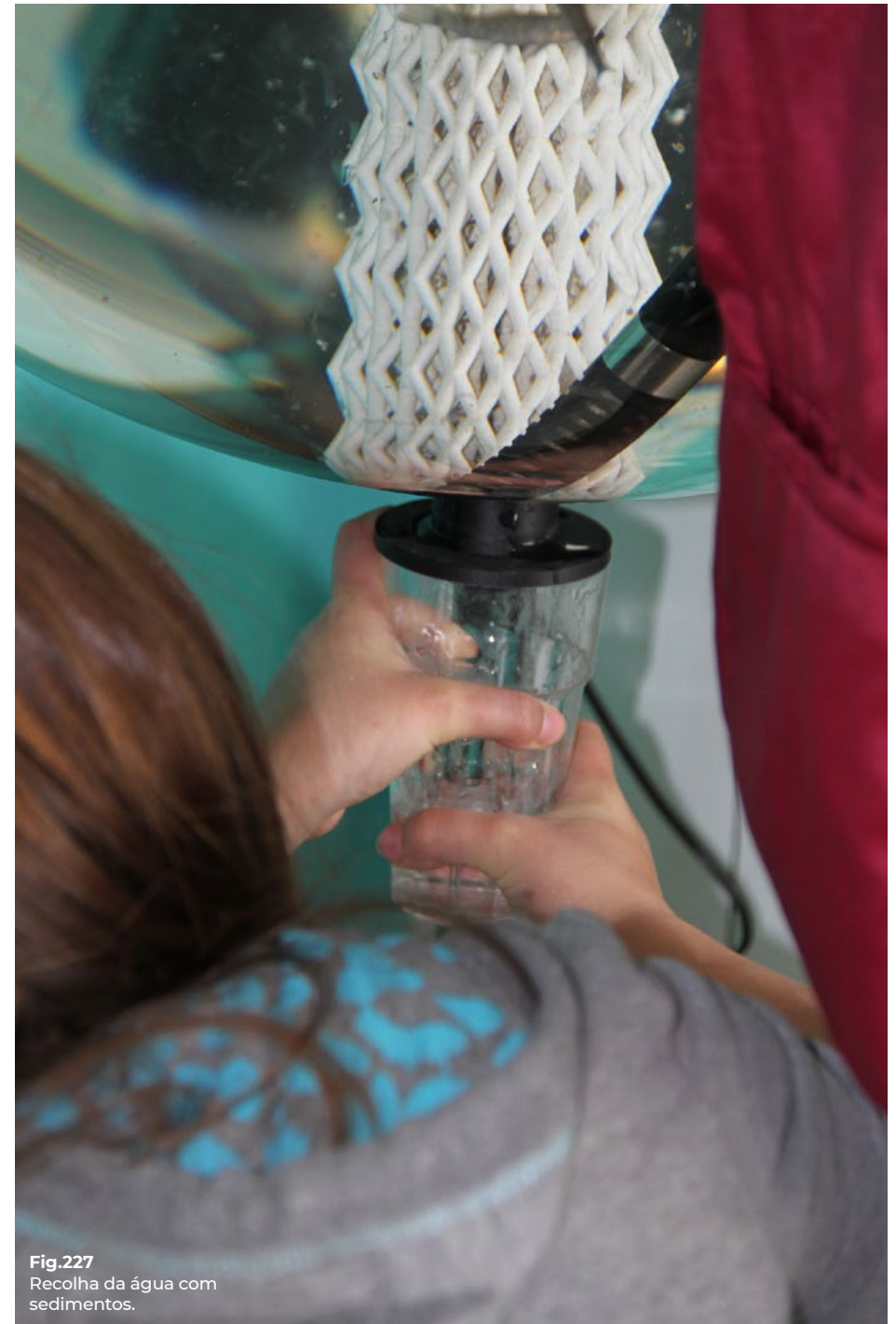


Fig.227
Recolha da água com sedimentos.



Fig.228
Realização do teste da amônia da Sera.



Fig.229
Pormenor do resultado do teste da amônia.



Fig.230
Realização do teste Proscan da JBL.



Fig.231
Recolha da água para a realização dos testes de qualidade da água.



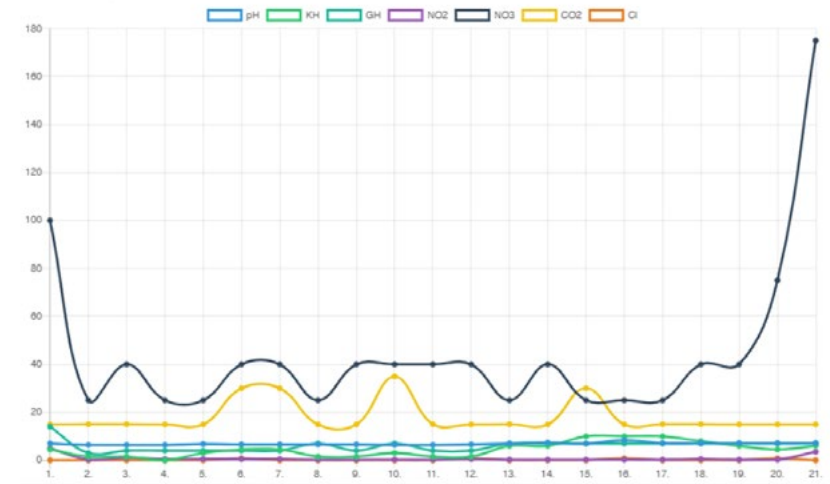
Fig.232
Preenchimento das atividades no caderno facultado para recolha de resultados.

Homegreens

Tipo: Aquário
Criado: 07.02.2020 19:12
Alteração: 07.02.2020 19:12

Comprimento: 0 cm
Altura: 0 cm
Largura: 0 cm
Volume: 0 Litros

21 Medições



ID	Data	Fonte	pH	KH	GH	NO2	NO3	CO2	Cl	
1	09.01.2020 11:47	Medição experimental	7	4,5	>14	5	100	<14,9	0	Processar
2	21.01.2020 11:16	Primeira medição fei	6,4	1,5	<3	0,25	25	15	0	Processar
3	23.01.2020 11:14	proscan	6,4	1,5	>4	1	40	15	0	Processar
4	24.01.2020 10:49	Substituição de cerc	6,4	0	>4	0,5	25	<14,9	0	Processar
5	27.01.2020 14:15	proscan	6,8	3	>4	0,5	25	<14,9	0	Processar
6	28.01.2020 10:47	proscan	6,6	4,5	>4	0,5	40	30	0,8	Processar
7	29.01.2020 15:39	proscan	6,6	4,5	>4	0,5	40	30	0	Processar
8	03.02.2020 10:59	proscan	6,6	1,5	>7	0,25	25	<14,9	0	Processar
9	04.02.2020 10:50	proscan	6,6	1,5	>4	0,25	40	<14,9	0	Processar
10	05.02.2020 11:01	proscan	6,4	3	>7	0,25	40	35	0	Processar
11	06.02.2020 11:27	proscan	6,4	1,5	>4	0,25	40	15	0	Processar
12	07.02.2020 11:18	Substituição de 1/3	6,6	1,5	>4	0,5	40	<14,9	0,8	Processar
13	12.02.2020 10:58	Troca total da água.	7	6	>7	0,25	25	15	0	Processar
14	13.02.2020 11:19	proscan	7,4	6	>7	0,25	40	<14,9	0	Processar
15	14.02.2020 10:56	proscan	7	10	>7	0,25	25	30	0	Processar
16	17.02.2020 11:16	proscan	8,4	10	>7	0,25	25	<14,9	0,8	Processar
17	19.02.2020 11:06	proscan	7,2	10	>7	0,25	25	15	0	Processar
18	04.03.2020 10:53	proscan	7,2	8	>7	0,5	40	15	0	Processar
19	05.03.2020 11:01	proscan	7,2	6	>7	0,25	40	<14,9	0	Processar
20	09.03.2020 10:59	proscan	7,2	4,5	>7	0,25	75	<14,9	0,8	Processar
21	13.03.2020 11:04	proscan	7,2	6	>7	3,5	175	<14,9	0	Processar

Fig.233
Gráfico fornecido através da aplicação da JBL relativo aos indicadores de qualidade da água.

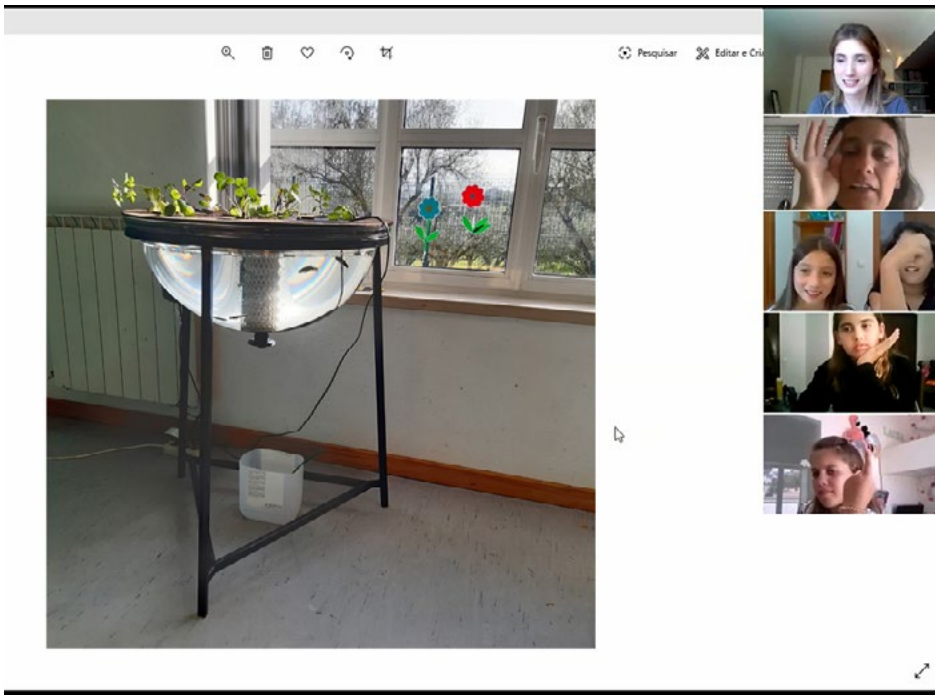
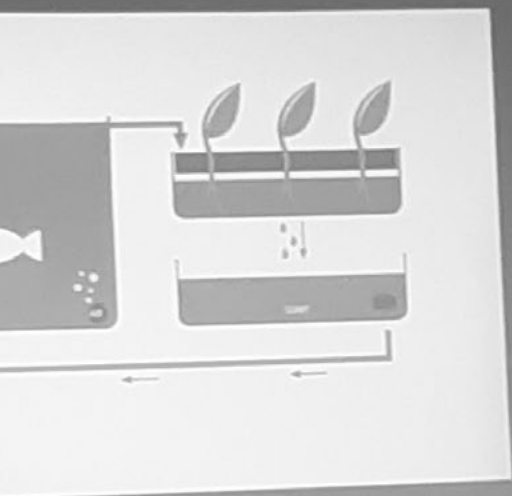


Fig.234
Sessão de
videoconferência com
a turma do 4º ano para
recolha de resultados.

Fig.235
Sistema aquapónico
Homegreens na EB1/JI
do Carvalho.



Conclusão

Da implementação do sistema no contexto educativo foi possível concluir que o sistema aquapónico Homegreens se encontra apto a servir de suporte à prática da aquaponia. Durante o tempo da implementação do projeto não foram verificadas, nem enumeradas pelos utilizadores, adversidades que comprometessem a composição formal do sistema, sendo que a sua utilização decorreu conforme os objetivos definidos para a sua construção, validando assim a sua configuração. Contudo, reconhece-se a necessidade de efetuar alguns ajustes formais, assim como o futuro desenvolvimento de componentes adicionais que visam otimizar a experiência de utilização.

Foi manifesto o interesse e motivação das crianças em participar na manutenção do sistema aquapónico, com entusiasmo até ao final da experiência, enquanto adquiriam conhecimentos sobre o funcionamento deste ecossistema. Os principais fatores que desencadearam esta reação estão relacionados, sobretudo, com a dimensão do sistema (em especial do aquário), e com a seleção dos peixes Garra rufa, devido ao seu carácter curioso. A utilização de um aquário transparente para além de possibilitar ao utilizador a observação do processo de adaptação do ecossistema, foi também determinante para potenciar a relação entre as crianças e os peixes, pois estes reagiam à sua presença, possibilitando-lhes criar brincadeiras.

As atividades de manutenção, tais como a alimentação, limpeza e o registo de medições, foram determinantes para facilitar a compreensão do estado do ecossistema, e também em evidenciar a importância da participação das crianças na sua manutenção. Para ilustrar esta afirmação, foi referido pela professora Paula Almeida o facto das crianças ficarem agitadas quando se deparavam com testes indicando um elevado nível de amónia, procurando trocar de imediato a água do sistema.

No final da experiência as crianças já utilizavam conceitos técnicos para designar os indicadores de avaliação da água do ecossistema. Contudo, devido à interrupção letiva causada pelo surgimento da pandemia COVID-19, percebeu-se durante a entrevista, que parte desses conteúdos tinham sido esquecidos. Apesar do sistema aquapónico não ter sido sujeito a uma utilização prolongada, a fim de concluir o seu verdadeiro impacto no contexto educativo, reconhece-se:

- o potencial pedagógico da inclusão desta ferramenta no seio escolar,
- a relevância do envolvimento das crianças com experiências multissensoriais, que visam a manutenção de um ecossistema real, promovendo noções sobre o seu equilíbrio e funcionamento.

Esta estratégia é importante para despertar no público infantojuvenil não só a literacia ambiental, como também, o seu sentido de responsabilidade, através da ideia de pertença a um ciclo simbiótico e de consequência das suas ações sobre o ecossistema, enquanto gera conhecimento sobre uma prática de produção alimentar.

Foi também manifesto o interesse, tanto pela docente Paula Almeida, como pelas crianças, em continuar com a experiência, sendo inclusive recomendada a implementação do sistema aquapónico Homegreens noutras escolas, como forma de proporcionar esta experiência a outros alunos e contextos.

Para além das parcerias com a Escola Básica do 1º Ciclo De Carvalhal Aljubarrota e com o laboratório de investigação MARE, que tem sede no CETEMARES, ao longo do processo de investigação foi possível tornar este projeto transversal a outras investigações. Desta forma, esta não é uma proposta fechada, abrindo assim caminhos para futuras investigações, que permitirão não só melhorar o desempenho do sistema aquapónico, como também, eventualmente, escalar ou ramificá-lo para novos contextos, desenvolvendo componentes que possam ser integrados de forma isolada noutros sistemas em aquários, lagos ou rios.

Desenvolvimentos futuros

Ao longo do processo de desenvolvimento do sistema aquapónico Homegreens e da implementação em contexto real, foi possível listar um conjunto de desenvolvimentos futuros, que visam a otimização da experiência de utilização desta ferramenta pedagógica.

Relativamente à instalação do sistema, verificou-se a necessidade de desenvolver:

- um manual sobre a montagem e funcionamento do sistema aquapónico, acompanhado por matéria que substancie a temática, servindo de guia para a implementação do projeto no contexto escolar, doméstico ou outro;
- definir conjuntos de espécies de peixes e plantas. Para o efeito seria necessário a realização de ensaios científicos que permitam identificar a compatibilidade de espécies mediante as características do meio de cultivo (luz, temperatura, etc.).
- um manual para registo de atividades;

Quanto aos componentes do sistema verificou-se o interesse futuro em:

- realizar novos ensaios às amostras de cortiça utilizadas para a realização das camas de cultivo, como forma de obter resultados conclusivos sobre o seu verdadeiro impacto no ecossistema que integra o sistema aquapónico;
- identificar um novo composto de cortiça produzido por resinas naturais que permitam a redução do impacto ambiental associado aos aglomerados de cortiça, para a construção das camas de cultivo;
- acrescentar uma cobertura para a zona do bucal que serve de acesso ao aquário dos peixes;
- incluir uma luz no sistema para o desenvolvimento de plantas, baseada em estudos científicos que permitam definir as condições favoráveis ao seu crescimento;
- criar um sistema de segurança na válvula de extração de sedimentos que permita impedir a passagem dos peixes para o exterior, e também evitar a acumulação de partículas no seu eixo vertical de modo a impedir que esta de fique bloqueada;
- ajustar o volume de saída de água da válvula de extração de sedimentos em função do dispositivo identificado para a sua recolha;
- adicionar um reforço longitudinal no separador de raízes, dada a tendência verificada deste em empenar;
- reforçar os apoios do separador de raízes;
- concluir o desenvolvimento do suporte do biofiltro de

cerâmica com borra de café, e em paralelo, desenvolver outros suportes para o filtro biológico com arejador que permitam a colocação em outros sistemas;

- colocar no aquário um indicador visual para o volume da água;
- criar um sistema de arrumação interno na caixa que reveste o suporte de teto, para a bomba de ar e respetivos cabos elétricos.

Atendendo à necessidade do uso de materiais reutilizados como auxílio das tarefas manutenção durante a fase de implementação, considera-se a necessidade de construir um kit de acessórios que inclua:

- um reservatório para colheita de sedimentos;
- um reservatório para preparação da água (em repouso) com um termostato e um sistema de arejamento;
- ferramentas para transporte de água em segurança;

Considera-se ainda o desenvolvimento futuro de:

- uma caixa de transporte, de modo a acondicionar todo o sistema aquapónico, garantindo a sua segurança nas viagens entre escolas ou apresentações do projeto;
- sistemas aquapónicos de diversas escalas como forma de levar o projeto para outros contextos;

Será também necessário definir a escala comercial do projeto, assim como dos processos intrínsecos à sua produção. Esta consideração poderá implicar o redesenho de alguns dos componentes, como no caso do suporte para o biofiltro com arejador integrado, pois num cenário de fabrico em larga escala teria de ser adaptado a outras tecnologias, reduzindo significativamente o tempo necessário à sua execução.

Participações

28.05.2019

Participação na exposição mostra de design sustentável, Jardins abertos, Estufa Fria em Lisboa, Portugal.

05.06.2019

Apresentação do artigo científico publicado no âmbito do Congresso Internacional de Design de Havana, Forma 2019: Homegreens- Aquaponic system as an Educational Tool Towards a Sustainable Future, Centro de congressos de Havana Velha, Cuba.

30.10.2019

Apresentação do projeto Homegreens no Fórum do Congresso EUROACE ECODESIGN MEETING, organizado pelo projeto DEGREN Palácio de congressos de Badajoz, Espanha.

2020

Projeto Homegreens selecionado na categoria de Investigação e Design, para a BID (Bienal Iberoamericana de Design), edição de 2020, Madrid, Espanha.



Glossário

CENCAL Centro de formação profissional para a indústria de cerâmica.

CFRPs *Carbon Fiber Reinforced Plastics.*

EPS Poliestireno expandido.

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

HCD *Human Centered Design.*

MARE Centro de Ciências do Mar e do Ambiente.

N2 Nitrogénio.

NFT *Nutrient Film Technique.*

NH₃ Amónia.

NO₂. Nitritos.

NO₃. Nitratos.

PBL *Project Based Learning.*

pH *Power of hydrogen.*

PLA *Polylactic Acid* ou Ácido Poliláctico.

PMMA Polimetilmetacrilato.

Índice de Figuras

Fig. 1 Introdução. | **P. XIV**

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha.

Fig. 2 Gráfico alusivo à produção de espécies piscícolas em aquacultura vs pesca por captura, referente aos anos 2016 e 2020.

Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho. | **P. 4**

Fig. 3 A prática da aquaponia.

Fonte: Elaboração própria. | **P. 8**

Fig. 4 Esquema sobre o funcionamento de um sistema aquapónico.

Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P. 10**

Fig. 5 Esquema do ciclo do nitrogénio.

Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P. 13**

Fig. 6 Design e biologia.

Fonte: Elaboração própria. | **P. 14**

Fig. 7 Daisy Ginsberg, Shaping the future through design, 2013.

Fonte: https://www.designindaba.com/sites/default/files/styles/scaledlarge/public/node/news/25297/gallery/3a92ae4e-7ca8-4ee3-9f84-b0763540c022.jpg?itok=9W_nZlmm. | **P.18**

Fig. 8 Educação

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.20**

Fig. 9 Atividade educativa ao ar livre, plantação de uma horta na escola.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P. 23**

Fig. 10 Atividade educativa ao ar livre, construção de uma cabana.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P. 23**

Fig. 11 Projetos de Referência.

Fonte: <https://static.dezeen.com/uploads/2008/05/sqlocalriver.jpg>. | **P.26**

Fig. 12 Microbial Home, Philips.

Fonte: <http://materiability.com/portfolio/microbial-home/#&gid=1&pid=1>. | **P.28**

Fig.13: Uroboro, Marco Balsinha.

Fonte: Imagem da autoria de Marco Balsinha. | **P.29**

Fig.14 Bee's, Susana Soares.

Fonte: <http://www.susanasoares.com/index.php?id=52>. | **P.30**

Fig.15 High Line, James Corner Field Operations, Diller Scofidio + Renfro e Piet Oudoulf.
Fonte: <https://www.arch-sharing.com/Blog/THE-HIGH-LINE/THE-HIGH-LINE>. | **P.31**

Fig.16 Conviver, Marta de Menezes.
Fonte: <https://martademenezes.com/portfolio/conviver/>. | **P.32**

Fig.17 Local River, Mathieu Lehanneur.
Fonte: <http://www.mathieulehanneur.fr/project/local-river-127>. | **P.33**

Fig.18 Hidroblocks, Francisco Diz.
Fonte: Imagem da autoria de Francisco Diz. | **P.34**

Fig.19 Water Garden, Back to the Roots.
Fonte: <httpswww.amazon.comBack-Roots-Gardening-Aquaponic-EcosystemdpB01LZMHWF6> | **P.35**

Fig. 20: Ecolife, Ecolife Conservation.
Fonte: <httpsglobalfoodproviders.comproductsecolife-eco-cycle-aquaponics-indoor-garden-system-with-led-light-upgrade> | **P.36**

Fig. 21 Herb and Fish, Mee & Wu..
Fonte: <https://sc01.alicdn.com/kf/UTB8ww.FXXPJXKJKSahVq6xyzFXaM/200370736/UTB8ww.FXXPJXKJKSahVq6xyzFXaM.jpg> | **P.37**

Fig. 22 Sustentabilidade na reserva da Biosfera de Santana, Orlando Rodrigues Silva.
Fonte: Imagem da autoria de Orlando Rodrigues Silva. | **P.38**

Fig. 23 Contexto de projeto.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá. | **P.42**

Fig. 24 Objetivos para o desenvolvimento sustentável, ONU.
Fonte: https://www.capgemini.com/us-en/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/sustainable_development_goals1.png. | **P.45**

Fig. 25 Metodologia.
Fonte: Imagem da autoria de Mónica Carreira. | **P.46**

Fig. 26 Dimensão Técnica.
Fonte: Imagem da autoria de Inês Franco. | **P.48**

Fig. 27 Esquema cama de cultivo em jangada.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.50**

Fig. 28 Tanque dos peixes, Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.
Fonte: Elaboração própria. | **P.51**

Fig. 29 Cama de cultivo em jangada.
Fonte: Imagem da autoria de Rute Carreira. | **P.51**

Fig. 30 Esquema cama de cultivo em NFT.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.52**

Fig. 31 Esquema cama de cultivo em media bed technique.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.52**

Fig. 32 Cama de cultivo em NFT, Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.
Fonte: Elaboração própria. | **P.53**

Fig. 33 Cama de cultivo em media bed technique.
Fonte: https://66.media.tumblr.com/18d6b219a2112b15e1d5406f18279cca/tumblr_inline_p1w1zrxQ2b1u2ckwj_1280.jpg. | **P.53**

Fig. 34 Filtro mecânico, esponjas de várias densidades.
Fonte: https://sc02.alicdn.com/kf/He933733bc907438aa4b701e3265da92aX/200082147/He933733bc907438aa4b701e3265da92aX.jpg_webp. | **P.55**

Fig. 35 Suporte para filtro Biológico, biobolas.
Fonte: Elaboração própria. | **P.55**

Fig. 36 Esquema sobre funcionamento da primeira técnica da unidade de filtragem da água.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.56**

Fig. 37 Sump, Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.
Fonte: Elaboração própria. | **P. 57**

Fig. 38 Primeira técnica, unidade de filtragem da água, CETEMARES.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.57**

Fig. 39 Esquema sobre funcionamento da segunda técnica, unidade de filtragem da água, CETEMARES.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.58**

Fig. 40 Segunda técnica, unidade de filtragem da água, CETEMARES.
Fonte: Elaboração própria. | **P.59**

Fig. 41 Pormenor da passagem da água do tanque dos peixes para o contentor dos sedimentos.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.60**

Fig. 42 Esquema de funcionamento do sistema aquapónico do Centro de Educação Ambiental de Torres Vedras.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.60**

Fig. 43 Sistema aquapónico instalado no CETEMARES.
Fonte: Elaboração própria. | **P. 62**

Fig. 44 Esquema de funcionamento do sistema aquapónico do CETEMARES.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.62 e 63**

Fig. 45 Esquema do pormenor de saída da água da cama de cultivo para o tanque dos peixes.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.63**

Fig. 46 Implementação de sistemas
Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.64**

Fig. 47 Apresentação do projeto Homegreens na EB1/JI do Carvalhal, Alcobaça.
Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.67**

Fig. 48 Instalação do sistema Hidroblocks na EB1/JI do Carvalhal, Alcobaça.
Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.67**

Fig. 49 Modelos experimentais.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá. | **P.70**

Fig. 50 Esquema de funcionamento do primeiro modelo experimental.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.73**

Fig. 51 Primeiro modelo experimental.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.73**

Fig. 52 Segundo modelo experimental.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.75**

Fig. 53 Pormenor cama de cultivo, segundo modelo experimental.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.75**

Fig. 54 Construção do sistema aquapónico Homegreens.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá. | **P.75**

Fig. 55 Esquema ângulo de referência, primeiro modelo experimental.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.79**

Fig. 56 Corte frontal do aquário para produção em vidro.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.79**

Fig. 57 Corte frontal do aquário para produção em acrílico.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.79**

Fig. 58 Claraboia semiesférica em acrílico.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.81**

Fig. 59 Esquema da vista frontal e em corte da cama de cultivo para colocação de vasos hidropónicos (1) e cama de cultivo com rasgos longitudinais (2).
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.83**

Fig. 60 Aglomerados de cortiça, amostras 1 e 2.
Fonte: Elaboração própria. | **P.85**

Fig. 61 Compósitos de cortiça, amostras 3, 4 e 5.
Fonte: Elaboração própria. | **P.85**

Fig. 62 Preparação dos ensaios 1,2 e 3.
Fonte: Elaboração própria. | **P.88**

Fig. 63 Pormenor amostras.
Fonte: Elaboração própria. | **P.88**

Fig. 64 Ensaio 1.
Fonte: Elaboração própria. | **P.89**

Fig. 65 Ensaio 2.
Fonte: Elaboração própria. | **P.89**

Fig. 66 Ensaio 3.
Fonte: Elaboração própria. | **P.89**

Fig. 67 Diagrama cromático.
Fonte: https://www.mdpi.com/sensors/sensors-14-11943/article_deploy/html/images/sensors-14-11943f2.png | **P.90**

Fig. 68 Tabela ensaio 1, pigmentos lixiviados.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho. | **P.91**

Fig. 69 Ensaio 1: A – grupo controlo; B – grupo poliestireno; C – grupo cortiça natural; D – grupo amostra 1; E – grupo amostra 2; F – grupo amostra 3, G – grupo amostra 4, H – grupo amostra 5.
Fonte: Elaboração própria. | **P.93**

Fig. 70 Contagem de Artémia.
Fonte: Elaboração própria. | **P.94**

Fig. 71 Tabela ensaio 2, percentagem de sobrevivência da Artémia.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho. | **P.95**

Fig. 72 Ensaio 2: I – grupo controlo; J – grupo poliestireno; K – grupo cortiça natural; L – grupo amostra 1; M – grupo amostra 2; N – grupo amostra 3, O – grupo amostra 4, P – grupo amostra 5.
Fonte: Elaboração própria. | **P.96**

Fig. 73 Tabela ensaio 3, medição de amónia, nitritos e nitratos.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho. | **P.98**

Fig. 74 Ensaio 3: Q – grupo controlo; R – grupo poliestireno; S – grupo cortiça natural; T – grupo amostra 1; U – grupo amostra 2; V – grupo amostra 3, W – grupo amostra 4, X – grupo amostra 5, Y – grupo controlo com suportes sem maturação, Z – grupo controlo sem suportes.
Fonte: Elaboração própria. | **P.99**

Fig. 75 Preparação da solução para medir a concentração de amónia.
Fonte: Elaboração própria. | **P.101**

Fig. 76 Teste da amónia após ação dos reagentes.
Fonte: Elaboração própria. | **P.101**

Fig. 77 Medição da amónia.
Fonte: Elaboração própria. | **P.102**

Fig. 78 Teste dos nitritos após ação dos reagentes.
Fonte: Elaboração própria. | **P.102**

Fig. 79 Medição do pH.
Fonte: Elaboração própria. | **P.103**

Fig. 80 Gráficos sobre pH.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.104**

Fig. 81 Gráficos sobre condutividade
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.105**

Fig. 82 Gráficos sobre salinidade.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.106**

Fig. 83 Cama de cultivo com rasgos longitudinais.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.108**

Fig. 84 Cama de cultivo para vasos hidropónicos.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.108**

Fig. 85 Separador de raízes.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.110**

Fig. 86 Pedra difusora de arejamento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.112**

Fig. 87 Amostras do conjunto 1 e 2.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.113**

Fig. 88 Amostra conjunto 1, 100% preenchimento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.114**

Fig. 89 Amostra conjunto 1, 66% preenchimento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.114**

Fig. 90 Amostra conjunto 1, 33% preenchimento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.115**

Fig. 91 Amostra conjunto 2, 100% preenchimento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.115**

Fig. 92 Amostra conjunto 2, 66% preenchimento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.116**

Fig. 93 Amostra conjunto 2, 33% preenchimento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.116**

Fig. 94 Amostra conjunto 2, 7% preenchimento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.117**

Fig. 95 Amostra conjunto 3, furações de 1mm.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.118**

Fig. 96 Amostra conjunto 3, furações de 0.75mm.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.119**

Fig. 97 Amostra conjunto 3, furações de 0.5mm.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.119**

Fig. 98 Amostra conjunto 3, furações de 0.3mm.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.120**

Fig. 99 Amostra conjunto 3, furações de 0.1mm.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.120**

Fig. 100 Imagem 3D de cilindro modelado segundo o diagrama de Voronoi.
Fonte: Imagem da autoria de André Diogo. | **P.123**

Fig. 101 Cilindro impresso em malha de diagrama de Voronoi.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.123**

Fig. 102 Esquema da construção da base para o suporte do biofiltro com difusor de arejamento.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.124**

Fig. 103 Esquema da construção da malha para o suporte do biofiltro.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.125**

Fig. 104 Amostras para conexão do tubo de arejamento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.125**

Fig. 105 Amostra primeira abordagem, conexão do tudo de arejamento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.126**

Fig. 106 Amostra segunda abordagem, conexão do tudo de arejamento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.127**

Fig. 107 Amostra terceira abordagem, conexão do tudo de arejamento.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.127**

Fig. 108 Programação da impressão do suporte do biofiltro com dispersor de ar.
Fonte: Imagem da autoria de Diogo Sousa. | **P.128**

Fig. 109 Impressão de amostra no sentido topo-base (1), impressão de amostra no sentido base-topo (2).

Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.129**

Fig. 110 Pormenor imperfeição na câmara para passagem do ar.
Fonte: Imagem da autoria de Diogo Sousa. | **P.129**

Fig. 111 Primeira impressão do suporte do biofiltro com arejador integrado.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.130**

Fig. 112 Esquema do funcionamento do suporte do biofiltro com arejador integrado.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.132**

Fig. 113 Suporte para biofiltro com arejador integrado.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.133**

Fig. 114 Suporte para biofiltro com termostato Marina 50W mini.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.134**

Fig. 115 Amostra de porcelana com 20% de borra de café.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.137**

Fig. 116 Amostra com porcelana e 15% de borra de café.
Fonte: Imagem da autoria de Sara Silva e Rute Carreira. | **P.137**

Fig. 117 Cilindro de porcelana e 15% de borra de café.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.138**

Fig. 118 Amostra de faiança de 20% de borra de café.
Fonte: Imagem da autoria de Sara Silva e Rute Carreira. | **P.139**

Fig. 119 Amostra de faiança de 15% de borra de café.
Fonte: Imagem da autoria de Sara Silva e Rute Carreira. | **P.139**

Fig. 120 Malha triangular impressa em porcelana.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.140**

Fig. 121 Toro impresso em porcelana e borra de café.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.140**

Fig. 122 Malha triangular para suporte do biofiltro impressa em porcelana.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.141**

Fig. 123 Esquema em corte frontal e dos componentes, válvula de rosca.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.143**

Fig. 124 Impressão teste, válvula de rosca.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.143**

Fig. 125 Corte frontal e componentes da válvula modelo 1.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.145**

Fig. 126 Válvula modelo 1.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.145**

Fig. 127 Corte frontal e componentes da válvula modelo 2.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.147**

Fig. 128 Válvula modelo 2.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.147**

Fig. 129 Corte frontal e componentes da válvula modelo 3.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.149**

Fig. 130 Válvula modelo 3.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.149**

Fig. 131 Corte frontal e componentes da válvula modelo 4.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.150**

Fig. 132 Válvula modelo 4.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.150**

Fig. 133 Corte frontal e componentes da válvula modelo 5.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.151**

Fig. 134 Válvula modelo 5.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.151**

Fig. 135 Esquema primeiro manípulo.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.153**

Fig. 136 Primeiro manípulo.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.153**

Fig. 137 Borracha vedante cónica.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.154**

Fig. 138 Esquema segundo manípulo.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.155**

Fig. 139 Segundo manípulo.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.155**

Fig. 140 Esquema terceiro manípulo.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.156**

Fig. 141 Terceiro manípulo.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.156**

Fig. 142 Montagem da válvula de extração de sedimentos.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.157**

Fig. 143 Colocação da borracha vedante.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.157**

Fig. 144 Válvula de extração de sedimentos.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.158**

Fig. 145 Estrutura de suporte experimental usada na exposição dos jardins abertos.
Fonte: Imagem da autoria de Aline Macedo. | **P.161**

Fig. 146 Esquema da estrutura de pé maior.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. **P.162**

Fig. 147 Estrutura de pé maior.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.162**

Fig. 148 Esquema da estrutura de pé menor.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.163**

Fig. 149 Estrutura de pé menor.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.163**

Fig. 150 Esquema da diferença entre os apoios da estrutura maior e menor.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.164**

Fig. 151 Esquema encaixes da estrutura de pé.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.164**

Fig. 152 Pormenor encaixe do suporte do aquário e apoio.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.165**

Fig. 153 Pormenor encaixe do triangulo estabilizador e apoio.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.165**

Fig. 154 Esquema da estrutura de teto.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.167**

Fig. 155 Esquema do mecanismo para fixar os cabos de aço.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.168**

Fig. 156 Suporte para fixação da estrutura ao teto.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.168**

Fig. 157 Regulação da medida dos cabos de aço.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.169**

Fig. 158 Fixação dos cabos de aço.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.169**

Fig. 159 Colocação da bomba de ar na caixa que reveste a estrutura.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.170**

Fig. 160 Encaixe do suporte do aquário.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.171**

Fig. 161 Fixação do suporte do aquário.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.171**

Fig. 162 Estrutura de teto.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.172**

Fig. 163 Suporte para bomba de ar.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.173**

Fig. 164 Esquema do suporte para a bomba de ar.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. | **P.174**

Fig. 165 Pormenor do suporte com a bomba de ar EHEIM 200W.
Fonte: Imagem da autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.175**

Fig. 166 Tabela sobre custo de produção dos componentes.
Fonte: Imagem da autoria de Paulo Moucho e Rute Carreira. **P.176**

Fig. 167 Modelos finais
Fonte: Elaboração própria. | **P.178**

Fig. 168
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.180**

Fig. 169
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.181**

Fig. 170
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.181**

Fig. 171
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.182**

Fig. 172
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.182**

Fig. 173
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.183**

Fig. 174
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.183**

Fig. 175
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.184**

Fig. 176
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.184**

Fig. 177
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.185**

Fig. 178
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.185**

Fig. 179
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.186**

Fig. 180
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.186**

Fig. 181
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.187**

Fig. 182
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.187**

Fig. 183
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.188 e 189**

Fig. 184
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.190**

Fig. 185
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.191**

Fig. 186
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.192 e 193**

Fig. 187
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.194**

Fig. 188
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.194**

Fig. 189
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.195**

Fig. 190
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.196 e 197**

Fig. 191
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.198**

Fig. 192
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.198**

Fig. 193
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.199**

Fig. 194
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.200 e 201**

Fig. 195
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.202**

Fig. 196
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.203**

Fig. 197
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.204**

Fig. 198
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.204**

Fig. 199
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.205**

Fig. 200
Fonte: Imagens autoria de Pedro Cá e Rute Carreira. | **P.206 e 207**

Fig 201 implementação, sistema no contexto escolar.
Fonte: Elaboração própria. | **P.208**

Fig. 202 Peixes Garra rufa.
Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/ae/93/7c/ae937ce939f3bb4555062d860f66ad21.jpg> | **P.212**

Fig. 203 Morfologia dos Garra rufa.
Fonte: https://www.researchgate.net/profile/Ryan_Thoni/publication/280868512/figure/fig1/AS:601590381686788@1520441732320/Dorsal-lateral-and-ventral-views-of-Garra-robertsi-holotype-FMNH-99403_Q640.jpg | **P.213**

Fig. 204 Exemplo de uma seleção de plantas: alfaces e manjeriço.
Fonte: Imagem da autoria de Aline Macedo. | **P.214**

Fig. 205 Partículas libertadas na água pelos substratos: fibra de coco, terra e vermiculite.
Fonte: Elaboração própria. | **P.216**

Fig. 206 Duas tipologias de argila expandida em água.
Fonte: Elaboração própria. | **P.216**

Fig. 207 Pro Scan da JBL.
Fonte: <https://www.jbl.de/pt/produtos/detail/6774/jbl-proscan-> | **P.218**

Fig. 208 Interface da aplicação Pro Scan da JBL.
Fonte: Elaboração própria. | **P.218**

Fig. 209 Teste amónia e indicadores cromáticos da marca Sera.
Fonte: <https://www.amazon.ae/Sera-Nh-Test-Ammonium-Aquarium/dp/B00178NH8G>. | **P.219**

Fig. 210 Atividade I: mapear o local correspondente a cada espécime vegetal.
Fonte: Elaboração própria. | **P.220**

Fig. 211 Atividade 1: colorir os locais correspondentes ao estado de cada espécime vegetal.

Fonte: Elaboração própria. | **P.221**

Fig. 212 Atividade 2: limpeza e alimentação do sistema aquapónico.

Fonte: Elaboração própria. | **P.221**

Fig. 213 Atividade 3: medição da temperatura da água.

Fonte: Elaboração própria. | **P.222**

Fig. 214 Atividade 4: análise dos indicadores físico-químicos.

Fonte: Elaboração própria. | **P.222**

Fig. 215 Atividade 5: Registo fotográfico.

Fonte: Elaboração própria. | **P.223**

Fig. 216 Recolha de resultados

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.226**

Fig. 217 Apresentação do projeto Homegreens.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.229**

Fig. 218 Apresentação do projeto Homegreens com Dr.ª Susana Ferreira.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.229**

Fig.219 Alunos da EB1/JI do Carvalhal, Aljubarrota.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.231**

Fig.220 Professora Paula Almeida e alunos da EB1/JI do Carvalhal, Aljubarrota.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.231**

Fig. 221 Apresentação das atividades de manutenção.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.233**

Fig. 222 Preparação do sistema aquapónico em conjunto com as crianças.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.233**

Fig. 223 Demonstração da preparação do teste da amónia.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.235**

Fig. 224 Desenho do sistema aquapónico, elaborado por uma das crianças durante a apresentação.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.235**

Fig. 225 Pormenor do desenvolvimento das raízes.

Fonte: Elaboração própria. | **P.236**

Fig. 226 Atividades de manutenção realizadas pelas crianças ao ecossistema.

Fonte: Elaboração própria. | **P.236**

Fig. 227 Recolha da água com sedimentos.

Fonte: Elaboração própria. | **P.237**

Fig. 228 Realização do teste da amónia da Sera.

Fonte: Elaboração própria. | **P.238**

Fig. 229 Pormenor do resultado do teste da amónia.

Fonte: Elaboração própria. | **P.238**

Fig. 230 Realização do teste Proscan da JBL.

Fonte: Elaboração própria. | **P.239**

Fig. 231 Recolha da água para a realização dos testes de qualidade da água.

Fonte: Elaboração própria. | **P.240**

Fig. 232 Preenchimento das atividades no caderno facultado para recolha de resultados.

Fonte: Elaboração própria. | **P.240**

Fig. 233 Gráfico fornecido através da aplicação da JBL relativo aos indicadores de qualidade da água.

Fonte: Elaboração própria. | **P.241**

Fig. 234 Sessão de videoconferência com a turma do 4º ano para recolha de resultados.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.242**

Fig. 235 Sistema aquapónico Homegreens na EB1/JI do Carvalhal.

Fonte: Imagem da autoria do professor Luís Pessanha. | **P.242**

Fig. 236 Conclusão

Fonte: Imagem da autoria de Francisca Venâncio. | **P.244**

Bibliografia

Academia das Ciências de Lisboa, (2001). *Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea* (vols. 1-2). Braga: Verbo.

Amorim. (2015). *A Cortiça – Natural versátil e Sustentável*. Consultado a 16 de outubro de 2019. Obtido em: <https://www.amorim.com/a-cortica/caracteristicas/>.

Antonelli, P., (2011). *States of Design 07: Bio-design*. Retrieved from: <https://www.domusweb.it/en/design/2011/11/28/states-of-design-07-bio-design.html>

APCOR. (2011) *Manual Materiais de Construção e Decoração*. Obtido em: https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2015/08/Manual_MCD_PT.pdf.

APDA. (2012). *Comissão Especializada da Qualidade da Água*. Obtido em: <https://www.apda.pt/site/upload/FT-Q1-10-%20Dureza%20total.pdf>.

Aquamovement (2020). *Bio Balls vs Ceramic Rings*. Consultado a 21 de fevereiro de 2020. Obtido em: <https://aquamovement.com/bio-balls-vs-ceramic-rings/#what-are-bio-balls>.

Asaduzzaman, M. (Ed.). (2005). *Soilless Culture - Use of Substrates for the Production of Quality Horticultural Crops*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/272785912_Soilless_Culture_-_Use_of_Substrates_for_the_Production_of_Quality_Horticultural_Crops.

Associação Bandeira Azul da Europa. (s.d.a.). *Guia-Eco escolas*. Consultado a 26 de maio de 2020. Obtido em: <https://ecoescolas.abae.pt/wp-content/uploads/sites/3/2014/09/Guia-do-professor1.pdf>.

Associação Bandeira Azul da Europa. (s.d.b.). *Programa Eco escolas*. Consultado a 26 de maio de 2020. Obtido em: <https://ecoescolas.abae.pt/wp-content/uploads/sites/3/2018/09/Programa-Eco-Escolas-SINTESE.pdf>

Baldwin, G., Bayer, T., Dickinson, R., Ellis, T., Freemont, P. S., Kitney, R. I., ... & Stan, G. B. (2012). *Synthetic biology. A Primer*. London: Imperial College Press.

Balsinha, M. (2015). *Uroboro: vermicompostor doméstico* (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Artes e Design do Instituto Politécnico de Leiria). Obtido em: <https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/1990>.

Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The clearing house*, 83(2),39-43.Retrieved from: https://www.academia.edu/34971404/Project_Based_Learning_for_the_21st_Century_x_Skills_for_the_Futur.

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Morrow.

Blidariu, F., & Grozea, A. (2011). *Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review*. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 44(2),18. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/228442364_Increasing_the_Economical_Efficiency_and_Sustainability_of_Indoor_Fish_Farming_by_Means_of_Aquaponics-Review.

Blok, L. G., Longana, M. L., Yu, H. & Woods, B. K. S. (2018). An investigation into 3D printing of fibre reinforced thermoplastic composites. *Additive Manufacturing*, 22,176-186. Retrieved from: doi: 10.1016/j.addma.2018.04.039.

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). *Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the Learning*. *Educational Psychologist* 26(3-4),369-398. doi: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.

Buzby, K. M., & Lin, L. S. (2014). Scaling aquaponic systems: *Balancing plant uptake with fish output*. *Aquacultural Engineering*, 63, 39-44. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/266914135_Scaling_aquaponic_systems_Balancing_plant_uptake_with_fish_output.

Cabral, H. & Carneiro, J. (2014). *O papel da ictioterapia no tratamento da psoríase: relato de caso*. *Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar*, 30 (6), 402-405. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/279312296_O_papel_da_ictioterapia_no_tratamento_da_psoríase_relato_de_caso.

Chawla, L. (2008). Participation and the Ecology of Environmental Awareness and Action. In A. Reid, B. B. Jensen, J. Nikel, & V. Simovska, (Eds), *Participation and Learning : Perspectives on Education and the Environment, Health and Sustainability* (pp. 98-110). Dordrecht: Springer.

Claussen, D. (2017). *A Review of Literature: Project Based Learning in Early Childhood*. Retrieved from: https://nwccommons.nwciowa.edu/education_masters/72/.

Decreto-Lei n.º 276/2001 do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2001). Diário da República – I Série A, n.º 241. Obtido em: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/626241/details/maximized>.

Demain, A. L., Vandamme, E. J., Collins, J., & Buchholz, K. (2017). *History of industrial biotechnology*. *Industrial biotechnology: microorganisms*, 1, 3-73. Germany: Wiley-VCH.

Dewey, J. (1986). *Experience and Education*. *The Educational Forum*, 50 (3), 241-252. doi: <https://doi.org/10.1080/00131728609335764>.

Directiva 2010/63/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de setembro de 2010 relativa à proteção dos animais utilizados para fins científicos (2010). Jornal Oficial da União Europeia: L 276/33, de 20.10.2010. Retirado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0063&from=SV>

Driver, S. (2006). *Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture*. *ATTRA—National Sustainable Agriculture Information Service*, 1-28. Retrieved from: <https://attra.ncat.org/product/aquaponics-integration-of-hydroponics-with-aquaculture/>.

Ecolife Conservation. (s.d.). *Grow Fresh Greens in Your Home With our Eco-cycle Aquaponics Kit*. Consultado a 27 de janeiro de 2020. Retrieved from: <https://www.ecolifeconservation.org/product/eco-cycle/>.

Eliche-Quesada, D., Pérez-Villarejo, L., Iglesias-Godino, F. J., Martínez-García, C., & Corpas-Iglesias, F. A. (2011). *Incorporation of coffee grounds into clay brick production*. *Advances in Applied Ceramics*, 110(4), 225-232. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/233541381_Incorporation_of_coffee_grounds_into_clay_brick_production.

Escola das Caldas. (2018). *Jardins Abertos*. Consultado a 18 de fevereiro de 2020. Obtido em: <http://escoladascaldas.com/Jardins-Abertos>.

Etherington, R. (2011). *Microbial Home by Philips Design*. Consultado a 18 de fevereiro de 2020. Retrieved from: <https://www.dezeen.com/2011/10/29/microbial-home-by-philips-design/>.

FAO. (2005). *Building on Gender, Agrobiodiversity and Local Knowledge: a Training Manual*. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-y5956e.pdf>.

FAO. (2013). *FISH TO 2030.Prospects for Fisheries and Aquaculture*. *WORLD BANK REPORT*, 3 (83177), 1-102. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/i3640e/i3640e.pdf>.

FAO. (2014). *The State of Food and Agriculture - Innovation in family farming*. Retrieved from: <http://www.fao.org/publications/sofa/2014/en/>.

FAO. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture - Meeting the sustainable development goals*. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>.

Fish Veterinary Society. (2011). *Briefing statement on Garra rufa used in fish spas*. Retrieved from: <https://www.fishvetsociety.org.uk/wp-content/uploads/2017/01/garraruffapolicystatement1wwpws4.pdf>.

Futureng. (s.d.). *EPS - Poliestireno Expandido*. Consultado a 12 de agosto de 2020. Obtido em: <http://www.futureng.pt/eps>.

Gessert, G., (2010). *Green light : toward an art of evolution*. England: The MIT Press.

Gibson, E. J. & Pick, A. D. (2000). *An Ecological Approach to Perceptual Learning and Development*. New York: Oxford University Press.

Gibson, J. J. (2015). *The Ecological Approach to Visual Perception*. New York: Taylor & Francis.

Gil, L. (2007). *A cortiça como material de construção—Manual Técnico*. *Santa Maria de Lamas: APCOR—Associação Portuguesa de Cortiça*. Obtido em: https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2015/07/Caderno_Tecnico_F_PT.pdf.

Ginsberg, A. D. (2009). *The Synthetic Kingdom: A Natural History of the Synthetic Future*. Retrieved from: <https://www.daisyginsberg.com/work/synthetic-kingdom>.

Ginsberg, A. D., Calvert, J., Schyfter, P., Elfick, A. & Endry, D. (2014). *Synthetic Aesthetics : Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature*. EUA: MIT Press.

Ginsberg, A. D., Freemont, P., Dunne, A., Garvey, C. & Gorman, M. J. (s.d.). *Grow Your Own : Life After Nature*. Retrieved from: <https://dublin.sciencegallery.com/growyourown>.

Golley, F. B. (1993). *A History of the Ecosystem Concept in Ecology*. New Haven and London: Yale University Press.

Graber, A. & Junge, R. (2008). *Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production*. *Desalination*, 246 (1), 147-156. doi: 10.1016/j.desal.2008.03.048.

Grassberger, M. & Hoch, W. (2017). *Ichthyotherapy as Alternative Treatment for Patients with Psoriasis: A Pilot Study*. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 3 (4), 483-8. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/6627205_Ichthyotherapy_as_Alternative_Treatment_for_Patients_with_Psoriasis_A_Pilot_Study.

Grassberger, M. & Sherman, R. A. (2013). Chapter 6: Ichthyotherapy. In M. Grassberger, R. A. Sherman, O. S. Gileva, C. M. H. Kim Kosta & Y. Mumcuoglu (Eds.), *Biotherapy - History, Principles and Practice: A Practical Guide to the Diagnosis and Treatment of Disease using Living Organisms* (pp - 147.176). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.

IDEO. (2015). *The Field Guide to Human Centered Design*. Canada: s/e.

Jensen, M. H. (1997). *Hydroponics*. *Hortscience*, 32 (6), 1018-1021. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.6.1018>.

Jones, J. B. (2004). *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*. EUA: Taylor& Francis Group.

Kickstarter. (s.d.) *Herb&Fish Connect. Smartly Designed*. Consultado a 27 de janeiro de 2020. Retrieved from: <https://www.kickstarter.com/projects/arkydesign/herbandfish-connect-smartly-designed>.

Latour, B., (2008) *A Cautious Prometheus? A Few Steps Toward a Philosophy of Design (With Special Attention to Peter Sloterdijk)*. *Design History Society – Falmouth*, 3-6 pp. 2-10. Retrieved from: <http://www.bruno-latour.fr/node/69>.

Lehanneur. M. (2015). *Local River*. Consultado a 18 de fevereiro de 2020. Retrieved from: <http://www.mathieulehanneur.fr/project/local-river-127>.

Lin, L., Wang, L. & Zeng, X. (2014). *Geometrical Modeling of Cell Division and Cell Remodeling Based on Voronoi Tessellation Method*. *Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 98 (2), 203-220. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/279540502_Geometrical_Modeling_of_Cell_Division_and_Cell_Remodeling_Based_on_Voronoi_Tessellation_Method.

Louv, R. (2008). *Last Child in the Woods : Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Nova Iorque: Algonquin Books of Chapel Hill.

Lucas, J. S., Southgate, P. C. & Tucker, C. S. (2019). *Aquaculture - Farming Aquatic Animals and Plants*. UK: John Wiley & Sons Ltd.

Manzini, Ezio & Vezzoli, Carlo (2005). *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Marcus Fairs. (2019). *Bioplastics could be “just as bad if not worse” for the planet than fossil-fuel plastics*. Consultado em 05 de fevereiro de 2020. Retrieved from: <https://www.dezeen.com/2019/04/15/bioplastics-bad-environment-damage-arthur-huang/>.

Markforged. (2020a). *Onyx Filament*. Consultado a 6 de abril de 2020. Retrieved from: <https://markforged.com/materials/onyx/>.

Markforged. (2020b). *FAQ – What is carbon fiber?*. Consultado a 6 de abril de 2020. Retrieved from: <https://markforged.com/materials/carbon-fiber/>.

Markforged. (s.d). *SEAWATER INTAKE*. Consultado a 6 de abril de 2020. Retrieved from: <https://static.markforged.com/downloads/SeawaterIntakeOP.pdf>.

Mcdonought, W. & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things*. Canada: North Point Press.

Menezes, M. (2007). *Conviver (To Coexist)*. Consultado a 19 de março de 2020. Obtido em: <http://martademenezes.com/portfolio/conviver>.

Moldacril, (s.d.) *Vidro vs. Acrílico*. Consultado a 27 de junho de 2020. Obtido em: <https://www.moldacril.com/pt/solucao/claraboias>.

Moore, R. C. (1997). *The Need for Nature: A Childhood Right*. *Social Justice*, 24, No 3 (69), 203-220. Retrieved from: <https://www.jstor.org/stable/29767032>.

Myers, W. (2012). *Bio Design*. London: Thames & Hudson Ltd.

National Geographic. (2019). *The Development of Agriculture*. Consultado em 04 de maio de 2020. Retrieved from: <https://www.nationalgeographic.org/article/development-agriculture/>.

Nunes, B. S., Carvalho, F. D., Guilhermino, L. M. & Stappen, G. V. (2006). Use of the genus *Artemia* in ecotoxicity testing. *Environmental Pollution*, 144 (2), 453- 462. doi: 10.1016/j.envpol.2005.12.037.

Orr, D. (2002). *The Nature of Design*. New York: Oxford University Press.

Oudolf, P. & Darke, R. (2017). *Gardens of the High Line: Elevating the Nature of Modern Landscapes*. Portland: Timber Press, Inc.

Oxman, N. (2010). *Material-based Design Computation* (Doctor of Philosophy in Architecture: Design and Computation, Massachusetts Institute of Technology). Retrieved from: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/59192>.

Pantarella, E. (2008). Pond aquaponics: new pathways to sustainable integrated aquaculture and agriculture. *Aquaculture News*, 34, 10-11. Retrieved from: <https://backyardaquaponics.com/Travis/pondaquaponics.pdf>.

Papanek, V. (1995). *Arquitetura e Design. Ecologia e Ética*. Londres: Thames&Hudson.

Papanek, V. (2006). *Design For The Real World*. Londres: Thames&Hudson.

Directiva 2010/63/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de setembro de 2020 relativa à proteção dos animais utilizados para fins científicos (2010). *Jornal Oficial da União Europeia*: L 276/33, de 20.10.2010. Retirado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0063&from=SV>

Patimar, R., Chalanchi, M. G., Chamanara, V. & Naderi, L. (2010). *Some life history aspects of Garra rufa (Heckel, 1843) in the Kangir River, Western Iran*. *Zoology in the Middle East*, 51 (1), 57-66. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/215633230_Some_life_history_aspects_of_Garra_rufa_Heckel_1843_in_the_Kangir_River_Western_Iran.

Permatasari, R., Rinanti, A. & Ratnaningsih, R. (2018). Treating domestic

effluent wastewater treatment by aerobic biofilter with bioballs medium. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 106, 1-6. doi:10.1088/1755-1315/106/1/012048.

Popkewitz, T. S. (Ed). (2005). *Inventing the Modern Self and Jonh Dewey : Modernities and the Traveling of Pragmatism in Education*. Inglaterra: PALGRAVE MACMILLAN™

Quercus. (s.d.). *A importância dos Montados de Sobro em Portugal*. Consultado a 22 de outubro de 2019. Obtido em: <https://www.quercus.pt/artigos-floresta/2411-a-importancia-dos-montados-de-sobro-em-Portugal>.

Rakocy, J. E., Masser, M. P. & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-Integrating fish and plant culture, *Southdorm Regional Aquaculture Center*, (No 454), 1-17. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/284496499_Recirculating_aquaculture_tank_production_systems_Aquaponics-Integrating_fish_and_plant_culture.

Reed, S. E. (1996). *Encountering the World: Toward an Ecological Psychology*. Nova Iorque: Oxford University Press.

Região de Cister (2015) *EB1 de Carvalhal de Aljubarrota recebe novo modelo educacional*. Consultado a 26 de maio de 2020. Obtido em: [https://regiaoecister.pt/noticias/eb1-de-carvalhal-de-aljubarrota-recebe-novo-modelo-educacional](https://regiaodecister.pt/noticias/eb1-de-carvalhal-de-aljubarrota-recebe-novo-modelo-educacional).

Relvas, C. (2017). *O Mundo da Impressão 3D e o Fabrico Digital*. Porto: Engebook.

Roth, C. E. (1992). *Environmental Literacy: Its roots, evolution, and directions in the 1990s*. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education. Retrieved from: <https://eric.ed.gov/?id=ED348235>.

Rym, S. & Cowan, S. (1996). *Ecological Design*. EUA: Island Press.

Sallenave, R. (2016). Important Water Quality Parameters in Aquaponics Systems. *NM State University*, 680, 1-8. Retrieved from: https://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/CR680.pdf.

Sayilia, M., Akcaa, H., Dumanb, T. & Esengun, K. (2007). Psoriasis treatment via doctor fishes as part of health tourism: A case study of Kangal Fish Spring, Turkey. *Tourism Management*, 28 (2), 625–629. doi:10.1016/j.tourman.2006.08.010.

Soares, S. (2009). *Bee's: What if we could use insects' extraordinary sense of smell to prevent and diagnose illnesses?*. Consultado a 18 de fevereiro de 2020. Obtido em: <http://www.susanasoares.com/index.php?id=52>.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production. *Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 589, 1-262. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>.

Spangenberg, J. H. (1996). *Towards Sustainable Europe. A Study from the Wuppertal Institute for Friends of the Earth Europe*. Sustainable Europe. Nottingham, UK. Retrieved from: https://www.academia.edu/1874332/Towards_sustainable_Europe__A_study_from_the_Wuppertal_Institute_for_Friends_of_the_Earth_Europe.

Stout, M. (2013). *The complete idiot's guide to Aquaponic Gardening*. EUA: Alpha Books.

Thingiverse. (2017). *Hidroblocks*. Consultado a 18 de fevereiro de 2020. Obtido em: <https://www.thingiverse.com/thing:2440127>.

Touliatos, D., Dodd, I. C. & Mcainsh, M. (2016). Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics. *Food and Energy Security*, 5 (3), 184 -191. doi: 10.1002/fes3.83.

United Nations. (1987). *Report of the world comission on Environment and Development: Our Common Future*. Retrieved from: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>.

United Nations. (2019). *The Sustainable Development Goals Report*. Retrieved from: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf>.

UNESCO. (2005). *Década da Educação das Nações Unidas para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014: documento final do esquema internacional de implementação*. Brasília: UNESCO.

UNESCO. (2017). *Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem*. Obtido em: <https://ods.imvf.org/wp-content/uploads/2018/12/Recursos-ods-objetivos-aprendizagem.pdf>.

Volpe, E., Mandrioli, L., Errani, F., Serratore, P., Zavatta, E., Rigillo, A. & Ciulli, S. (2019). Evidence of fish and human pathogens associated with doctor fish (Garra rufa, Heckel, 1843) used for cosmetic treatment. *Journal of Fish Diseases*, 42 (19), 1-8. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/336232989_Evidence_of_fish_and_human_pathogens_associated_with_doctor_fish_Garra_rufa_Heckel_1843_used_for_cosmetic_treatment.

Walsworth, W. (2016). *Everything You Need to Know to Start an Expert DIY Aquaponic System from Home*. s.l.: BPI Publishing.

Water Garden Duo: *Hydroponics : Aquaponics Ecosystem*. (n.d.). Retrieved from: <https://backtotheroots.com/products/watergarden>.

Wildgoose, W. H. (2012) A review of fish welfare and public health concerns about the use of Garra rufa in foot spas. *Fish Veterinary Journal*, (13), 3–16. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/301731819_A_review_of_fish_welfare_and_public_health_concerns_about_the_use_of_Garra_rufa_in_foot_spas.

Yedier, S., Konaş S., Bostancı, D. & Polat, N. (2016). Otolith and scale morphologies of doctor fish (Garra rufa) inhabiting Kangal Balıklı Çermik thermal spring (Sivas,Tukey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15 (4),1593-1608. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/310384337_Otolith_and_scale_morphologies_of_doctor_fish_Garra_rufa_inhabiting_Kangal_Balikli_Cermik_thermal_spring_Sivas_Turkey

Zhou, W. D., & Chen, J. S. (2018). 3D Printing of Carbon Fiber Reinforced Plastics and their Applications. *In Materials Science Forum* (Vol. 913, pp. 558-563). Trans Tech Publications Ltd. Retrieved from: doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.913.558.

Anexo 1

Ficha de Informação Técnica

Produto:

Aglomerado de Cortiça Expandida – ICB (Insulation Cork Board)

Descrição:

Produto 100 % vegetal, que provem da cortiça.

Este produto deriva assim de uma **matéria-prima renovável e sustentável**, uma vez que a cortiça é extraída do sobreiro **sem que este sofra qualquer dano ou abate**. A manutenção da floresta de sobreiro é uma actividade ecológica, pois contribui para a manutenção e conservação de um ecossistema extremamente frágil e único.

O fabrico do **Aglomerado de Cortiça Expandida** é feito a partir da expansão dos grânulos de cortiça, por acção do vapor de água, sendo a sua aglutinação feita com base nas resinas da própria cortiça, **sem utilização de quaisquer agentes sintéticos**, nomeadamente colas ou solventes. Apresenta-se em placas sem recobrimentos.

As propriedades físicas e mecânicas da cortiça proporcionam a criação de um produto elástico, permeável ao vapor de água, de longa durabilidade (sem alteração das suas propriedades) e com excelentes características de **isolamento térmico, acústico e vibrático**.

Fabricante/ Fornecedor:

Fabricante:

sofalca – Sociedade Central de Produtos de Cortiça, Lda.

Telhado / Bemposta – EN N.º2 – Km 413.2
2205-213 Bemposta – Abrantes
Portugal
NIF: 500 271 062
Tel: + 351 241 732 165 – Fax: + 351 241 732 210
E-mail: sofalca@mail.telepac.pt Web: www.sofalca.pt

Promoção/Venda:

ISOCOR, A.C.E.

