



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Arquitectura Hidropónica - A integração de sistemas de
produção alimentar hidropónicos no projecto de
arquitectura

Sara Szafman

Mestrado Integrado em Arquitectura

Orientador:

Doutor Vasco Nunes da Ponte Moreira Rato, Professor
Associado,
ISCTE-IUL

Co-Orientador:

Doutor Pedro da Luz Pinto, Professor Auxiliar,
ISCTE-IUL

Novembro, 2020

Arquitectura Hidropónica - A integração de sistemas de produção alimentar hidropónicos no projecto de arquitectura

Sara Szafman

Mestrado Integrado em Arquitectura

Orientador:

Doutor Vasco Nunes da Ponte Moreira Rato, Professor Associado,
ISCTE-IUL

Co-Orientador:

Doutor Pedro da Luz Pinto, Professor Auxiliar,
ISCTE-IUL

Novembro, 2020

Resumo

O declínio da biodiversidade representa uma grave ameaça de segurança alimentar e requer um novo equilíbrio na regulação da relação entre as atividades humanas e a natureza. Estima-se que, até ao ano de 2030, 60% da população mundial ficará concentrada nas grandes cidades, dando origem num rápido crescimento urbano e numa pressão acrescida nos sistemas de produção alimentar tradicionais.

Neste contexto, a prática da agricultura urbana constitui um meio importante de produção alimentar alternativo de baixo custo, contribuindo em simultâneo para a preservação da biodiversidade e desempenhando funções de purificação do ar em meio urbano. Parte de um conjunto de técnicas de produção alimentar alternativas, a hidroponia produz alimentos sem o uso de solo, adaptando-se bem não apenas ao espaço público urbano, mas também na integração nos edifícios.

O presente trabalho investiga a integração da produção alimentar por hidroponia em arquitetura, promovendo uma agricultura sustentável produzida localmente. O projeto de um complexo escolar e de serviços, localizado na Cidade Universitária em Lisboa, integra na sua composição um sistema de produção alimentar hidropónico que fornece diretamente os espaços de refeição do edifício. O projeto integra a produção hidropónica através de elementos horizontais situados na cobertura que se transformam num conjunto de paredes hidropónicas que ocupam um volume interior percorrendo toda a altura do edifício.

A investigação revela que a integração de produção alimentar em edifícios exige que esta se constitua como elemento de composição arquitetónica de forma a que o projeto tenha oportunidade de compatibilizar os diversos requisitos, por vezes contraditórios.

Abstract

The decline in biodiversity represents a serious threat to food security and requires a new balance in the regulation of the relationship between human activities and nature. On the other hand, it has estimated that, by the year 2030, 60% of the world population will be concentrated in large cities, giving rise to rapid urban growth and increased pressure on traditional food production systems.

In this context, the practice of urban agriculture constitutes an important means of low-cost alternative food production, simultaneously contributing to the preservation of biodiversity and performing air purification functions in an urban environment. Part of a set of alternative food production techniques hydroponics produces food without the use of soil, adapting well not only to urban public space, but also to integration in buildings.

This work investigates the integration of food production by hydroponics in architecture, promoting sustainable agriculture produced locally. The design of a school complex (sustainability school) and services, located in the Cidade Universitária in Lisbon, integrates in its composition a hydroponic food production system that directly provides the building's dining spaces. Hydroponic production is part of the project through horizontal elements located on the roof that transform into a set of hydroponic walls that occupy an interior volume covering the entire height of the building.

The investigation reveals that the integration of food production in buildings requires that it be an element of architectural composition so that the project has the opportunity to reconcile the various requirements, sometimes contradictory.

Índice

Resumo	iii
Abstract	v
Introdução	1
Capítulo 1. Estado da Arte	7
1.1 Vertical Farming	7
1.2 Hidroponia	10
1.2.1 Contexto Histórico	10
1.2.2. Tipos de Estruturas de Sistemas Hidropónicos	15
1.3 Vantagens e Desvantagens do Sistema Hidropónico	18
1.4 Requisitos para o Funcionamento do Sistema Hidropónico	19
Capítulo 2. Casos de Estudo	24
2.1 Casos de Estudos de Projetos Arquitetura Hidropónica Integrados na Escala Urbana	24
2.1.1 Laje Interior, Estados Unidos da América	24
2.1.2 Cobertura – Dizengoff Center Shopping Mall, Israel	25
2.2 Casos de Estudos de Elementos Arquitetónicos Integrados com Sistemas Hidropónicos	27
2.2.1 Elemento Arquitetónico: Paredes Interiores, Teto Interior – Pasona Urban Farm, Japão	27
2.2.2 Elemento Arquitetónico: Fachada – Pavilhão dos Estados Unidos da América, Itália	28
2.2.3 Elemento Arquitetónico: Paredes Exteriores, Laje Exterior – Crete House, Estados Unidos da América	29
2.2.4 Elemento Arquitetónico: Laje Exterior – Urban Sky Farm, Coreia do Sul	30
2.3 Análises Crítica dos Casos de Estudo na Escala Urbana	32
2.3.1 Vertical Harvest Jackson Hole	32
2.3.2 Dizengoff Center Shopping Mall	33
2.4 Análise Crítica dos Casos de Estudo Elementos Arquitetónicos Integrado com Sistemas Hidropónicos	34
2.4.1 Pasona Urban Farm	34
2.4.2 Pavilhão dos Estados Unidos da América	36
2.4.3 Crete House	38

2.4.4 Urban Sky Farm	41
2.5 Resumo dos Aspectos Principais dos Casos de Estudos	43
Capítulo 3. Solução de Projeto	45
3.1 Introdução Proposta de Projecto	45
3.2 Cidade Universitária: Análise da Zona de Intervenção	45
3.3 Masterplan de Grupo	48
3.4 Projeto Individual - Escola	50
3.4.1 Hidroponia em Sistemas Integrados de Produção Alimentar no Projeto Arquitetónico da Escola	50
3.5 Análise Crítica da Solução Arquitectónica	69
Capítulo 4. Workshop de PFA	72
Conclusões	86
Referências Bibliográficas	89

Introdução

Produção alimentar é uma forma de aquisição do alimento para o ser humano, com origem no ambiente e nos animais. O alimento é qualquer substância consumida com o objetivo de fornecer nutrição e suporte ao organismo para o funcionamento e crescimento do ser humano.

O alimento passa por várias etapas numa cadeia alimentar, iniciando pela produção de alimentos para o consumo humano ou animal, passando para a transformação, onde são processadas as matérias-primas no produto final, embalagem do produto final; transporte da fábrica para o canal de distribuição; armazenamento do produto para a venda ao retalhista e ao consumidor; por fim, a utilização do produto pelo consumidor, onde certos alimentos são descartados e/ou reciclados para compostagem como fertilizantes orgânicos. Com esta cadeia os produtos contêm um elevado custo.

Em Portugal, a produção de alimentos de origem animal é a mais consumida pelos cidadãos e também é responsável pelo uso excessivo de água e dos solos e emissões de gases de efeito de estufa em relação a alimentos de origem vegetal.

A superfície de cultivo de agricultura biológica é representada por 239 864 hectares, onde apenas 20% dessa área é destinada à produção alimentar seguindo-se para o consumidor ou à transformação (Associação Portuguesa dos Nutricionistas, 2017) e os restantes 80% representam as áreas de cultivo a pastagens, culturas arvenses tais como os cereais e forragens pelas culturas ligadas à produção animal ou à manutenção de determinadas características ambientais das explorações, pondo assim em causa a biodiversidade (Lusa, 2017).

A biodiversidade tem um papel importante na produção alimentar, pois esta é o que sustenta o sistema alimentar no planeta, definido pela vasta variedade de organismos e as relações entre os seres vivos e o ambiente. Uma das causas que ameaça a biodiversidade é o aumento populacional, a destruição e degradação de habitats, a poluição, as alterações climáticas, entre outras (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019). A biodiversidade do planeta hoje em dia, encontra-se em declínio representando uma grave ameaça para o futuro alimentar e do ambiente. A ONU e a FAO mostram que nas últimas duas décadas cerca de 20% da superfície terrestre coberta por vegetação acabou em zonas menos produtivas, com perdas de biodiversidade dos solos e de ecossistemas vitais, como o exemplo de florestas, prados, recifes corais, mangais, pradarias de ervas-marinhas, encontrando-se também ameaçadas muitas espécies que envolvidas indiretamente com a

produção alimentar tais como as aves, as espécies polinizadores como abelhas, morcegos, outros tipos de insetos e peixes (Uniplanet, 2019).

Menos biodiversidade significa que as plantas e os animais são mais vulneráveis a pragas, doenças e a dependência de menos espécies para alimentação do ser humano coloca a segurança alimentar e a nutrição em risco.

A FAO apresenta como soluções para conservar a biodiversidade a criação de reservas, zonas protegidas, parques naturais; a regulação da relação entre as atividades humanas, a biodiversidade e as atividades dentro e fora da área de proteção; reforçar, implementar e vigiar a aplicação das leis de proteção e a implementação de práticas ambientais sustentáveis, (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019); a substituição da agricultura tradicional pela agricultura biológica que hoje apenas ocupa 1% da superfície global; uma gestão integrada das pragas; uma agricultura de conservação; uma gestão sustentável de florestas e do solo; a utilização de sistemas agroflorestais e uma abordagem ecossistémica para as pescas e a restauração de ecossistemas (Uniplanet, 2019).

Os sistemas utilizados para a produção alimentar são considerados como insustentáveis e responsáveis pela perda da biodiversidade causando a desflorestação, a exploração excessiva, contaminação dos solos e o efeitos de alterações climáticas tornando estas causas com grande impacto para a segurança alimentar.

Estima-se que em 2050, a população atingirá mais de 9 mil milhões de pessoas com a necessidade de produzir mais 60% de alimentos. Para essa produção são necessários 7,4 biliões litros de água, por dia (Associação Portuguesa dos Nutricionistas, 2017). Devido a esse aumento populacional estão a ser sobre explorados os recursos providenciados pelo planeta, ultrapassando o seu limite de sustentar a humanidade e colocando em risco a sobrevivência. Como consequência, verifica-se um aumento de secas, fogos e a erosão dos solos afetando a produção alimentar e criando o risco de desaparecimento de zonas de produção de alimentos básicos como o trigo.

Para ajudar a combater o fim destes recursos alimentares, a crise climática e a redução da pobreza, é necessário regenerar solos e florestas, armazenar carbono, reduzir o consumo de carne, produzir legumes e frutas e acabar o desperdício alimentar. Para a redução das emissões de gases de efeito de estufa é necessário travar a desflorestação, plantar mais árvores, efetuar uma melhor gestão agrícola e mudar dietas (Zero Sustentável, s.d.).

Uma das problemáticas do planeta é a fome e a má nutrição, com forte impacto no mundo. Na agenda 2030 do Desenvolvimento Sustentável a Organização das Nações Unidas estabeleceu como um dos objetivos criação de medidas para acabar com a fome e má nutrição: o objetivo de desenvolvimento sustentável nº2 – Erradicar a fome.

Em 2016, a ONU registou cerca de 815 milhões de pessoas afetadas pela fome e má nutrição, dominando 520 milhões na Ásia, 243 milhões na África e 42 milhões na América Latina e Caraíbas,

tendo como principais causas os conflitos sociais e as alterações climáticas. No ano seguinte, em 2017, houve um aumento significativo de 38 milhões de pessoas, classificado por adultos e maioritariamente por crianças que sofrem de atraso de crescimento e peso abaixo do ideal. Em contrapartida, é estimado que há no presente 41 milhões de crianças que estão com sobrepeso (FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, 2019).

Apesar destas problemáticas temos também presente outro tema importante o desperdício alimentar. Na escala global, em 2011, a FAO revelou que cerca de 1/3 dos alimentos produzidos não é consumido, tornando a perda e o desperdício alimentar responsáveis por 8% das emissões de gases de efeito de estufa correspondendo também a um gasto de recursos utilizados como, por exemplo água e energia (Associação Portuguesa dos Nutricionistas, 2017). Nos países desenvolvidos, os alimentos são desperdiçados no processo da distribuição e do consumo final e nos países em desenvolvimento acontece nas etapas da colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento (Pedro Baptista, 2012).

O sistema utilizado pelos seres humanos para a sua produção alimentar é feito através da agricultura tradicional. Sendo este sistema caracterizado por várias tipologias tais como, a agricultura intensiva, a agricultura extensiva, a agricultura orgânica, agricultura urbana e outras soluções inovadoras como aquaponia e hidroponia.



Figura 1 - Agricultura Intensiva (Silva, 2014)

A agricultura intensiva é um sistema de produção agrícola com objetivo de aumentar o rendimento quantitativo, utilizando fertilizantes, pesticidas e máquinas. Realizada em áreas pequenas de cultivo junto a locais densamente povoados, tendo a proximidade do mercado reduz custos no transporte e distribuição.

A agricultura extensiva é outra tipologia de sistema de produção agrícola utilizando várias áreas de cultivo em grande escala, mas com um uso de baixo investimento e mão-de-obra, junto a regiões de população moderada. Por se localizarem em áreas remotas há um aumento de custos no transporte e a venda ao mercado (Surbhi S, 2020).



Figura 2 - Agricultura Extensiva (Silva, 2014)

A agricultura orgânica é definida por um sistema de produção agrícola caracterizado pelas técnicas naturais de cultivo, sem o uso de produtos

químicos como, por exemplo fertilizantes, herbicidas, agrotóxicos e outros. Com o intuito de garantir uma produção eficiente de alimentos sem comprometer a saúde dos consumidores e mantendo a conservação dos solos e da natureza (Magalhães, 2015).

A agricultura urbana é outra modalidade de agricultura desenvolvida num contexto urbano e periurbano, abordando exemplos como um cultivo simples como um quintal, o uso de estufas hidropónicas, aquacultura, entre outros. Este tipo de agricultura tem o objetivo de preservar áreas verdes nas cidades servindo como estratégias de planeamento sustentável.

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO) das Nações Unidas, até ao ano de 2030, 60% da população mundial ficará concentrada nas grandes cidades, dando origem a um rápido crescimento das cidades e à perda de qualidade de alimentos imposta por um sistema industrializado e massivo (Teixeira, 2016).

A prática da agricultura urbana tem como vantagens a preservação e a manutenção da biodiversidade, desempenhando funções na purificação do ar, absorção de resíduos orgânicos resultando nas práticas de compostagem, fornecimento de alimentos a baixo preço, conduzindo a uma melhoria da qualidade de vida. Em Portugal, é habitualmente denominada de hortas urbanas comunitárias (Rodrigues, 2012).



Figura 3 – Aquaponia (Baldassin, 2018)

Aquaponia é outra solução de produção de alimentos pela integração de modalidades da aquacultura onde somente são produzidos organismos aquáticos e da hidroponia que, por sua vez produz plantas sem o uso do solo, em sistemas de recirculação de água e nutrientes (Canastra, 2017).

A Hidroponia é uma forma de produção de alimentos sem o uso do solo, onde as suas raízes estão suspensas em água ou apoiadas num substrato inerte tais como a lã de rocha, fibra de coco, entre outros, sendo fornecida uma solução nutritiva de elementos minerais para o desenvolvimento e crescimento das plantas (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.).



Figura 4 – Hidroponia (Volkman, 2018)

A presente investigação foca-se numa tentativa de solução centrada nestes dois temas - a hidroponia e a arquitetura, com objetivo de criar um sistema de produção alimentar hidropónico integrado no

projeto de arquitetura, promovendo agricultura sustentável produzida localmente, e tornando um edifício de um complexo escolar e de serviços parcialmente viável em termos alimentares.

CAPÍTULO 1

Estado da Arte

1.1 Vertical Farming

É estimado um aumento populacional previsto para o ano de 2050, quando se deverá atingir o valor de 9.8 mil milhões de pessoas, 67% dessa população irá concentrar-se nos centros urbanos. As Nações Unidas estimam com esses valores que é preciso aumentar a produção alimentar pelo menos 60% (Associação Portuguesa dos Nutricionistas, 2017).

A vertical farming é definida por duas temáticas como a agricultura e a arquitetura, integrando a produção alimentar num projeto arquitetónico. É caracterizada pela sua distribuição vertical, em ambientes controlados para a produção alimentar, utilizando a energia, água e dióxido de carbono. Com a problemática do aumento populacional nos anos futuros é necessário responder a procura alimentar aumentando a produção alimentar sem utilizar terras agrícolas adicionais (Southey, 2019).

Esta tipologia de agricultura é constituída por uma estrutura de produção alimentar, ao contrário da agricultura tradicional, ou seja, é uma estrutura que se desenvolve verticalmente, com o objetivo de utilizar menos espaço do que o necessário. Utilizando sistemas hidropónicos, aeropónicos e aquapónicos, sem a utilização de solo e com iluminação artificial para o crescimento das plantas. A agricultura vertical pode abrigar-se em espaços arquitetónicos como edifícios e outro tipo de construções como contentores, túneis e poços de minas abandonadas.

Em 1999, Dickson Despommier, um professor de ecologia na universidade de Columbia desenvolveu o conceito de utilizar não apenas uma cobertura urbana para produção alimentar, mas estendê-la aos diversos níveis interiores onde é feita a produção alimentar, criando a agricultura vertical no interior de edifícios em torre.

A agricultura vertical é geralmente desenvolvida em três tipos de construção diferentes: edifícios, contentores e túneis abandonados.

Os edifícios, são normalmente utilizados para este tipo de agricultura quando estes se encontram abandonados, tendo como exemplo “The Plant”, em Chicago, uma antiga fábrica de embalagem de carne transformada (Said-Moorhouse, 2012). Por vezes novas construções também são edificadas para abrigar sistemas de agricultura vertical como a “Vertical Harvest”, estufa hidropónica de três pisos ao lado de um estacionamento em Jackson, Wyoming com o objetivo de cultivar 45500 kg de alimentos anualmente (Cameron, This vertical farm will provide Wyoming residents with 100,000 lbs of fresh produce each year, 2015).

Contentores são outra opção popular para abrigar sistemas de agricultura vertical, servindo como câmaras modulares padronizadas para o cultivo de uma variedade de plantas (Birkby, 2016), equipadas com luz artificial de LEDs, verticalmente empilhados utilizando o sistema de hidroponia com sistemas de controle de temperatura e de monitorização. Tem como vantagens produzir mais, numa área reduzida e obtém um maior rendimento por metro quadrado, com o exemplo “Greenery” da Freight Farms (Greenery, s.d.) e “TerraFarm” da Local Roots (Gitig, 2017).

No caso dos túneis, é uma agricultura vertical desenvolvida a partir de construções subterrâneas reabilitadas ou poços de minas abandonados. Estes espaços no subsolo geralmente têm temperaturas e humidades temperadas e constantes exigindo menos energia para aquecimento. A utilização de águas subterrâneas próximas para a produção alimentar tem uma redução de custos (Lloyd, 2018) possibilitando produzir sete a nove vezes mais alimentos que a agricultura tradicional, através de sistemas de colheita automatizados e totalmente autossuficientes (Grossman, 2018).