Av.ª António Augusto de Aguiar, 17 – 3º Esq.
1050-012 Lisboa
Portugal
Tel: + 351 21 352 71 91 – Fax: + 351 21 353 71 96
E-mail: info@isocor.pt Web: www.isocor.pt

Parâmetros Técnicos:

	Valores	Norma de Ensaio
Massa Volúmica / Densidade	< 130 kg/m ³	NP EN 1602
Coefficiente de Condutividade Térmica	0,036 a 0,040 W/mk	EN 12667:2001
Tensão de Ruptura à Flexão	≥ 130 Kpa	NP EN 12089:1997
Tensão de Compressão a 10%	≥ 110 Kpa	NP EN 826:1996
Temperatura de Utilização	-180 °C a +120 °C	---
Permeância ao Vapor de Água	386 ng/Pa.sm ²	NP EN 12086:1997
Resistência à Difusão do Vapor de Água	μ = 7 - 14	NP EN 12086:1997
Classe de Reacção ao Fogo	E	NP EN 13501-1:2007
Classe de Reacção ao Fogo – Sistemas ETICS	B-s1,d0	NP EN 13501-1:2007
Comprimento x Largura	1000 x 500 mm / 900 x 500 mm	NP EN 822
Espessura	de 10 a 300 mm	NP EN 823

Documento de Especificação: NP EN 13170:2012+A1:2015

Valores de Isolamento Térmico (R e m ² k/W e K em W/m ² k)		
Espessura	R	W
40 mm	1,000	1,000
50 mm	1,250	0,800
60 mm	1,500	0,667
80 mm	2,000	0,500

Tempo de Atraso Térmico	Tempo Atraso
<p>O Tempo de atraso é uma unidade de tempo, compreendida entre o pico de temperatura da parte exterior e o pico de temperatura da parte interior de uma parede, medidas num período de 24 horas.</p> <p>O tempo de atraso deve ser superior a 9 horas, que representam o tempo de radiação solar diária de Verão.</p> <p>Um tempo de atraso superior permite que a parede não sobreaqueça durante o dia e que arrefeça durante a noite, de modo a retomar novamente o ciclo na manhã seguinte.</p>	<p>13 Horas (em horas por 20 cm)</p>

- ✓ Excelente comportamento no isolamento de ruídos aéreos e de percussão;

Isolamento Sonoro a sons aéreos	
Descrição do Provete	Isolamento
Parede de alvenaria de tijolo furado , assente com argamassa de cimento, com espessura de 0.22 m, não rebocada.	$R_w = 44 \text{ dB (0,-2)}$
Parede de alvenaria de tijolo furado , assente com argamassa de cimento, com espessura de 0.22 m. À face do lado da receção foram aplicadas placas de gesso cartonado com a espessura de 12 mm. À face do lado da emissão foram fixadas placas de poliestireno expandido, com espessura de 50 mm e massa volúmica de 20 kg/m³ . Sobre as placas de poliestireno expandido foi aplicado um reboco, com espessura entre 6 a 8 mm, constituído por duas redes de fibra de vidro, com malha de 10mmx10mm, envolvidas por uma argamassa cimentícia com ligantes orgânicos.	$R_w = 45 \text{ dB (-1,-4)}$
Parede de alvenaria de tijolo furado , assente com argamassa de cimento, com espessura de 0.22 m. À face do lado da receção foram aplicadas placas de gesso cartonado com a espessura de 12 mm. À face do lado da emissão foram fixadas placas de aglomerado de cortiça expandida, com espessura de 50 mm e massa volúmica entre 90 a 110 kg/m³ . Sobre as placas de aglomerado de cortiça expandida foi aplicado um reboco, com espessura entre 6 a 8 mm, constituído por duas redes de fibra de vidro, com malha de 10mmx10mm, envolvidas por uma argamassa cimentícia com ligantes orgânicos.	$R_w = 50 \text{ dB (-1,-5)}$
Descrição do Provete	Isolamento
Parede dupla, constituída por dois panos de alvenaria de tijolo furado, com espessura de 0.11m cada, fazendo caixa de ar com espessura de 0.06m. As faces exteriores dos panos de alvenaria têm um reboco com espessura de 0.015 m. Na face interior de um dos panos também é aplicado um reboco de 0.01 m de espessura sendo posteriormente fixadas placas de aglomerado de cortiça expandida, com 0.04 m de espessura e massa volúmica de 90 a 110 kg/m³ .	$R_w = 53 \text{ dB (-1,-5)}$

Ensaio realizado pelo LNEC conforme NP EN 20140-3:1998 e Resultado conforme a EN ISO 717-1:1996 – (Boletim n.º 60/61/62/65/2007)

Isolamento Sonoro a sons de percussão	
Descrição do Provete	Isolamento
Pavimento de ensaio sem revestimento.	$L_{n,o,w} = 80 \text{ dB}$
Pavimento com sistema flutuante constituído por lajeta de betão de 0.04 m de espessura, revestida com tacos de pinho, assente sobre uma camada, de 0.07 m de espessura, de betão leve de regranulado de cortiça expandida de 2-9 mm , regularizada com a 0.01 m de regularização e com placas de 0.02 m de aglomerado de cortiça expandida , com massa volúmica de 90 a 110 kg/m ³ .	$L_{n,o,w} = 55 \text{ dB}$
Pavimento com sistema flutuante constituído por lajeta de betão de 0.04 m de espessura, revestida com tacos de pinho, assente sobre uma camada, de 0.07 m de espessura, de betão leve de regranulado de cortiça expandida de 2-9 mm , regularizada com 0.01 m.	$L_{n,o,w} = 62 \text{ dB}$

Ensaio realizado pelo LNEC conforme NP EN 140-8:1997 e Resultado conforme a EN ISO 717-1:1996 – (Boletim n.º 67/68/2007)

- ✓ Elevada elasticidade.

Indicadores Ecológicos	
Necessidades Energéticas	Satisfeitas em 90% pela utilização de BIOMASSA (Fonte de energia neutra em matéria de emissões de CO₂)
Energia Primária	Muito Baixa
Sumidouro de Carbono	
Reciclável a 100%	
Reduz o efeito de estufa	

- ✓ O fabrico do **Aglomerado de Cortiça Expandida** apresenta um **reduzido consumo de energia**, cerca de 4 MJ por Kg, que é quatro vezes menor que para as lãs minerais e vinte vezes menos que para as espumas sintéticas. (“Eco-Materiais”- Ignasi Pérez Arnal)

Normativo aplicável:

Código C€: ICB-EN 13170:2012+A1:2015 – T1– CS10 (110) –TR(50)


Marcação C€: 

Norma de Referência: EN 13170:2012+A1:2015

A presente Norma especifica as exigências dos produtos manufacturados de cortiça expandida utilizados no isolamento térmico de edifícios.

A Norma descreve as características do produto e inclui indicações sobre os métodos de ensaio a utilizar para a sua determinação e informação relacionada com a avaliação da conformidade, a marcação, a etiquetagem e a embalagem.

Laboratórios Acreditados para a Marcação C€	
Laboratório de Controlo Externo	LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
ITT Laboratório	CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
	LGAI – Technological Center AS

Apreciação da qualidade do material associado às emissões para o ar interior	
<p>Classificação: A+</p> <p>(Conforme Regulamentação Francesa e a ISO16000 (2006) em vigor)</p> <p>Laboratório Credenciado: LQAI – Laboratório da Qualidade Ar Interior</p>	

Certificado N.º 92/2011 – Relatório de Análise LQAI.MC.56/11

Embalagem e Armazenamento:

O Produto é envolvido em filme incolor de polietileno retráctil microperfurado, que o protege a quando do seu armazenamento, transporte e manuseamento.

Após ser retirado das embalagens e até ser aplicado o material deve ser protegido da água da chuva.

Quantidade de Placas por Embalagem:	01 a 30 Placas (conforme a espessura)
Peso da Embalagem:	Cerca de 18 kg

Condições de Aplicação:

✓ Em Coberturas:

Para aplicar racionalmente e nas melhores condições o **Aglomerado de Cortiça Expandida**, haverá que o proteger da absorção de água proveniente das chuvas caídas durante o processo de aplicação, o que origina um acréscimo do valor do coeficiente de condutividade térmica (no entanto, do posterior aumento de temperatura resulta uma rápida libertação de humidade, sem alteração do referido coeficiente).

✓ Em Revestimentos de Tectos e Paredes:

Quando utilizadas colas sintéticas na fixação das placas de ICB, nomeadamente em isolamentos fónicos (cortiça à vista pelo interior), devem ser criadas previamente condições adequadas de ventilação.

Aplicação:

As placas de **Aglomerado de Cortiça Expandida** devem ser aplicadas preferencialmente com juntas desfasadas e comprimidas. Os cortes são executados com serrote dentado ou com instrumento de corte (tipo xisato) para espessuras mais reduzidas (de 10 a 20 mm).

Processos de Fixação:

Em paredes e tectos:

- Massas adesivas (por pontos ou em toda a superfície);
- Cavilhas de fixação em polipropileno;
- Cola de contacto (sintética ou de base aquosa).

Nas coberturas e nos pisos:

- Primários betuminosos;
- Cavilhas de fixação em polipropileno;
- Massas adesivas (por pontos ou em toda a superfície).

Aplicações especiais pelo exterior sem protecção:

- Mecânica (parafuso + anilha);
- Por colagem tipo adesivo (cola/impermeabilizante).

O **Aglomerado de Cortiça Expandida** é praticamente inerte e totalmente compatível com a generalidade dos materiais utilizados no domínio da construção civil.

Devido à sua origem natural, estes são inalteráveis à acção da água fervente a 100 °C, ácido clorídrico, ácido sulfúrico (e seus sais) e derivados do petróleo, o que permite que a impermeabilização – em coberturas planas – seja efectuada directamente nas placas de ICB (a quente ou a frio).

Higiene e Segurança e Risco de Incêndios

- ✓ Protecção adequada das vias respiratórias, no corte do produto e na sua aplicação.
- ✓ A combustão do aglomerado de cortiça expandida é lenta e não liberta gases tóxicos, cianetos ou cloretos, sendo mínima a libertação de monóxido de carbono e de anidrido carbónico.

Gestão de Resíduos:

- O **Aglomerado de Cortiça Expandida** é um produto **100% reciclável, reutilizável e biodegradável**.

No final do período de utilização (muitas vezes imposto pelo fim de vida útil do próprio edifício), sempre que possível o produto deve ser separado em obra de argamassas, fixadores metálicos, etc., devendo ser entregue a empresa com Autorização para Operações de Gestão de Resíduos que o reincorpora no processo produtivo sem qualquer alteração, procedendo assim à sua conveniente reciclagem.

Empresa Recicladora:

sofalca – Sociedade Central de Produtos de Cortiça, Lda.

- 17 06 04 – Materiais de isolamento não abrangido em 17 06 01 e 17 06 03 » Operações **R3, R13**

Como produto natural que é, caso alguns dos desperdícios sejam incorporados no solo, não existe inconveniente, pois estes são **biodegradáveis**.

- As **embalagens** de filme de polietileno retráctil devem ser colocadas nos ecopontos adequados para reciclagem. (Conforme contrato com **Sociedade Ponto Verde – EMB/0010780**)

Estando as condições de aplicação fora do nosso alcance, não nos responsabilizamos pela sua incorrecta utilização. É dever do cliente verificar a idoneidade do produto para o fim previsto.

Em qualquer caso a nossa responsabilidade está limitada ao valor da mercadoria por nós fornecida.

A informação constante da presente ficha pode ser alterada sem aviso prévio.

Em caso de dúvida, e se necessitar de esclarecimentos complementares, solicitamos o contacto com os nossos serviços técnicos.

V01R03 – 11/07/2018

PRODUCT SPECIFICATION

9426

Binder	Polyurethane
Colour	Natural
Cork Granule Size	4-14 mm

TEST METHOD	PROPERTY	UNIT	VALUE
ISO 7322	Specific weight	Kg/m ³	300 – 380
Inescop Method	Compression at 25%	N	≥ 3000
ISO 2077	Resistance to bending	daN/mm ²	≥ 15
ISO 7322	Boiling water	-	No disaggregation

PDA03291/1



AMORIM
AMORIM CORK COMPOSITES



Novo Pedir Alteração Previsão da Impressão Fechar Actualizar Sair

Especificação de Produto Amorim Cork Composites, SA
PDA-2349 / 2

8702

Identificação do Documento

Estado e Titularidade do Documento

Estado Actual **Aprovado - Divulgado**
Data de Aprovação 2 de Abril de 2008 **Data de Divulgação** 2 de Abril de 2008
Autor da Revisão / Gestor da Revisão   Natalia Santos @ ACC

Categorização do Documento

Unidade Segmento de Aplicação Geral

ESTE DOCUMENTO CONTÉM INFORMAÇÃO CONFIDENCIAL. A sua utilização é restrita a funcionários interessados e a terceiras entidades interessadas.

Cliente / Client

n/a

Descrição / Description

1. Produto
1. Product

8702

2. Objectivo
2. Scope

Descrever a composição, características e informações complementares.
 Describe product composition, characteristics and other valuable information.

3. Descrição do Produto
3. Product Description

Aglomerado composto de cortiça, tendo por composição granulado 5/15mm e poliuretano.
 Agglomerated composition cork produced with 5/15mm granulated cork and a polyurethane binder.

4. Características
4. Characteristics

4.1. Características Físicas
4.1. Physical Characteristics

Característica Characteristics	Valores Values	Norma Norm
-----------------------------------	-------------------	---------------

Secções

- Identificação do Documento
- Cliente / Client
- Descrição / Description
- Items Associados
- Mostrar Todas as Secções

Ações Especiais

Pedidos de Alteração de Documentos

Referências Cruzadas - Padrão

- Como Dados Mestre Alojados
- Com a Mesma Categorização

Referências Cruzadas - Todas as Revisões

- Todas as Revisões
- Todas as Revisões: Como Item Associado
- Todas as Revisões: Como Dados Mestre Alojados



Peso específico (kg/m ³) Specific weight (kg/m ³)	200 - 250	ISO 7322
Tensão rotura (kPa) Tensile strength (kPa)	≥ 200	ISO 7322
Compressão (%) Compression (%)	35 - 50	ISO 7322
Recuperação (%) Recovery (%)	≥ 80	ISO 7322
Água fervente Boiling water	Não desagregação No disaggregation	ISO 7322

4.2. Tolerâncias Dimensionais 4.2. Tolerance Dimensions

	Valor nominal (mm) Nominal Value (mm)	Tolerância (mm) Tolerance (mm)
Espessura Thickness	< 2	± 0.1
	≥ 2 < 6	± 0.2
	≥ 6 < 10	± 0.3
	≥ 10 < 20	± 0.5
	≥ 20	± 1
Largura / Comprimento Width / Length	± 0.5 %	

5. Informações complementares 5. Valuable Information

Armazenagem:
Storage:

Aconselhamos o armazenamento do produto nas condições: 20 ± 3°C / 60 ± 5% HR.
We recommend storing the product at these conditions: 20 ± 3°C / 60 ± 5% HR.

Tabela de Revisões:

Revisão:	Secção:	Alteração Efectuada:	Data:
0	Total	Nova especificação	08/06/2006

PRODUCT SPECIFICATION

8122

Binder	Polyurethane
Colour	Natural
Cork Granule Size	0.5/1 mm

TEST METHOD	PROPERTY	UNIT	VALUE
ISO 7322	Specific weight	Kg/m ³	380 - 460
ISO 7322	Tensile strength	kPa	≥ 1700
ISO 7322	Compressibility	%	10 - 20
ISO 7322	Recovery	%	≥ 75
ISO 7322	Boiling water	-	No disaggregation
ASTM D 2240	Hardness Shore A	%	75 - 85

PDA02015/9



AMORIM
AMORIM CORK COMPOSITES

Anexo 2

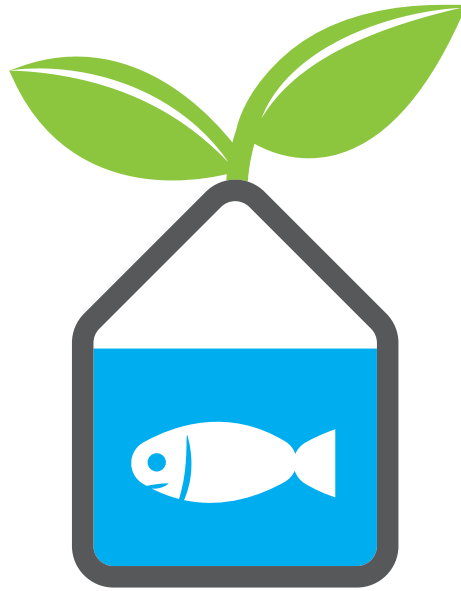
Vídeos

Homegreens _ Estudo Pedras Difusoras de Arejamento
<https://www.youtube.com/watch?v=u4ODE4fjfsU&t=115s>

Entrevista 1
Homegreens_ Conversa com professora Paula Almeida
https://www.youtube.com/watch?v=_Rvks2M4O20

Entrevista 2
Homegreens _ Conversa com alunos.
https://www.youtube.com/watch?v=frl4_ZbYku0

Anexo 3



homegreens

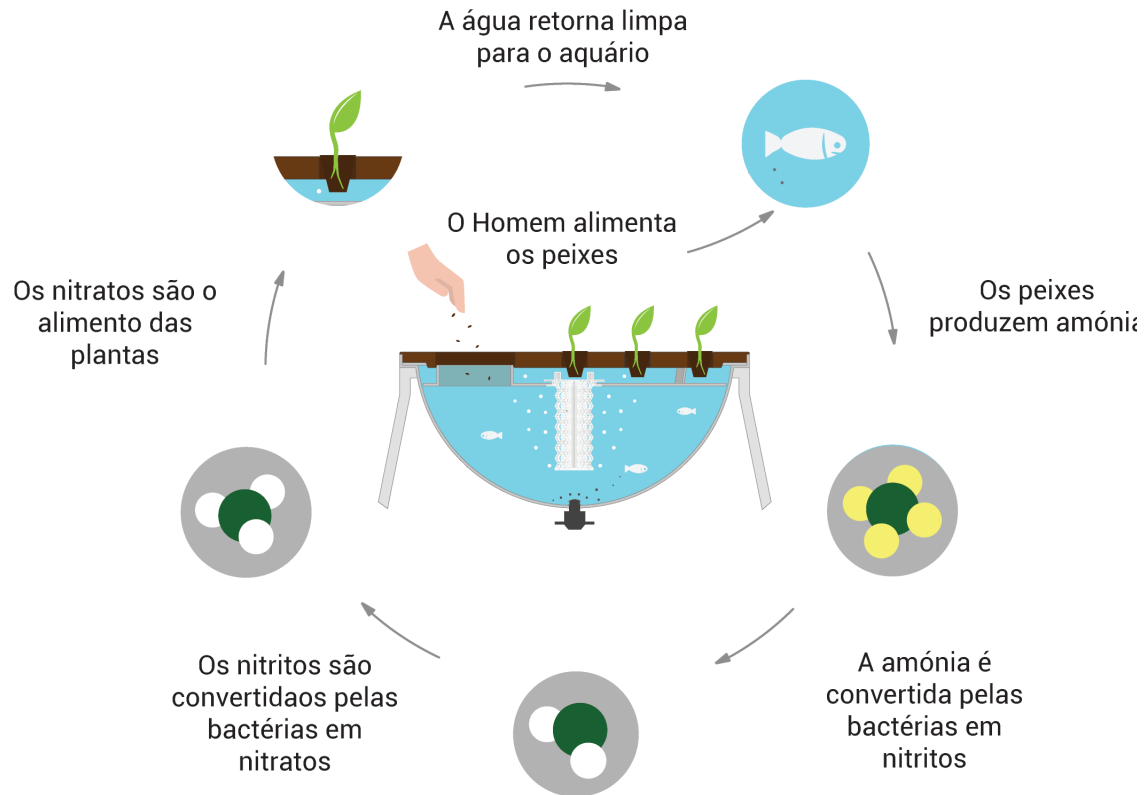
O QUE É A AQUAPONIA?

A aquaponia é uma prática de produção alimentar considerada uma alternativa sustentável, pois permite a produção de peixes e plantas através do mesmo circuito de água.

Através da aquaponia é possível:

- Produzir alimentos de forma saudável e biológica,
- Poupar 90% dos recursos de água utilizados na agricultura,
- Evitar a degradação dos solos e a devastação dos oceanos.

Como Funciona:



Montagem do SISTEMA AQUAPÓNICO:

• Cama de Cultivo

• Suporte de Bactérias

• Termostato

• Separador de Raízes

• Aquário

• Bomba de Ar

• Estrutura de Suporte



Identificação das **EQUIPAS:**

EQUIPA 1:

EQUIPA 2:

EQUIPA 3:

EQUIPA 4:

EQUIPA 5:

ATIVIDADE - mapeamento das plantas:

Identificar as espécies a usar no sistema.

Assinalar no local correspondente da figura, o número atribuído a cada planta.

1:

2:

3:

4:

5:

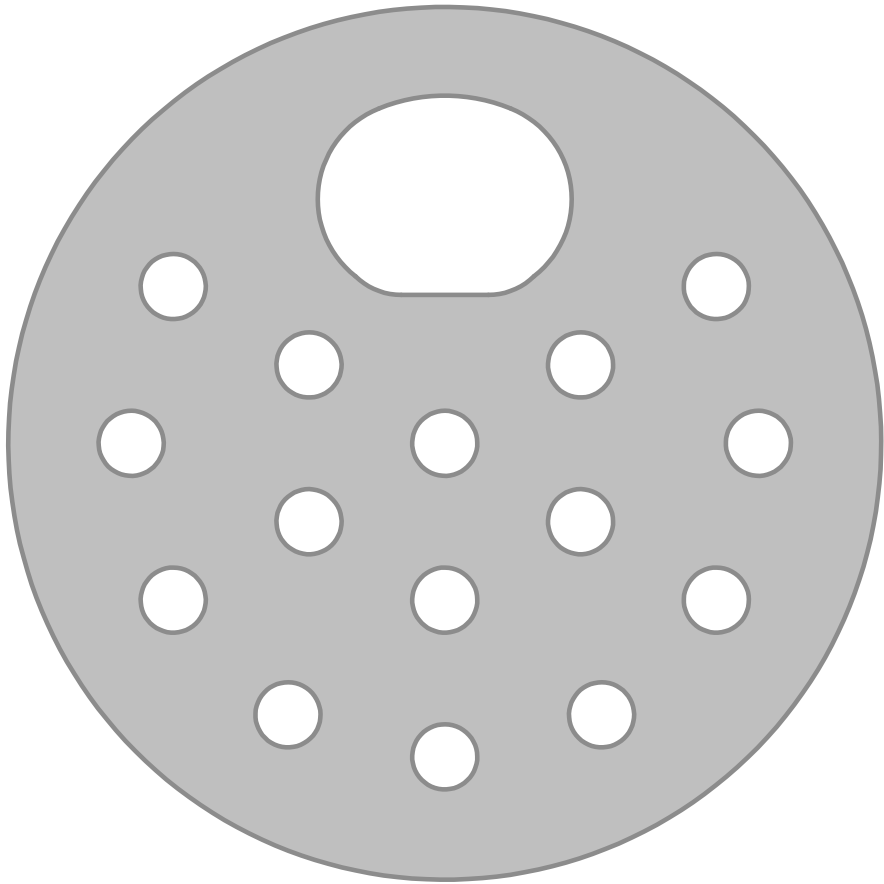
6:

7:

8:

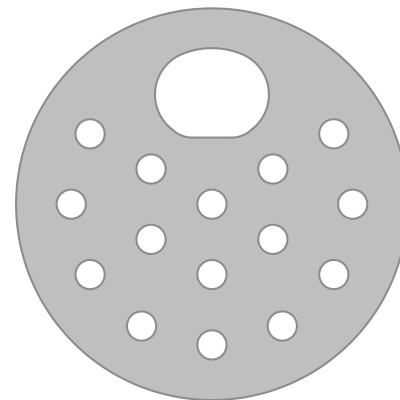
9:

10:

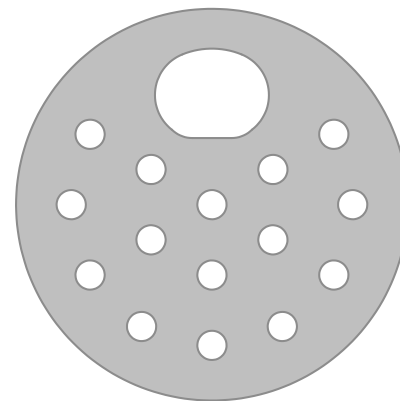


SEGUNDO O MAPEAMENTO,
pintar o local correspondente ao estado
em que se encontra cada planta:

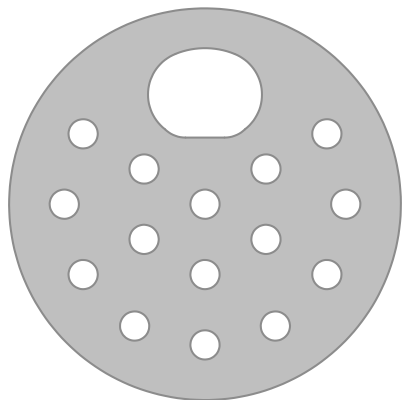
- Planta saudável: folhas verdes, planta em crescimento.
- Planta Doente: Folhas secas e amareladas, planta com um crescimento lento.
- Planta Morta: Planta completamente seca com folhas castanhas.



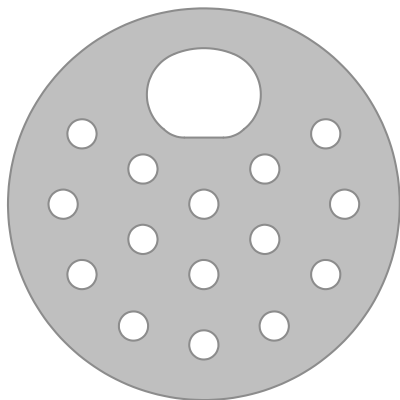
EQUIPA: _/_/_



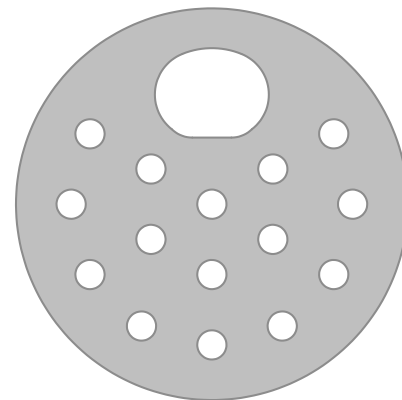
EQUIPA: _/_/_



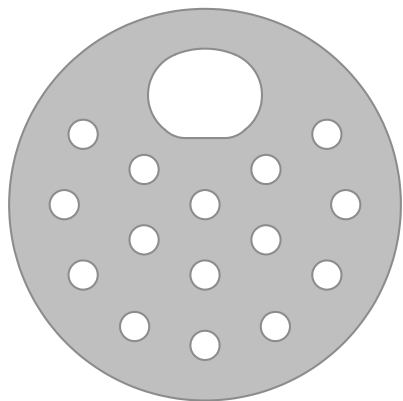
EQUIPA: _/_/_



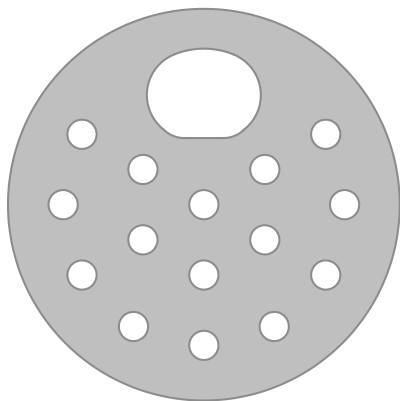
EQUIPA: _/_/_



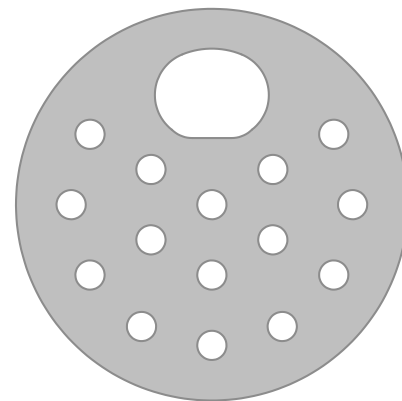
EQUIPA: _/_/_



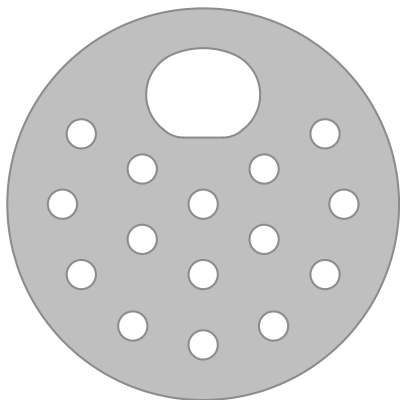
EQUIPA: _/_/_



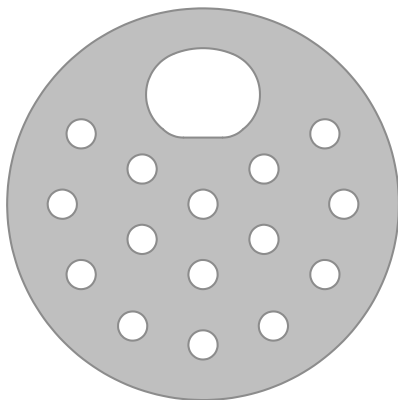
EQUIPA: _/_/_



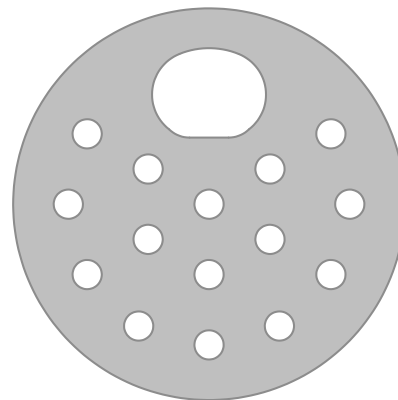
EQUIPA: _/_/_



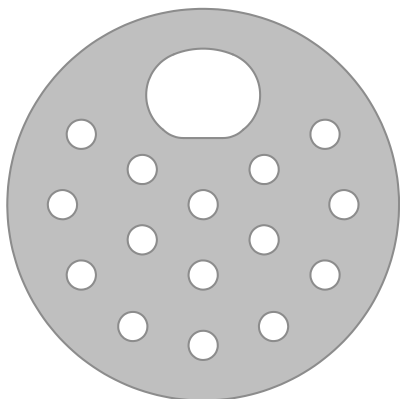
EQUIPA: _/_/_



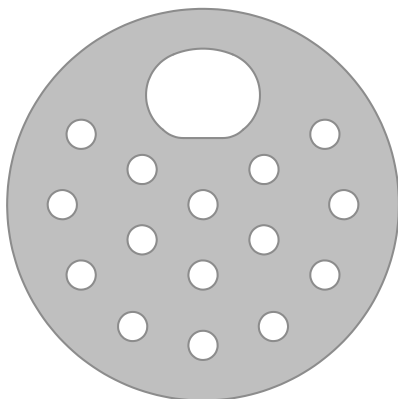
EQUIPA: _/_/_



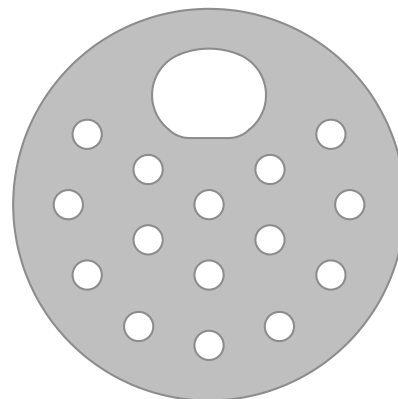
EQUIPA: _/_/_



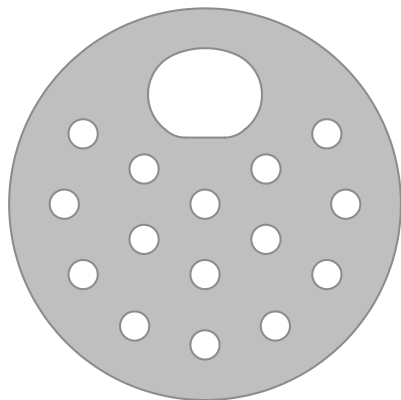
EQUIPA: _/_/_



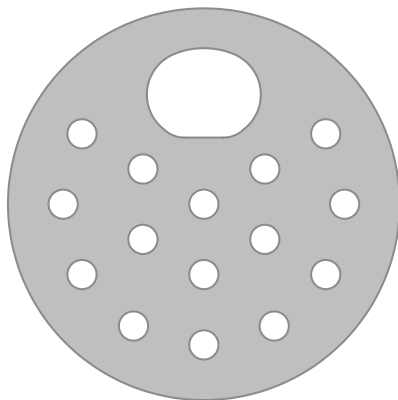
EQUIPA: _/_/_



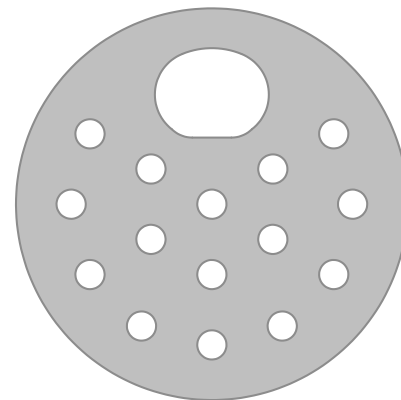
EQUIPA: _/_/_



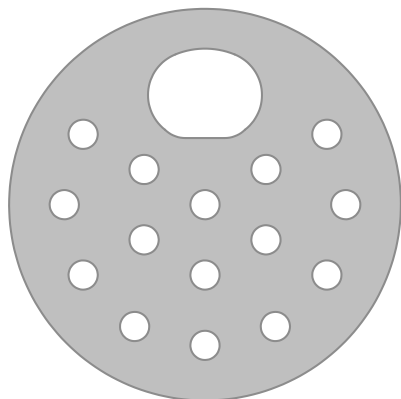
EQUIPA: _/_/_



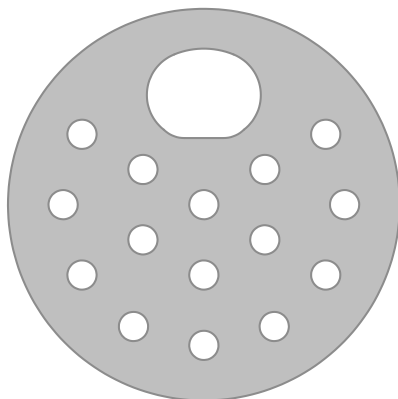
EQUIPA: _/_/_



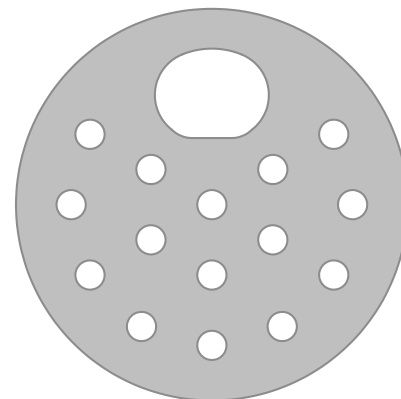
EQUIPA: _/_/_



EQUIPA: _/_/_



EQUIPA: _/_/_



EQUIPA: _/_/_

**Limpeza dos
sedimentos**

**Repôr a água
na caixa / no sistema**

**Alimentar os
peixes**

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

EQUIPA: _/_/_

ATIVIDADE 3 - análise aos parâmetros físico-químicos.