A agricultura Vertical apresenta um conjunto de vantagens:

- uma produção agrícola durante o ano inteiro, evitando a sazonalidade de alguns tipos de frutas e vegetais;
- uma produção orgânica sem o uso de pesticidas e outros químicos para manter o crescimento da produção;
- são produzidos em ambientes controlados evitando os desastres naturais como cheias e secas que prejudicariam o ciclo de vida das plantas;
- há uma redução de 70% na utilização de água em comparação com a agricultura tradicional;
- existe menos desperdício alimentar por ser produzido e comercializado localmente;
- há maior produtividade em menos área, o que possibilita ser desenvolvida nas cidades onde o espaço exterior é escasso e limitado.

As principais desvantagens da agricultura vertical são:

- nem todos os alimentos podem ser produzidos neste sistema de agricultura vertical. Por exemplo, o cultivo de batata num ambiente interior não tem maior rendimento;
- outros produtos, como o trigo ou o arroz, requerem maior área e, por outro lado, implicam uma sobrecarga superior por terem maior peso.

- a necessidade de utilização de energia para iluminação artificial uma vez que, em espaços interiores, não existe frequentemente a quantidade de iluminação natural necessária, ao contrário do que se verifica no exterior. Esta necessidade adicional de energia tem associada uma pegada de carbono (Munoz, 2017).

Existem vários exemplos de vertical farming pelo mundo nomeadamente Inglaterra, Israel, Singapura, Estados Unidos da América, Alemanha e Japão.

Em 2009, foi construída a primeira instalação de agricultura vertical em Paignton Zoo Environmental Park, na Inglaterra. O projeto representa o primeiro laboratório de cultivo sustentável baseado em jardins. Um projeto de agricultura vertical que fornece uma base sólida para pesquisar a produção urbana sustentável de alimentos. Com o objetivo de alimentar os animais do zoológico e fornecer um recurso educacional para advogar mudanças nas práticas insustentáveis de uso na terra que impactam a biodiversidade global e os serviços dos ecossistemas (Frediani, 2010).

Em 2010, a aliança Sionista Verde propôs uma resolução no 36º congresso mundial sionista convidando Keren Kayemet L'Yisrael (Fundo Nacional Judaico em Israel) a desenvolver agricultura vertical em Israel (Cohen, 2010).

Posteriormente, em 2012, foi inaugurado em Singapura um edifício de agricultura vertical comercial, pela Sky Greens Farms com três pisos, atualmente possuem mais de 100 torres de nove metros de altura (Siong, 2012).

No ano seguinte em 2013, foi fundada em Munique a associação para a agricultura vertical, denominada por AVF (Association for Vertical Farming). Em 2015 há registos da sua expansão em toda a Europa, Ásia, Estados Unidos da América, Canadá e Reino Unido. Esta organização visa melhorar a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável (Gordon-Smith, 2019). No mesmo ano, a empresa Growing Underground, em Londres iniciou a produção de alimentos em túneis subterrâneos abandonados na segunda guerra mundial (Grossman, 2018).

No Japão, em 2017 a empresa Mirai, começou por comercializar o seu sistema agrícola vertical, produzindo 10 mil pés de alface por dia (Benke & Tomkins, 2017).



Figura 5 – Agricultura Vertical Modular Hidropónica (Golden, 2019)

Em 2019, a Kroger fez parceria com uma startup alemã Infarm para instalar agricultura vertical modular em dois supermercados de Seattle (Golden, 2019).

1.2. Hidroponia

A Hidroponia é uma forma de produção de alimentos sem o uso do solo, na qual as raízes estão suspensas em água ou apoiadas num substrato inerte, sendo fornecida uma solução nutritiva de elementos minerais para o desenvolvimento e crescimento das plantas (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.).

1.2.1. Contexto Histórico

A Hidroponia é uma forma de produção de alimentos sem o uso do solo, na qual as raízes estão suspensas em água ou apoiadas num substrato inerte, sendo fornecida uma solução nutritiva de elementos minerais para o desenvolvimento e crescimento das plantas (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.).

Uma das primeiras existências da hidroponia remonta aos anos 604 a 652 a.C. pelo rei Nabucodonosor II, que ordenou construir os jardins suspensos da Babilónia, considerados uma das setes maravilhas do mundo antigo, dedicando a obra à sua mulher. Estes jardins eram mantidos por um sistema de rega que fornecia um fluxo constante de água construído ao longo do rio Eufrates. Existiam também relatos egípcios sobre o cultivo de plantas sem solo ao longo do rio Nilo, assim como a referência aos jardins flutuantes chineses descritos por Marco Polo (Folds, 2018).



Figura 6 - Conceito hidroponia no tempo dos aztecas (Folds, 2018)

Posteriormente, os aztecas da América Central desenvolveram o conceito de hidroponia devido à rivalidade com os seus vizinhos que negavam as suas terras para os aztecas produzirem a sua alimentação. Construíram uma estrutura de jangadas de juncos caracterizada por caules e raízes duras amarradas e carregadas de sedimentos do fundo do lago carregados de compostos orgânicos e minerais denominado de chinampas, com o objetivo de nutrir e cultivar plantas como vegetais, flores e árvores. Esta civilização prosperou até à sua destruição pela conquista espanhola que deram continuidade à utilização destas ilhas até ao século XIX, estendendo estes sistemas por vários países como Peru, Bolívia e Equador (Folds, 2018).

A partir de ano 1600, Jan Van Helmont iniciou a primeira abordagem científica de nutrição de plantas demonstrando numa experiência na qual plantou um broto de salgueiro com um peso de 2 kg num tubo contendo 90 kg de solo seco isolado. Após cinco anos de rega regular com água da chuva foi descoberto que a sua planta aumentou de peso para 72 kg, enquanto o solo perdeu menos de 500 g. Tirando a conclusão que as plantas obtêm substâncias para o crescimento através da água, exigindo dióxido de carbono e oxigénio do ar (Folds, 2018).

Em 1792, Joseph Priestly descobriu que ao colocar as plantas numa câmara com um alto nível de dióxido de carbono iria absorvê-lo gradualmente e libertando oxigénio. Alguns anos depois, Jean Ingen-Housz deu continuidade ao trabalho de Priestly demonstrando que as plantas instaladas numa câmara com um alto nível de dióxido de carbono podiam substituir o gás anterior por oxigénio dentro de várias horas se a câmara fosse colocada sob a luz solar, havendo progresso e resultados rápidos quando esta era exposta em condições de luz intensa. Em meados do século XIX, os cientistas determinaram a composição das plantas e quais as substâncias eram necessárias para o crescimento sendo que o solo apenas servia para apoiar e manter os elementos minerais necessários e os espaços correspondentes entre eles para o oxigénio necessário ao crescimento das plantas (Folds, 2018).

Seguido por vários estudos feitos até 1804, De Saussure propôs que as plantas fossem compostas por elementos químicos absorvidos pela água, solo e ar.

Boussignault, um químico francês deu continuidade à teoria anterior, experimentando o cultivo de plantas num meio artificial insolúvel, incluindo areia, quartzo e carvão vegetal sem solo, utilizando apenas água e nutrientes químicos. Descobriu que as plantas necessitavam de água e recebiam hidrogénio, a matéria seca das plantas contém hidrogénio, carbono e oxigénio que provém do ar (Max, 2019).

Em 1860, foi marcado o fim de uma longa busca pela fonte de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas por Julius von Sachs, professor de Botânica da Universidade de Wurzburg e Wilhelm Knop. Publicaram a primeira fórmula padrão para uma solução nutritiva que poderia ser dissolvida em água denominada por “nutricultura”, demonstrando que o crescimento das plantas pode ser alcançado imergindo as raízes de uma planta em solução aquosa contendo sais de nitrogénio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio e magnésio. Os elementos hidrogénio, oxigénio e carbono são derivados do ar e da água, definindo os nove elementos por macronutrientes ou macro elementos.

Nas décadas entre 1920 e 1930, Victor Tiedjens foi pioneiro no cultivo sem solo pela sua descoberta que as plantas só podiam absorver nutrientes ao serem disponibilizados na forma líquida, surgindo os fertilizantes líquidos. A partir de 1925, as indústrias manifestaram interesse nas estufas (Folds, 2018). Em 1929, William Gericke, um professor da universidade da Califórnia desenvolve a nutricultura para produção de culturas agrícolas (Dunn & Shrestha, 2015). Inicialmente definindo este processo de aquicultura, mas abandonando este termo ao saber que já era definido pela cultura de organismos aquáticos. Recomendado por W.A. Setchell o termo de hidroponia para Gericke em 1937, palavra derivada de origem grega, hidro definido por água e ponos por trabalho caracterizando o trabalho em água (Max, 2019).



Figura 7 - Estrutura Hidropónica (Folds, 2018)

Esta técnica é bem-sucedida em 1939, na segunda guerra mundial, tendo as forças armadas americanas apropriado este sistema para o fornecimento de alimentos frescos em porta-aviões, submarinos, desertos, bases militares, ilhas vulcânicas, regiões polares, o que ajudou esta técnica a propagar-se para o resto do mundo para o seu uso comercial. (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.).

Nos anos 50, quintas comerciais viáveis são desenvolvidas nos continentes da América, Ásia, Europa e África (Dunn & Shrestha, 2015). Em meados do século XX, os materiais utilizados para este sistema hidropónico tornaram-se tóxicos e os tubos de ferro corroeram rapidamente, libertando substâncias nocivas e tóxicas nas soluções nutricionais (Folds, 2018).

Em 1960, surge o sistema Nutrient Film Technique, por Allen Cooper na Inglaterra (Morgan, 1999).

Em 1982 foi inaugurado o pavilhão da terra no centro de EPCOT Walt Disney na Florida, que apresenta 762 mil m² de estufas ativas onde todos os alimentos cultivados são consumidos nos restaurantes do parque temático. Batendo o recorde em 2006, de maior produtividade de tomate no mundo pela produção de 32 mil tomates num período de 16 meses, utilizando a agricultura hidropónica com um sistema Nutrient film Technique (Lynch, 2018).



Figura 8 - Estrutura Hidropónica de tomates, Walt Disney em Florida (Lynch, 2018)

Nas últimas décadas, a NASA tem explorado extensivamente os sistemas de hidroponia para o sistema de suporte à vida ecológica controlada (CELSS) para as viagens dos astronautas para o espaço uma forma de cultivar os seus próprios bens alimentares, como também irá remover o dióxido de carbono tóxico do ar e substituir por oxigénio que sustentaria a vida. Os cientistas acreditam que pode constituir um sistema de suporte de vida bio regenerativo (NASA, 2004).

No ano de 2007, a Eurofresh Farms, no Arizona, vendeu 220 milhões de euros em tomates cultivados hidroponicamente. Esta empresa possui 1.3 km² representando um terço da área comercial de estufa hidropónica nos Estados Unidos da América (Adelman, 2008).

Em 1970, com a adaptação do plástico no sistema de hidroponia voltou novamente a ser uma forma viável de cultivo tanto para uso pessoal como comercial, o que ainda beneficiou de bombas adequadas, temporizadores, sistemas automatizados, informatizados e simplificados reduzindo os custos operacionais e de capital.

O tomate vendido por esta empresa é cultivado sem pesticidas e sobre um substrato de lã de rocha com irrigação superior.

Em 2017, o Canadá contava centenas de hectares de estufas hidropónicas comerciais em grande escala produzindo tomates, pimentos e pepinos (Schaefer, 2017).

Devido aos avanços tecnológicos da indústria e a vários fatores económicos o mercado global da hidroponia estima que deverá crescer de 210 milhões de euros em 2016 para 670 milhões de euros até 2023. (Research and Markets, 2017).

Um dos maiores desafios que a humanidade enfrenta no século XXI é a escassez de alimentos e de água para satisfazer as necessidades de uma população em constante crescimento e cada vez mais urbana. A hidroponia tem uma produtividade que pode chegar a ser 25 vezes superior à da agricultura tradicional, com recurso a um vigésimo da quantidade de água. Permanece o desafio associado à necessidade de radiação, idealmente solar; todavia, a instalação de sistemas hidropónicos em espaços interiores requer iluminação artificial, o que implica a um acréscimo dos custos de investimento, operacionais e ambientais (Folds, 2018).

A hidroponia tornou-se um método indispensável para a produção de alimentos nas estufas. Na edição 2017, a International Greenhouse Vegetable Production – Statistics estimou uma área total de produção comercial de hortaliças em 489214 ha. Hoje, New Jersey (EUA), tem a maior estufa hidropónica produzindo 91 milhões de alface fresca por ano.



Figura 9 - Hidroponia no espaço, NASA (NASA, 2004)

Futuramente iremos observar grandes desafios para o sector agrícola com o aumento de 70% de produção alimentar de acordo com a FAO em 2050, tendo consciência da falta de terras, água e a questão das alterações climáticas que poderá afetar o ciclo de vida das plantas. Considerando que o tema da hidroponia é uma abordagem para o futuro da agricultura, sem o uso de solo e podendo ser construído em qualquer espaço de pequenas dimensões para um número de população significativo. Neste sentido, a hidroponia desempenha um papel importante para a sobrevivência futura do ser humano (Max, 2019).

1.2.2. Tipos de Estruturas de Sistemas Hidropônicos

O sistema hidropônico, é caracterizado pelas raízes estarem suspensas em contacto com a água, é dividido em dois grupos principais de sistemas: os ativos, definidos pela circulação da solução nutritiva através de uma bomba, e o passivo que dependem de um pavio ou de uma âncora do meio de cultivo. Também são caracterizados pela eventual recuperação e reutilização da solução nutritiva no sistema, onde a solução nutritiva é aplicada ao meio de cultivo e dissolve-se (Green and Vibrant, 2018).

Existindo em seis tipos de estruturas para o desenvolvimento de um sistema hidropônico: o sistema Nutrient Film Technique, o sistema Aeropónico, sistema Wick, sistema de Cultura de Água, sistema EBB e de fluxo e o sistema de Gotejamento.

O sistema Nutrient Film Technique utiliza um fluxo constante da solução nutritiva que é bombeada do reservatório para um tubo de cultivo, onde as raízes apropriam-se dessa solução que está em fluxo descendente para o reservatório havendo uma reciclagem, tendo como requisito uma bomba (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.).

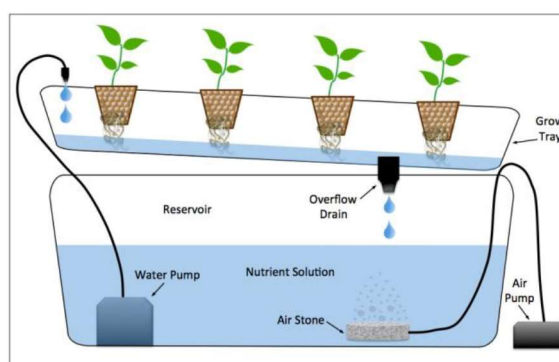


Figura 10 - Sistema Hidropônico - método NFT (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.)

O sistema aeropónico é um método de alta tecnologia descrito pelas raízes ficarem suspensas no ar e é feita uma pulverização da solução nutritiva. Para o funcionamento deste sistema é necessário um temporizador de ciclo curto que aciona a bomba por alguns segundos a cada dois minutos. Exigindo também bombas sofisticadas e uma maior manutenção e controlo para manter o sistema (D'Anna, A beginner's guide to hydroponic Gardening, 2001).

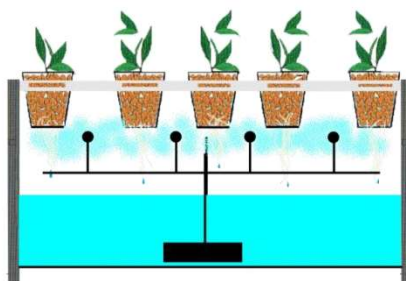


Figura 11 - Sistema Hidropônico - método aeropónico (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.)

O sistema Wick é caracterizado por um sistema passivo, sem bombas ou maquinaria específica, ou seja, partindo do reservatório inferior a solução nutritiva é conduzida através de uma série de pavios no meio de cultivo para as plantas. É um tipo de sistema hidropónico que não utiliza muita água e utiliza qualquer tipo de meio desde perlita, solo ou fibra de coco.

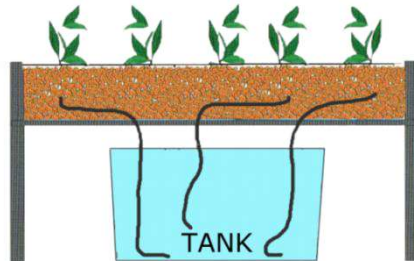


Figura 12 - Sistema Hidropónico - método Wick
(GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.)

O sistema de cultura de água é considerado um sistema ativo com bomba de ar, onde as raízes estão suspensas na água com a solução nutritiva e através dessa bomba de ar oxigena a solução nutritiva.

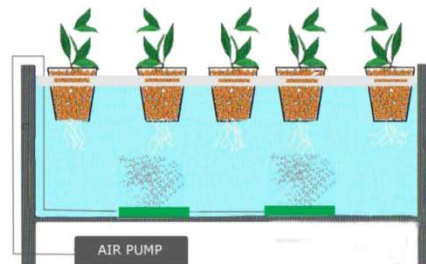


Figura 13 - Sistema Hidropónico - método de cultura de água (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.)

O sistema EBB e de fluxo, ou seja, de inundação e drenagem funciona através da inundação da solução nutritiva no seu substrato de crescimento, e de seguida a água é drenada para a bomba permitindo as raízes ficarem completamente secas e oxigenadas, antes de voltar a iniciar o ciclo de inundação automatizado por uma bomba de água e um temporizador.

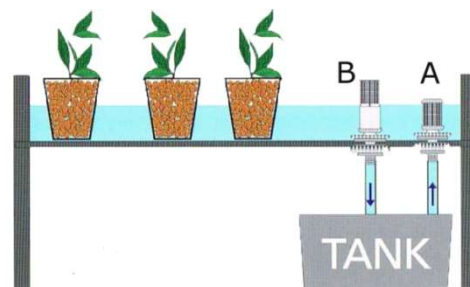


Figura 14 - Sistema Hidropónico - método de fluxo
(GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.)

E, por fim o sistema de gotejamento é utilizado para fins comerciais através de uma bomba submersa controlada por um temporizador que controla a solução nutritiva para uma rede de gotejamentos. (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.).

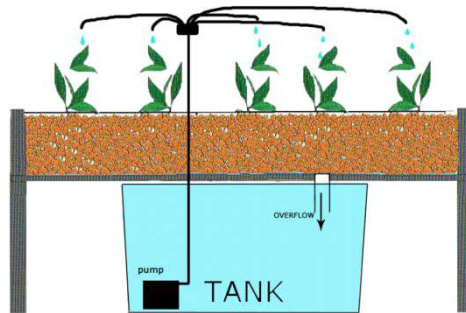


Figura 15 – Sistema Hidropónico - método de gotejamento
(GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.)