Construir um gráfico de linha, de acordo com os valores obtidos nos diferentes parâmetros.

Assinalar ao longo de cada uma das linhas o local correspondente ao resultado de cada teste. Unir os pontos.

Sempre que um dos valores se encontrar dentro dos parâmetros assinalados a vermelho, contactar a ajuda: 914180988

Temperatura da água

36° C

34° C

32° C

30° C

28° C

26° C

24° C

22° C

20° C

EQUIPA:

Data:

ATIVIDADE 5



EQUIPA: _ / _ / _



EQUIPA: _ / _ / _



EQUIPA: _ / _ / _



EQUIPA: _ / _ / _



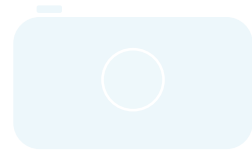
EQUIPA: _ / _ / _



EQUIPA: _ / _ / _



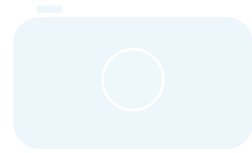
EQUIPA: _ / _ / _



EQUIPA: _ / _ / _



EQUIPA: _ / _ / _



EQUIPA: _ / _ / _



homegreens

Equipa:

Luis Pessanha

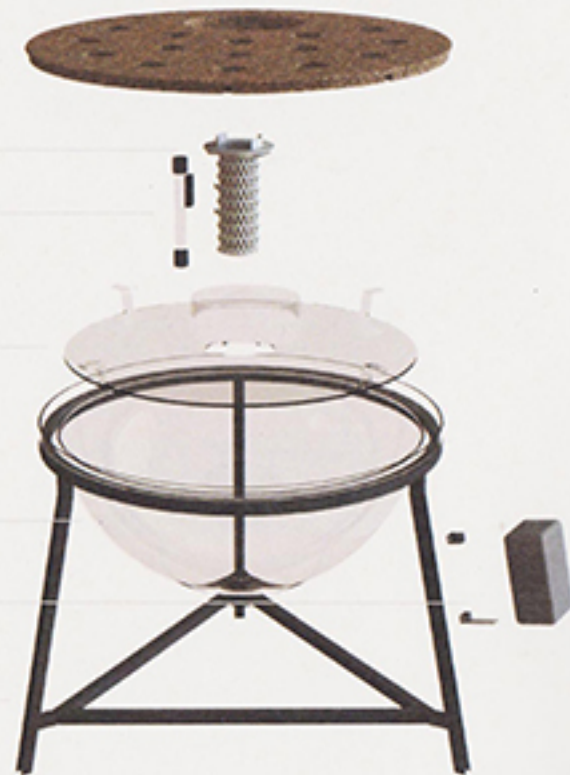
Rute Carreira

Susana Ferreira

Anexo 4

Montagem do SISTEMA AQUAPÓNICO:

- Cama de Cultivo
- Suporte de Bactérias
- Termostato
- Separador de Raízes
- Aquário
- Bomba de Ar
- Estrutura de Suporte



Identificação das EQUIPAS:

EQUIPA 1:

Guilherme, Alexandra, M^{te} J^{ne}s, J^{ri}s, Francisca

EQUIPA 2:

ESTER, OCEANA, ALICE, M^{te} ANTÓNIA, PATILDE

EQUIPA 3:

JOÃO, J^{ne}s, PHILIPPE, LEONOR

EQUIPA 4:

MARTIM, LAURA, YARA, JAITE

EQUIPA 5:

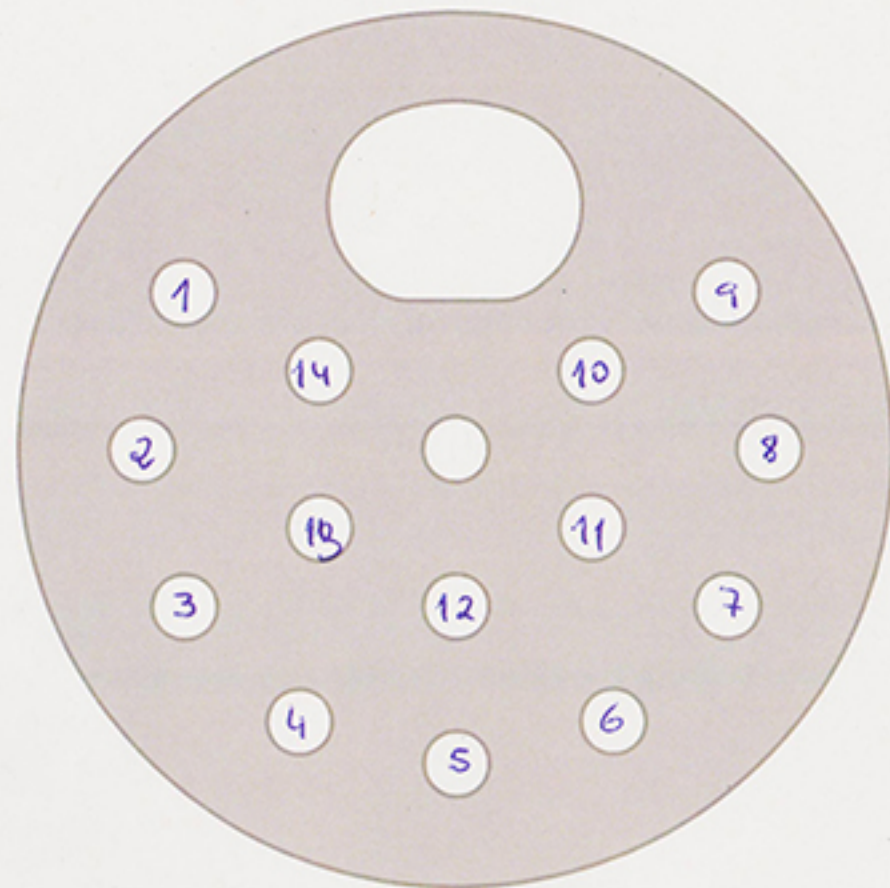
AFONSO, RÚBEN, DIANA, CAROLINA

ATIVIDADE - mapeamento das plantas:

Identificar as espécies a usar no sistema.

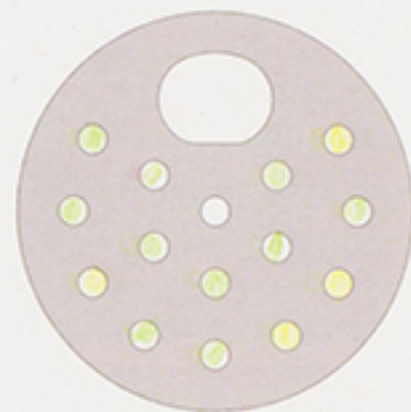
Assinalar no local correspondente da figura, o número atribuído a cada planta.

- | | |
|---------------|----------------|
| 1: ALFACE | 11. COUVE ROXA |
| 2: ESPINAFRE | 12. COENTROS |
| 3: ALFACE | 13. BETERRABA |
| 4: BETERRABA | 14. COENTROS |
| 5: COUVE ROXA | |
| 6: ALFACE | |
| 7: ALFACE | |
| 8: SALSA | |
| 9: ALFACE | |
| 10: SALSA | |

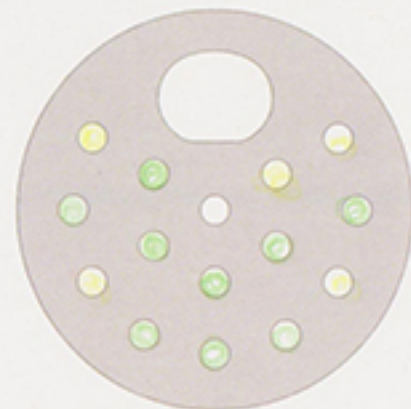


SEGUNDO O MAPEAMENTO,
pintar o local correspondente ao estado
em que se encontra cada planta:

- Planta saudável: folhas verdes, planta em crescimento.
- Planta Doente: Folhas secas e amareladas, planta com um crescimento lento.
- Planta Morta: Planta completamente seca com folhas castanhas.



1 EQUIPA: 20/1/2020



1 EQUIPA: 21/01/2020



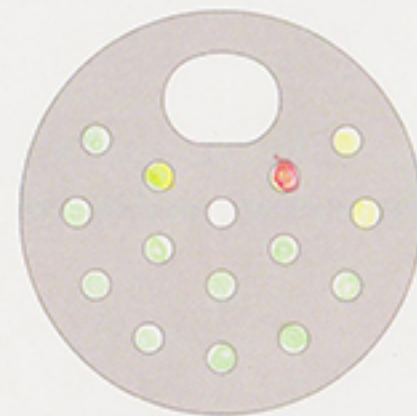
1 EQUIPA: 22/1/2020



2 EQUIPA: 27/1/2020



1 EQUIPA: 23/1/2020



2 EQUIPA: 28/1/2020



1 EQUIPA: 24/1/2020



2 EQUIPA: 29/1/2020



EQUIPA: 3/2/2020



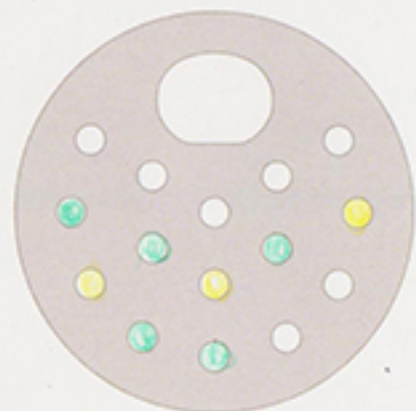
EQUIPA: 4/2/2020



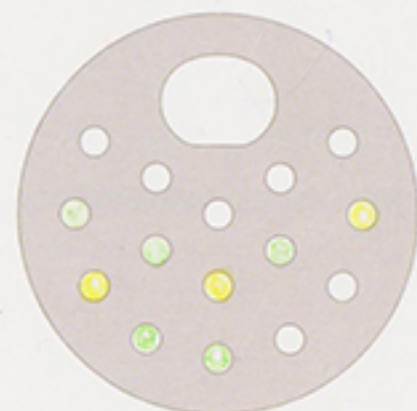
EQUIPA: 5/3/2020



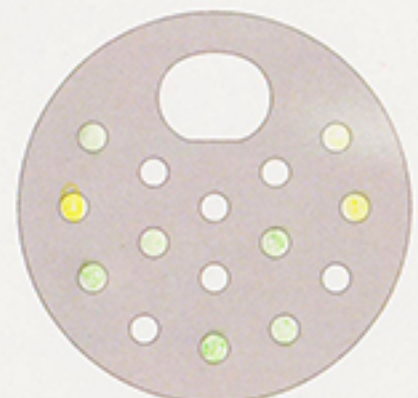
EQUIPA: 6/2/2020



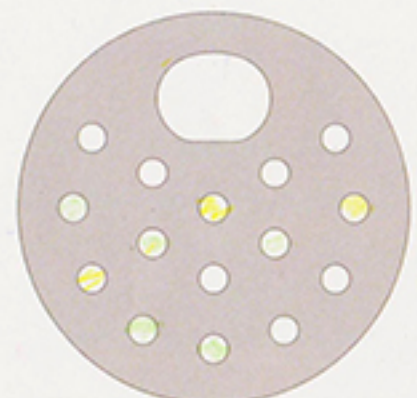
EQUIPA: 7/2/2020



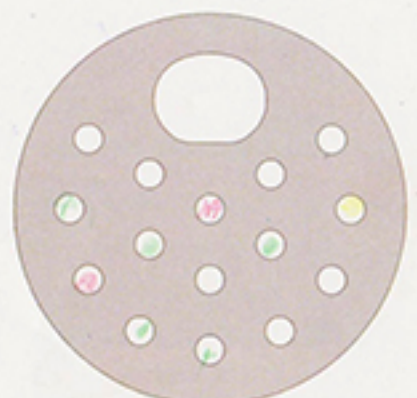
EQUIPA: 10/2/2020



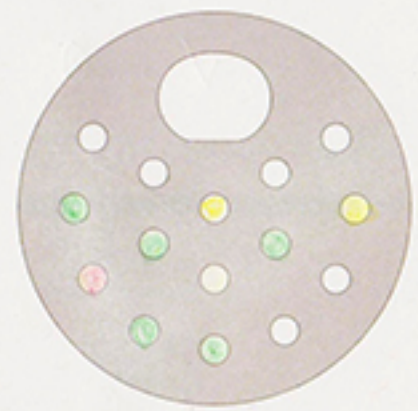
EQUIPA: 11/2/2020



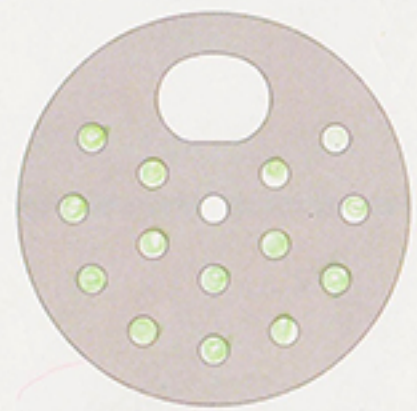
EQUIPA: 12/2/2020



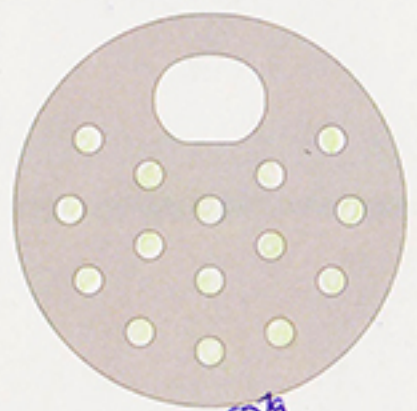
EQUIPA: 13/2/2020



EQUIPA: 14/2/2020



EQUIPA: 17/2/2020



EQUIPA: 18/2/2020

ATIVIDADE 2 - limpeza e alimentação diária.

Preencher com um "✓"

	Limpeza dos sedimentos	Repôr a água na caixa / no sistema	Alimentar os peixes
EQUIPA: 1 17/1/2020	✓	✓	✓
EQUIPA: 1 20/1/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 1 21/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 1 24/1/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 2 23/1/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 2 24/1/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 2 27/1/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 2 28/1/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 2 29/1/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 3 3/2/2020	✓	✓	✓ (7)

	Limpeza dos sedimentos	Repôr a água na caixa / no sistema	Alimentar os peixes
EQUIPA: 3 4/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 3 5/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 3 6/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 5 10/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 9 11/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 5 12/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 5 13/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: 5 14/2/2020	✓	✓	✓ (7)
EQUIPA: - / - / -			
EQUIPA: 9 19/2/2020			

ATIVIDADE 3 - análise aos parâmetros físico-químicos.

Construir um gráfico de linha, de acordo com os valores obtidos nos diferentes parâmetros.

Assinalar ao longo de cada uma das linhas o local correspondente ao resultado de cada teste. Unir os pontos.

Sempre que um dos valores se encontrar dentro dos parâmetros assinalados a vermelho, contactar a ajuda: 914180988 (RUTE)

Temperatura da água

36° C

34° C

32° C

30° C

28° C

26° C

24° C

22° C

20° C

EQUIPA:

Data:

1 1 1 1 1 2 2 2 3 3 3 5 5 5 5 5 4
17, 20; 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29; 31, 34, 6; 10, 11, 12, 13, 14, 17

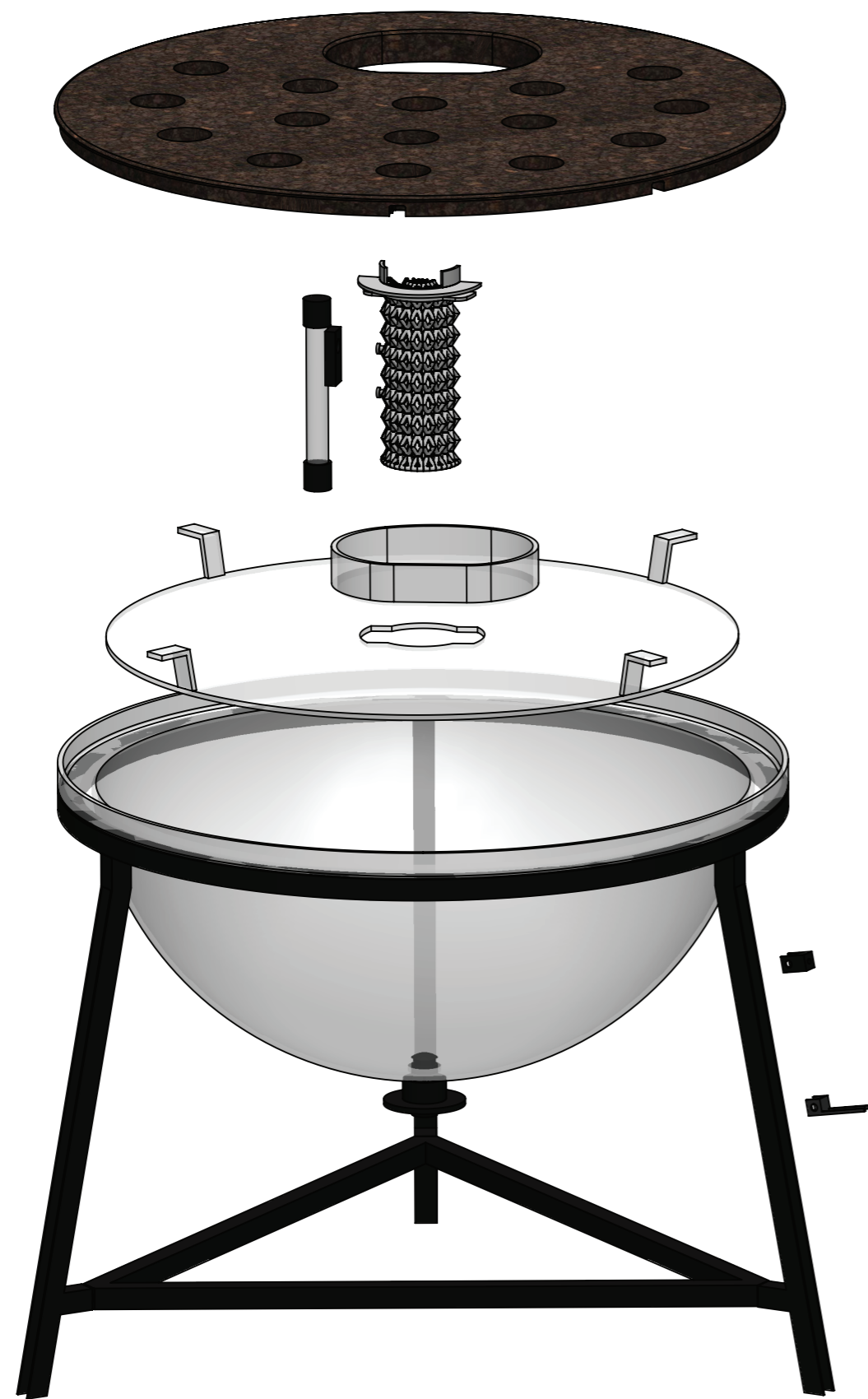
ATIVIDADE 4 - análise aos parâmetros físico-químicos.

Preencher a tabela com os valores indicados nos testes.

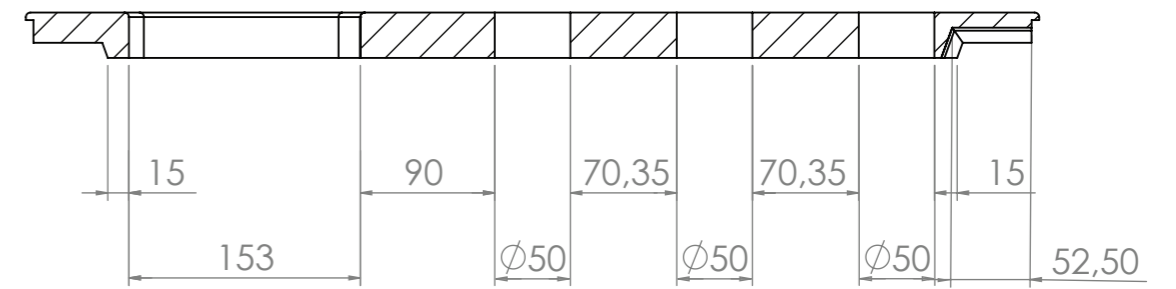
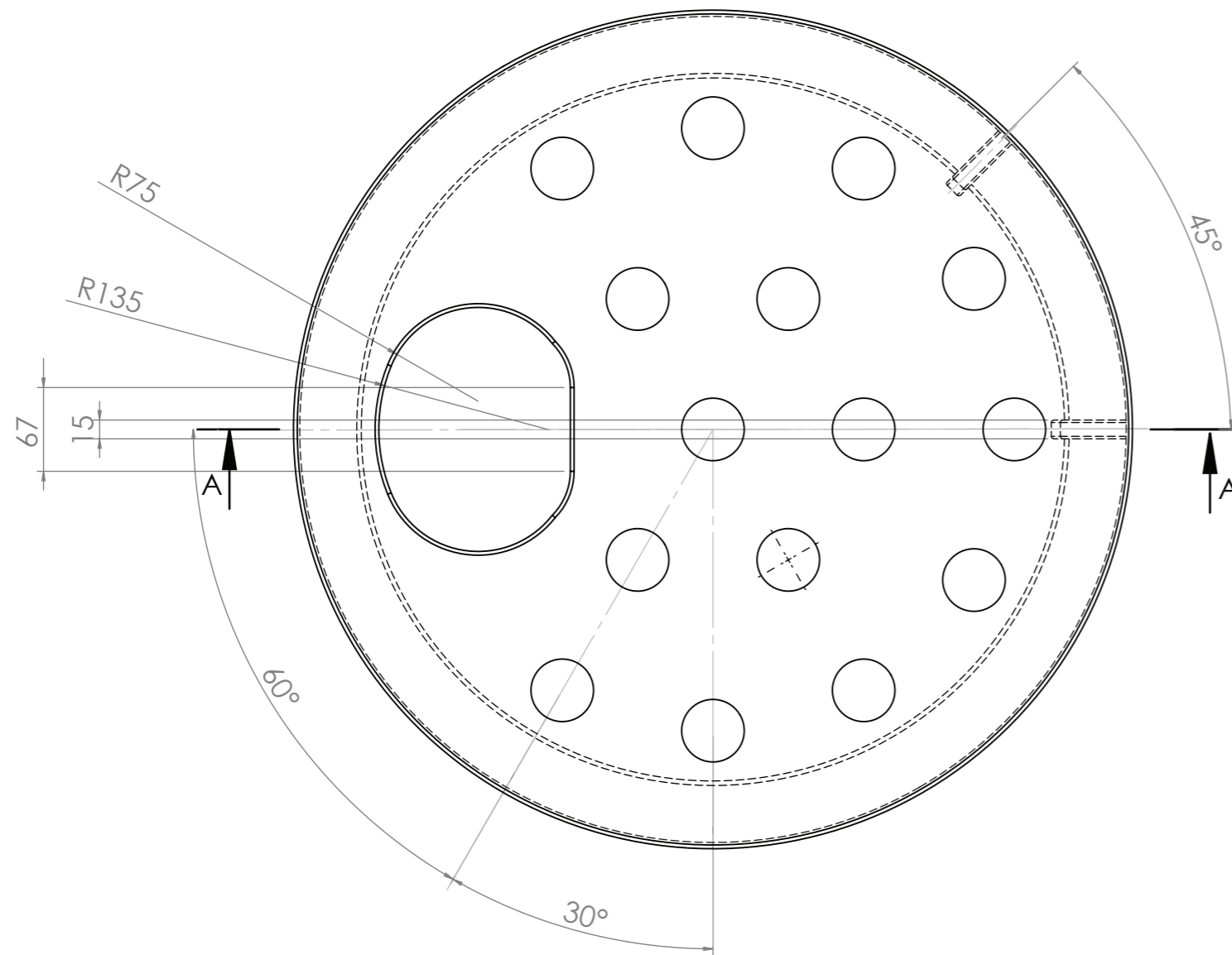
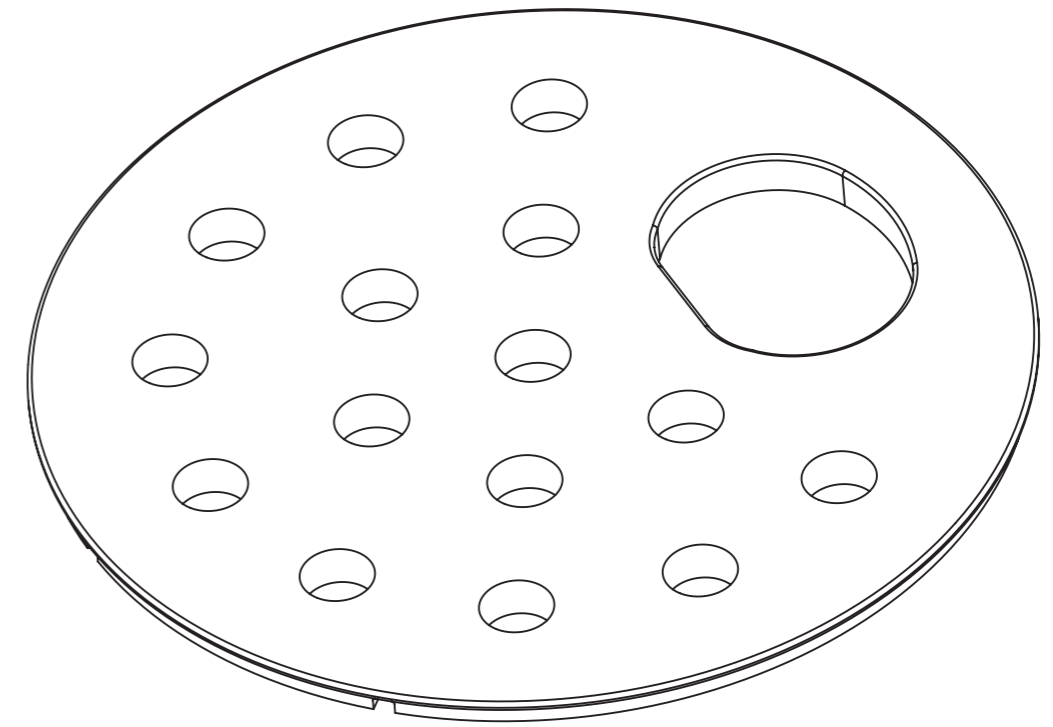
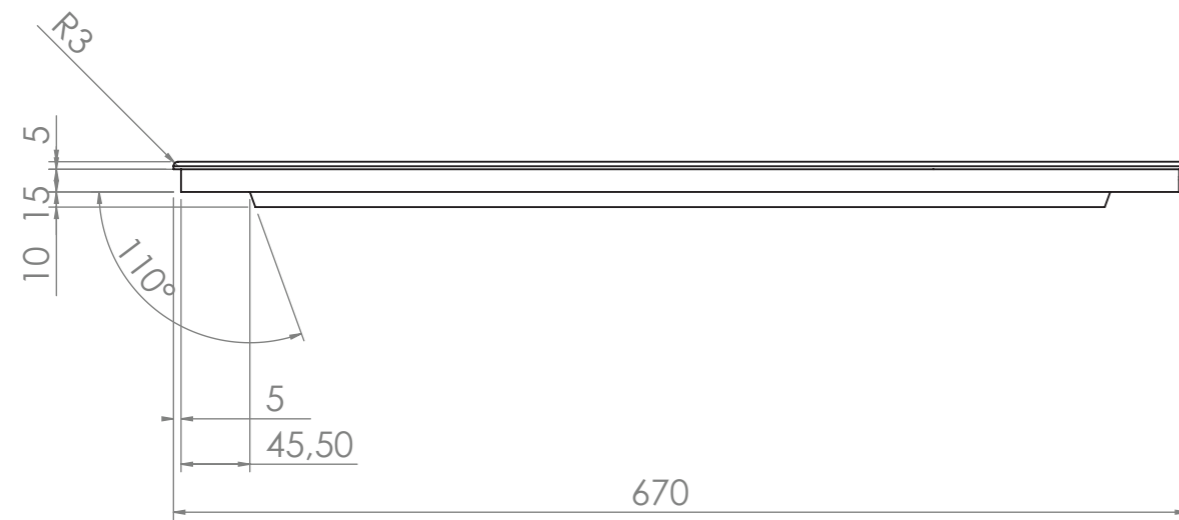
Nitritos: (NO_2)	0,25	0,25 ⁵	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25
Nitratos: (NO_3)	25	25	40	25	25	40	40	25	40
Dureza total:	<3°d	>4°d	>4°d	>4°d	>4°d	>4°d	>4°d	>7°d	>4°d
Dureza Carbonada:	1,5°d	0°d	1,5°d	0°d	3°d	4,5°d	4,5°d	1,5°d	1,5°d
Valor de ph:	7,5	6,4	6,4	6,4	6,8	6,6	6,6	6,6	6,6
Cloro: (Cl_2)	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0
Dióxido de carbono: (CO_2)	15	15	15	<15	<15	30	30	<15	<15
Teor de amónia: (NH_3)	7,5	7,5	7,5	7,5	7	7,5	7,5	7	7,5
Equipa:	1	1	1	1	1	2	2	2	3
Data:	20/11/2020	21/11/20	22/11/20	23/11/20	24/11/2020	27/11/2020	28/11/2020	29/11/2020	3/12/2020

Nitritos: (NO_2)	0,25	0,25	0,6	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Nitratos: (NO_3)	40	40	40	40	40	25	40	25	25	25
Dureza total:	>7°d	>9°d	>4°d	>4°d	>4°d	>7°d	>7°d	>7°d	>7°d	>7°d
Dureza Carbonada:	3°d	1,5°d	1,5°d	1,5°d	1,5°d	6°d	6°d	10°d	10°d	10°d
Valor de ph:	6,4	6,4	6,6	6,4	<6	7,0	7,4	7,0	8,4	7,2
Cloro:	0	0	0,2	0,8	0	0	0	0	0,8	0
Dióxido de carbono:	35	15	<15	15	35	15	<15	30	<15	15
Teor de amónia:	8	8	7,5	8,5	8	7,5	7,5	7,5	7	7,5
Equipa:	3	3	3	5	5	5	5	5	4	4
Data:	5/12/2020	6/12/2020	7/12/2020	10/12/2020	11/12/2020	12/12/2020	13/12/2020	14/12/2020	17/12/2020	18/12/2020