1.3 Vantagens e Desvantagens do Sistema Hidropónico

As vantagens de uso deste sistema hidropónico como produção alimentar são:

- Pelo seu rápido crescimento, sendo que 20% das plantações neste sistema hidropónico cresce mais rapidamente do que produzido tradicionalmente no solo, devido à presença de oxigénio nas raízes.
- Maior produtividade neste sistema hidropónico 20 a 25% em comparação com a produção no solo.
- Maior rendimento, evitando a utilização do solo, valorizando as áreas pobres como desertos, áreas secas ou climas frios e zonas com apartamentos que impossibilitam a produção alimentar.
- Maior eficácia e economia no uso da água, em comparação com a produção tradicional, sendo utilizados reservatórios e sistemas fechados para evitar a evaporação (D'Anna, A beginner's guide to hydroponic Gardening, 2001).
- Há um controle maior e completo nos nutrientes, no pH da água e no ambiente de crescimento.
- Menor custo de água e nutrientes devido à sua reciclagem.
- Há uma eliminação ou redução de insetos, pragas, fungos e bactérias em relação à produção no solo.
- Menor mão-de-obra de manutenção da retirada de ervas daninhas.

Como desvantagens os sistemas hidropónicos têm:

- Maior investimento inicial em equipamento em relação à agricultura tradicional no solo,
- Requer conhecimento para poder conseguir desenvolver a produção hidropónica de maneira eficaz.
- Facilidade de contaminação de doenças como Fusarium e Verticillium nas produções (Dunn & Shrestha, 2015).
- Dependência na energia elétrica ou sistemas alternativos, sobretudo sistemas ativos.

1.4 Requisitos para o Funcionamento do Sistema Hidropónico

Iluminação

Hoje em dia, no centro das cidades não existe a possibilidade de desenvolver agricultura tradicional, surgindo a oportunidade de desenvolver a agricultura vertical em espaços interiores de edifícios através de sistemas hidropónicos, necessitando de energia como a luz solar. Devido a espaços fechados sem a presença direta solar é necessário implementar uma alternativa como a iluminação artificial. Toda a produção de alimentos requiere no mínimo seis horas de luz solar por dia (D'Anna, A beginner's guide to hydroponic Gardening, 2001). Idealmente seria entre 12 a 16 horas por dia para uma melhor eficácia, seguido por 10 a 12 horas de escuridão que também é importante para descanso e metabolizar. Para manter uma iluminação com horas suficientes para crescimento é necessário manter uma programação de iluminação com um temporizador elétrico automático.

As plantas de dias curtos requerem um longo período de escuridão para fotossintetizar e produzir flores. Se forem expostas a mais de 12 horas de luz por dia não irão florescer, tal como poinsettias, morangos, couve-flor e chrysanthemums são classificadas plantas de dias curtos.

As plantas de dias longos requerem até 18 horas de luz solar por dia incluindo o trigo, alface, batata, espinafres e nabos.

As plantas de dias neutros são mais flexíveis, produzindo frutas sem importar com a quantidade de luz a que são expostas como o arroz, beringela, rosas e milho (D'Anna, The Basics of Hydroponic Lighting, 2019).

Nos últimos tempos, o uso da iluminação tem-se tornado mais económico, as lâmpadas e os custos de iluminação são de menor custo e as fontes de luz são mais eficientes e estão disponíveis para altas potências. Para o crescimento de uma planta é necessário compensar a falta de luz solar especialmente no inverno para reproduzir as condições do dia com o objetivo de desencadear o crescimento específico e floração.

As plantas precisam de luz balanceada e de espectro completo para uma boa saúde e crescimento. A qualidade de luz é tão importante quanto a quantidade. As plantas são sensíveis a uma porção similar do espectro de luz referido por Photosynthetically Active Radiation ou (PAR), ou seja, cerca de 400 a 700 nm de comprimento de onda.

Respondendo de uma forma eficaz à luz vermelha e à luz azul, sendo o pico na região vermelha em torno de 630 nm, esta luz fornece a energia mais eficiente para as plantas.

A porção correta do espectro varia de espécie para espécie. PAR Watts indica a quantidade de energia luminosa disponível para que as plantas possam usar na fotossíntese. PAR watts é uma medida de iluminação para plantas por unidade de área, correspondendo ao conceito físico de irradiância como 25w/m² é o valor ideal para o crescimento das plantas.

Outro meio de medir a quantidade de luz para o crescimento das plantas envolve a compreensão de que a luz é sempre emitida ou absorvida em pacotes discretos chamados “fotões”, que são unidades mínimas de transações de energia envolvendo luz (Groho - Hidroponia Portugal, s.d.).

Humidade

O nível de humidade relativa ideal para a produção alimentar por hidroponia situa-se entre os 40 a 60%. Em espaços que tenham um nível de humidade maior, poderão desencadear-se problemas de fungos e mofo (D'Anna, A beginner's guide to hydroponic Gardening, 2001).

Temperatura

A temperatura ideal da solução nutritiva para as plantas cultivadas em hidroponia varia entre os 18º a 24º Celsius no verão e entre 10º a 16º Celsius no inverno. Maiores ou menores temperaturas causarão secagem ou morte das plantas, pois as plantas têm dificuldade em absorver nutrientes em temperaturas extremas

É necessário manter a solução nutritiva oxigenada para manter a absorção de nutrientes pelas raízes, esta oxigenação da solução nutritiva pode ser feita durante a circulação da solução no retorno ao reservatório ou com a aplicação de ar comprimido ou oxigénio.

Água

A água torna-se um outro fator importante porque é esta que fornece os nutrientes para a planta desenvolver-se: é necessário que a água seja filtrada se houver um alto conteúdo mineral para os nutrientes serem dissolvidos na água. O pH ideal para a água deve rondar entre os 5.5 e 6.5, (D'Anna, A beginner's guide to hydroponic Gardening, 2001) se possível com ajuda de alguns químicos para ajustar esse nível. Valores abaixo dos 3,5 impossibilitam a sobrevivência das plantas (Furlani, Silveira, Bolonhezi, & Faquin, 1999).

Os nutrientes utilizados nos sistemas hidropónicos existem na forma do estado líquido e sólido, assim como existem orgânicos ou sintéticos, que são dissolvidos em água para criar o sistema hidropónico. Assim também devem ser utilizados fertilizantes específicos para a produção hidropónica para melhores resultados.

Todos os fatores importantes acima referidos obrigam a requerer equipamentos próprios para melhor controlo dos sistemas tais como, os níveis de teste da resistência da solução nutritiva ou (PPM), condutivímetro e do PH da água, da temperatura e da humidade relativa através de um humidificador ou um desumidificador e para melhor circulação de ar (intake-and-exhaust system).

Plantas que funcionam muito bem em sistemas hidropónicos: Vegetais verdes como alface, espinafres, acelgas e couves, ervas aromáticas, tomate, morangos e uma variedade de pimentos (D'Anna, A beginner's guide to hydroponic Gardening, 2001).

Substratos de crescimento

O substrato de crescimento serve como meio de sustentação das plantas através de materiais inertes sem afetar a solução nutritiva (GroHo - Hidroponia Portugal, s.d.). Existem vários tipos de materiais utilizados para substratos de crescimento tais como, perlita, vermiculite, lã de rocha, argila expandida, fibra de coco, caco de tijolo, seixo rolado, areia grossa, serradura, musgo de turfeira, growstones, fibra de madeira, entre outros (County, s.d.)

A lã de rocha é um dos materiais muito utilizados pela sua alta capacidade de retenção de água e boa aeração: precisa de uma pré-imersão para diminuir o pH, quando seco, não é reciclável nem reutilizável.

A argila expandida tem a capacidade de reter água growstones, pode ser reutilizada lavando e esterilizando, é inerte, facilita a drenagem, pode ficar muito seca para sistemas de fluxo e refluxo, não é boa para iniciar a semente. Fibras de coco existem em vários tamanhos, e têm boa capacidade de reter água.

Grow stones é 99% vidro reciclado, similar à pedra vulcânica, não é bom para iniciar com sementes, não é compostável mas é reutilizável com esterilização.

Solução Nutritiva

Existem dois tipos de soluções nutritivas que são: as soluções convencionais e as soluções orgânicas.

A base de nutrientes é caracterizada pelos macronutrientes e principalmente pelo nitrogénio para o crescimento de plantas de folhagem; o fósforo fortalece as raízes e é vital para a produção de sementes e florescimento; por fim, o potássio aumenta a clorofila na folhagem e ajuda na melhor captação e uso da luz e do ar. Como nutrientes secundários são utilizados o magnésio, o cálcio (County, s.d.).

A solução de resíduos de nutrientes pode apresentar altos níveis de nitrato e fosfato o que pode prejudicar o crescimento das plantas, nesse caso é feito o escoamento das águas para os esgotos, aplicação para plantas de casa ou jardins e a reciclagem de água.

Qualquer vegetal pode ser produzido pelo sistema hidropónico. Tudo o que seja vegetal e ervas aromáticas tem um rápido crescimento, requer pouca manutenção e não necessita de muitos nutrientes (D'Anna, A beginner's guide to hydroponic Gardening, 2001).

Casos de Estudo

2.1 Casos de Estudos de Projectos Arquitectura Hidropónica Integrados na Escala Urbana

2.1.1 Laje Interior, Estados Unidos de América

Foi projectada por E/Ye Design localizado num terreno baldio com o tamanho de 9.15m por 45m, junto a um edifício estacionamento em Jackson, Wyoming. É inserida numa cidade com um total de 9,577 habitantes, a 1.5km acima do nível do mar. Pela sua localização no inverno apresenta um clima de neve, obrigando a importação de produtos alimentares.

É uma estufa urbana composto por 3 andares, a fachada tem um comprimento 45 metros para uma otimização da luz natural, para uma redução de custos de energia durante o dia e apenas no inverno é necessário o uso de iluminação artificial de LED para o melhor funcionamento da produção alimentar. Apresenta uma área de construção útil total de 418 m², sendo que 1,672 m² é destinada para cultivo possibilitando a produção 16,782kg de verduras, 1,995kg de ervas aromáticas e 19,958kg de tomate (Cameron, This vertical farm will provide Wyoming residents with 100,000lbs of fresh produce each year, 2015).



Figura 16 - Laje Hidropónica Vertical Harvest, Estados Unidos da América (Keegan, 2015)

2.1.2 Cobertura – Dizengoff Center Shopping Mall, Israel

O centro comercial de Dizengoff foi construído na década dos anos 70 em Tel Aviv, Israel. A empresa de hidroponia Livin Green em associação com o departamento de sustentabilidade de Centro Comercial de Dizengoff lançaram em 2016 uma iniciativa que incluía habitats de pássaros, viveiros de árvores, apiário no telhado e até uma caverna de morcegos nativos. Com objetivo de aumentar a consciencialização do público sobre a crise alimentar e promover a agricultura urbana, fornecendo produtos orgânicos acessíveis aos cidadãos de Tel Aviv e ferramentas necessárias para iniciar os jardins hidropónicos em casa.

O jardim na cobertura é constituído por uma estante de legumes feito em madeira e embalado com sacos de verduras e ervas frescas e húmidas. Compreendida por duas estufas comerciais totalizando 750 m² de espaço de cultivo, bem como uma área educacional onde os cidadãos podem aprender técnicas de agricultura urbana e habilidades culinárias relevantes para os vegetais que cultivam, tais como cebolinho, alface, manjeriço, aipo e 17 outros tipos diferentes de vegetais e ervas em rotação de cada vez, produzindo na totalidade de 10 mil cabeças de verduras por mês durante o ano inteiro utilizando métodos orgânicos e hidropónicos.



Figura 17 - Cobertura Hidropónica Dizengoff Mall, Israel
(Wang, 2017)

Os vegetais são cultivados a partir de viveiros utilizando o sistema de jangada de espuma de cultura de águas. As raízes da planta crescem através de orifícios nas jangadas flutuantes de espuma isolando a água. A água é oxigenada com uma bomba de ar e os níveis de pH e nutrientes são cuidadosamente monitorizadas. Devido a este sistema hidropónico os vegetais são cultivados duas vezes mais rápido com menos deterioração, uso de água e terra e o uso sem pesticidas em com as práticas agrícolas tradicionais (Martinko, 2016).

2.2. Casos de Estudos de Elementos Arquitetônicos Integrados com Sistemas Hidropônicos

2.2.1 Elemento Arquitetônico: Paredes Interiores, Tecto Interior – Pasona Urban Farm, Japão

Em 2010, em Tokyo foi remodelado um edifício de 50 anos constituído por 9 pisos na cidade Tokyo, permitindo que os trabalhadores cultivem os seus alimentos incluindo em áreas de trabalho, auditórios, café, jardim na cobertura e instalações agrícolas urbanas. Dos 19,974 m² da área total do edifício é 3,995 m² abrigando espaços verdes de 200 espécies plantas, frutas, legumes e arroz, das quais, 929 m² é dedicado ao sistema hidropónico. Toda alimentação que é plantada, colhida e preparada no café do edifício.

O edifício consiste numa fachada verde de pele dupla, onde flores sazonais e laranjeiras são plantadas em pequenas varandas de 0,7m de profundidade. Limoeiros e maracujá são utilizados como partições para os espaços de reunião, as folhas de salada são cultivadas nas salas de seminários e os brotos de feijão são cultivados sob os bancos. As plantas são penduradas em sacos ao redor das mesas de reunião e videiras crescendo dentro de gaiolas verticais e caixas de madeira ao redor do edifício. Plantas como o tomate estão localizadas por cima das mesas das salas de conferência e o terreno de couve bróculos na zona de receção do edifício. Permitindo tetos com altura máxima e um sistema de controle climático para monitorizar humidade, temperatura e fluxo de ar no edifício (Andrews, 2013).

O sistema hidropónico é utilizado para o cultivo de alface, abóbora ervas aromáticas e tomate e o uso de solo para outros alimentos, ocupando seis salas separadas. Equipadas com iodetos metálicos, HEFL, lâmpadas fluorescentes e LED e um sistema de irrigação automático (Japan Info, 2016).



Figura 18 - Paredes Interiores Hidropónicas, Japão (Andrews, 2013)

2.2.2 Elemento Arquitetónico: Fachada – Pavilhão dos Estados Unidos da América, Itália

Em 2015, a Exposição Universal de Milão reuniu vários países do mundo com objetivo de criar uma solução arquitetónica para fornecer à população em crescimento nos anos futuros fontes abundantes, saudáveis e segurança alimentar. Foi criado o pavilhão dos Estados Unidos de Biber Architects associado a DlandStudio como principal arquiteto paisagista ocupando a construção total do edifício de 3900 m². A agricultura vertical deste projeto possui 42 variedades diferentes de frutas, legumes, grãos e ervas, tendo como ocupação do tamanho de um comprimento de um campo de futebol, revestindo a fachada principal do edifício. Constituído por paredes de estruturas padrão que se movem na diagonal maximizando a luz solar.

As plantas estão dispostas em módulos/torres “ZipGrow” num sistema hidropónico automatizado para fornecer o sol ideal, controlando a luz interior do edifício. A cobertura é caracterizada por um terraço com painéis de vidro com inteligência digital no controlo da transparência para opaco regulando a exposição solar para o interior do edifício. Contém um sistema de armazenamento de água da chuva na cobertura como fonte de sistema de irrigação para a agricultura vertical.

O pavilhão tem como entrada inicial uma porta do tamanho de um hangar de avião, através de uma rampa de madeira recuperada, os arquitetos criaram este pavilhão transparente, poroso e aberto com ventilação natural (Lofgren, 2015).



Figura 19 - Fachada Hidropónica Pavilhão EUA, Itália (Lofgren, 2015)

2.2.3 Elemento Arquitetônico: Paredes Exteriores e Laje Exterior – Crete House, Estados Unidos da América

Os estudantes da Universidade de Wahington , em Saint Louis projetaram uma habitação retangular em betão pré-fabricado mostrando a viabilidade da construção com betão como alternativa de construções em madeira. A construção ocupa 92 m², servindo de residência para os cientistas do Centro de Pesquisa Tyson. É construída com seis painéis de betão pré-moldado (Otten & Miller, 2017).

Os painéis de betão pré-moldado da casa são produzidos na fábrica e montados no local, compostos por dez centímetros de betão padrão, cinco centímetros de isolamento e dois centímetros e meio de ultra-alto desempenho de betão, Ultra High Perfomance Concrete (UHPC), tornando resistente ao fogo, humidade, insetos, atividade sísmica e clima extremo (Jewell, 2017).

Há um sistema de colheita de água, através da criação de uma série de calhas em forma de L que irá distribuir para o sistema hidropónico, integrando um sistema de gotejamento. Estas calhas que se estendem da estrutura principal nas orientações norte e sul oferece também suporte de sombra criando um espaço exterior. A estrutura de suporte da produção alimentar é composta por uma grelha fixada à estrutura do betão e os suportes equipados com um filtro que irá servir de suporte para a produção alimentar (Wash U - Saint Louis: Washington University, 2017).

O projeto tem como objetivo de fornecer autossuficiência, gerando a energia através dos painéis solares, a reutilização de água por uma bomba de água que fornecerá água quente para o uso doméstico e para o sistema de aquecimento e refrigeração e produção alimentar (Otten & Miller, 2017).



Figura 20 - Crete House, Estados Unidos da América (Jewell, 2017)

2.2.4 Elemento Arquitetónico: Laje Exterior – Urban Sky Farm, Coreia do Sul

É uma proposta de um projeto não edificado com conceitos de agricultura vertical em grande escala urbana. Projetado pelos arquitetos Aprilli Design Studio, acreditando nas previsões de 2050, onde a população global poderá atingir os 3 bilhões, na região central de Seul, caracterizada por uma zona densamente povoada.

Este projeto tem como objetivos de produção e distribuição local de alimentos e ao mesmo tempo melhorar a qualidade ambiental através da água, filtragem do ar e produção de energia renovável (Aprilli Design Studio, 2014). O edifício contabiliza na totalidade 44,000 m² de espaço público ao ar livre, 28,000 m² para agricultura interna na parte inferior, juntamente com 3,200 m² de área para os painéis fotovoltaicos solares para a produção de energia renovável (Aprilli Design Studio, 2014).

O edifício é desenhado com a forma de uma árvore criando um símbolo icónico de bem-estar e desenvolvimento sustentável. É constituído por quatro zonas importantes a raiz, o tronco, os ramos e a folha possuindo características espaciais próprias para as várias condições de cultivo (Aprilli Design Studio, 2014). A zona inferior da estrutura é utilizada para a recolha e armazenamento de água reciclada das chuvas e no último piso do edifício alberga 4,036 m² a instalação de painéis solares e turbinas eólicas que irão fornecer energia (Grozdanic, 2014). A produção alimentar na zona inferior é caracterizada pelos ambientes controlados, num sistema hidropónico com a utilização de iluminação artificial. A zona superior, o jardim é elevado de forma a elevar a área principal da produção alimentar ao ar livre maximizando a luz solar (Aprilli Design Studio, 2014).