Anexo 5

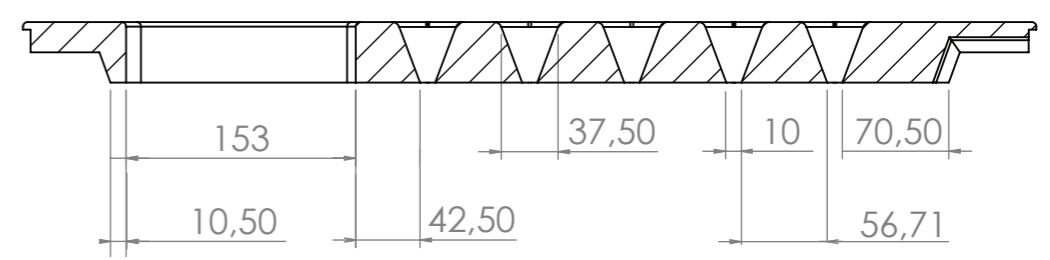
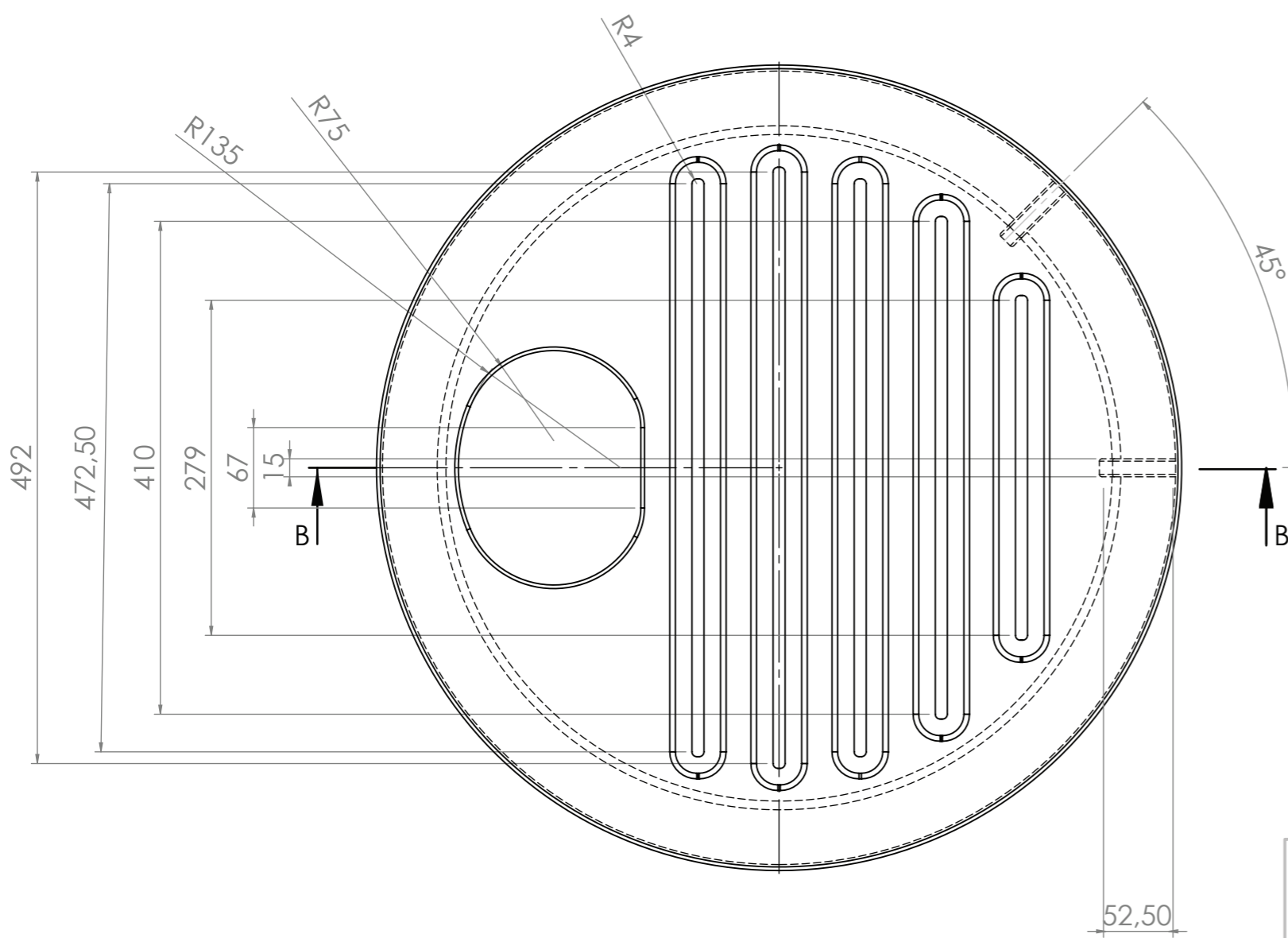
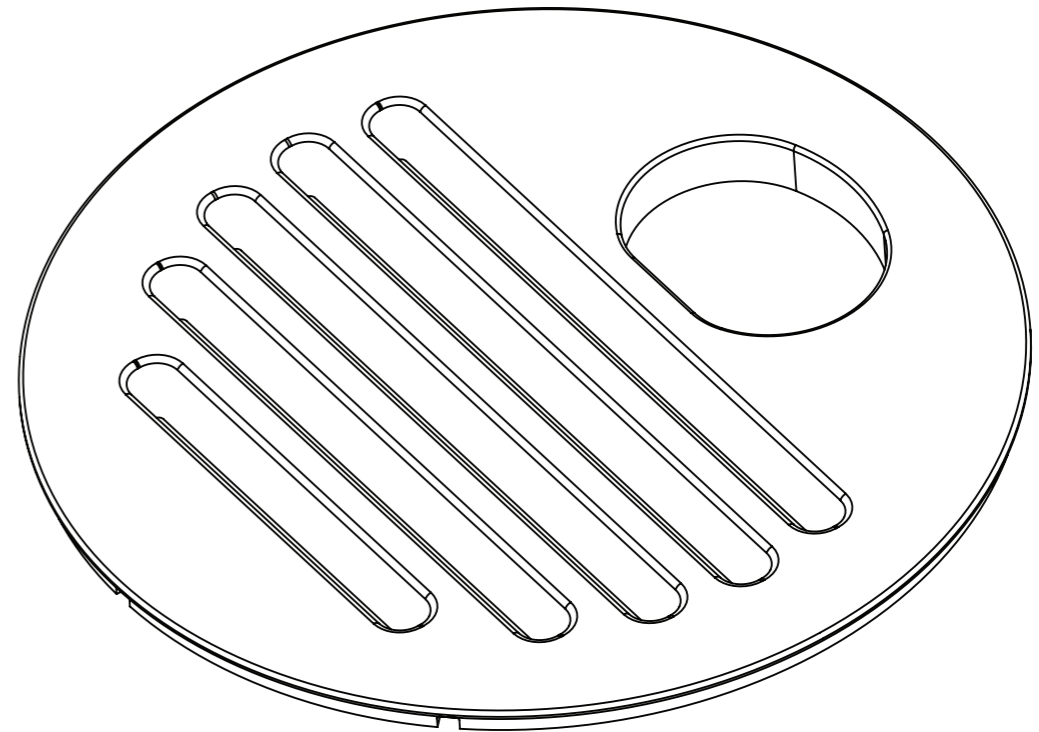
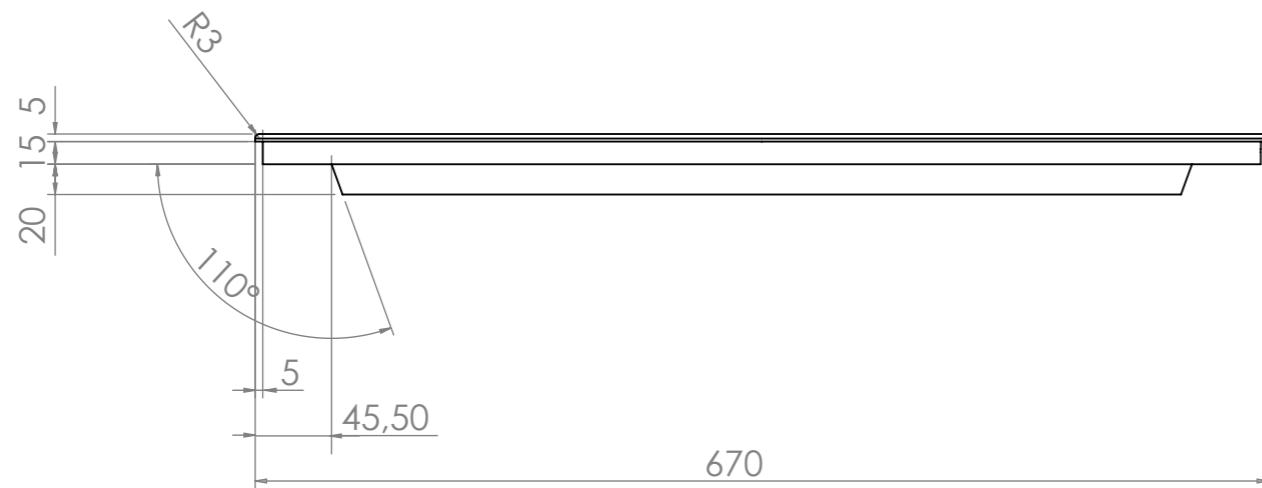


Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho	
		Sistema Aquapónico Homegreens	
Desenhado por:	Rute Carreira	Professor:	Luís Pessanha
Nº de aluno:	3160671	Título:	Desenho Geral
		Escala:	1:5
		Data:	15/09/2020
		Folha:	1
			A3

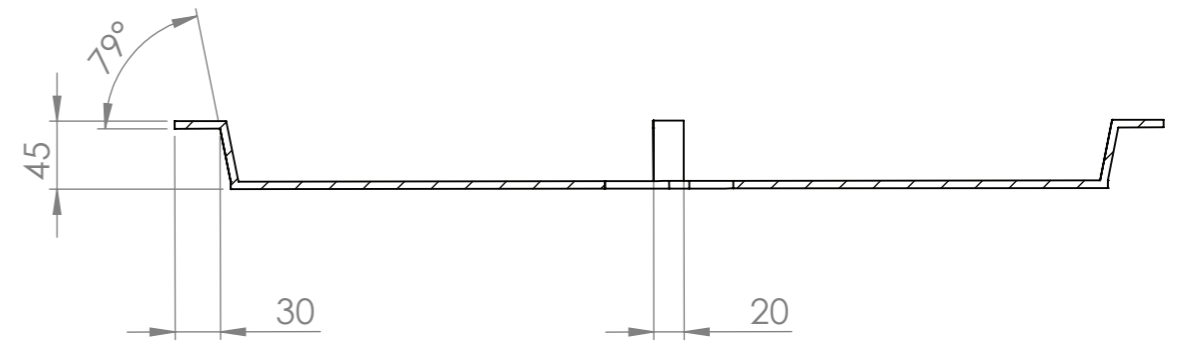
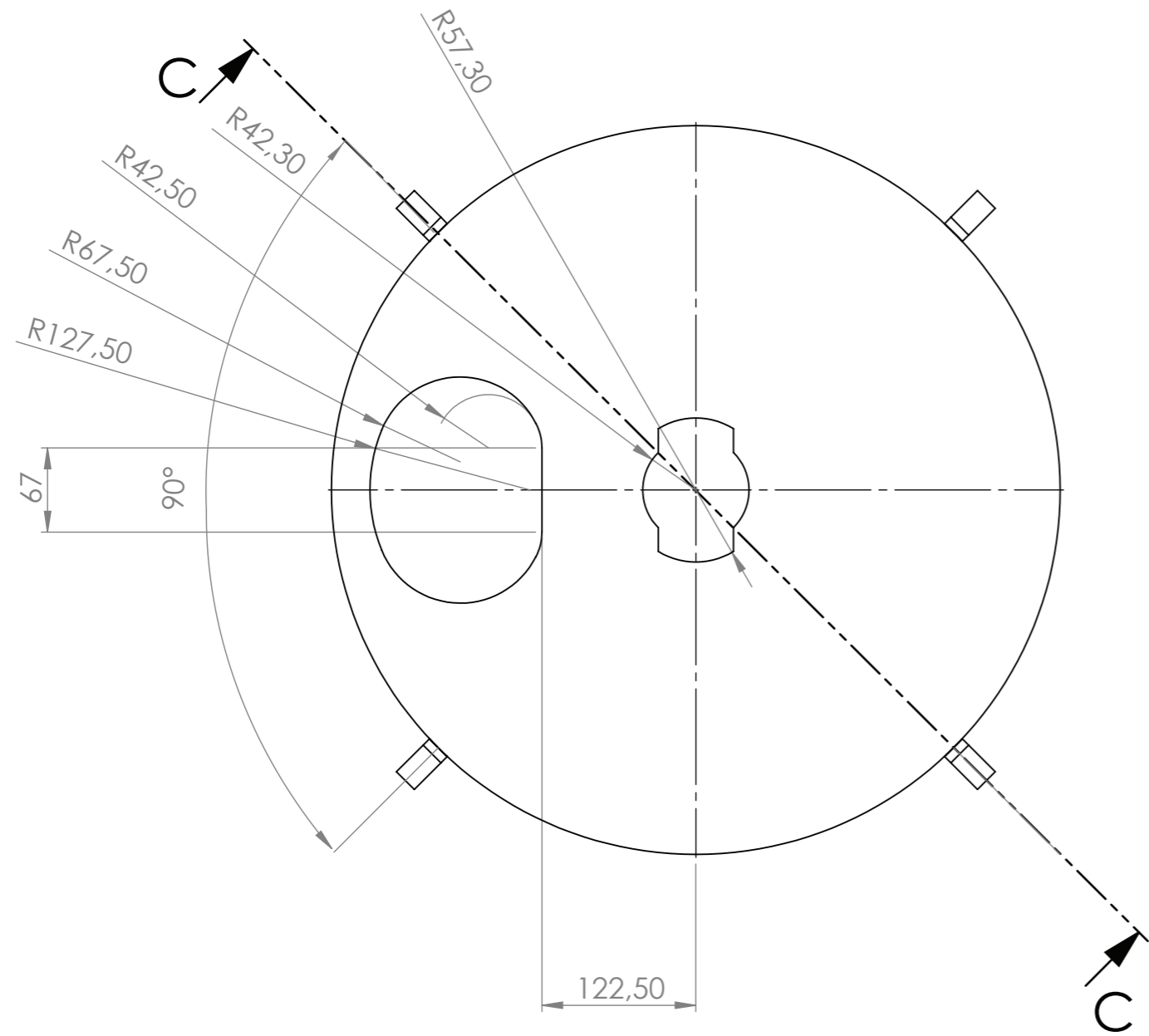
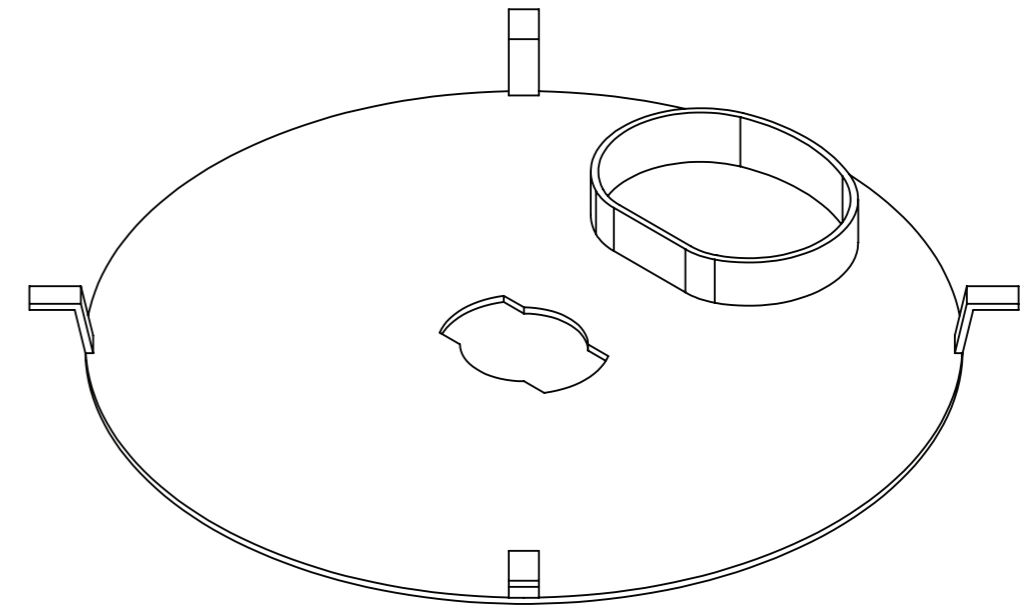
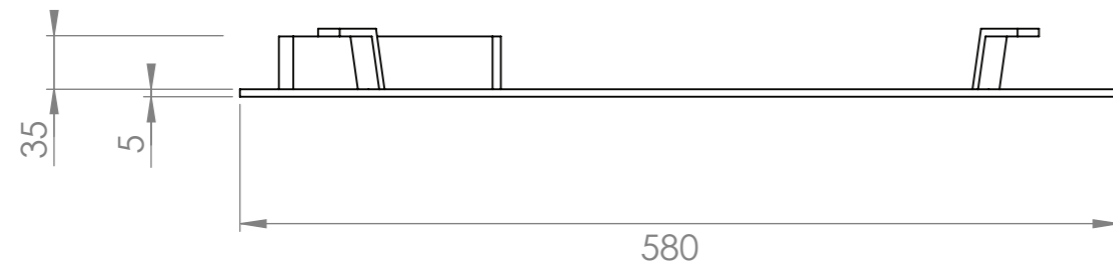


SECÇÃO A-A

Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho	
		Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens	
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Titulo Cama de Cultivo 1	A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm
			Folha: 2

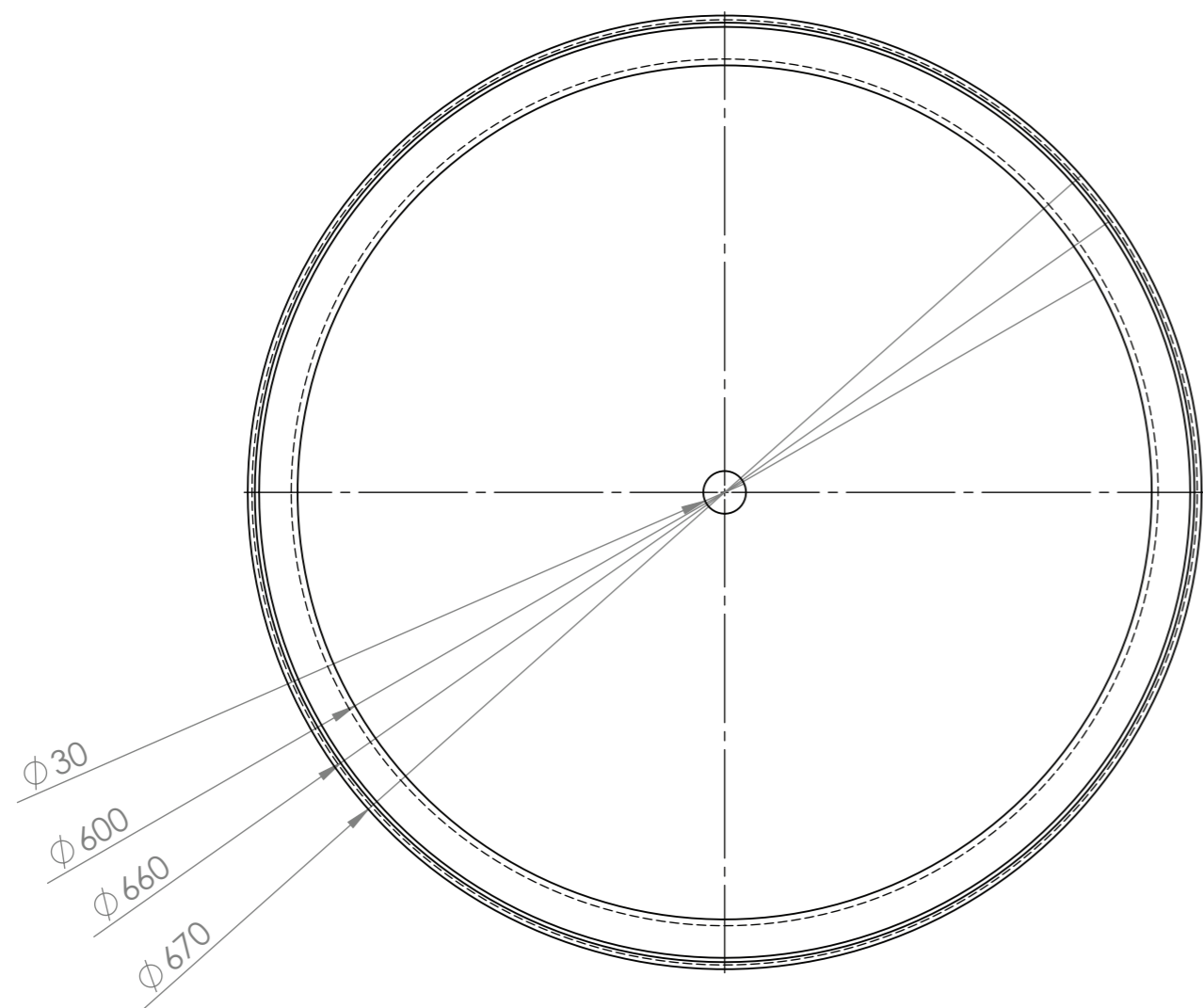
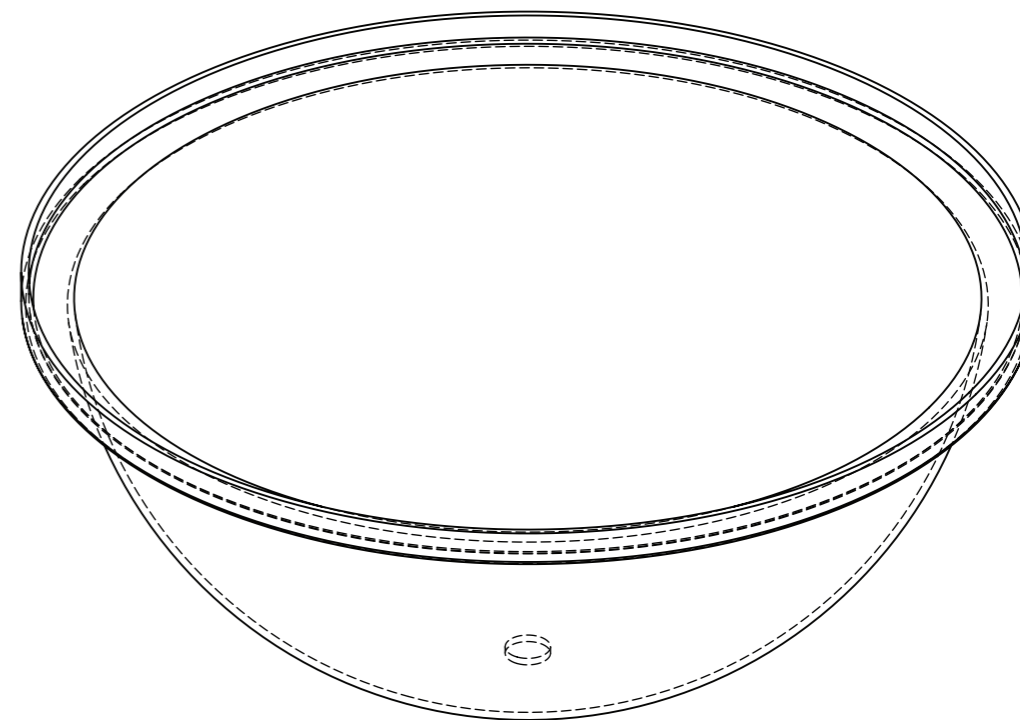
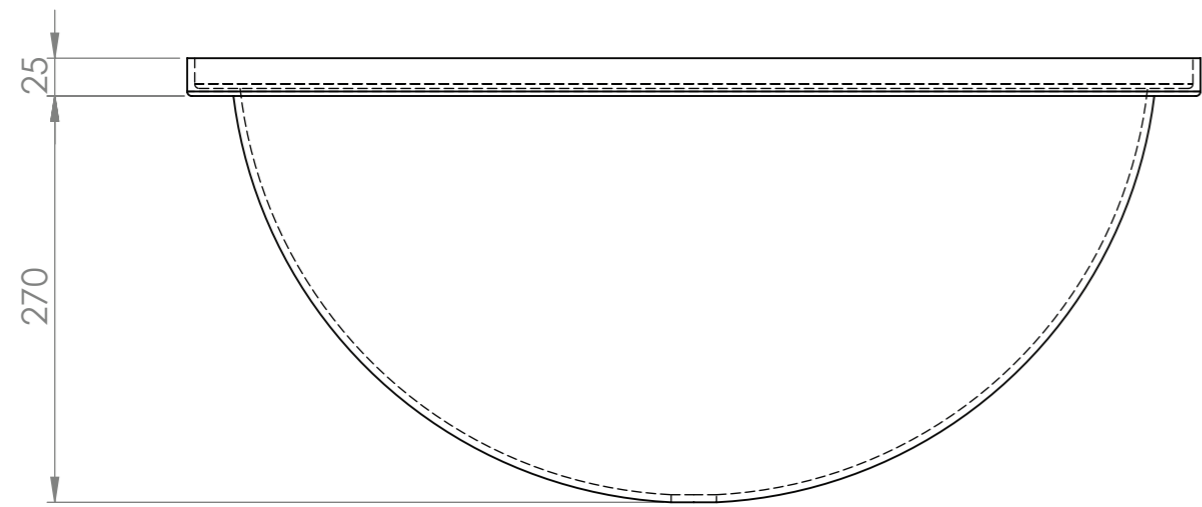


Projeto Final de Mestrado		Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Cama de Cultivo 2		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 3

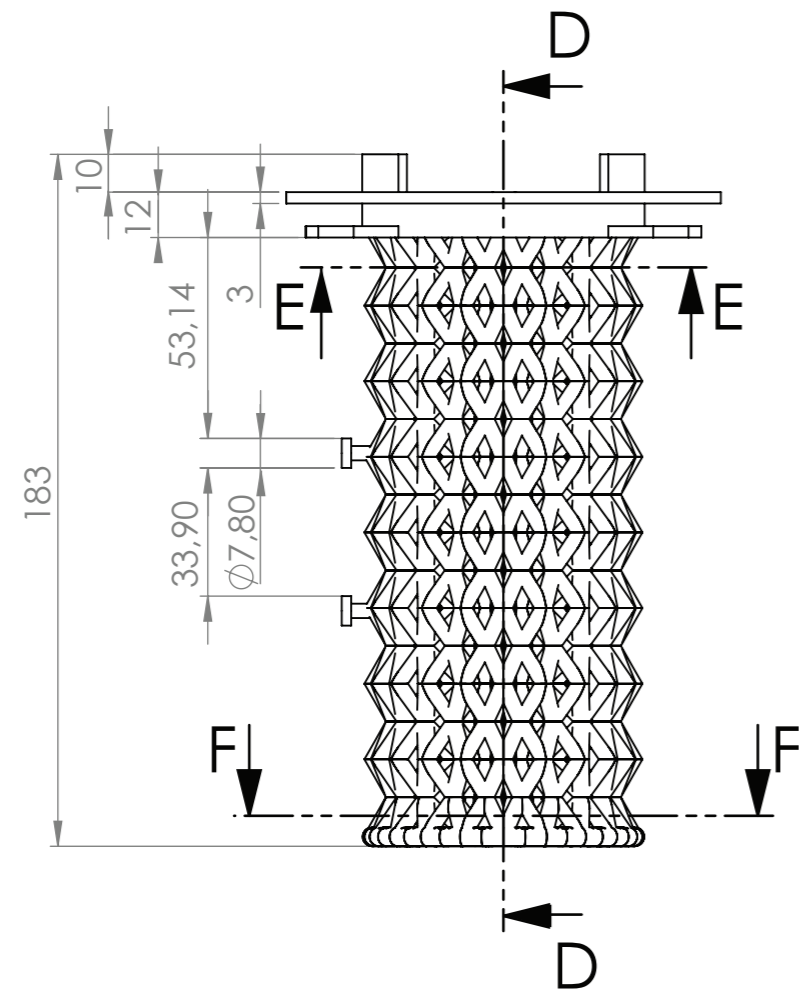


SECÇÃO C-C

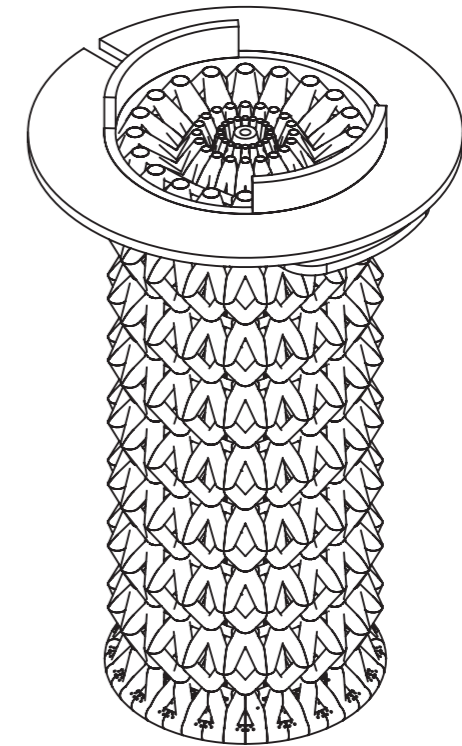
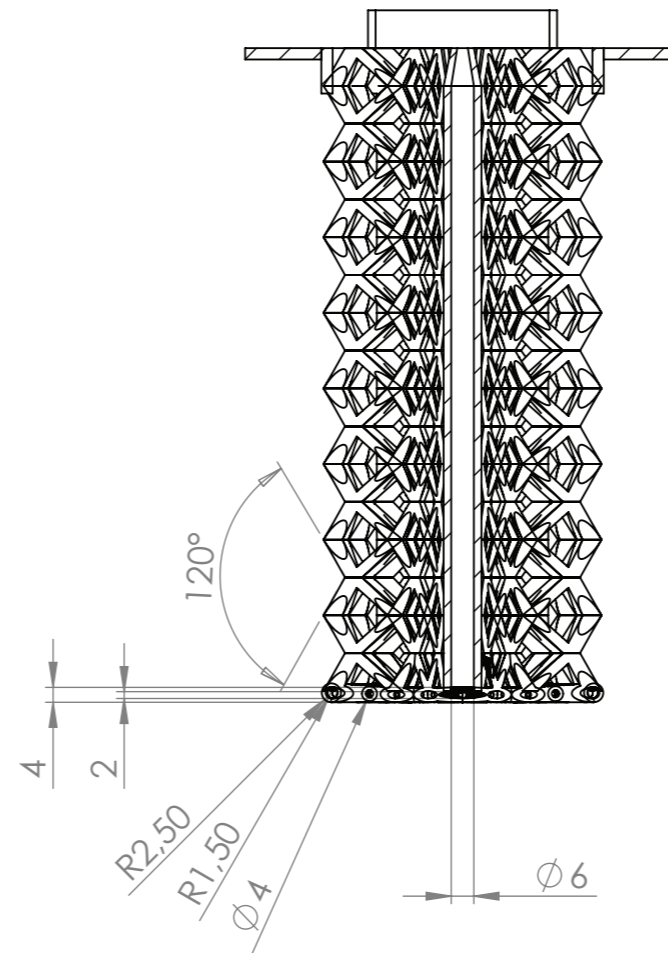
Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Separador de Raízes		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 4



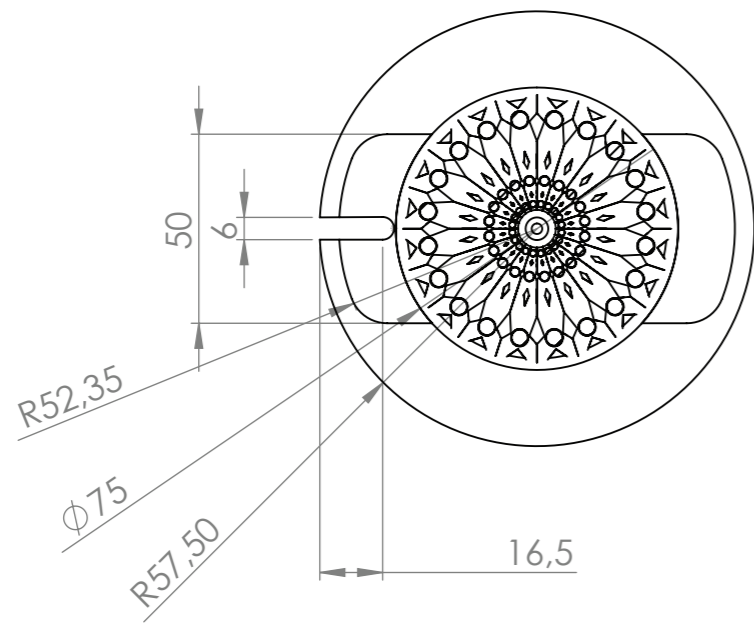
Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Aquário		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 5



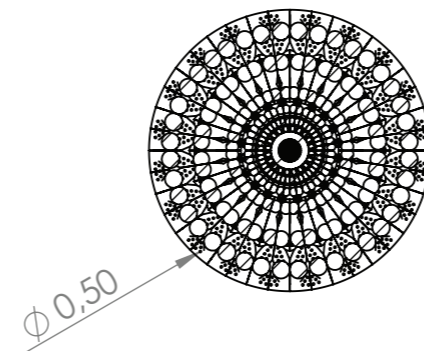
SECÇÃO D-D



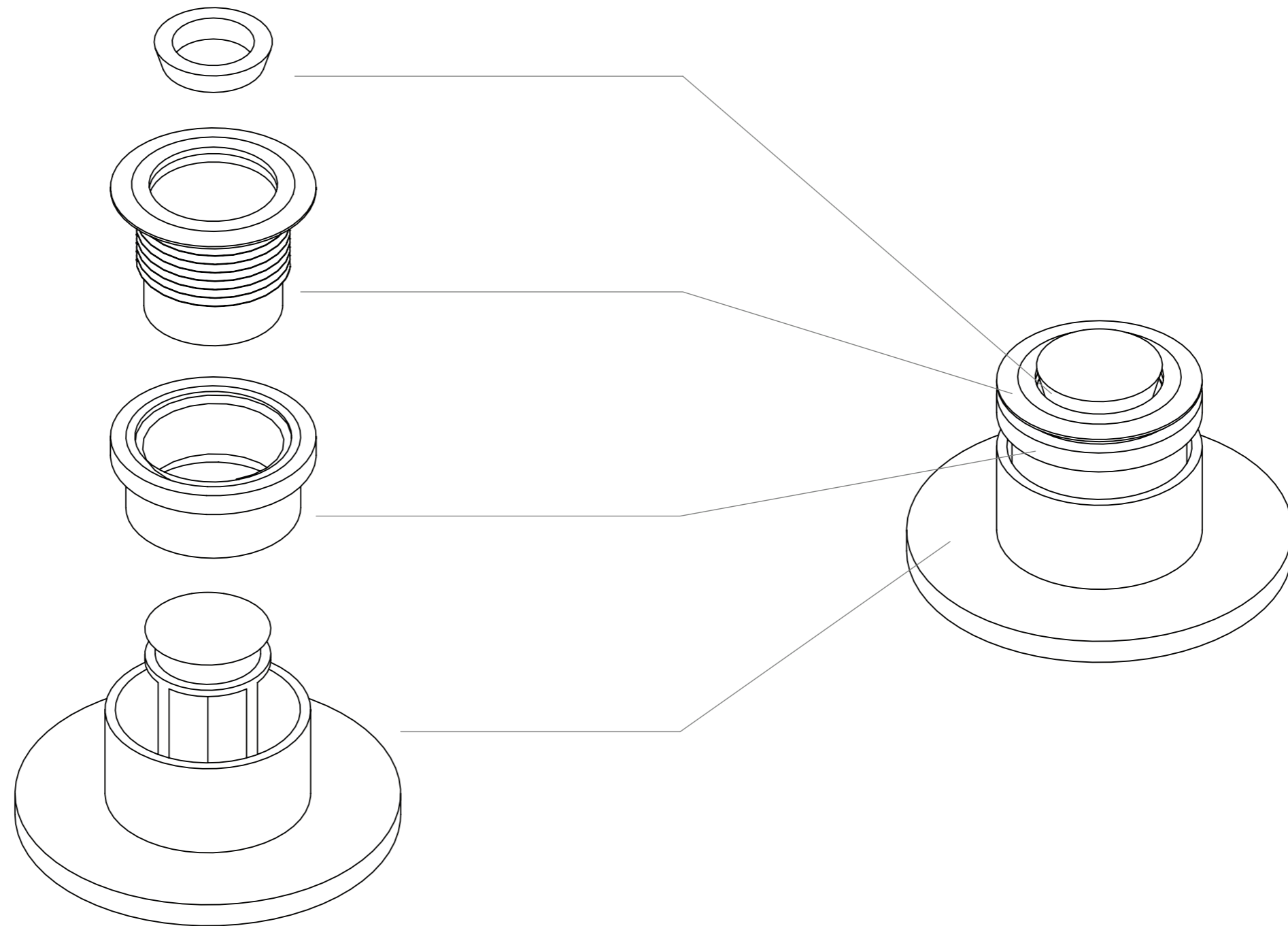
SECÇÃO E-E



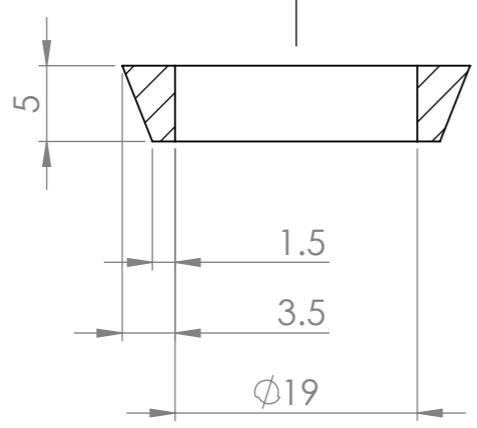
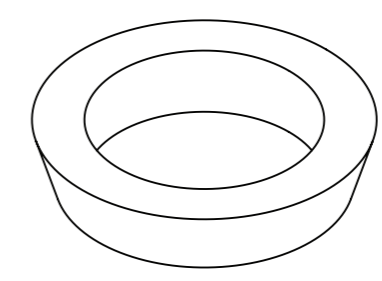
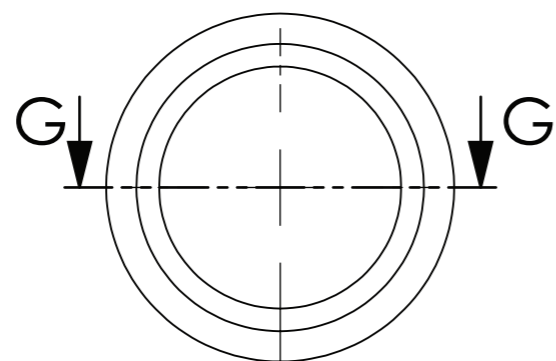
SECÇÃO F-F



Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Suporte para Biofiltro com Arejador		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 6

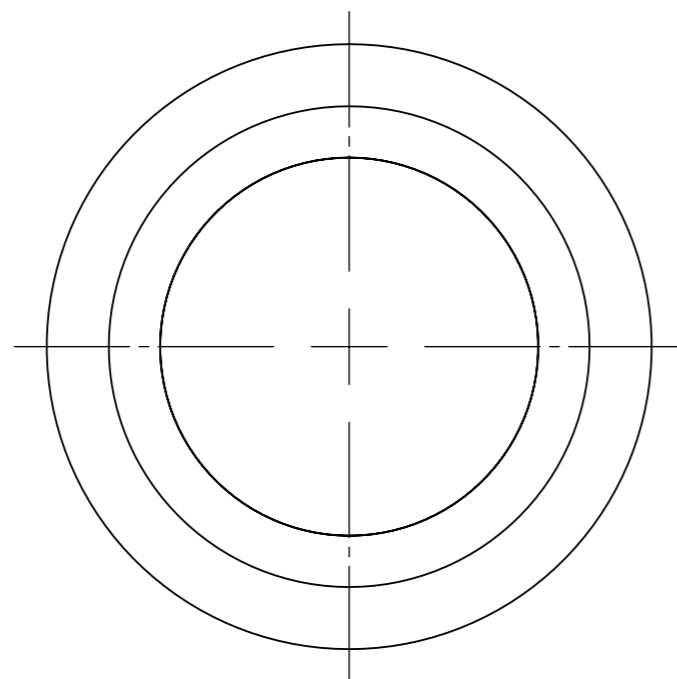
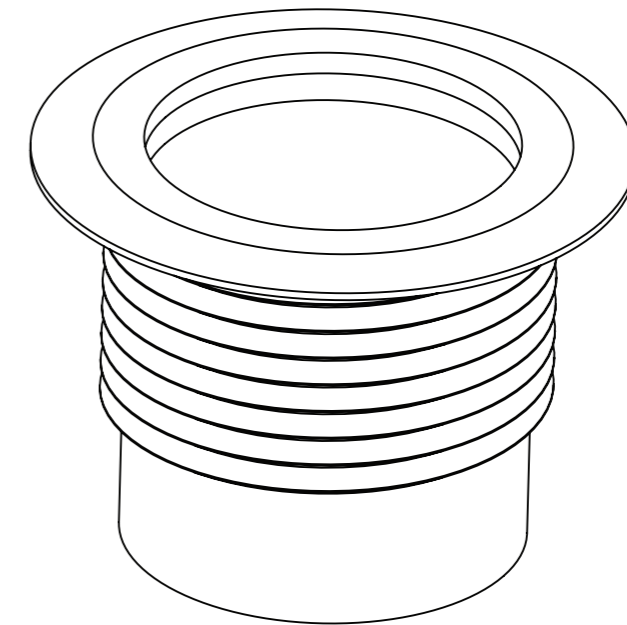
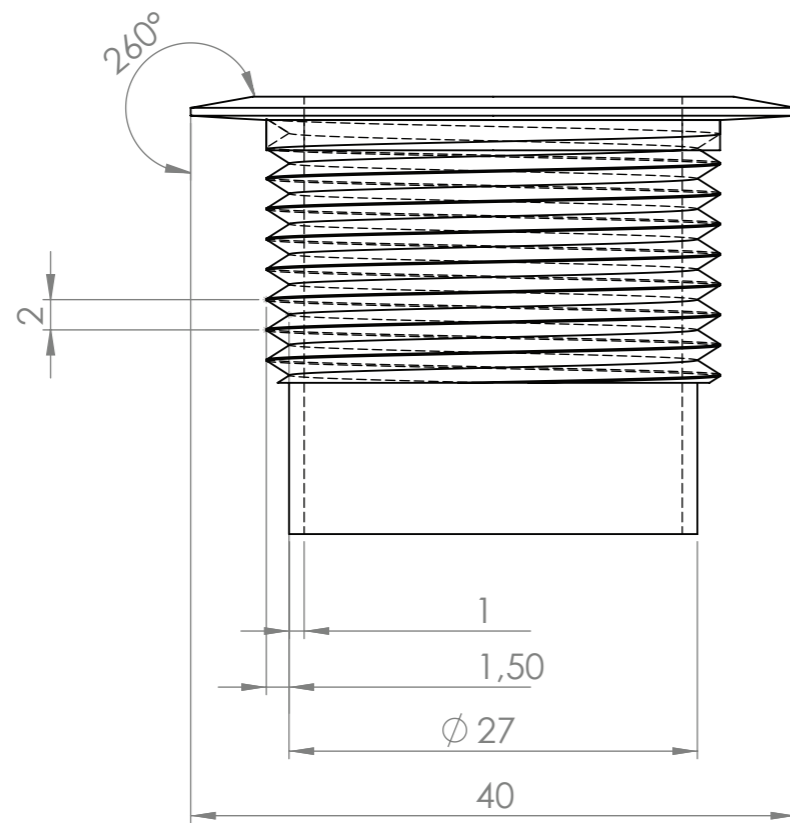


Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho	
		Esquema de montagem	
Desenhado por:	Rute Carreira	Professor:	Luís Pessanha
Nº de aluno:	3160671	Data:	15/09/2020
		Título	Válvula Extração de Sedimentos
		Escala:	1:2
		Folha:	7
			A3

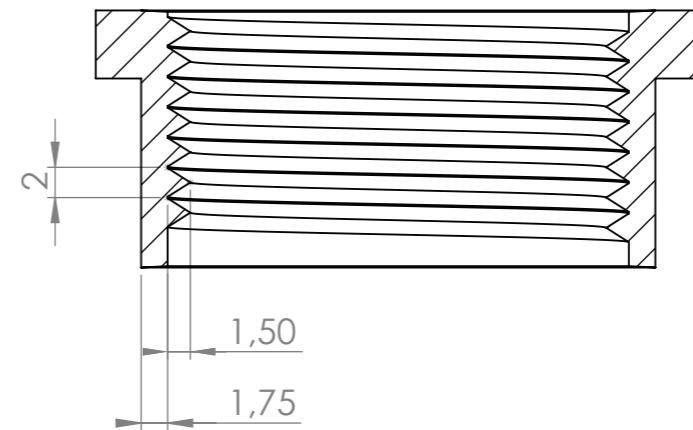
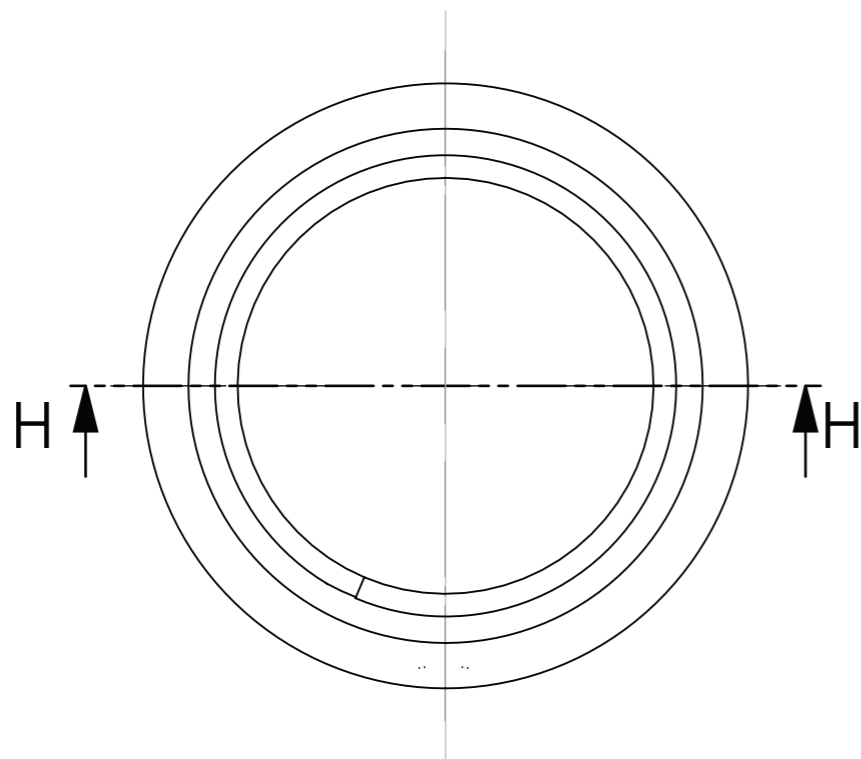
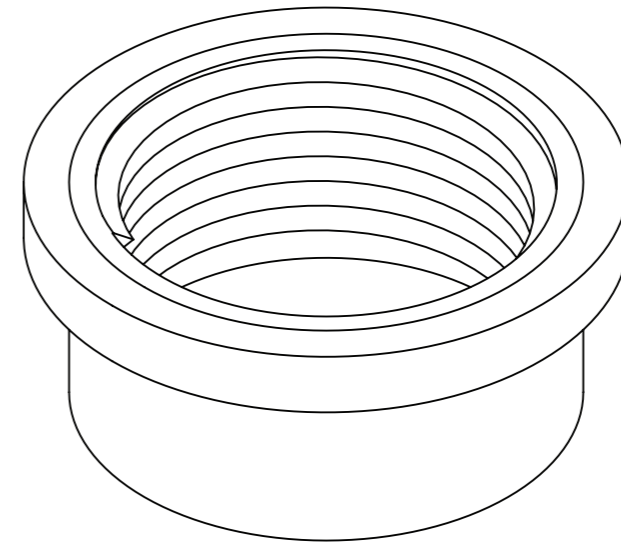
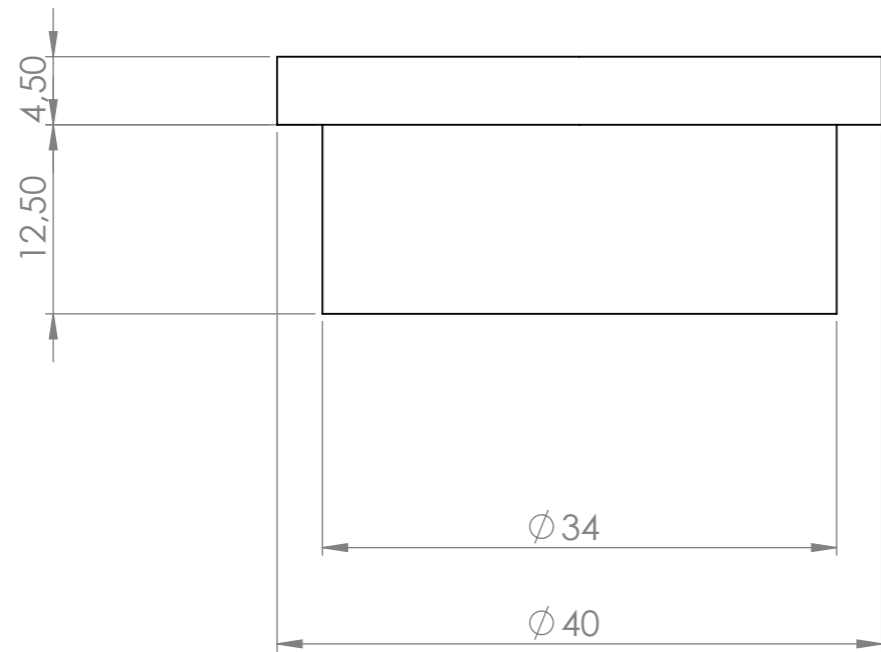


SECÇÃO G-G

Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Borracha Vedante		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 2:1	Unidades: mm	Folha: 8

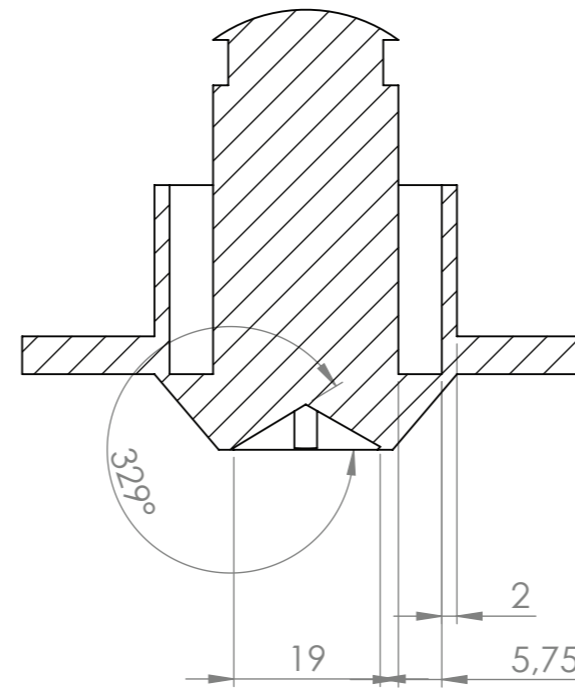
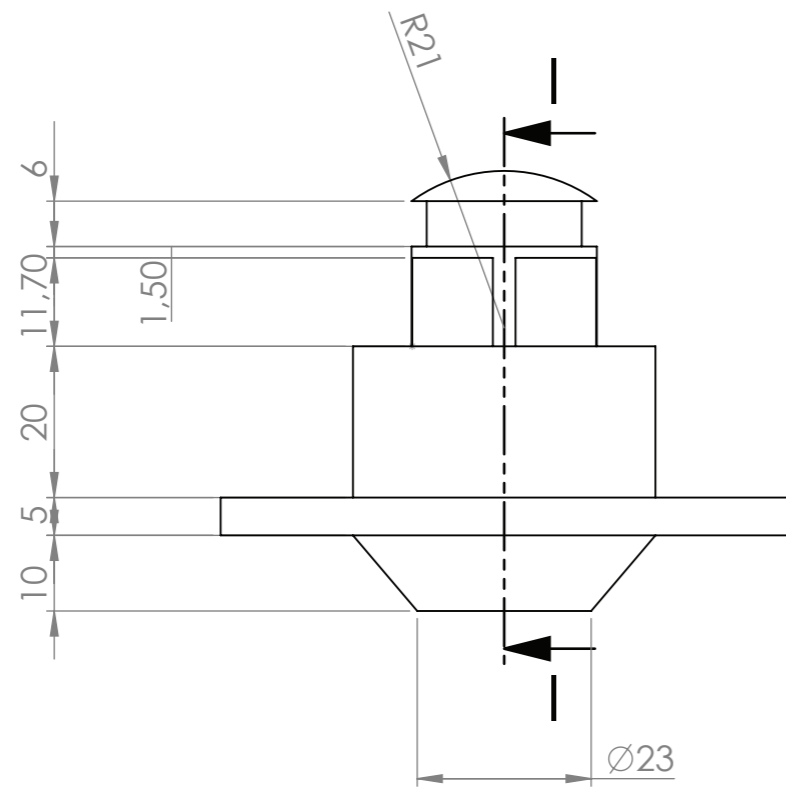


Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título V. E. S - Encaixe Interno		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 2:1	Unidades: mm	Folha: 9

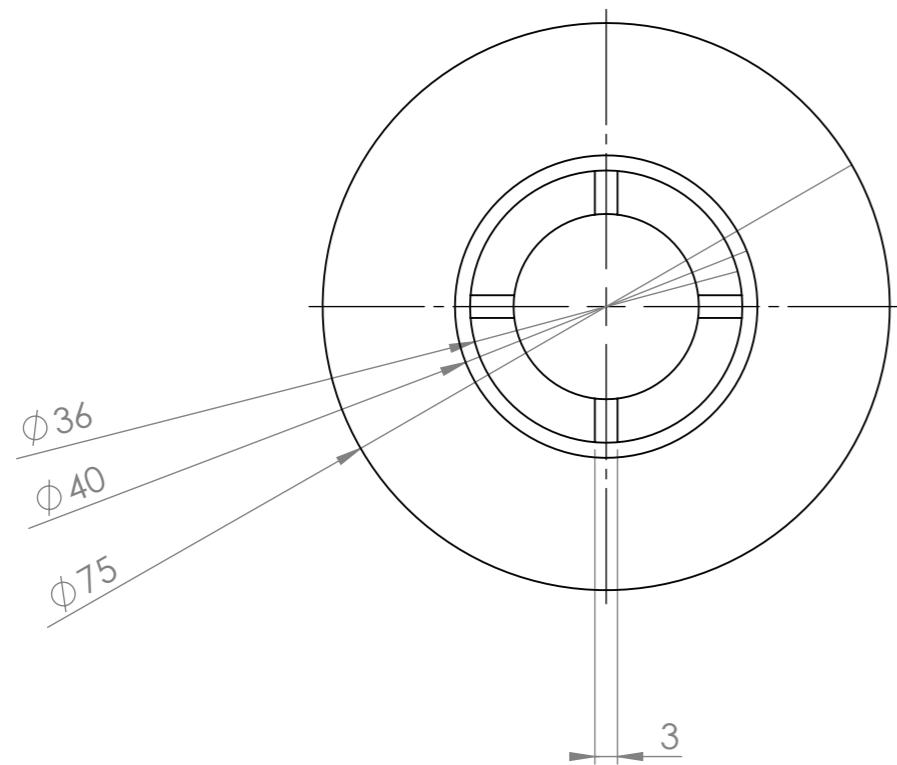
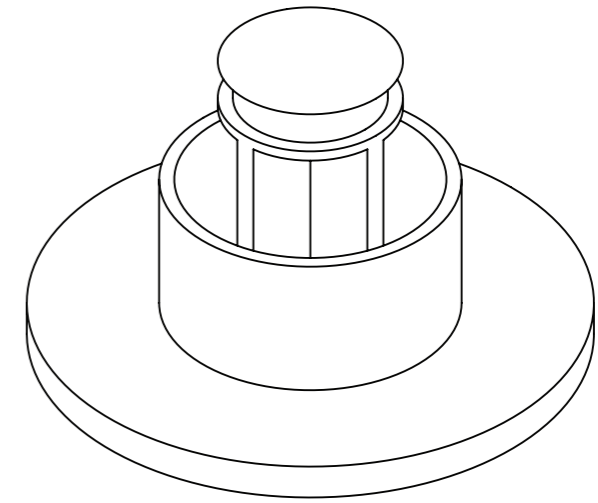


SECÇÃO H-H

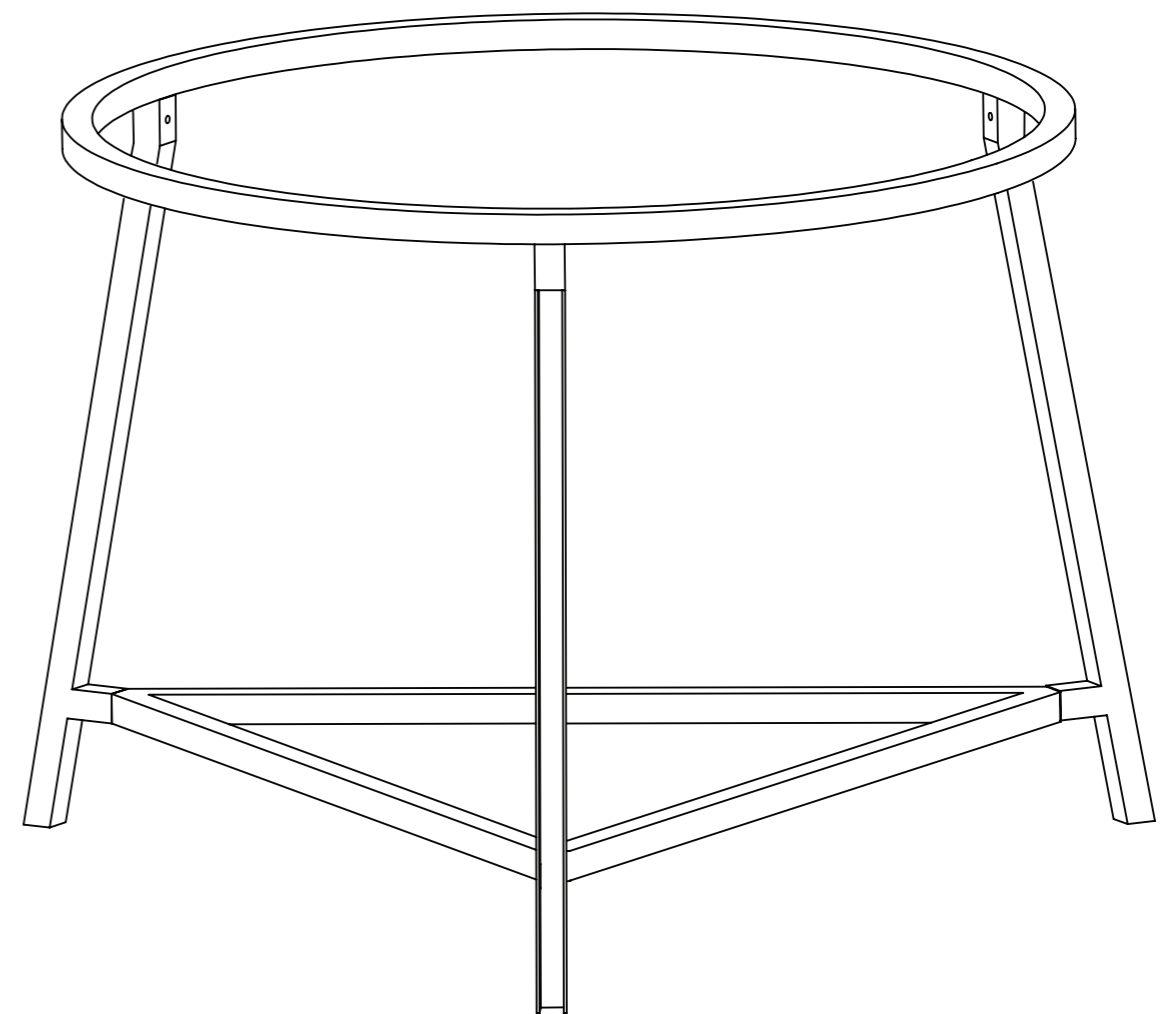
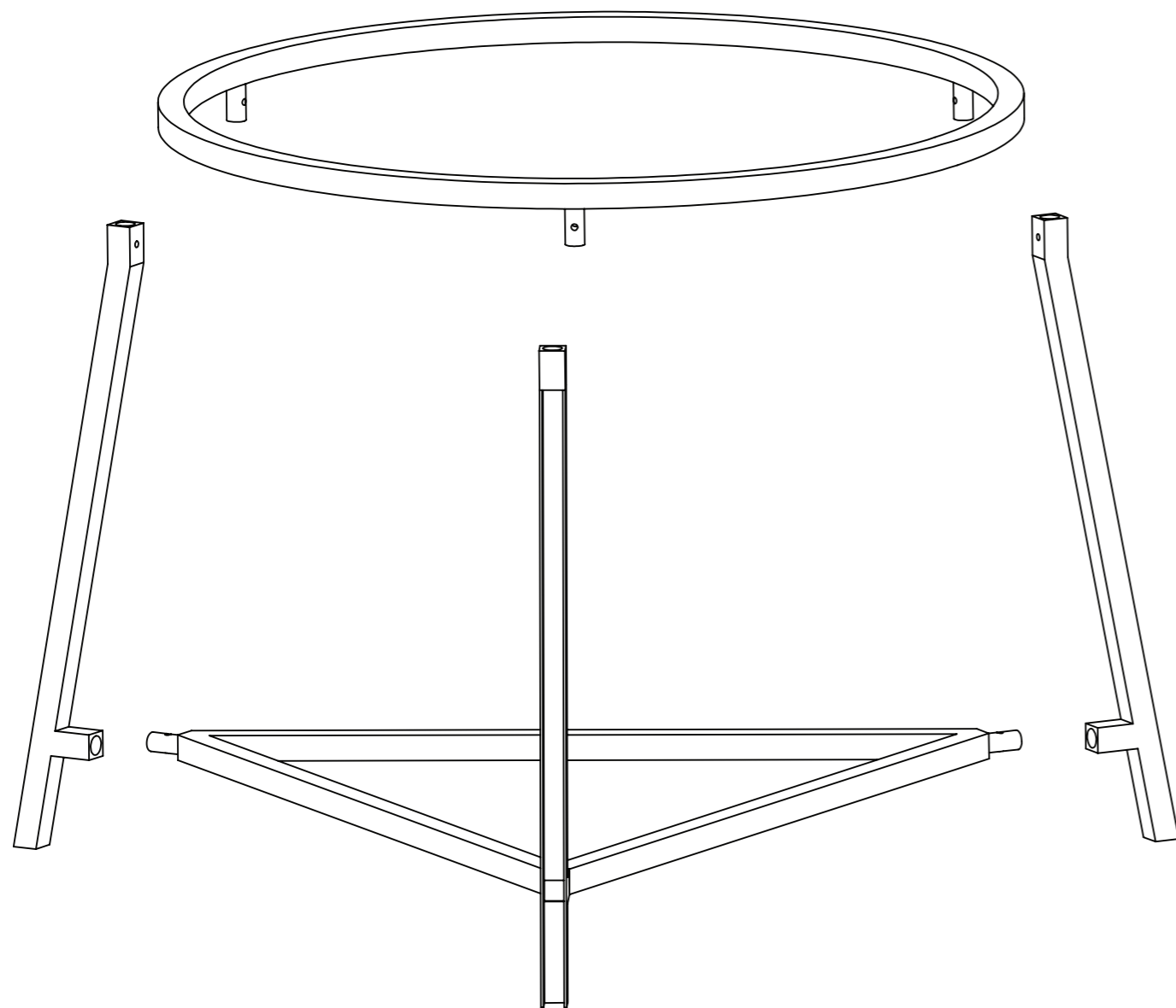
Projeto Final de Mestrado		<small>Nº do Desenho</small> Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
<small>Desenhado por:</small> Rute Carreira	<small>Professor:</small> Luís Pessanha	<small>Título</small> V. E.S. - Encaixe Externo	A3	
<small>Nº de aluno:</small> 3160671	<small>Data:</small> 15/09/2020	<small>Escala:</small> 2:1	<small>Unidades:</small> mm	<small>Folha:</small> 10