Figura 21 - Urban Sky Farm, Coreia do Sul (Aprilli Design Studio, 2014)

Caracterizando as quatro zonas importantes, nomeadamente a raiz é composto por um espaço amplo livre direcionada para atividades públicas e mercados; o tronco é composto por um espaço vertical ideal para espaços de horta comunitária para a população local com uma comunicação visual para a cidade; os ramos são divididos por oito ramos individuais, suportando 60 a 70 pavimentos agrícolas suspensos de cada ramo por treliças estruturais e cabos de tensão e por fim as folhas são plataformas espalhadas com objetivo de maximizar a quantidade de luz solar, equipada com sistemas suplementares de aquecimento e iluminação LED para fornecer as condições ideais para a produção alimentar (Aprilli Design Studio, 2014).

2.3. Análise Crítica dos Casos de Estudo na Escala Urbana

2.3.1 Vertical Harvest Jackson Hole

Carácter Espacial (Análise de ocupação em volume ou área da produção alimentar; Estudo de compartimentação e espaço de circulação)

Trata-se de um projeto de construção de raiz destinada apenas para a produção alimentar e a venda local. Ocupando uma área total 1,672 m² para a produção alimentar hidropónica, contabilizando anualmente 16,782kg de verduras, 1,995kg de ervas aromáticas e 19,958kg de tomate. Distribuído por 3 pisos (Cameron, This vertical farm will provide Wyoming residents with 100,000 lbs of fresh produce each year, 2015).

Carácter Construção (Estudo da exigência estrutural que alberga o sistema hidropónico)

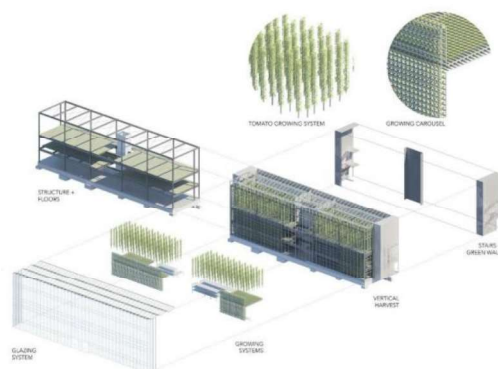
É composto por uma estrutura metálica independente ao edifício, onde utiliza um sistema de carrossel onde a produção alimentar está em constante movimento mudando de posições durante o dia com objetivo de maximizar a absorção da luz solar (Council, 2017).

Carácter Infraestruturas (Estudo de instalação de equipamentos de água, drenagem e iluminação elétrica)

O sistema hidropónico deste projeto é composto por um sistema de água integrado, onde é reciclado a água para o aumento de produtividade. Localizado no primeiro piso há um espaço reservado para as bombas de armazenamento de água (Hudson, 2015).

Carácter Exigências Específicas (Análise de equipamentos específicos de climatização e AVAC e Estudo da localização da orientação solar da produção alimentar)

O projeto utiliza sistemas de climatização e AVAC, para maior controlo de ambientes dado que o local inserido este projeto é caracterizado por um inverno severo, o que obrigava a população desta cidade a importar alimentos de fora (Hudson, 2015).



2.3.2 Dizengoff Center Shopping Mall

Carácter Espacial (Análise de ocupação em volume ou área da produção alimentar; Estudo de compartimentação e espaço de circulação)

Contabiliza no total de 750 m² de espaço de cultivo, distribuído por estruturas diferentes tais como um sistema horizontal de mesas de 2 metros por 2 metros e um sistema vertical por tubos de PVC inclinados verticalmente. (Marthinko, 2018).

Carácter Construção (Estudo da exigência estrutural que alberga o sistema hidropónico)

O primeiro sistema hidropónico é designado por um sistema fechado de uma jangada flutuante feita de isopor sobre uma mesa de água, constituído por furos num raio de dois centímetros para a colocação dos bolbos das plantas num cone de plástico com orifícios, com objetivo de minimizar a evaporação do sistema. O segundo sistema hidropónico é composto por canos de água na cobertura disposto na vertical, os tubos são inclinados verticalmente com orifícios para as raízes e circulação de ar (Tikva, 2016).

Carácter Infraestruturas (Estudo de instalação de equipamentos de água, drenagem e iluminação elétrica)

Estes sistemas são caracterizados pelo seu sistema de água com um tanque de água para armazenamento e uma bomba, um sistema de drenagem e finalmente um sistema de iluminação artificial (Tikva, 2016).

Carácter Exigências Específicas (Análise de equipamentos específicos de climatização e AVAC e Estudo da localização da orientação solar da produção alimentar)

Este projeto não utiliza sistemas de climatização e AVAC, pois este encontra-se localizado no espaço exterior do piso da cobertura do centro comercial. São produzidos neste local cebolinho, alface, manjeriço, aipo e 17 outros tipos diferentes de vegetais e ervas em rotação de cada vez, produzindo na totalidade de 10 mil cabeças de verduras por mês durante o ano inteiro utilizando métodos orgânicos e hidropónicos (Martinko, 2016).



Figura 23 – Estrutura Hidropónica Urbana na cobertura Dizengoff Center Shopping Mall (Martinko, 2016)

2.4. Análise Crítica dos Casos de Estudo Elementos Arquitetónicos Integrado com Sistemas Hidropónicos

2.4.1 Pasona Urban Farm

Carácter Espacial (Análise de ocupação em volume ou área da produção alimentar; Estudo de compartimentação e espaço de circulação)

O projeto contabiliza 3,994 m² de produção alimentar, com 200 espécies de produção alimentar, tais como, frutas, vegetais e arroz onde são colhidos e preparados localmente. Dos quais possui 929 m² é a área total de produção alimentar hidropónica separada em seis espaços interiores da empresa (Japan Info, 2016), produzindo apenas tomates, alfaces, morangos e ervas aromáticas (Horton, 2015).

Carácter Construção (Estudo da exigência estrutural que alberga o sistema hidropónico)

A produção hidropónica neste projeto é localizada no seu interior, onde a produção do tomate é apoiada por uma grade metálica no teto e a produção das alfaces e morangos são inseridos numa estrutura vertical metálica modular (Horton, 2015).

Carácter Infraestruturas (Estudo de instalação de equipamentos de água, drenagem e iluminação elétrica)

É utilizado iluminação artificial para o desenvolvimento hidropónico interior nomeadamente a utilização de lâmpadas LEDs. (Horton, 2015).



Figura 24 – Estrutura Hidropónica Modular Pasona Urban Farm (Kono Designs, s.d.)

Carácter Exigências Específicas (Análise de equipamentos específicos de climatização e AVAC e Estudo da localização da orientação solar da produção alimentar)

Pelo sistema hidropónico ser totalmente desenvolvido no interior do edifício necessita de infraestruturas com sistemas de climatização e AVAC para obter um melhor controlo de ambiente utilizando 211 computadores operacionais para controlar nomeadamente, a humidade, a temperatura, a ventilação, a luz artificial e o sistema de irrigação automática (Horton, 2015).

2.4.2 Pavilhão dos Estados Unidos da América

Carácter Espacial (Análise de ocupação em volume ou área da produção alimentar; Estudo de compartimentação e espaço de circulação)

O projeto apresenta um tamanho de 90 metros de comprimento por nove metros de altura, partindo a quatro e meio metros acima do nível da rua, ou seja, um campo agrícola horizontal girado perpendicularmente para revestir uma das fachadas do edifício. Possuindo no total 43 variedades de ervas e vegetais para 1500 torres metálicas, ocupando de área máxima 668 m² de agricultura vertical na fachada orientada a este (Drake & Seamans, 2015).

São produzidos alimentos tais como alecrim, sage, coentros, pimentos, quiabos, couve, alface, manjeriço e pepinos. Os alimentos na sua altura de maturidade da colheita é necessário escalar a parede (Heritage Radio Network, 2015). As plantas são colocadas no interior substrato das torres num espaçamento entre 15 a 20 cm de distância (ZipGrow, s.d).

Carácter de Construção (Estudo da exigência estrutural que alberga o sistema hidropónico)

A estrutura deste projeto é constituída por séries de torres de Zig Grow onde a água é canalizada por 1500 torres de 1.2 metros penduras numa parede. É caracterizada por peças estruturais metálicas modulares que são compostas verticalmente integrando um sistema de irrigação e de drenagem e no seu interior é caracterizado por um substrato de crescimento a matriz media, em forma de U com o wicking strip (ZipGrow, s.d).



Figura 25 - Fachada Pavilhão dos Estados Unidos de América 2015 (Lofgren, 2015)

Carácter Infraestruturas (Estudo de instalação de equipamentos de água, drenagem e iluminação elétrica)

Estas torres de Zig Grow utilizam bombas de água para o armazenamento da mesma, um sistema de irrigação por gotejamento e por fim um sistema de drenagem, onde a água é reciclada para a bomba ou descartada para o esgoto (Drake & Seamans, 2015).

Carácter Exigências Específicas (Análise de equipamentos específicos de climatização e AVAC e Estudo da localização da orientação solar da produção alimentar)

Neste projeto não são utilizadas infraestruturas de climatização dado que a produção alimentar é desenvolvida no exterior. A fachada de produção alimentar está orientada para sudeste, com a possibilidade de a estrutura integrada girar até à orientação sul (Drake & Seamans, 2015).

2.4.3 Crete House

Carácter Espacial (Análise de ocupação em volume ou área da produção alimentar; Estudo de compartimentação e espaço de circulação)

Tem no total de 92 m² (995 Gross Square Feet) de construção habitacional e 43 m² (472 gross square feet) de área total de produção alimentar. As paredes possuem um tamanho de altura de 8' – 01/2" por 2' - 0". A base de sustentação deste projeto habitacional com as paredes exteriores e laje que alberga a produção alimentar tem uma circulação de deck com 124 m² (1345 gross square feet) (U.S. Department of Energy Solar Decathlon, 19 Maio 2017).

Carácter Construção (Estudo da exigência estrutural que alberga o sistema hidropónico)

A estrutura deste sistema hidropónico é feita através de um sistema vertical modular e terrestre regadas por um sistema de gotejamento de tubos integrados nestes elementos e se conectam aos tanques de armazenamento de água sob o convés. Este sistema hidropónico vertical é encaixado num design modular e flexível de forma a que, os residentes podem retirar o Gardensoxx individual quando chega a altura do alimento ser colhido e colocar novas à medidas que as estações de cultivo alteram. Principalmente em especiarias, ervas e plantas com flores menores são cultivadas no sistema vertical. São implementados produtos Filtrexx e as plantas individuais serão cultivadas em seu Gardensoxx em seu sistema de bandejas.

Estas bandejas da Gardensoxx prendem a uma grade de arame que é conectada a canais fixados na estrutura das calhas de betão. Este método permite a desmontagem e o transporte das plantas com facilidade para o seu uso e uma possível reconexão a grade de arame prendendo as bandejas.

O sistema Filtrexx permite controlar a linha de gotejamento ao longo de cada linha, minimizando a quantidade de água libertada ao longo das linhas inferiores e o excesso de água será coletado e reciclado (U.S. Department of Energy Solar Decathlon, 19 Maio 2017).

Carácter Infraestruturas (Estudo de instalação de equipamentos de água, drenagem e iluminação elétrica)

Aborda autossuficiência em termos de energia, água e produção de alimentos. A casa Crete é um volume regular 2 por 1 com orientação nascente e poente, onde as paredes norte e sul possuem calhas em betão para o deslocamento das águas da chuva para a fachada fluindo para a produção alimentar.

Possui um método de captação de água da chuva na cobertura e fornecendo irrigação e armazenamento de água. A captação de água é feita através das calhas com a materialidade de betão, utilizando um sistema hidropónico integrado nas calhas para a reutilização de água devido à reutilização de nutrientes e água para alimentar o sistema hidropónico. E maximizar o uso da captação de água no local.

A cobertura é constituída por um telhado com uma inclinação de 1/8" per foot que conduz água para 6 calhas, 2 viradas a norte e as restantes 4 a sul do edifício. Conduzindo a água pela fachada por calhas verticais que contém um coletor de água (cisterna?) que drena a água através de um dreno de comedor de folhas impedindo sujidade e pragas que circulam na água antes de transitar para três tanques de armazenamento de água.

O sistema incorpora bombas de água através de um sistema de tubulação separado para irrigar o sistema hidropónico verticais e horizontais. O excesso de água das raízes das plantas será capturado e drenado num sistema separado de tubos para serem filtrados e devolvidos aos tanques de armazenamento.

Os tanques de água estão localizados na cobertura, dois no Sul e 1 no norte ao lado das tiras das calhas, podendo conter entre 757 litros a 1135 litros. No sistema hidropónico é utilizada a tipologia de gotejamento das calhas à produção alimentar individual. Tendo uma capacidade de gotejar 1,9 litros por hora, dependendo do alimento algumas poderão ser regadas diariamente e outras apenas a cada dois dias por um curto período. Por semana o tempo máximo de execução da linha de drenagem é de 5 horas, caso não houver chuva.

A restante água acumulada no sistema hidropónico é drenada pelas raízes passando pelo processo de reciclagem e conduzido para os tanques de armazenamento para uma reutilização posterior. As plantas do sistema hidropónico são regadas 3 vezes por semana utilizando na totalidade de 317 litros por semana.

A casa Creet utiliza a água para várias utilidades desde água potável, supressão de incêndios, captação de água de chuva, irrigação da paisagem e aquecimento radiante hidropónico e sistemas de refrigeração. A água da chuva é captada e filtrada. Toda a água suja é drenada para os esgotos. Os tanques de abastecimento e de água residuais são dimensionados em 1514 litros, cada desses tanques de 1514 litros é fornecido por dois tanques de plásticos de 757 litros que foram agrupados e colocados sob bancos no convés traseiro. Esta água será para uso em água potável.

Rain water diagram – Roof – Gutter – Storage tank – pump – plantas; o uso de água no interior do edifício é filtrada e regada as plantas e outra parte é deitada para águas residuais (Wash U - Saint Louis: Washington University, 2017).

Carácter Exigências Específicas (Análise de equipamentos específicos de climatização e AVAC e Estudo da localização da orientação solar da produção alimentar)

Neste projeto não são utilizadas infraestruturas de climatização dado que a produção alimentar é desenvolvida no exterior.

São utilizadas as orientações norte e sul para a produção alimentar. Dado que a localização deste projeto se situa em Denver e em St. Louis foram selecionadas espécies de plantas nativas para as duas áreas resistentes ao frio para garantir o crescimento. Onde na orientação norte temos presente tomilho, salsa, alecrim, hortelã e na orientação sul temos presente coentros, manjeriço, cebolinho, cebola, couve-brócolo, couve, repolho, cenouras, espinafres, rúcula, rabanete, ervilhas, batatas e rabanetes. Na estação da primavera são plantadas swiss chard, arugula, repolho, espinafres, tomate, pimentos, batata-doce, cenouras, bush bean, abóbora, ervilhas, berinjelas, abóboras, quiabos e couve (Wash U - Saint Louis: Washington University, 2017).



Figura 26 – Projecto Crete House (Jewell, 2017)

2.4.4 Urban Sky Farm

Carácter Espacial (Análise de ocupação em volume ou área da produção alimentar; Estudo de compartimentação e espaço de circulação)

Este projeto espacialmente abriga 28,000 m² de produção alimentar, hospedando 5,000 árvores de fruto. A zona de produção alimentar é caracterizada por plataformas individuais elevadas ligadas por pontes (Aprilli Design Studio, 2014).

Carácter Construção (Estudo da exigência estrutural que alberga o sistema hidropónico)

A sua estrutura principal do projeto é caracterizada pela sua materialidade de aço leve na zona da raiz, tronco e ramos, com um reforço horizontal que liga a estrutura à estrutura principal aos 8 ramos. Cada laje estrutural é interligada à estrutura principal, onde transfere o peso dos ramos para a zona da raiz e por fim, as plataformas suspensas de cada ramo, na área das folhas que possuem um sistema rotativo em torno da luz solar (Aprilli Design Studio, 2014).

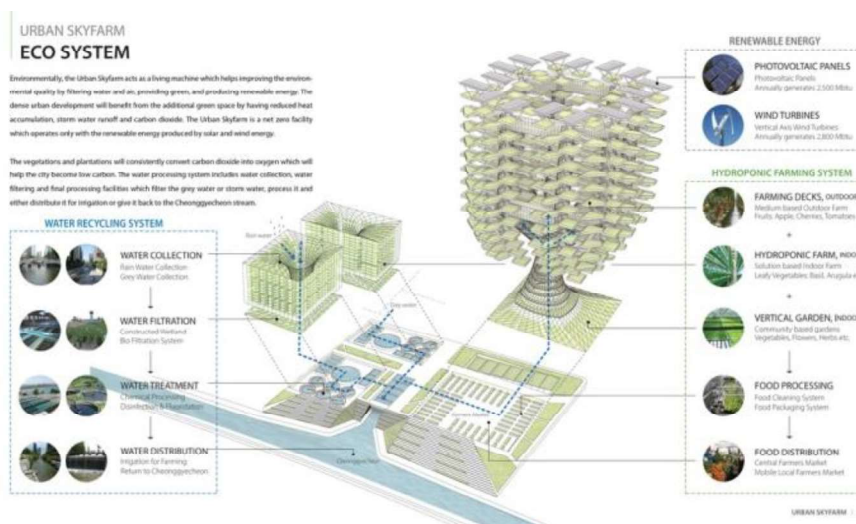


Figura 27 – Projeto detalhado Urban Sky Farm (Aprilli Design Studio, 2014)

Carácter Infraestruturas (Estudo de instalação de equipamentos de água, drenagem e iluminação elétrica)

É composto por um sistema de recolha das águas das chuvas, pelas estruturas das plataformas na área das folhas, percorrendo pelo edifício até à raiz onde são feitos o armazenamento e a reutilização da água. Este projeto apenas utiliza iluminação artificial na zona do tronco. Também foram instalados painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas que irão fornecer energia para todo o edifício e alimentar o sistema hidropónico (Aprilli Design Studio, 2014).

Carácter Exigências Específicas (Análise de equipamentos específicos de climatização e AVAC e Estudo da localização da orientação solar da produção alimentar)

Para assegurar a produção alimentar na zona do tronco, é produzido em espaços de climatização e AVAC, com ambientes controlados dado que é uma área onde não recebe luz solar suficiente para o desenvolvimento do crescimento das plantas (Aprilli Design Studio, 2014).

2.5. Resumo dos Aspectos Principais dos Casos de Estudos

Tanto como em estratégias urbanas assim como em elementos arquitetônicos com estruturas hidropônicas são compostas por estruturas modulares metálicas. Ocupando um espaço limitado para produzir alimentos em grandes quantidades. Integrando sistema de iluminação artificial e sistema de água para rega. Dependente de muitas localizações geográficas com uma característica de climas específicos temos presentes maioritariamente em casos urbanos as estufas para haver um melhor controle de ambiente para a sobrevivência da produção alimentar.

Importância da reutilização da água, utilizando captação da água das chuvas a utilização de luz solar para alimentar o crescimento da produção assim como em espaços mais condicionados sem luz solar e é utilizado a iluminação artificial.

Tendo como base o caso de estudo da Crete House, feitos por alunos para o concurso da Solar Decathlon em 2017, onde é projetado uma habitação autossuficiente em termos de energia, água e produtos alimentar.

Um sistema hidropônico deste projeto é composto primeiramente por uma parede estrutural onde vai suportar o peso desse sistema, de seguida a estrutura que alberga o sistema da hidroponia constituído pela membrana de proteção de água, o sistema de irrigação e o substrato de crescimento onde por fim irão ser colocadas as plantas alimentares.

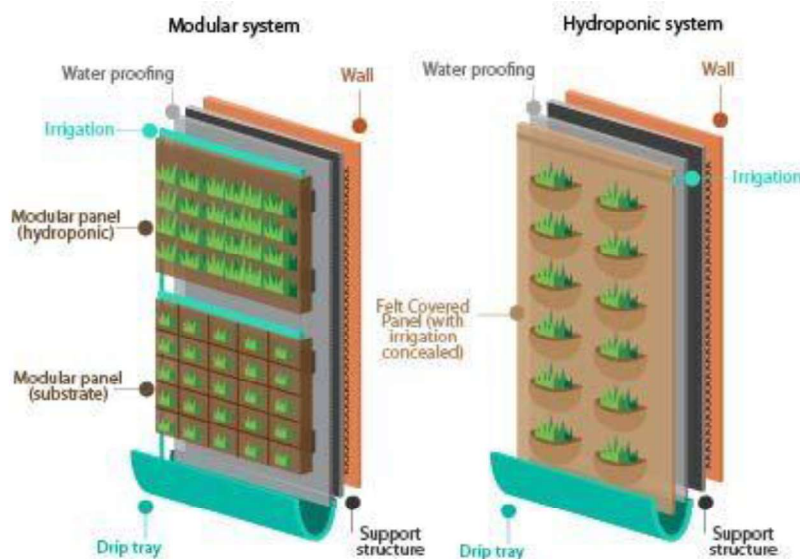


Figura 28 - Composição do sistema hidropônico (Francis, Hall, Murphy, & Rayner, 2014)

Solução do Projeto

3.1 Introdução Proposta de Projeto

Em adição à componente teórica, temos presente uma proposta de um projeto de arquitetura regenerativa constituído por uma escola de sustentabilidade, uma residência escolar, um centro de incubação e empreendedor e um centro transdisciplinar sócio tecnológico, localizado no parque de estacionamento na cidade universitária de Lisboa, junto a universidade do ISCTE.



Figura 29 - Vista aérea parque de estacionamento ISCTE

3.2 Cidade Universitária: Análise da Zona de Intervenção

A cidade universitária localiza-se na cidade de Lisboa e é classificada como o campus principal das instituições de ensino superior, instituições de investigação, instituições culturais e instituições desportivas. Este campus é servido por três estações de metro, a principal a estação da Cidade Universitária e ao seu redor, as estações de Entrecampos e Campo Grande, assim como é também servida de várias paragens de autocarro (Pascoal, 2012).

As instituições de ensino superior são: Faculdade de Ciências, Faculdade de Direito, Faculdade de Farmácia, Faculdade de Letras, Faculdade de Medicina, Faculdade de Medicina Dentária, Faculdade de Psicologia, Instituto de Ciências Sociais, Instituto de Educação, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (todos da Universidade de Lisboa), ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, Universidade Católica Portuguesa, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Como serviços centrais da Universidade de Lisboa são enumerados: Reitoria, Cantina Velha, Estádio Universitário e Serviços de Ação Social. Como instituições culturais e desportivas é presente: a Biblioteca Nacional de Portugal, a Torre do Tombo e por fim, o Museu da Cidade (Pascoal, 2012).

Em 1920, surgiu este campus com objetivo de juntar todas as instalações de ensino superior numa única localização. Uma década mais tarde, apareceram os primeiros planos para a construção de um bairro universitário (Pascoal, 2012).

Nos anos 1953 é inaugurado o Hospital Universitário de Santa Maria, integrando a faculdade de medicina e 1958 são concluídos os edifícios da Faculdade de Letras e de Direito, pelos arquitetos Pardal Monteiro (Pascoal, 2012).

A partir de 1960 é estabelecida legalmente a Cidade Universitária e no ano seguinte surge o edifício da reitoria (Pascoal, 2012).

Em 1972, ergue-se o campus do ISCTE, anteriormente denominado por Instituto Superior de Ciência do Trabalho e da Empresa em que mais tarde, em 2009 passou por denominar-se ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa (Pascoal, 2012).



Figura 30 - 1961 Cidade Universitária, Lisboa (Goulart, 1961)

A nível topográfico é caracterizado de nordeste para sudoeste um declive ascendente, tratando-se de um local central e amplo por áreas verdes rodeado por estas instituições que caracterizam o espaço da cidade universitária (Pascoal, 2012).

Propondo assim como complemento desta investigação teórica um projeto prático desenvolvido nesta localização da necessidade de uma residência de estudantes, uma escola de sustentabilidade e um centro interdisciplinar (Pascoal, 2012).

3.3 Masterplan de Grupo

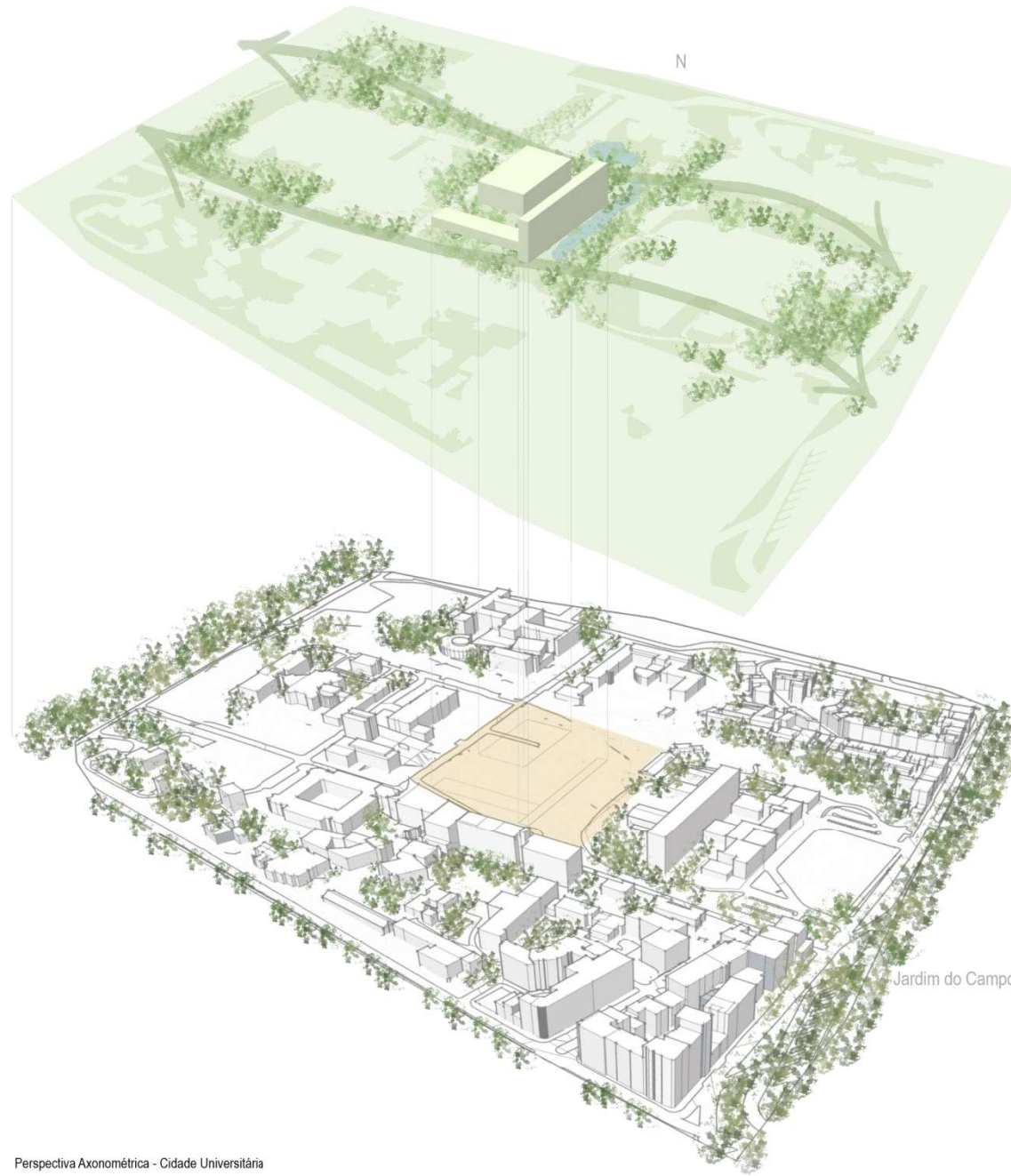
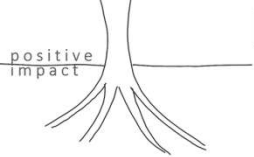
Como primeira análise, de uma macro escala, foram identificados os espaços verdes mais proeminentes entre o eixo central viário de Lisboa e o Parque de Monsanto são o parque de Monsanto, a Praça de Espanha e jardins da Fundação Calouste Gulbenkian, os jardins do Campo Grande, o estádio universitário e por fim, o jardim zoológico de Lisboa.

Partindo destas cinco zonas, observamos que a área em estudo, é um elo de ligação desta mancha verde circular, mais precisamente conectando o estádio universitário aos jardins do campo grande que, no entanto, atualmente, adquire uma presença frágil.

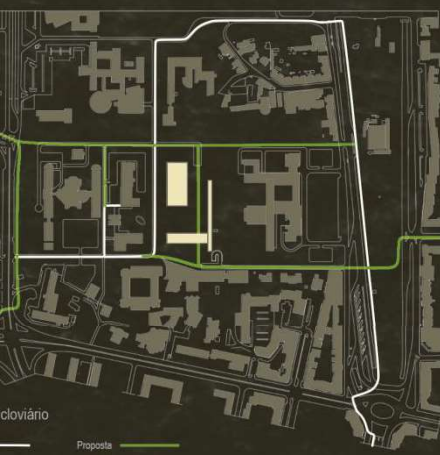
Reduzindo a escala à área de estudo, propõe-se um reforço deste elo, bem como toda uma requalificação do espaço urbano, em complemento ao programa que se irá localizar no coração da zona poente da cidade universitária.

Pretende-se a criação de uma extensão dos jardins do campo grande pela cidade universitária, de forma a proporcionar uma cobertura vegetal numa zona problemática, com todas as carências ao nível atmosférico e poluição associada aos cones do aeroporto, e às emissões dos carros das vias circundantes.

Com estas medidas, também ir-se-á melhorar os níveis de temperatura no verão e as áreas de infiltração de águas no inverno. Apresentando como medidas que são: a introdução de dois eixos de ligação entre as manchas de espaço verde, atravessando pelo terreno junto ao novo equipamento, dando preferência à circulação pedonal e de ciclovias; Reflorestação de relvados, para uma diminuição do consumo de água na manutenção destes espaços; Criação de uma área húmida para retenção de águas aquando chuvadas, de forma a proporcionar uma infiltração gradual nesta zona de cabeço da bacia hidrográfica da ribeira de Alcântara; Estrangulamento viário, retirando o estacionamento marginal às vias, para zonas estratégicas; Introdução do equipamento com toda a sua programática no terreno onde se encontra o parque de estacionamento da cidade universitária.

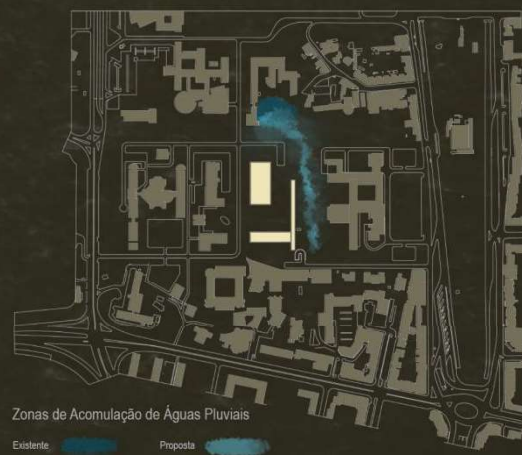


Perspectiva Axonométrica - Cidade Universitária



cloviário

Proposta



Zonas de Acomulação de Águas Pluviais

Existente

Proposta



Um novo núcleo florestal

Existente

Proposta

3.4 Projeto Individual – Escola

3.4.1 Hidroponia Sistemas Integrados de Produção Alimentar no Projeto Arquitetónico da Escola

O projeto da Escola surgiu de um volume regular, criando subtração de volumes nas zonas de entrada, orientado a norte, sul e poente; em duas áreas centrais do volume criando vazios no seu interior; e adição de volume na zona do corpo central que irá ser o elemento principal a conectar com a rua principal, Rua Professor António Flores, e ligando a todos os pisos do edifício.

O programa da escola é constituído por um centro transdisciplinar, uma área administrativa juntamente com uma área de professores, o refeitório, a biblioteca dedicada a uma zona de estudo e as salas de aulas.

Na cota 86, é desenvolvido desde o Masterplan de grupo um estacionamento subterrâneo destinado para a ciclovia albergando no total 400 bicicletas. Este estacionamento tem entradas orientadas a norte, a sul, a poente e a nascente, podendo aceder a todos os edifícios do Masterplan. Como primeiro nível programático temos o FABLAB, que possui duas entradas, uma localizada no interior do estacionamento e outra no exterior posicionando a norte. No seu interior, é constituído por uma sala de armazenamento da captura da água da chuva, recolhida na cobertura dedicada para a hidroponia; uma sala de máquinas com plotter, laser, cnc; um espaço de co-working com pequenas áreas de armazenamento de materiais.

Em todos os pisos iremos ter presente uma área dedicada à produção alimentar integrada num sistema arquitetónico neste caso paredes que possuem hidroponia em todos os pisos até à cobertura juntamente com umas áreas sociais dedicadas para lazer e apreciação à hidroponia; como também temos presente módulos onde estão localizadas as casas de banho, as escadas de emergências, o elevador e um espaço de arrumos.

Na cota 90, temos a ideia principal do Masterplan onde é desenhada uma praça que liga o edifício da escola, o centro transdisciplinar e o edifício das residências seguindo a uma entrada orientada a sul para o espaço do refeitório caracterizado pelo espaço de comer, a cozinha e um espaço dedicado aos funcionários. Na zona central temos presente, um espaço dividido em patamares com altura de meio metro reservado a espaços de permanência como recreio ou conferências abertas possibilitando uma comunicação visual em todos os pisos que também irá dar acesso à zona administrativa como a secretaria, gabinetes de trabalho e uma área dedicada para os professores.

Seguindo para a cota 93 é constituída pela biblioteca, onde é dividida por quatro zonas de sala de estudo que podem ser agrupadas de formas diferentes seja, em grupo ou individual. No corpo central temos a recepção pela entrada principal do edifício e a continuação do espaço de refeições do refeitório.

Na cota 96, temos presente as salas de aulas contabilizando no total de 11 salas para aproximadamente 280 alunos. Com duas tipologias presentes, partindo de uma forma regular, um quadrado para uma turma que ronda perto dos 20 alunos e a junção de duas salas para os cantos do edifício albergando uma turma com um maior número de alunos, sendo o objetivo das aulas serem lecionadas de formas diferentes seja, em grupos, par ou individual.

No piso da cobertura, à cota 100 temos presente a junção os elementos horizontais com os elementos verticais hidropónicos, criando duas áreas separadas pelo corpo central dedicando a aulas dinâmicas à hidroponia.

A fachada do edifício é caracterizada pelo seu enorme rasgo de vão vertical nas zonas onde estão localizados os pátios: na fachada poente, nascente e sul protegida por umas lâminas móveis de madeira verticais, de maneira a obter sombreamento nas horas de intensa luz solar. Este rasgo vertical tem intuito de dar uma continuidade do exterior para o interior, como também a continuidade pelo resto do edifício através dos vãos em banda na horizontal, alberga um sistema fixo e deslizante para a circulação de ventilação e a regulação das lâminas para a luz solar.

O edifício possui uma construção em madeira nomeadamente, a madeira laminada cruzada, com a junção nos primeiros dois pisos de betão para a contenção de terras, temos presente elementos estruturais como pilares e vigas em madeira, desenhados numa malha com um afastamento de cinco em cinco metros. As paredes interiores são igualmente de estrutura de madeira laminada cruzada rebocadas a branco para enfatizar a iluminação que é projetada nas coberturas para os pátios de cada piso. No projeto são colocadas portas de madeira com abertura normal e principalmente nas áreas de descanso e sociais são utilizadas o sistema de paredes pivotante com o mesmo material, de forma a optar por a divisão de espaços ou a abertura de todo o espaço tornando num único.

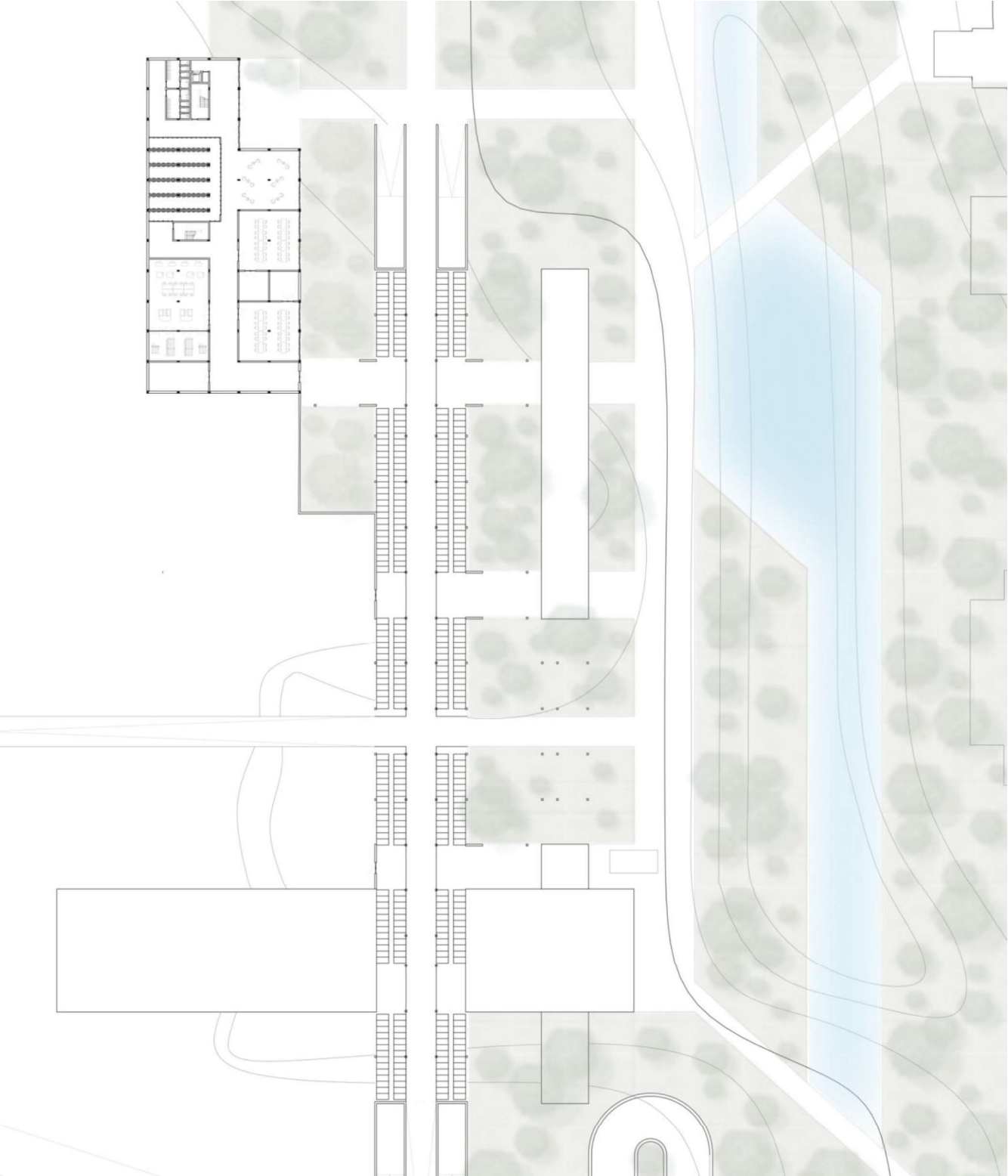
Para o projeto da escola foi utilizado como referência de caso de estudo da hidroponia, a Crete House desenvolvida nos Estados Unidos da América pelos alunos da universidade de Washington num concurso da Solar Decathlon, com objetivo de fornecer autossuficiência gerando a energia através dos painéis solares, a reutilização de água por uma bomba de água que fornecerá água quente para o uso doméstico, para o sistema de aquecimento e refrigeração e a produção alimentar.