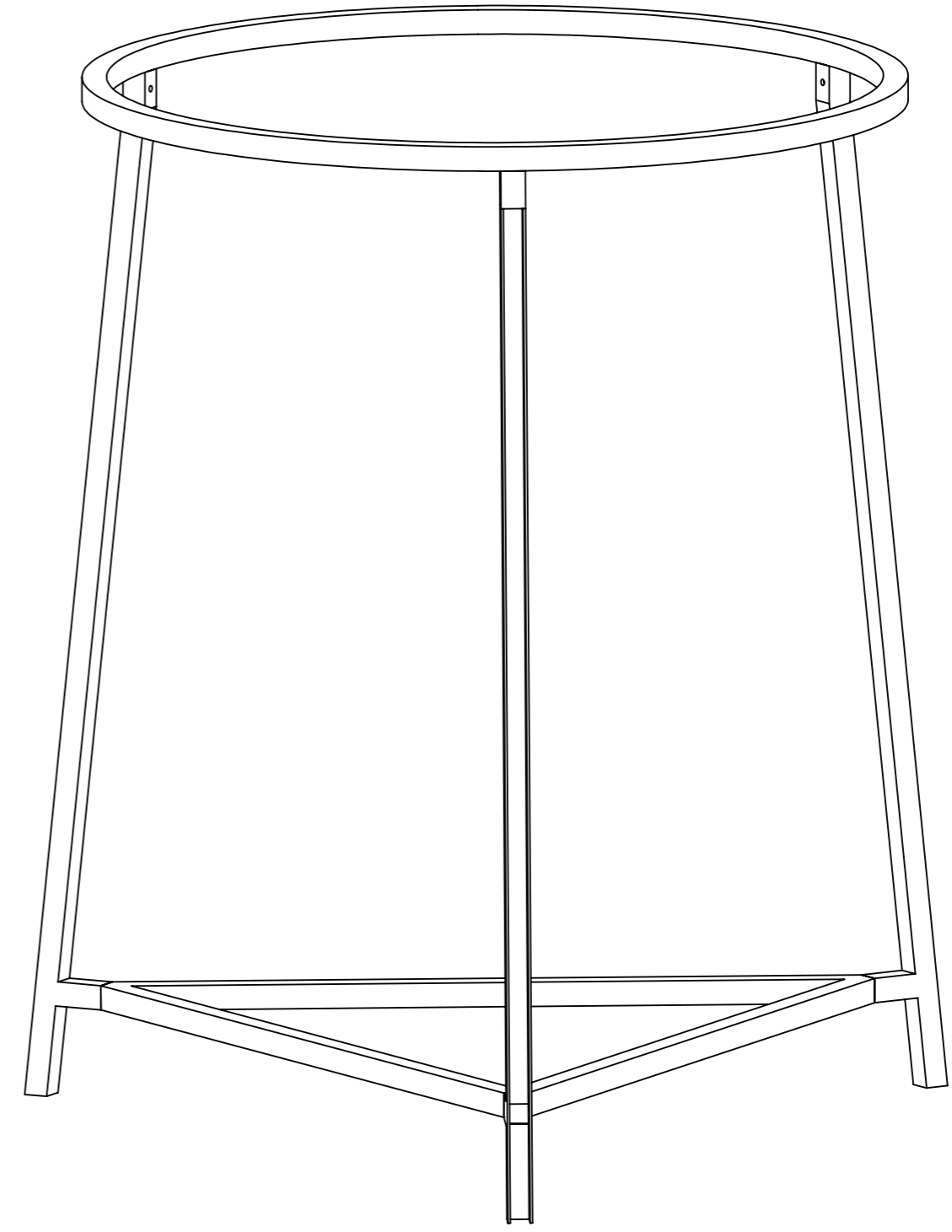
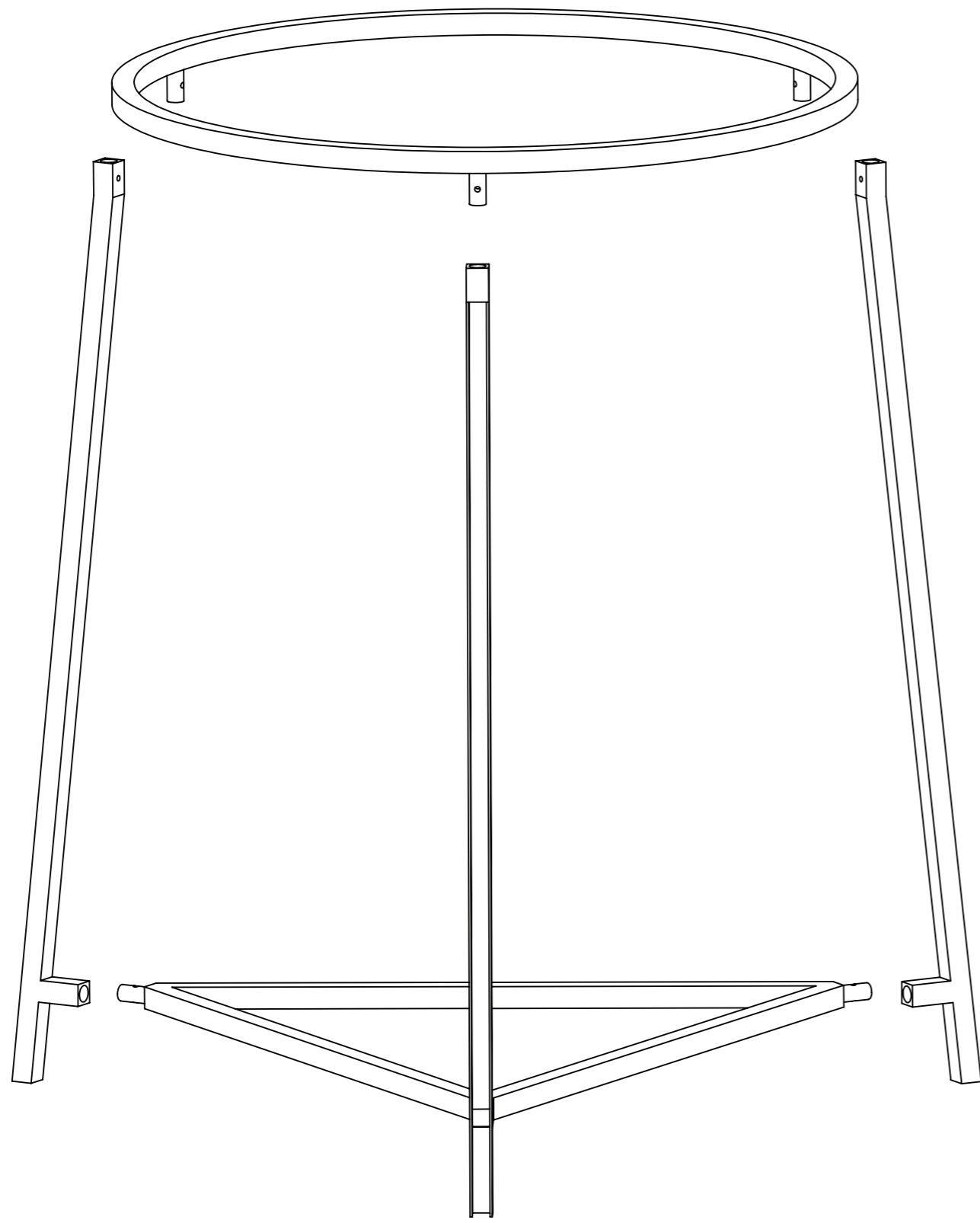
SECÇÃO I-I



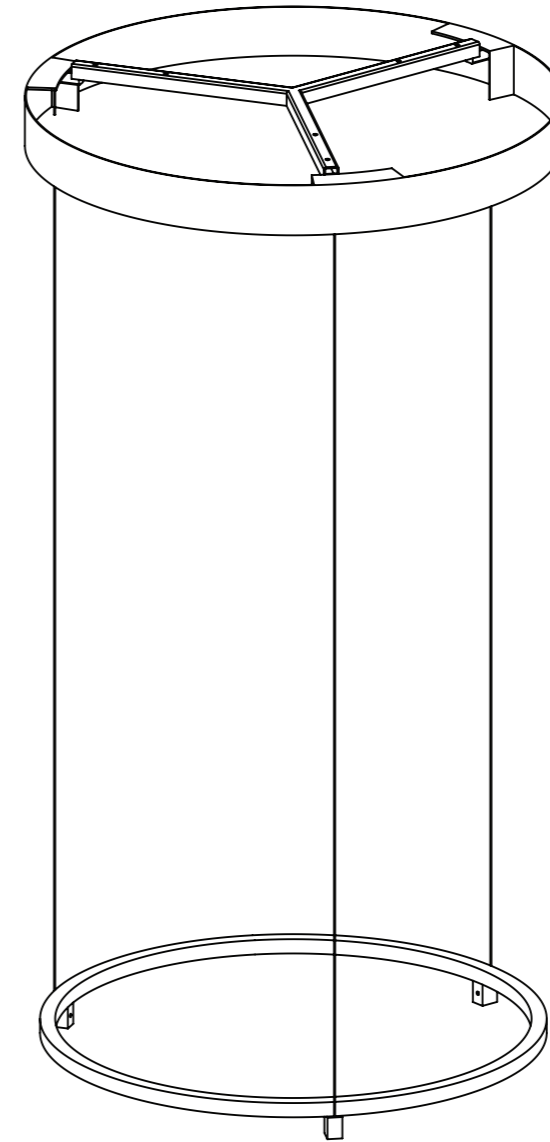
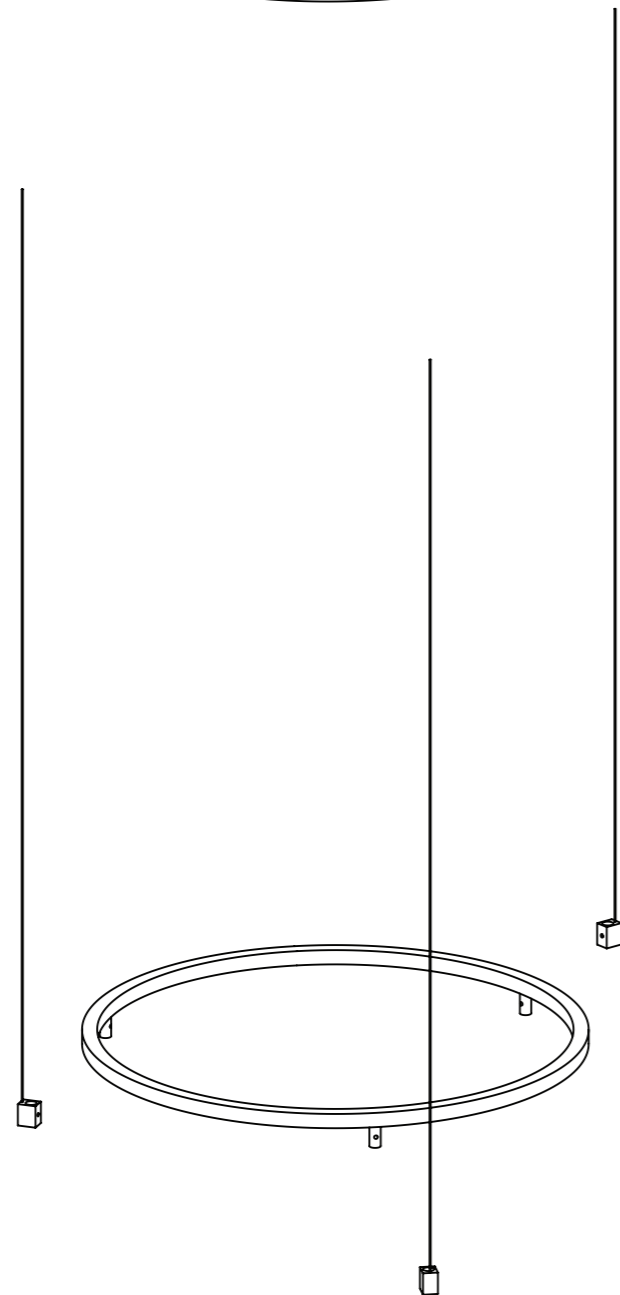
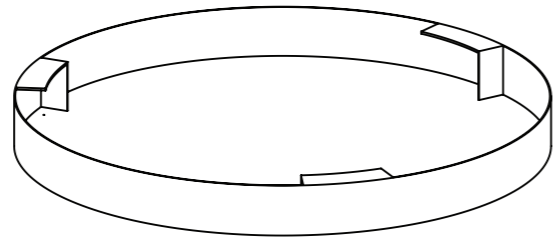
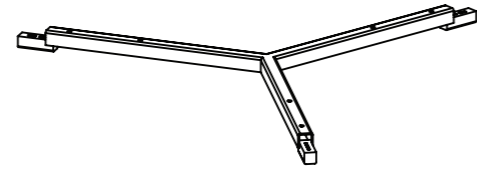
Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Titulo V.E.S. - Manípulo		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:2	Unidades: mm	Folha: 11



Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho	
		Esquema de Montagem	
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Titulo Estrutura de suporte Pequena	A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Folha: 12

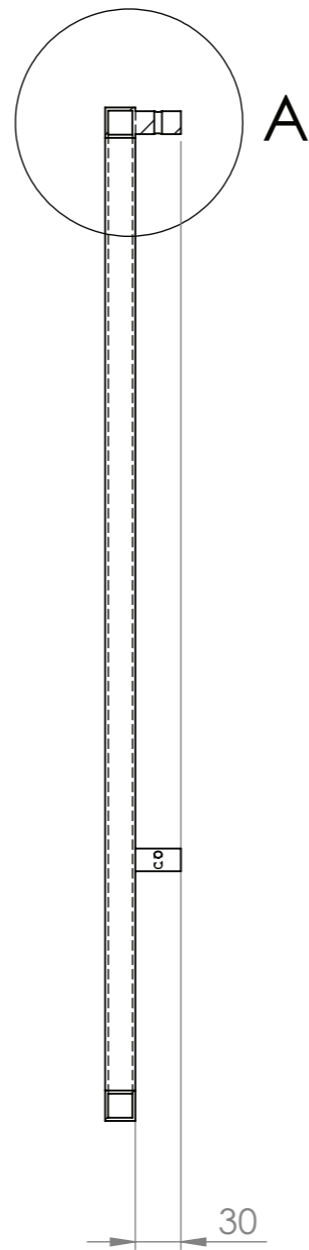
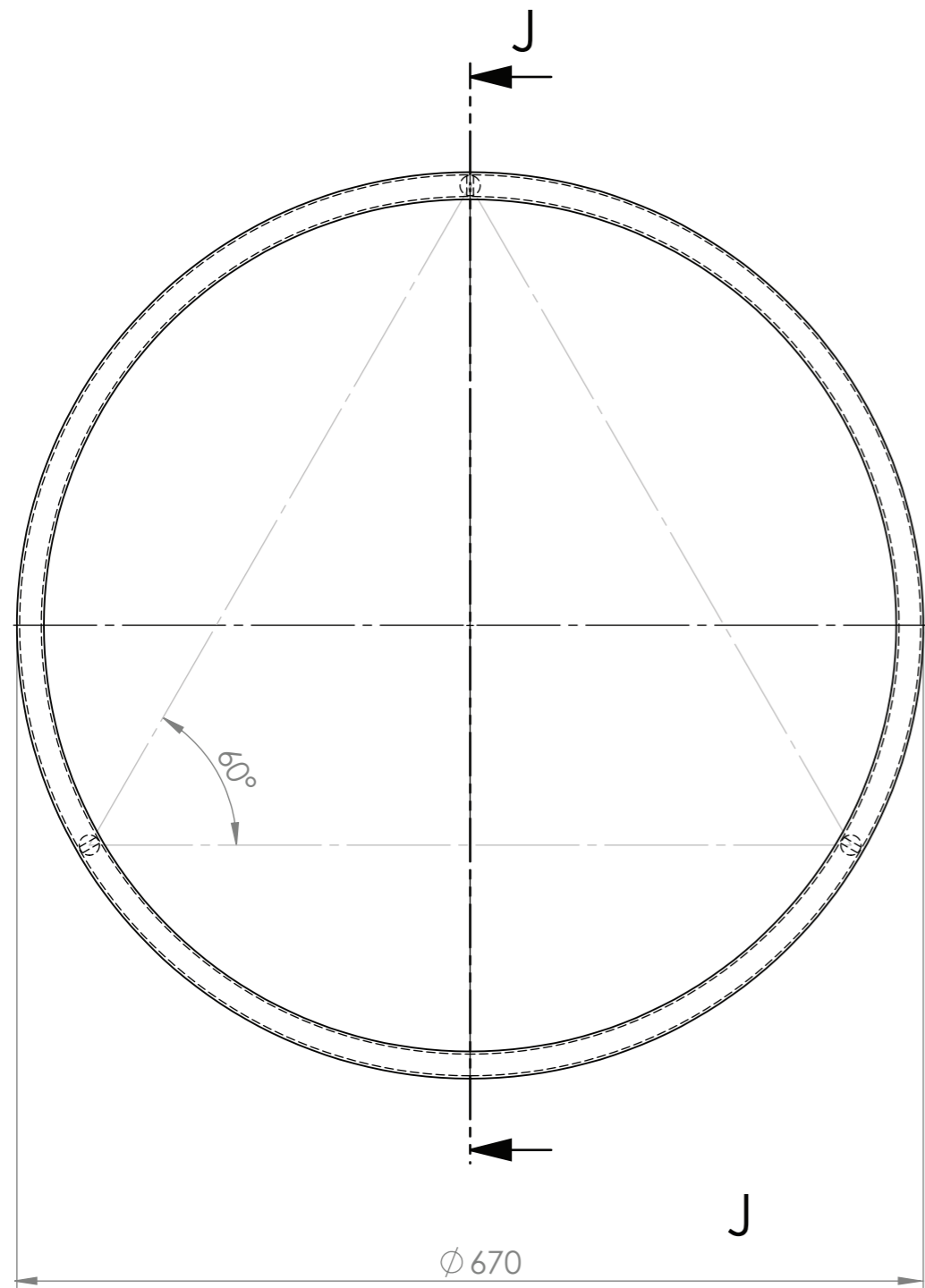


Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho	
		Esquema de montagem	
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Estrutura de Suporte Grande	A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Folha: 13

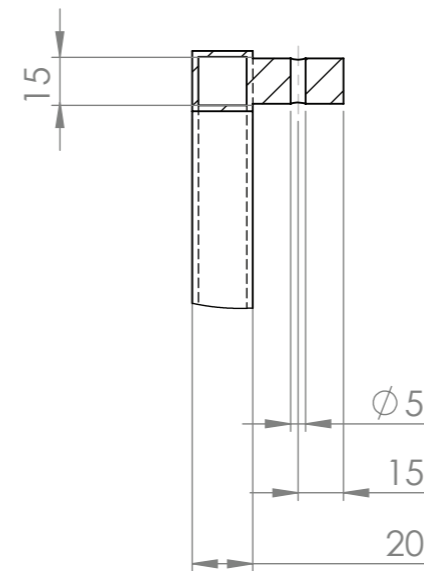


Projeto Final de Mestrado		Esquema de Montagem	
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Estrutura de suporte de Teto	
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:10	Folha: 14

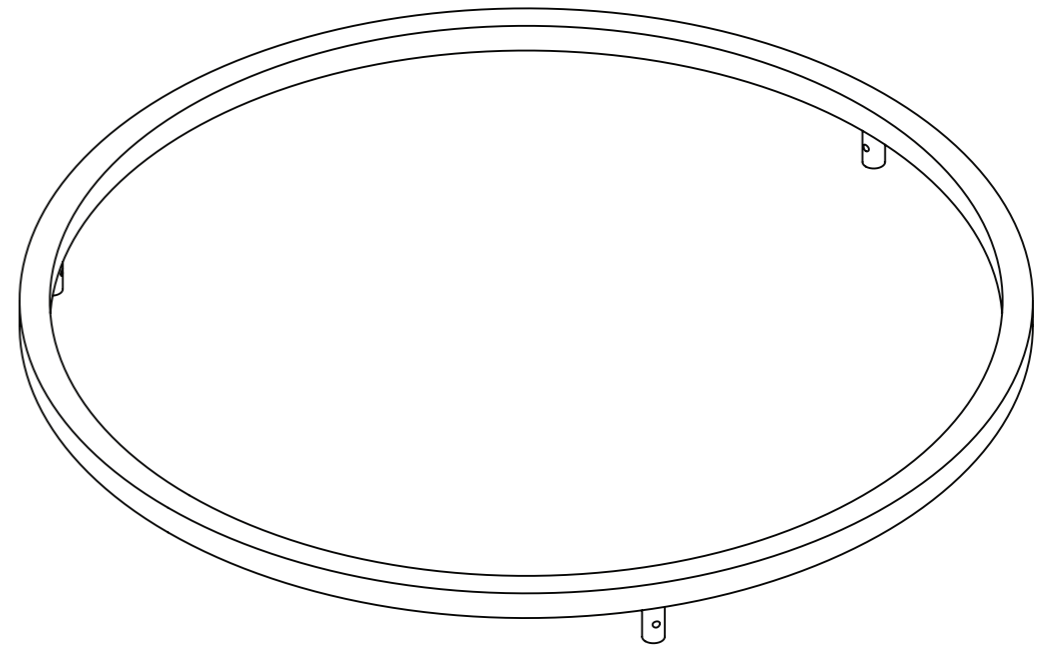
A3



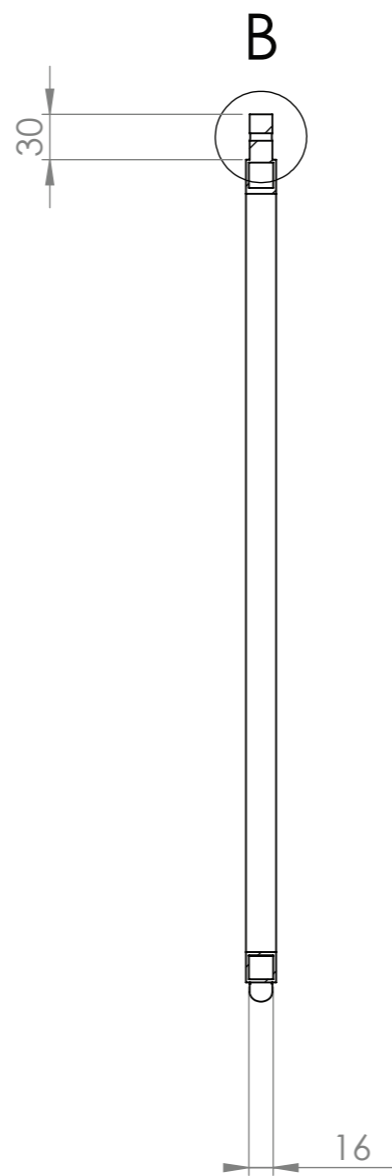
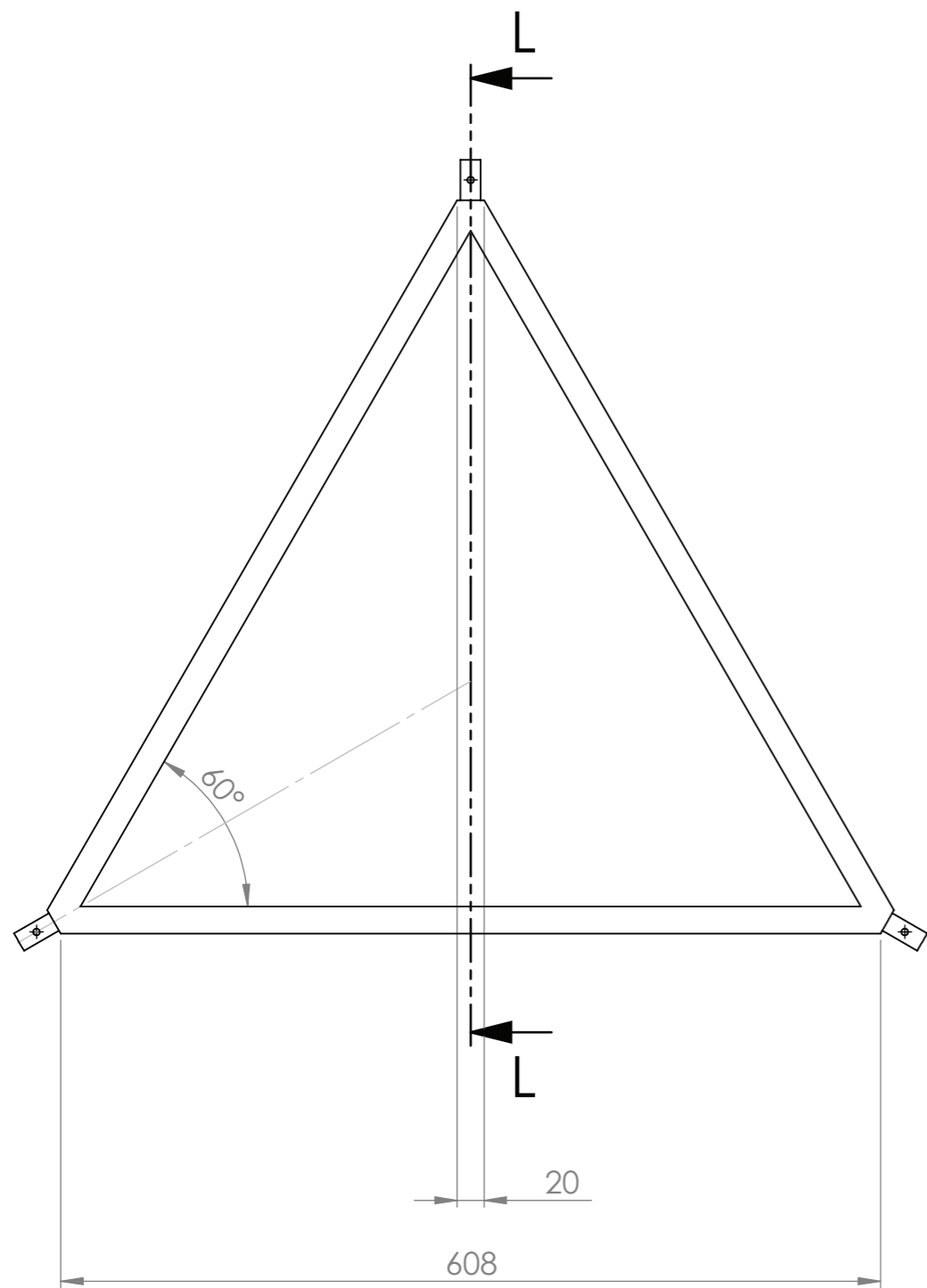
SECÇÃO J-J



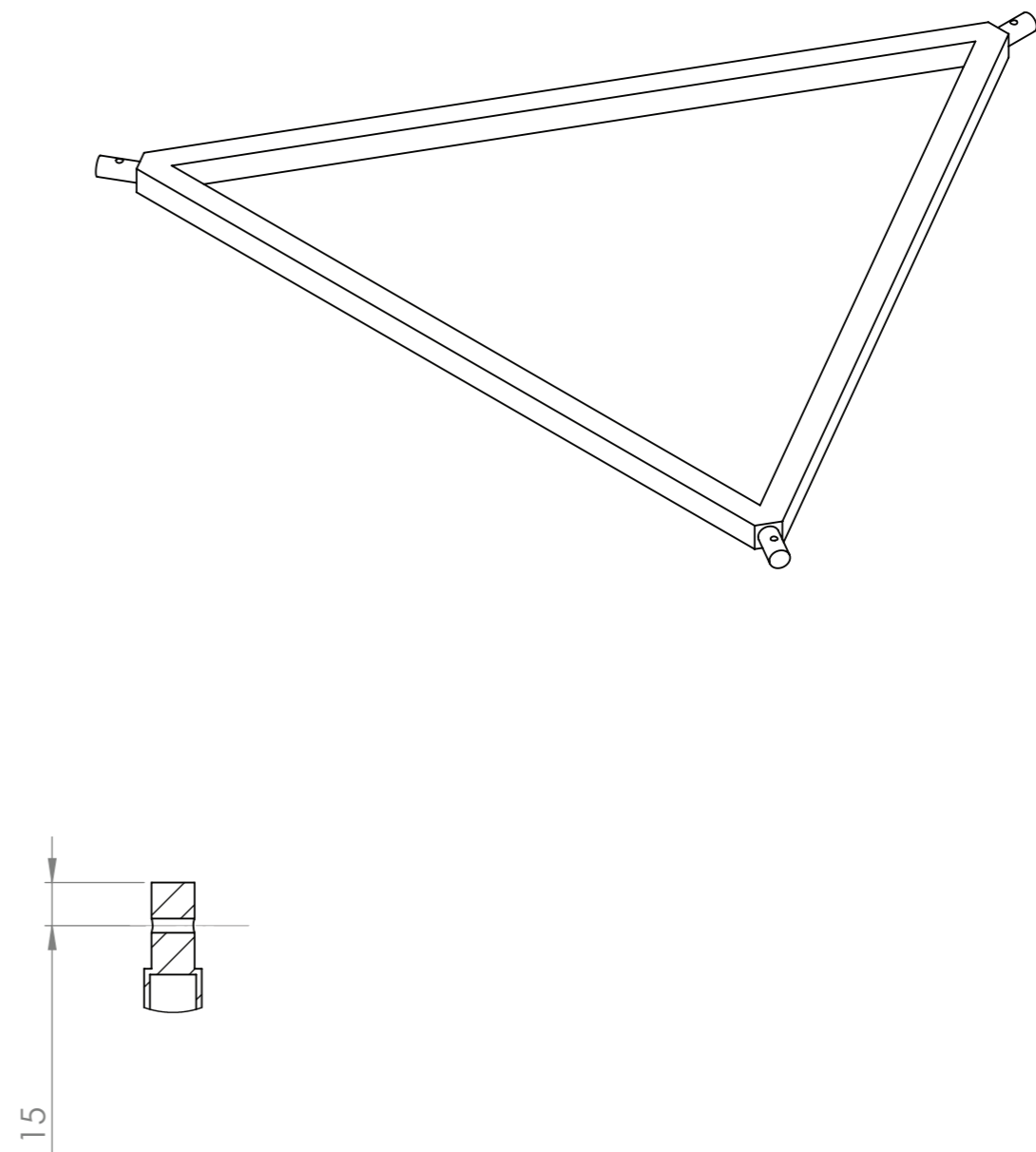
DETALHE A
Escala 2 : 5



Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Suporte de aquário		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 15

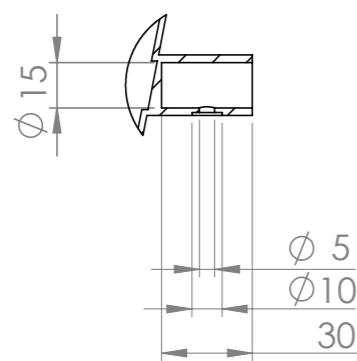
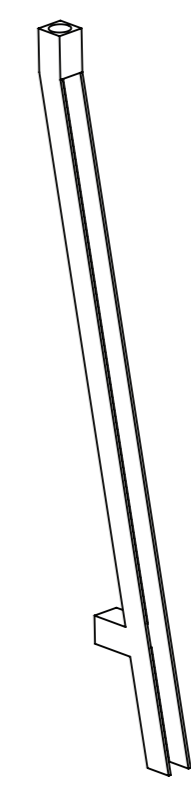
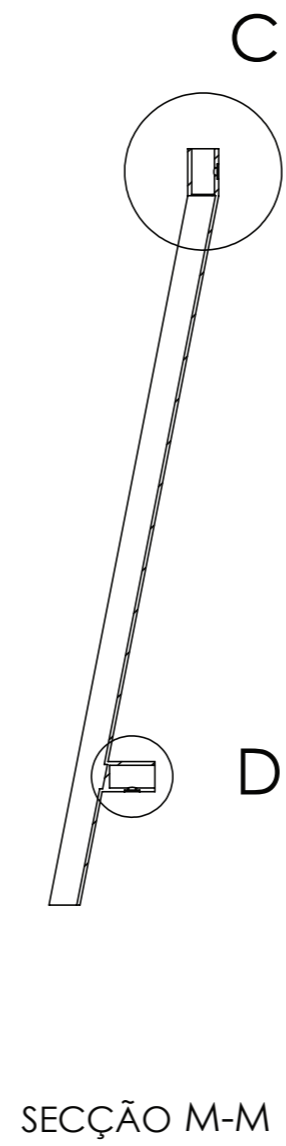
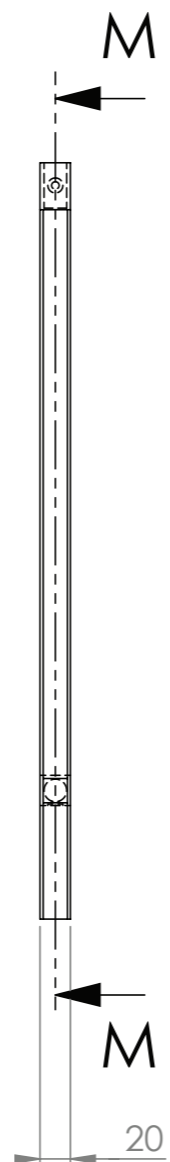
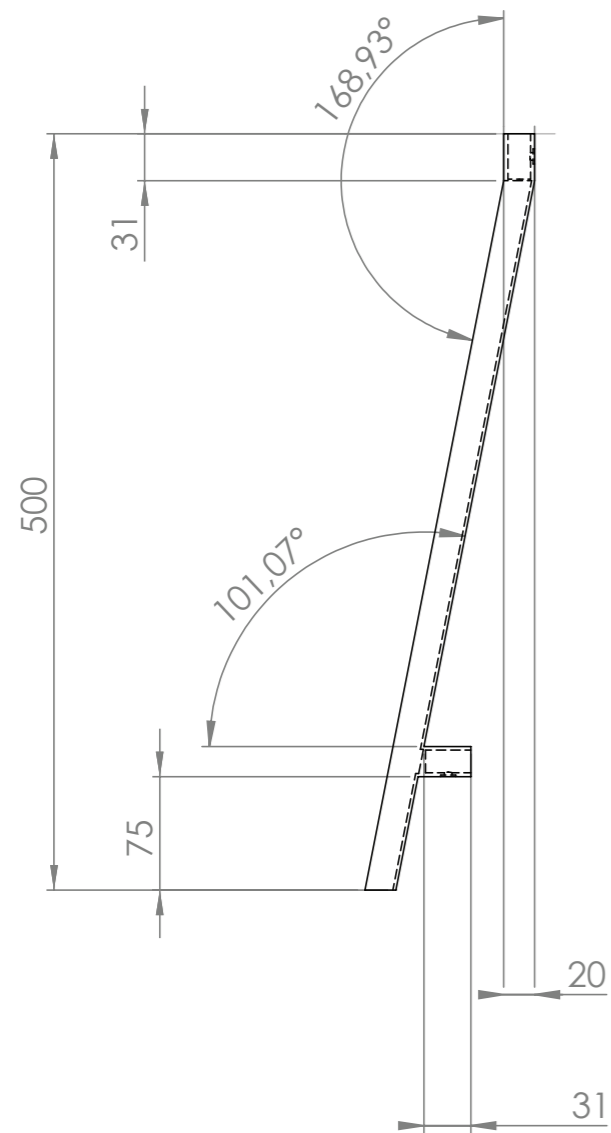