Os requisitos necessários para a integrar a hidroponia em elementos arquitetônicos: é necessário a presença da luz solar, e em espaços interiores que exista uma insuficiência de iluminação natural para alimentar a hidroponia é necessário a introdução da iluminação artificial; um elemento estrutural que irá suportar o peso da estrutura hidropônica com o substrato de crescimento que irá suportar as plantas e a água que é fornecida pelo sistema de irrigação, captando água da chuva pela cobertura e armazenada numa bomba no piso 86, que será bombeada para os elementos verticais e horizontais hidropônicos e para a escola.

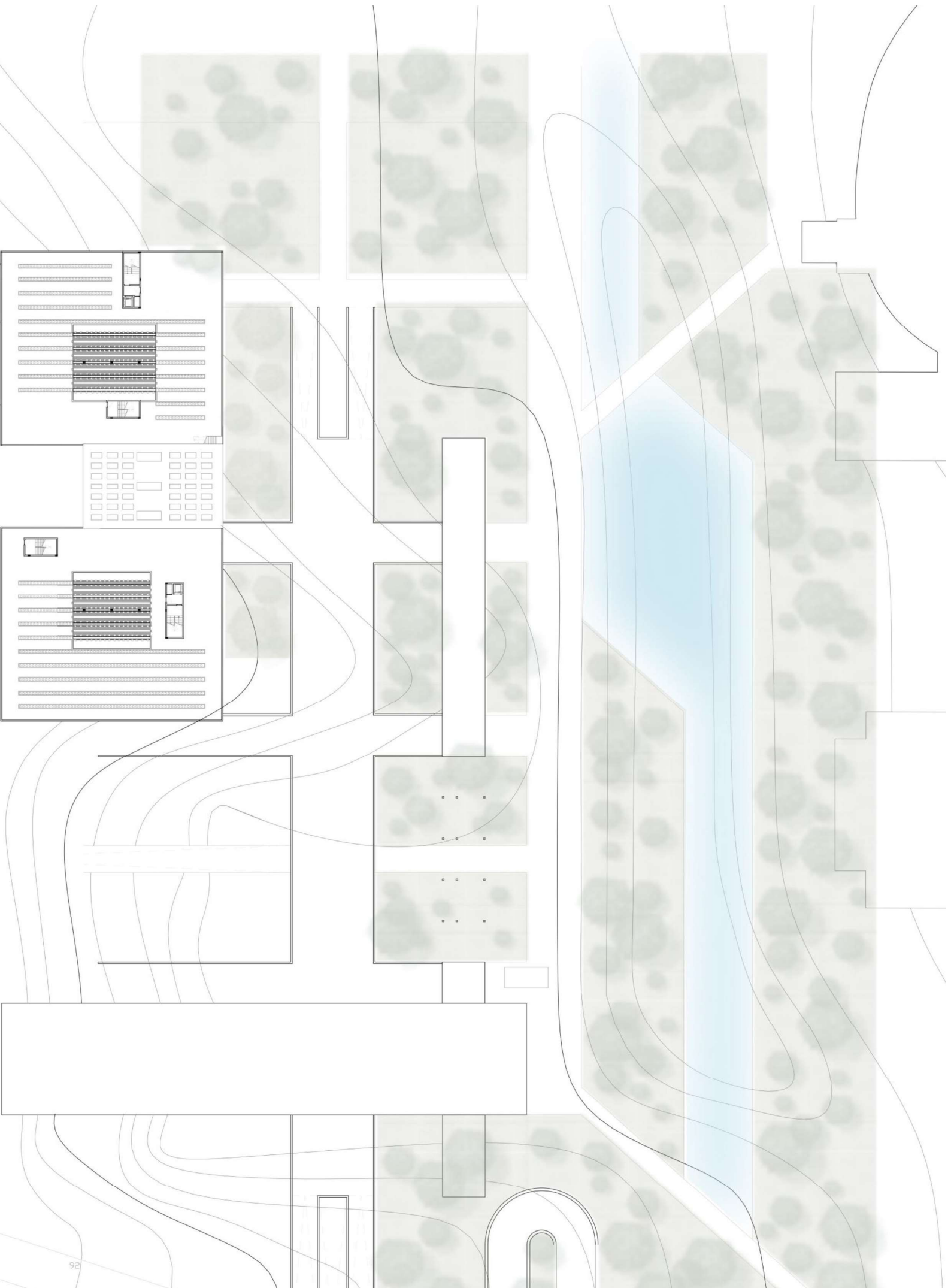
O sistema hidropônico é constituído pela sua grade de fio de aço fixada à parede, permitindo a montagem e desmontagem das plantas com facilidade para o seu uso e uma possível ligação a grade de arame prendendo as bandejas. O sistema de água utilizado é por gotejamento ao longo de cada linha, minimizando a quantidade de água libertada ao longo das linhas inferiores e o excesso de água será coletado e reciclado.

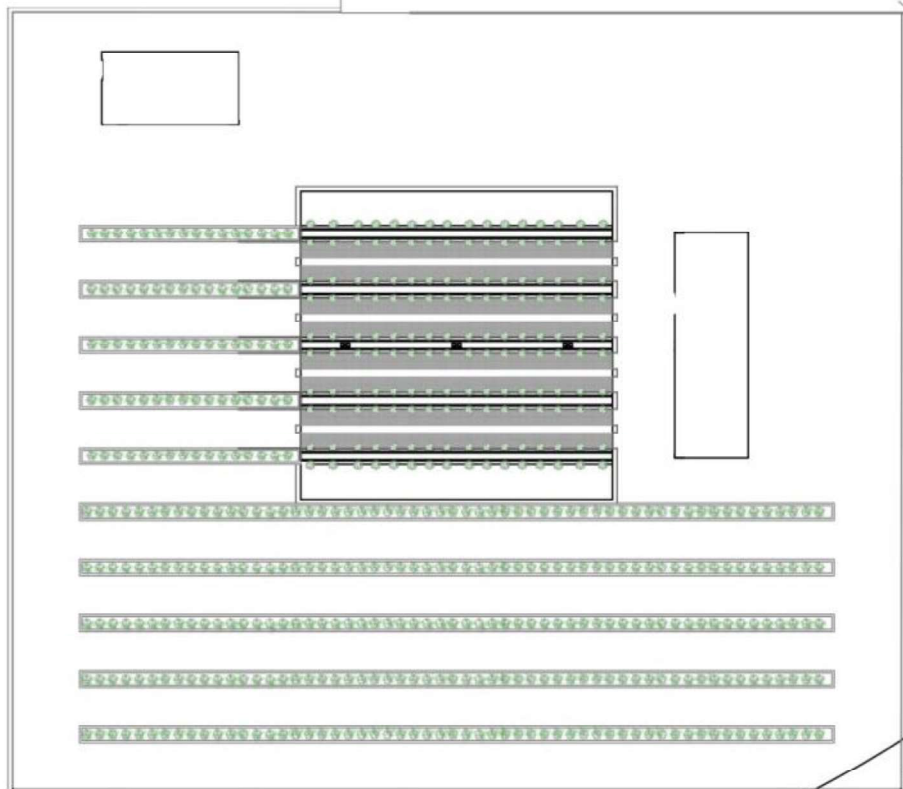
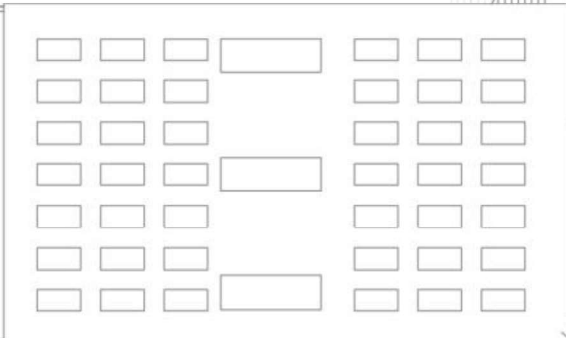
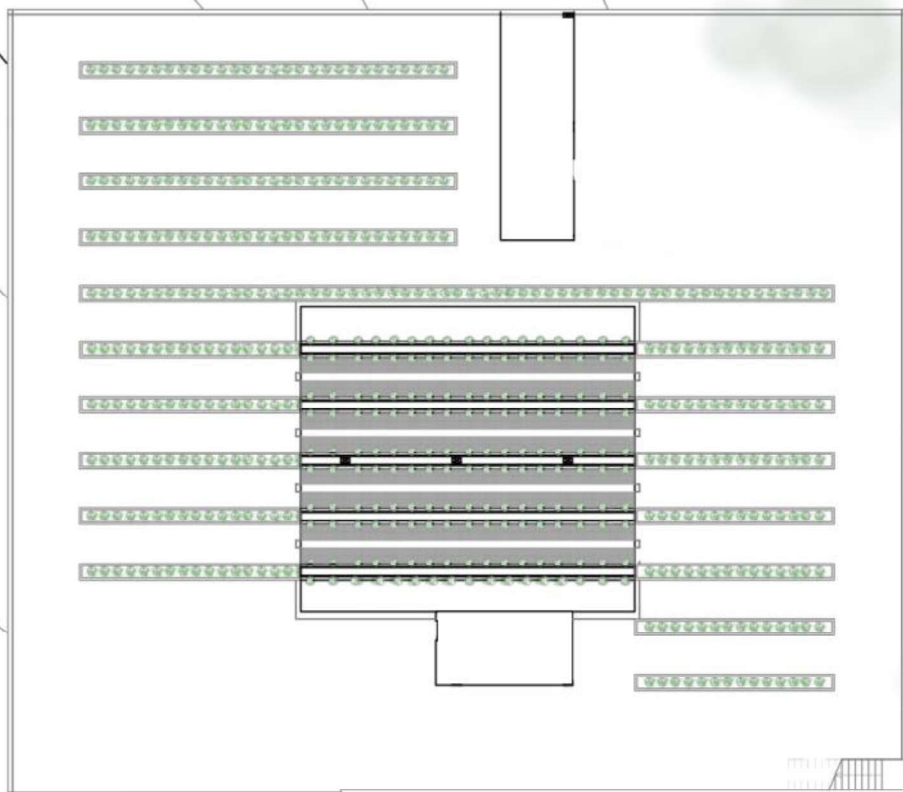
Em todo o projeto temos presente uma área total de 12,925 m², das quais a área total de hidroponia é 452.26 m² equivalente a 5,176 mudas disponíveis, dos quais 129.2 m² são elementos verticais hidropônicos composto por 2,232 bandejas que poderá ocupar no total de 4,464 mudas; 323.06 m² são elementos horizontais com 712 mudas.

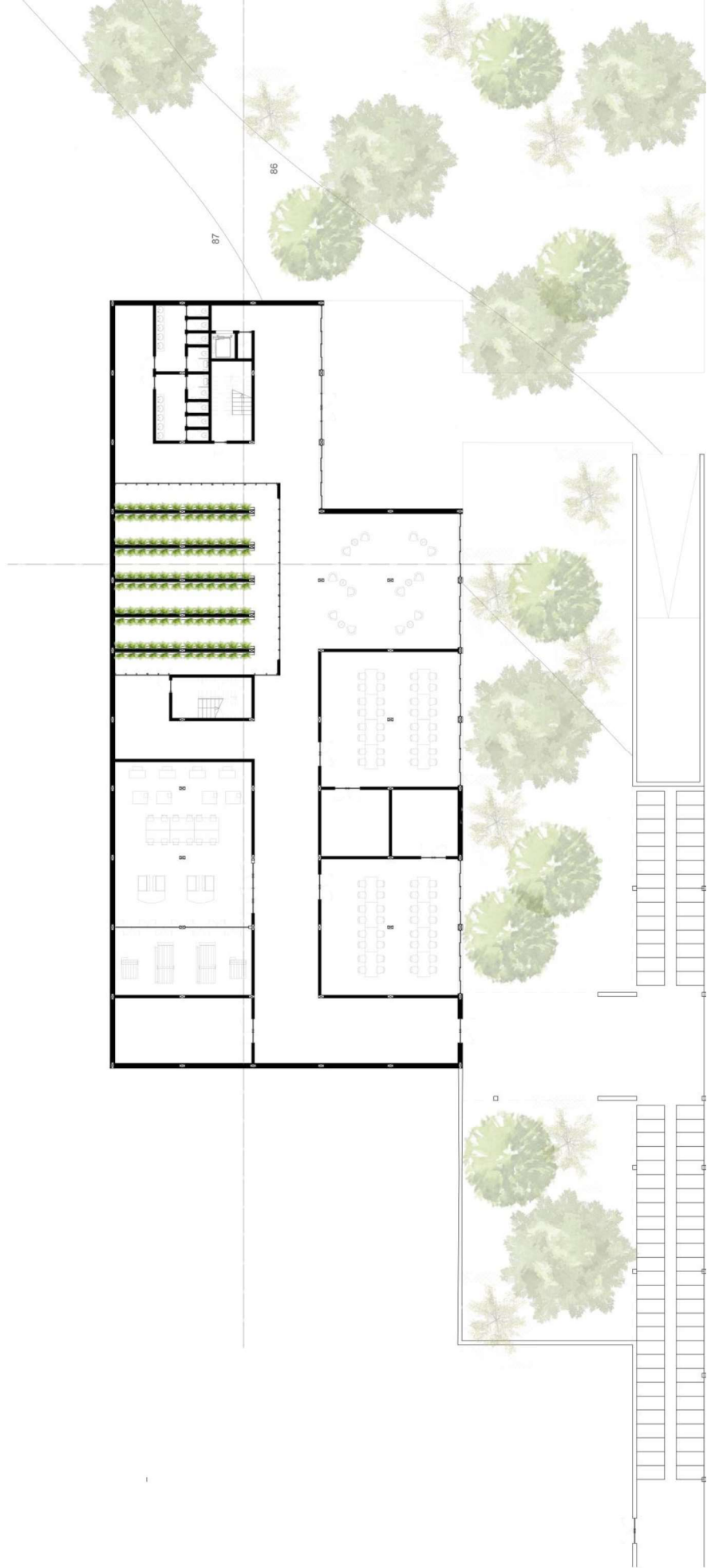
É dado um exemplo de produção de alface, é estimado que um pé de alface alimenta cinco pessoas e leva uma duração de 45 dias para chegar ao seu estado final para o uso do consumidor. Por ano são produzidas 41,983 alfaces (em 365 dias por ano / 45 dias x 5,176 mudas disponíveis), que originam 209,915 refeições (41983 alfaces por ano x 5 dias semanais de utilização dos alimentos produzidos), para um total de 310 pessoas será preciso produzir alfaces em 338 dias onde serão utilizadas para duas refeições por dia (209915 refeições / 310 pessoas / 2 refeições dadas por dia).