SECÇÃO L-L
Escala 1 : 5

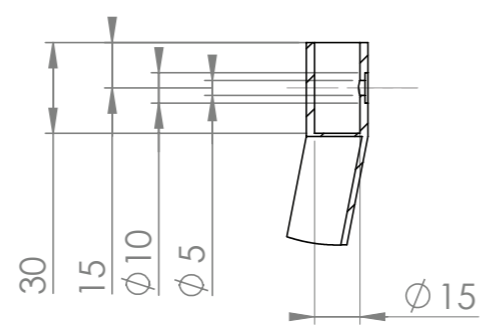


DETALHE B
Escala 2 : 5

Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Eixo Estabilizador		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 16

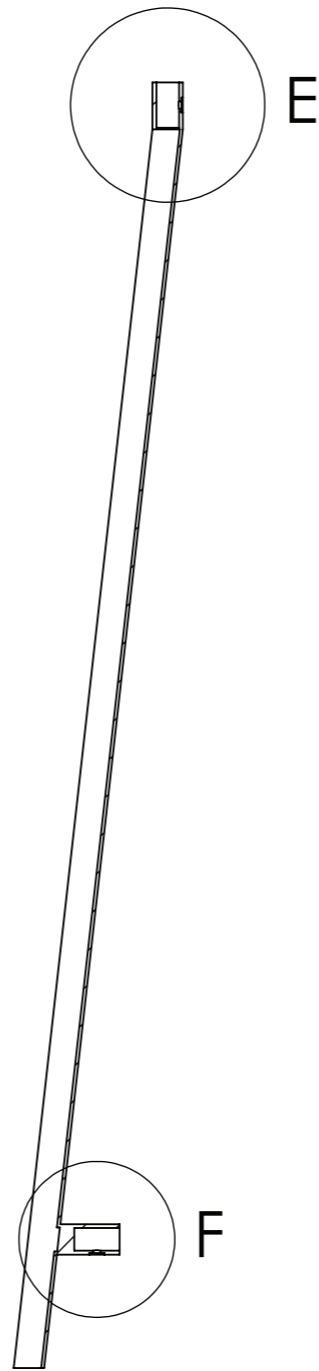
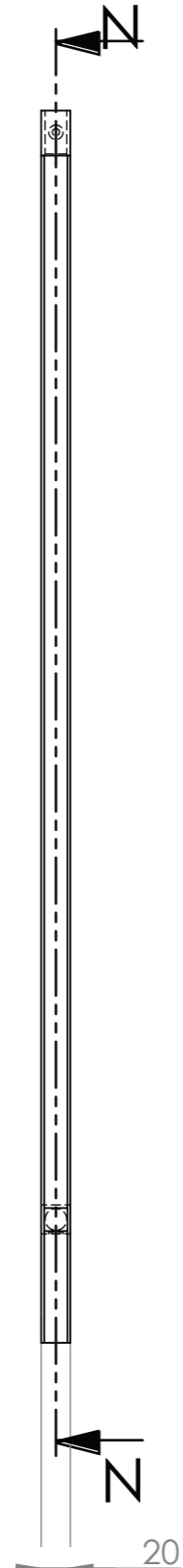
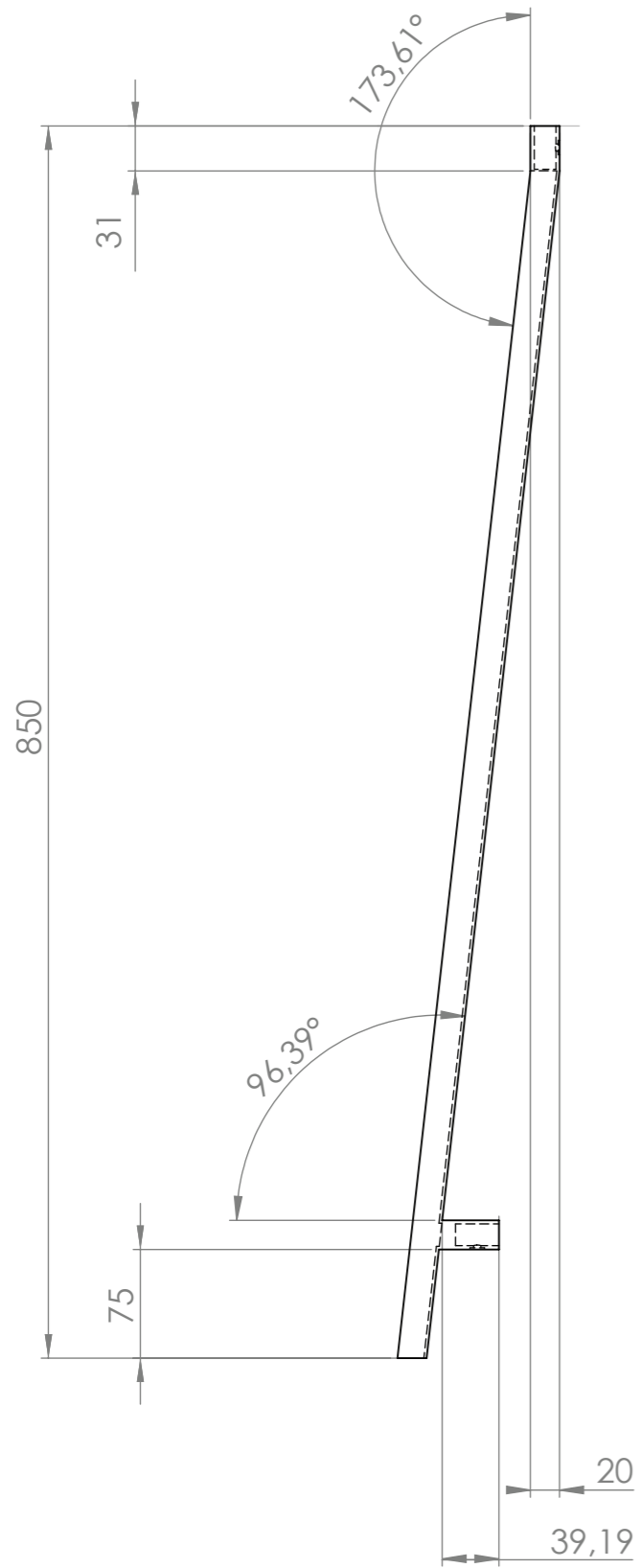


DETALHE D
Escala 2 : 5

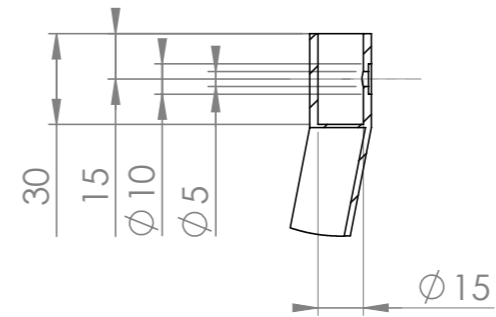


DETALHE C
Escala 2 : 5

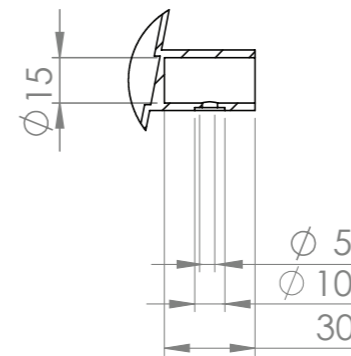
Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Apoio Menor		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 17



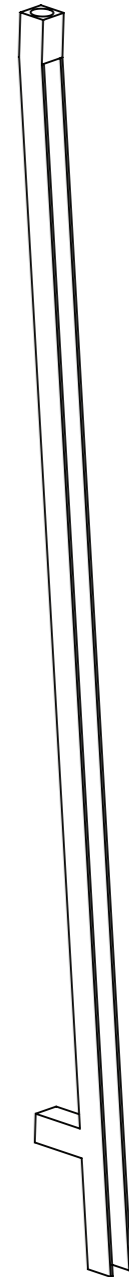
SECÇÃO N-N



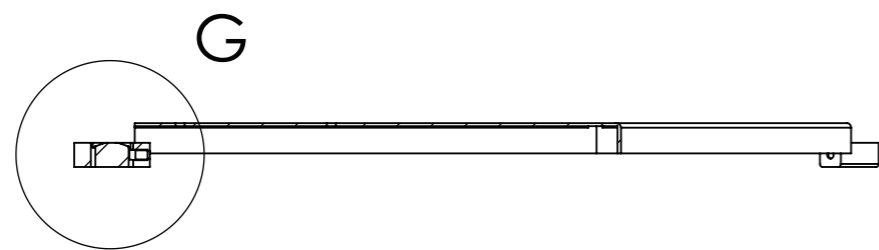
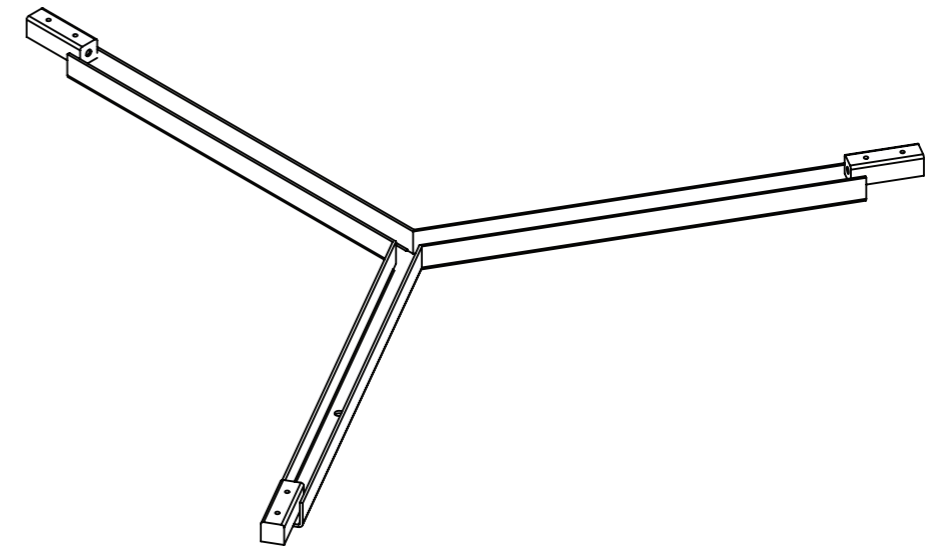
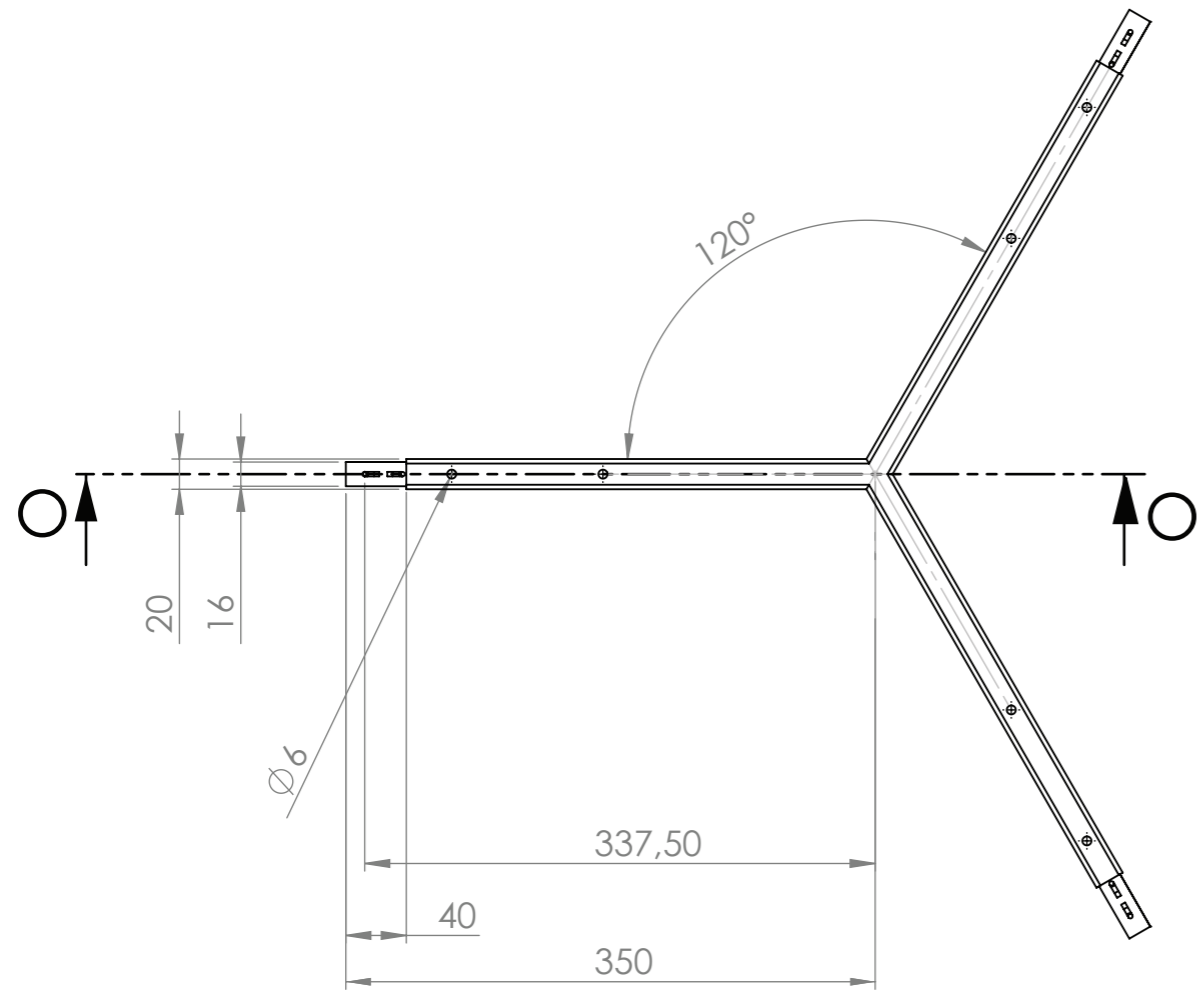
DETALHE E
Escala 2 : 5



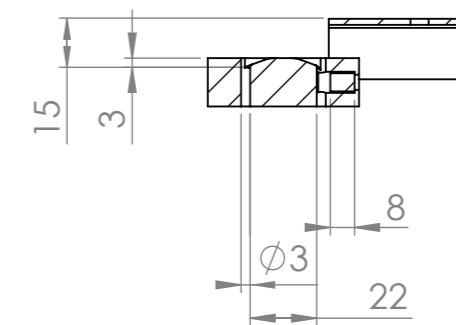
DETALHE F
Escala 2 : 5



Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho		
		Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Apoio Maior		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 18

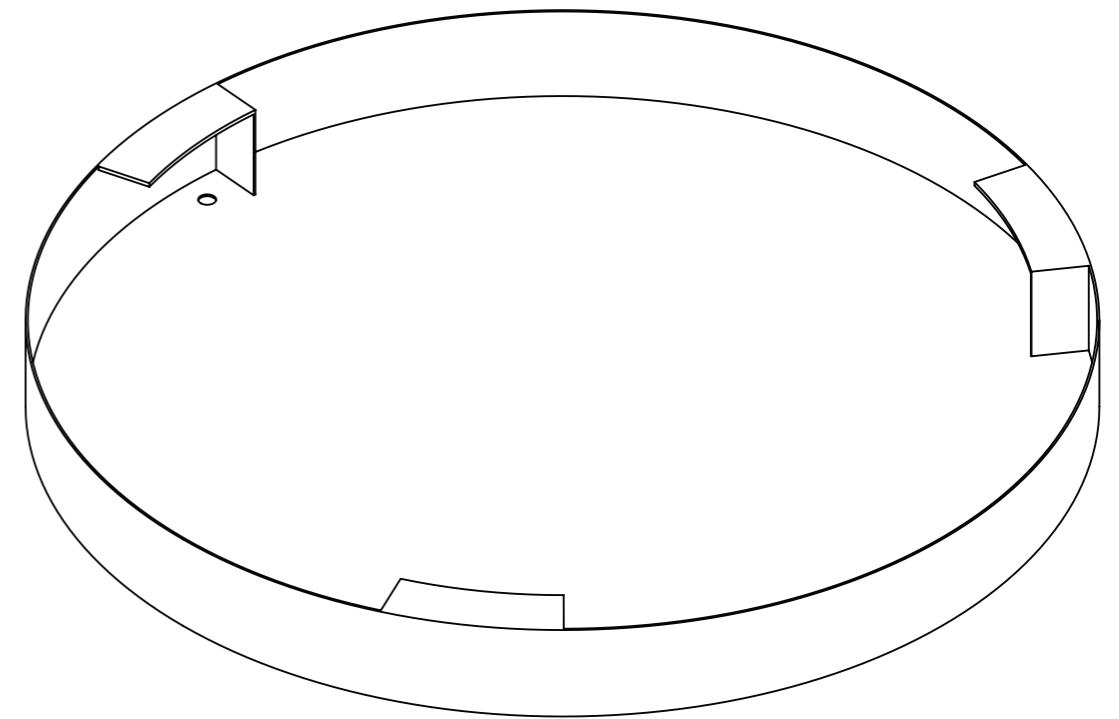
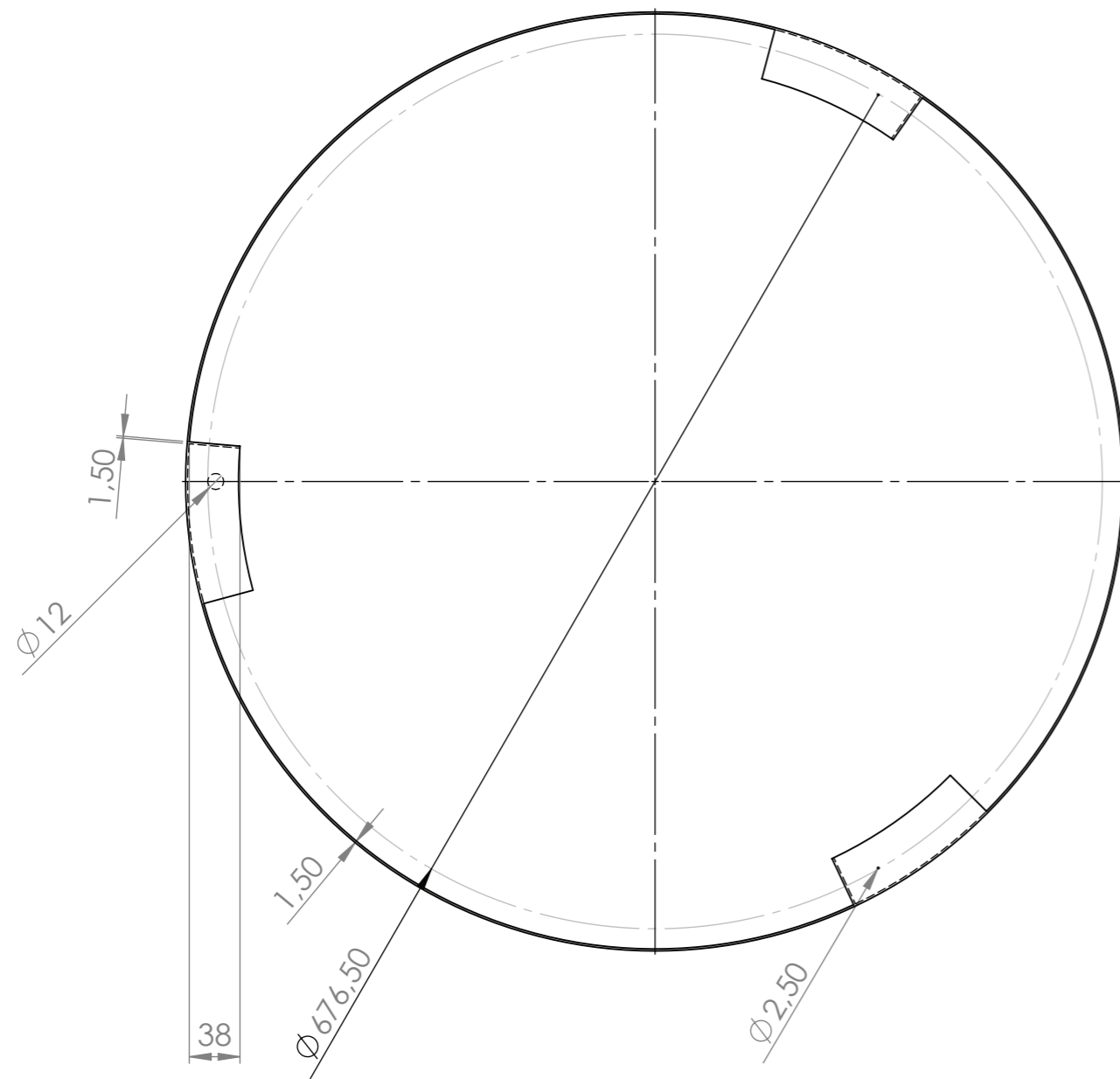


SECÇÃO O-O

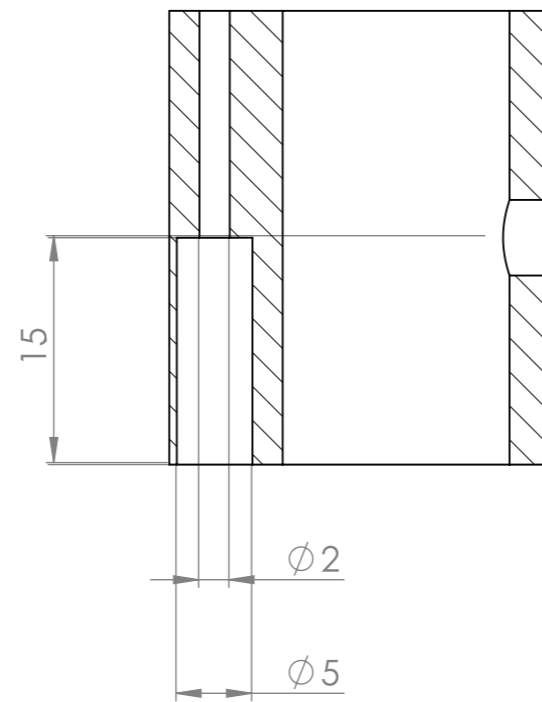
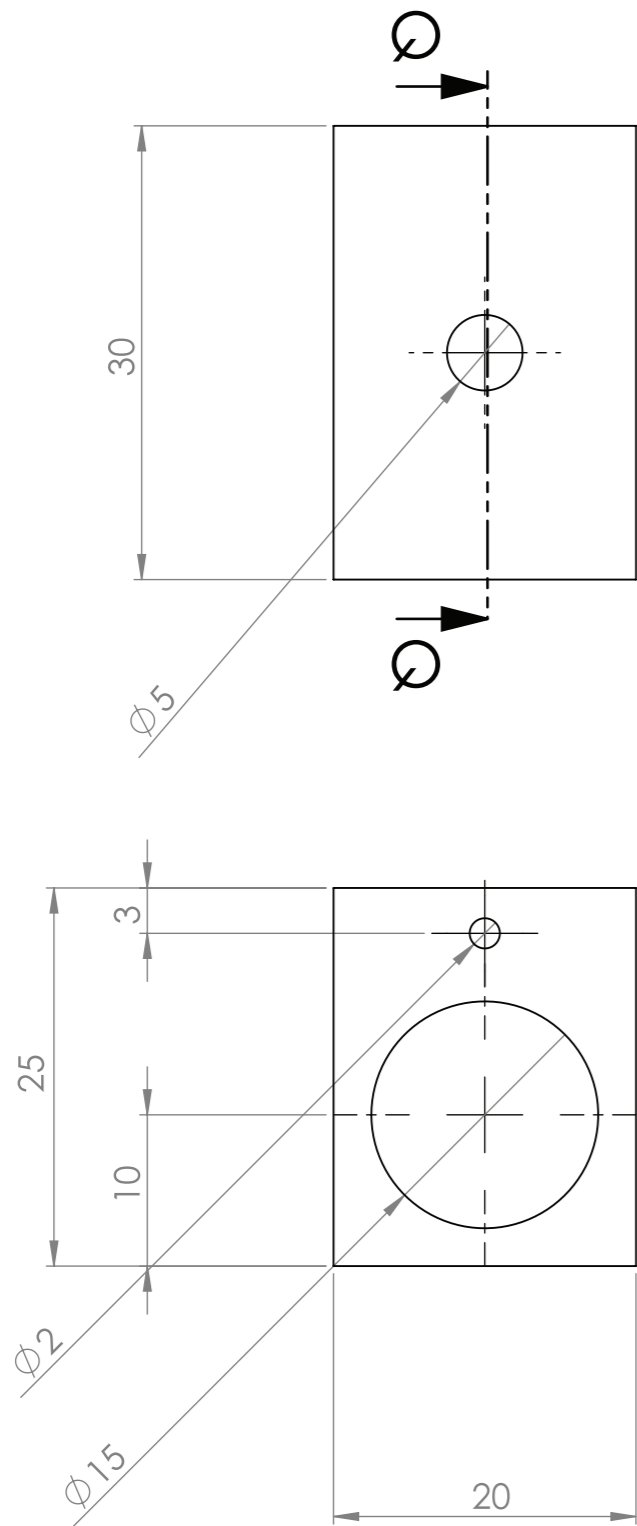


DETALHE G
Escala 2 : 5

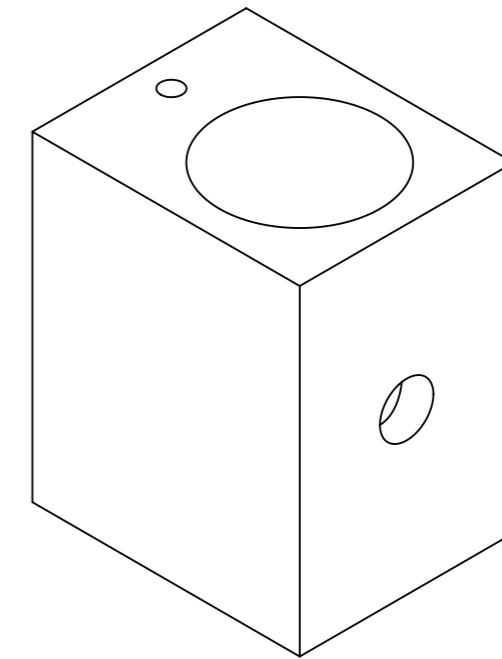
Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Fixador de Teto		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha:



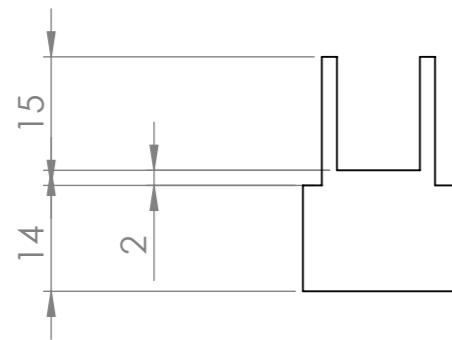
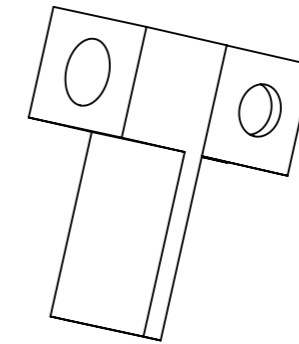
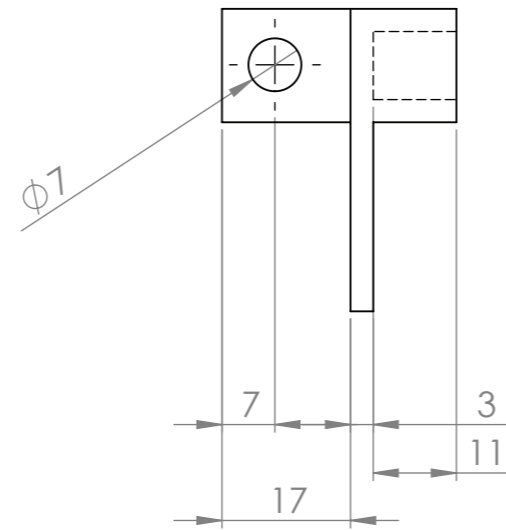
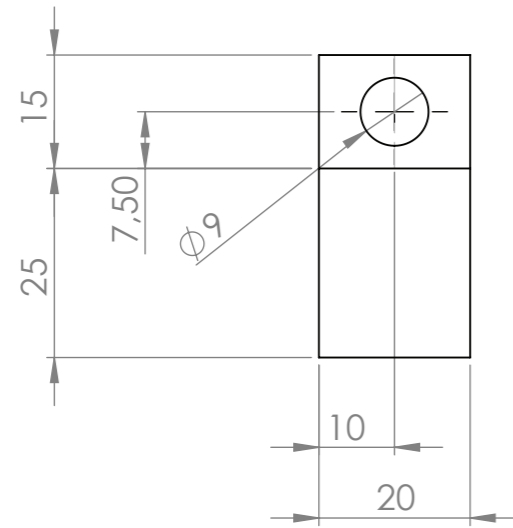
Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Caixa de revestimento		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha:



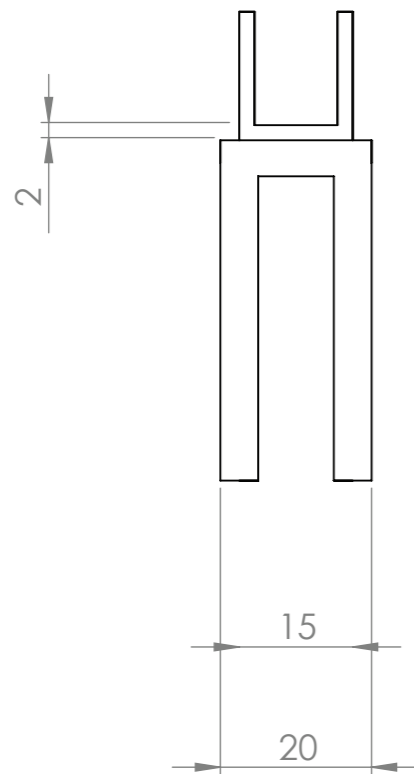
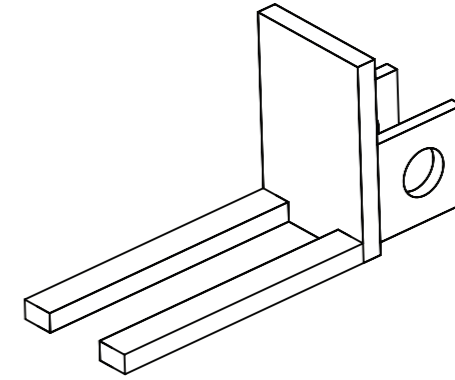
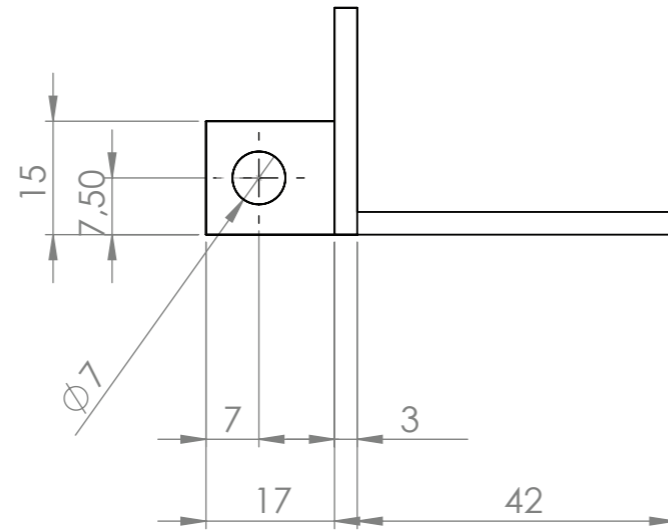
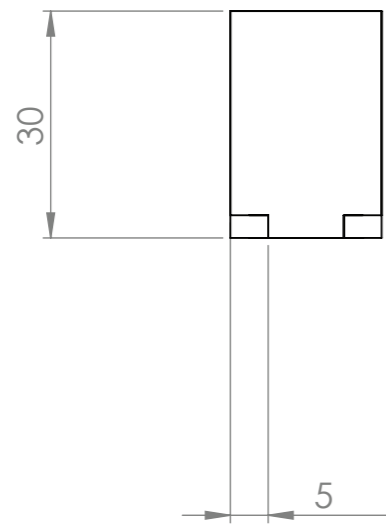
SECÇÃO Q-Q



Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens	
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Peça para suspensão	A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 2:1	Unidades: mm
			Folha: 18



Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens		
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Titulo Sup. p/ Bomba de Ar - Superior		A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm	Folha: 19



Projeto Final de Mestrado		Nº do Desenho	
		Desenho Técnico do Sistema Aquapónico Homegreens	
Desenhado por: Rute Carreira	Professor: Luís Pessanha	Título Sup. p/ Bomba de Ar - Inferior	A3
Nº de aluno: 3160671	Data: 15/09/2020	Escala: 1:5	Unidades: mm
		Folha: 20	