ento do Masterplan









92

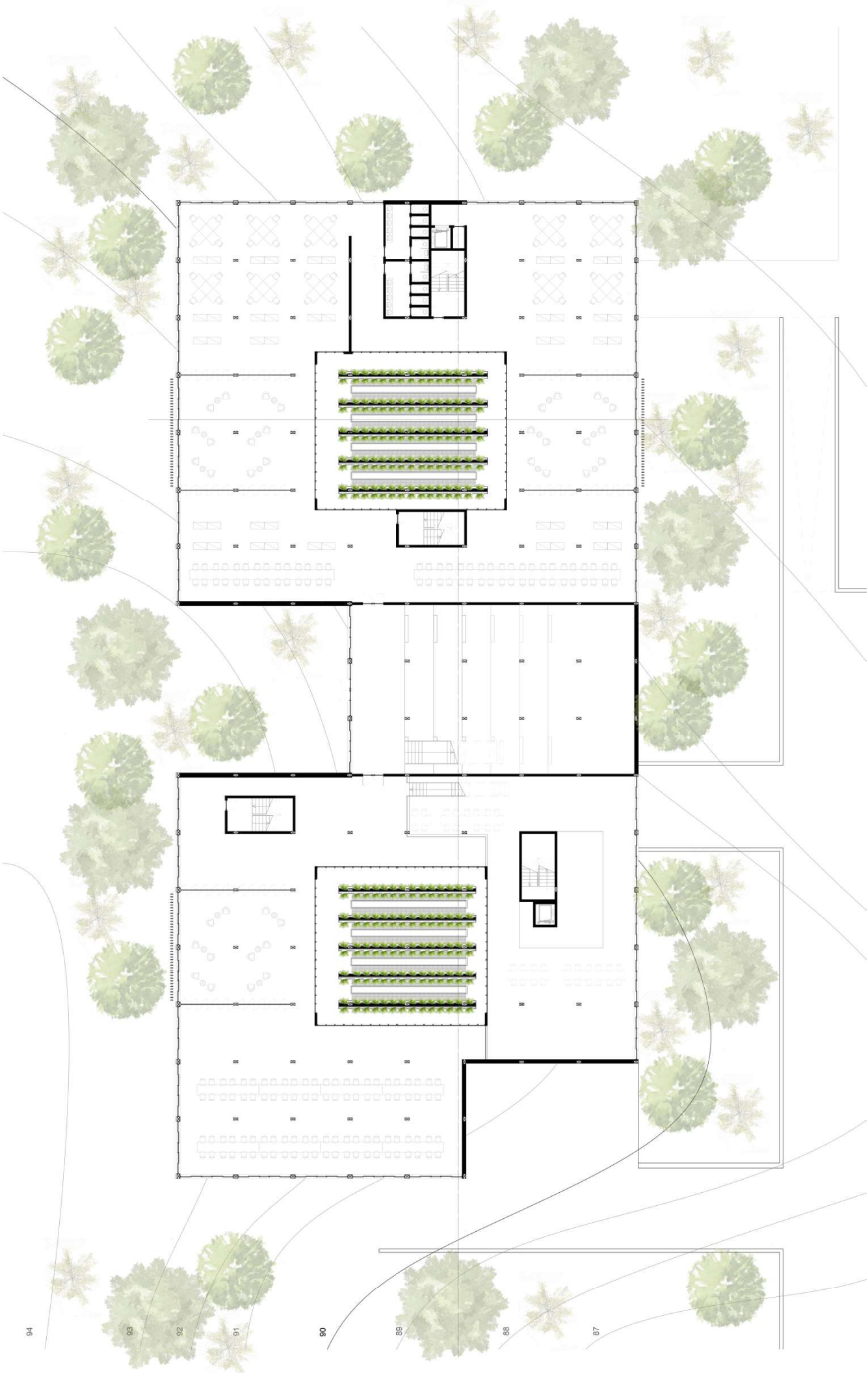
91

90

89

88

87



94

93

92

91

90

89

88

87



94

93

92

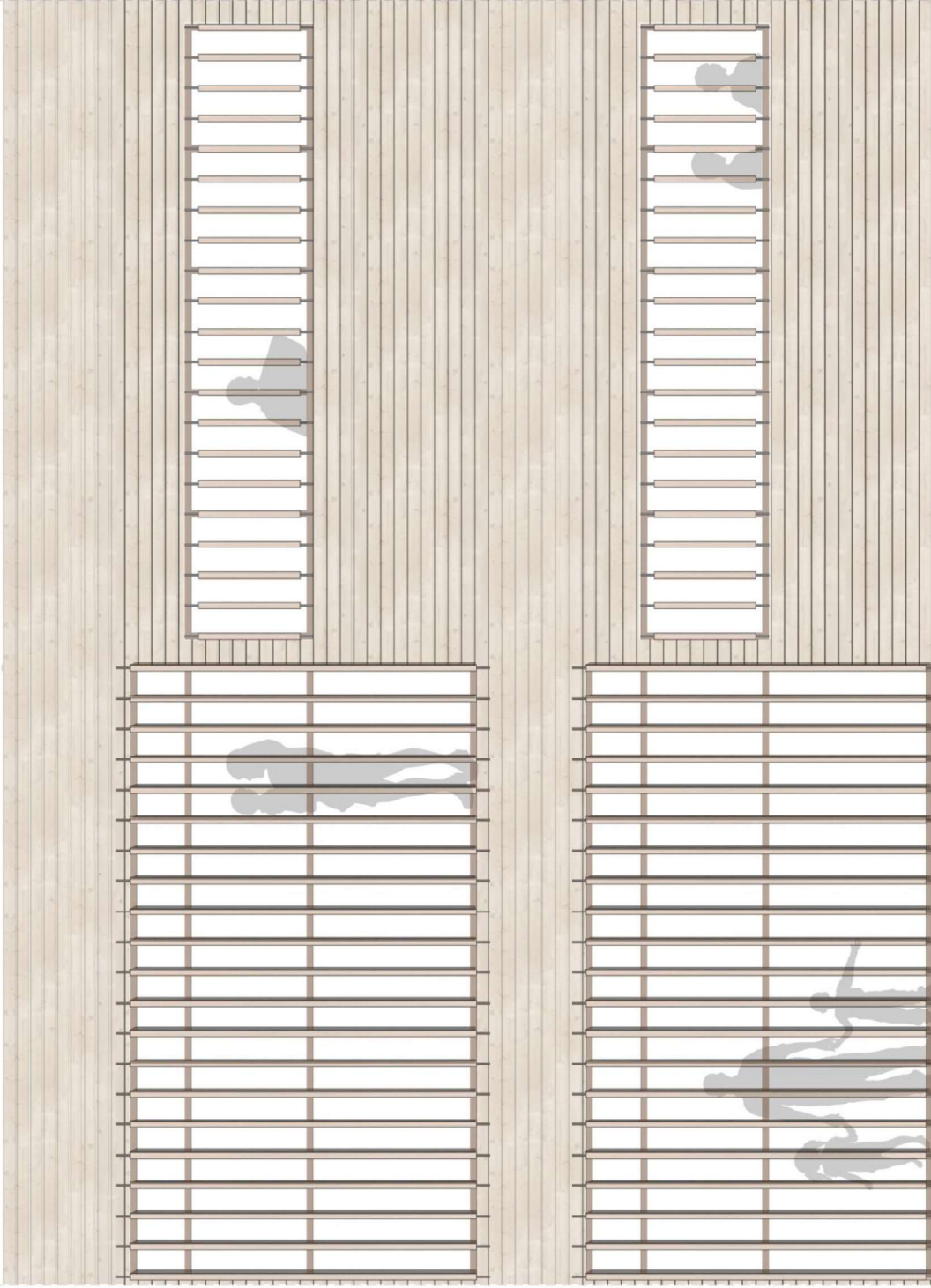
91

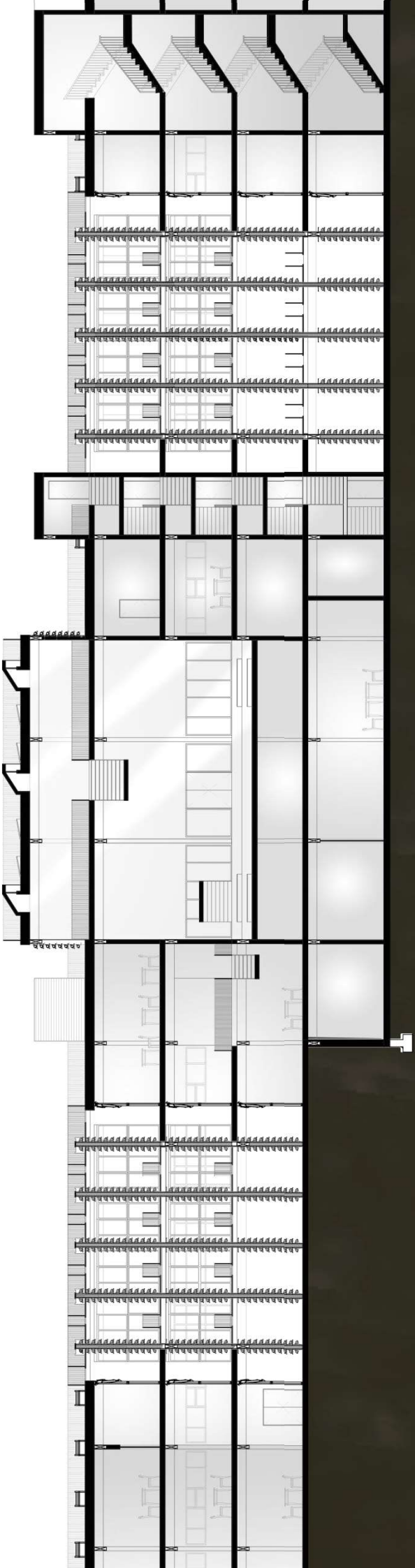
90

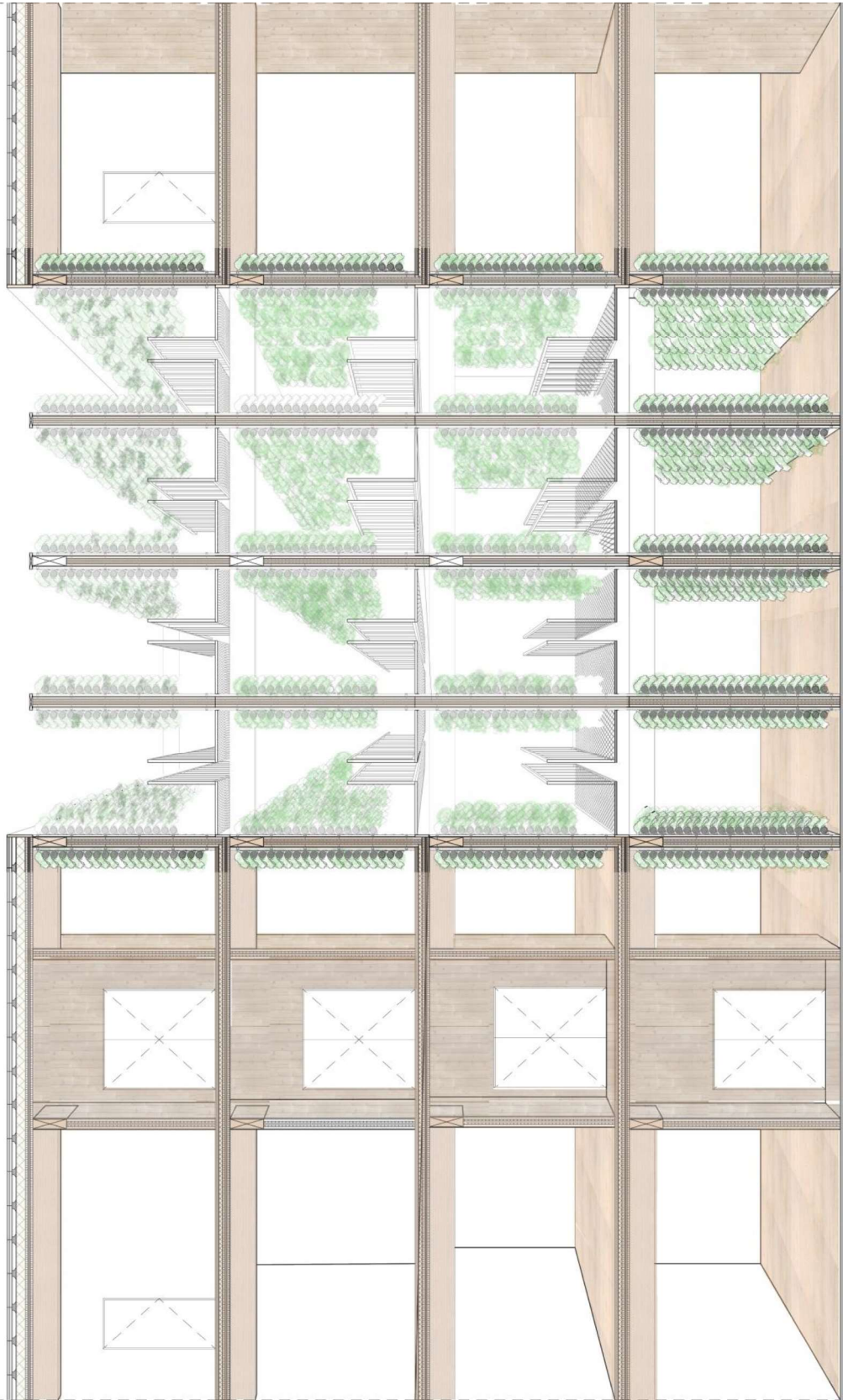
89

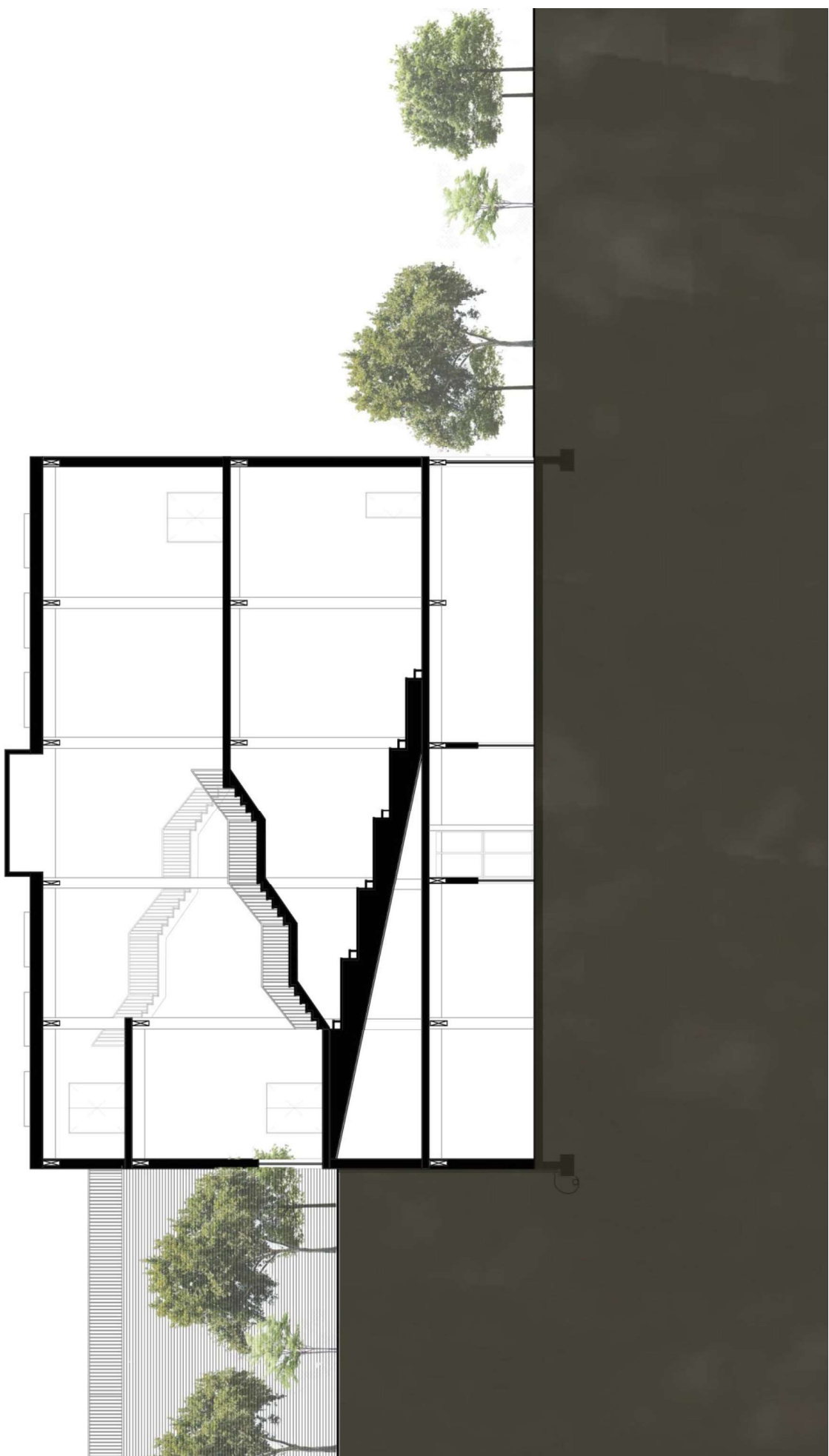
88



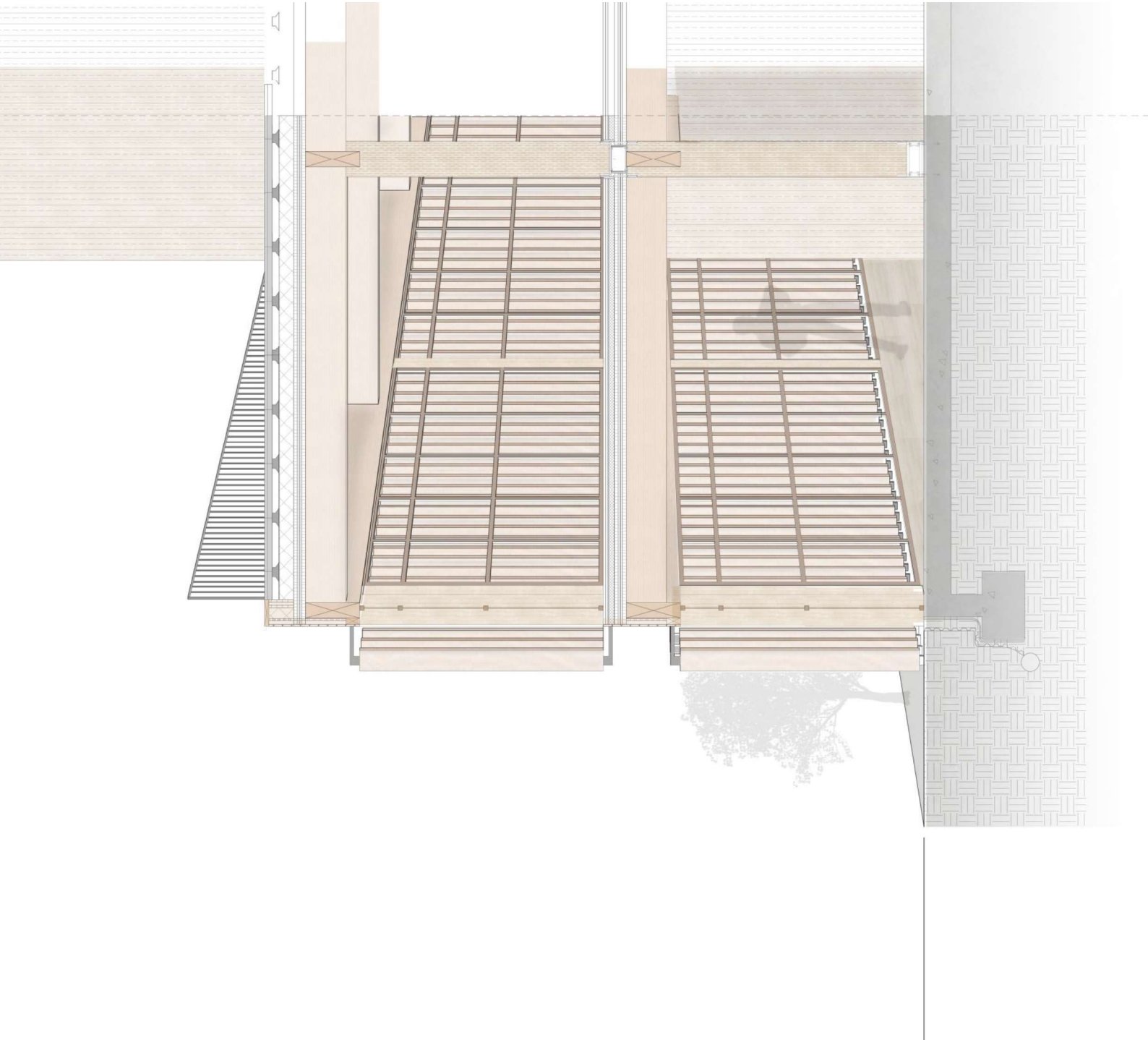




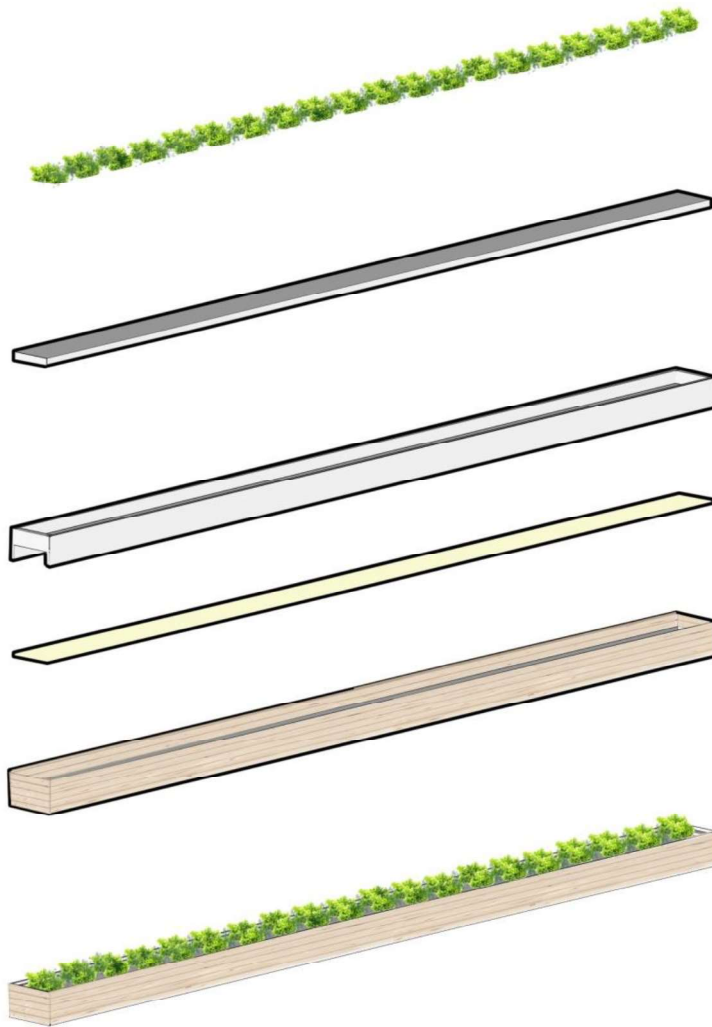




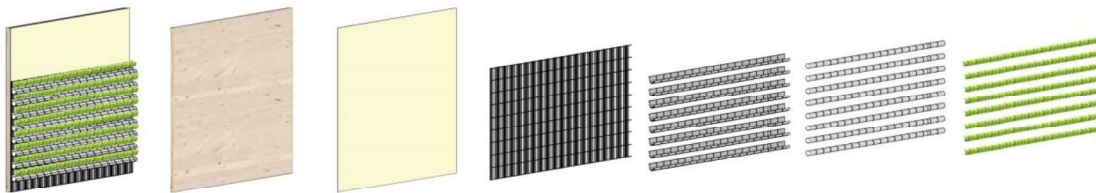








16 Axonometria Elementos Horizontais Hidropónicos



17 Axonometria Elementos Verticais Hidropónicos

3.5 Análise Crítica da Solução Arquitetónica

Correu bem a tentativa da colocação de produção alimentar em elementos arquitetónicos num projeto de arquitetura, tornando uma solução parcialmente suficiente ou viável? em produtos alimentares locais e a venda do mesmo.

Perante o estudo prévio do número de projetos feitos atualmente de hidroponia integrada em elementos arquitetónicos, verificou-se uma ausência deste potencial para responder as problemáticas da perda da biodiversidade e a fome.

Foi bem conseguida a representação da proposta principal no projeto de arquitetura, onde os elementos da composição principais para este projeto se tornaram indispensáveis, caso contrário a hidroponia integrada em elementos arquitetónicos seriam apenas um acessório num projeto de arquitetura. Para a concretização do destaque desse elemento principal no projeto, foi necessária a construção em altura, pois a hidroponia resulta melhor em elementos arquitetónicos verticais ocupando menos área, mas maximizando a produção, porém resulta em elementos arquitetónicos horizontais.

Para um desenvolvimento futuro seria uma oportunidade dar uma continuação do conceito do projeto onde nasce a hidroponia nos elementos horizontais em toda a cobertura e que acesse pelo interior de todo o edifício, sendo a oportunidade de se estender do interior do edifício para o seu exterior; uma melhoria do desenho na junção dos elementos horizontais com os elementos verticais, tornando numa peça única.

Foi imprescindível estudar os requisitos importantes que são necessários para o funcionamento de um sistema hidropónico nomeadamente a necessidade da presença de luz solar no projeto, como é implementada a hidroponia no interior do edifício e para salvaguardar o número de horas que é necessário alimentar as plantas foi introduzido a iluminação artificial como complemento.

No projecto é proposto um sistema de captação e recolha das águas da chuva na cobertura onde é canalizado para os elementos horizontais e verticais hidropónicos alimentando o crescimento das plantas, conduzindo o excesso de água para o último piso na sala onde estará localizada a bomba de armazenamento da água que irá ser reutilizada tanto para hidroponia como para o uso do edifício escolar. É necessário como futuros desafios para continuação do estudo deste tema, o desenvolvimento em detalhe deste sistema de água.

Para melhorar o trabalho seria necessário uma dedicação de hidroponia nos elementos horizontais que poderiam ser mais desenvolvidos como os elementos verticais, tornando numa peça única.

Para além do sucesso de integração de hidroponia em elementos arquitetónicos numa pequena área total de 452,26 m² de 12,925 m² de área total do edifício escolar, com a possibilidade de ter disponíveis 5,176 mudas, ou no exemplo dado a possibilidade de produção 5,176 alfaces em 338 dias para 310 pessoas incluindo duas refeições, em cinco dias semanais. Numa próxima oportunidade seria interessante avaliar vários produtos alimentares numa alimentação saudável nomeadamente a inclusão de por exemplo tomate, pepino, ervas aromáticas ou outros legumes, para obter uma noção melhor do quanto pode ser produzido neste sistema hidropónico existente para o número total de pessoas que frequentam o edifício escolar.

Para um desenvolvimento futuro ambicioso seria a oportunidade de desenvolver este projeto de integração de hidroponia em elementos arquitetónicos tornando o edifício proposto autossuficiente em termos de usufruto da produção alimentar e venda local.

CAPÍTULO 4

Workshop de PFA

Durante este trabalho de investigação anual é estabelecido um workshop semanal de projeto com convidados externos de três ateliers de arquitetura diferentes nomeadamente, Embaixada, Rua e Extrastudio. Com objetivo de desenvolver um trabalho de 24 horas seminariais e 12 horas de trabalho autónomo dando respostas rápidas no domínio de projeto, sua representação e comunicação.

São desenvolvidas três turmas com três grupos com cerca de 6 alunos cada. Na turma do convidado Extrastudio é escolhido a localização da Quinta do Morgado, nos Olivais Norte, em Lisboa. Propondo a seleção de uma torre habitacional de forma a trabalhar livremente numa melhoria tanto em planta de um dos pisos selecionados assim como a fachada do mesmo com o intuito de resolver as questões problemáticas deste projeto e assumindo que se tornasse num local onde nós alunos pessoalmente gostaríamos de habitar.

O bairro da quinta do Morgado foi dirigido por Alberto Reaes Pinto, chefe do gabinete de estudos e projetos da ICESA, numa época de industrialização dos anos 70 utilizando os métodos de construção de pré-fabricação com os materiais de betão, tijolo e gesso, pré-fabricados na fábrica e colocados inteiros in situ, construindo uma habitação social com custos reduzidos.

Este complexo é constituído por edifícios habitacionais em banda de 5 pisos e em torres com 11 pisos, composto por apartamentos T1, T2, T3 e T4 com as áreas comuns. Na primeira visita ao projeto foram levantados vários problemas tais como, o facto de ser um projeto social, onde há uma redução de custos a escolha do método pré-fabricação torna o edifício limitado em área espacial, tornando-os pequenos, falta de iluminação/contacto com o exterior.

Como proposta de grupo é propõe-se uma extensão de altura do edifício nomeadamente o dobro, onde pontualmente no edifício é libertado o espaço criando vazios. A base é dada um duplo pé direito, onde apenas é assente no chão elementos estruturais tais como, pilares e paredes em lâminas dividindo em quatro espaços com entradas diferentes viradas para cada fachada e conduzindo para um espaço central comum que interliga o exterior do edifício através do espaço de circulação das escadas de emergência e os elevadores. Propõe-se a utilização de uma base standard para todos os pisos, criando assim duas tipologias diferentes mantendo a totalidade dos apartamentos T1, T2, T3 e T4 constituídos por: tipologia 1 a concentração apenas de 2 apartamentos e por fim, na tipologia 2 ter 3 apartamentos por piso. Alterando a hierarquia dos espaços tornando os apartamentos sem hierarquia como exemplo os palácios onde há vários espaços comuns que podem ser abertos ou fechados que irão dar ligação para às áreas privadas dos apartamentos como os quartos.

Na fachada é abandonada a ideia dos painéis pré-fabricados exteriores e é colocado um ripado de madeira estrutural ao alto e separados entre si, criando uma continuidade em todo o edifício com objetivo de haver mais iluminação interior e o contacto com o exterior.

Na cobertura é criada uma zona onde os moradores podem aproveitar usufruto próprio, constituído por uma piscina e um espaço de lazer.

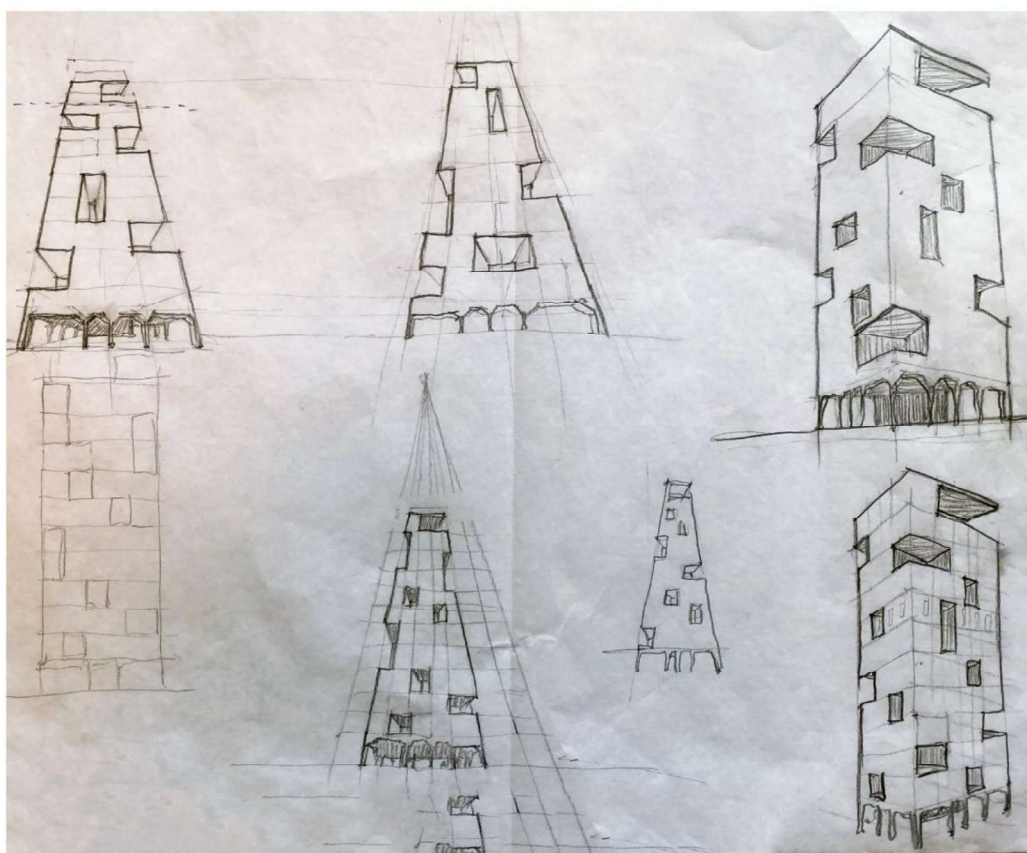


Figura 31 - Bairro Quinta do Morgado (Figueiredo, 1972)

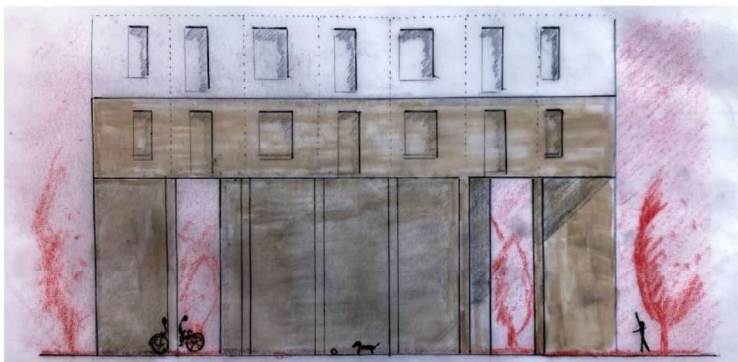
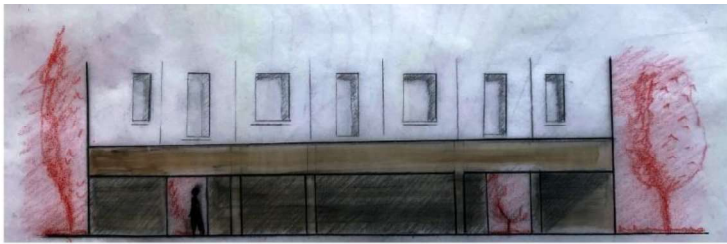
Anexos



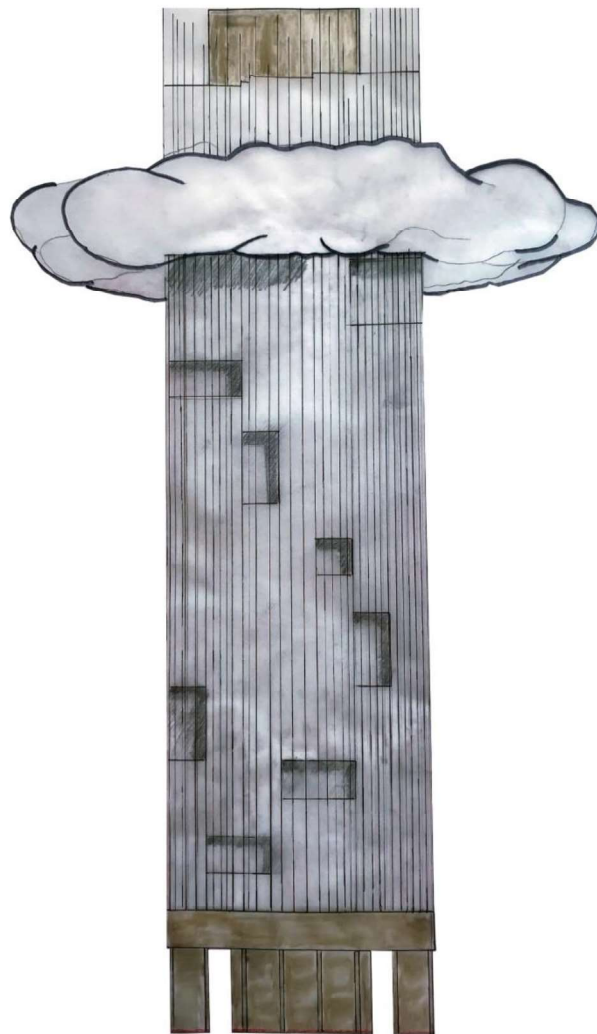




Esquços

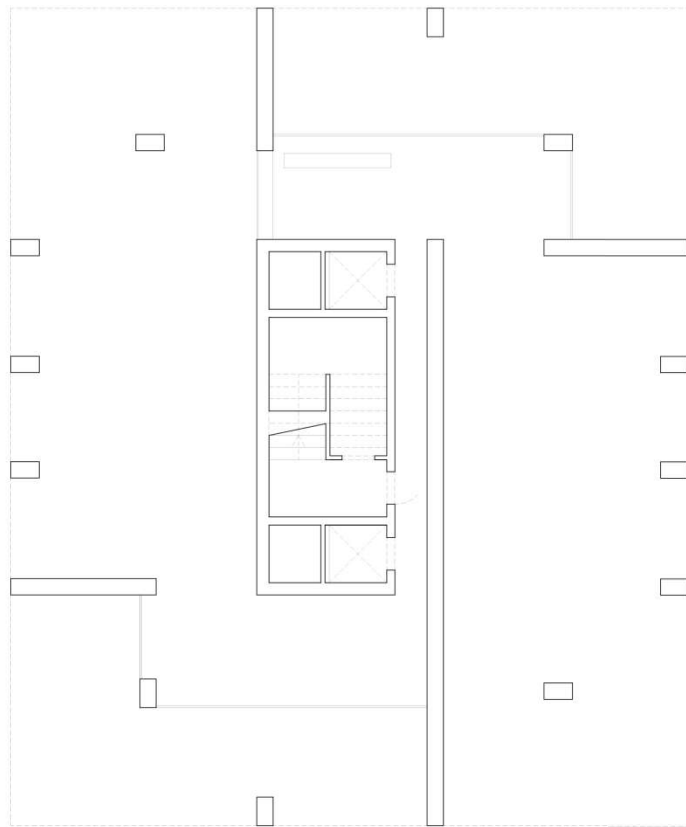


Esquços

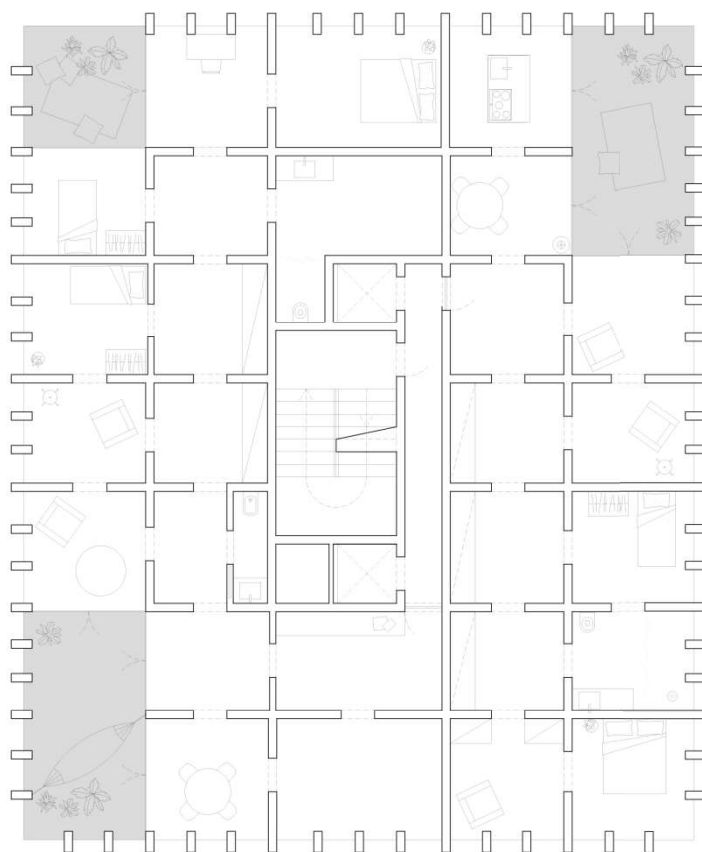


Esquços

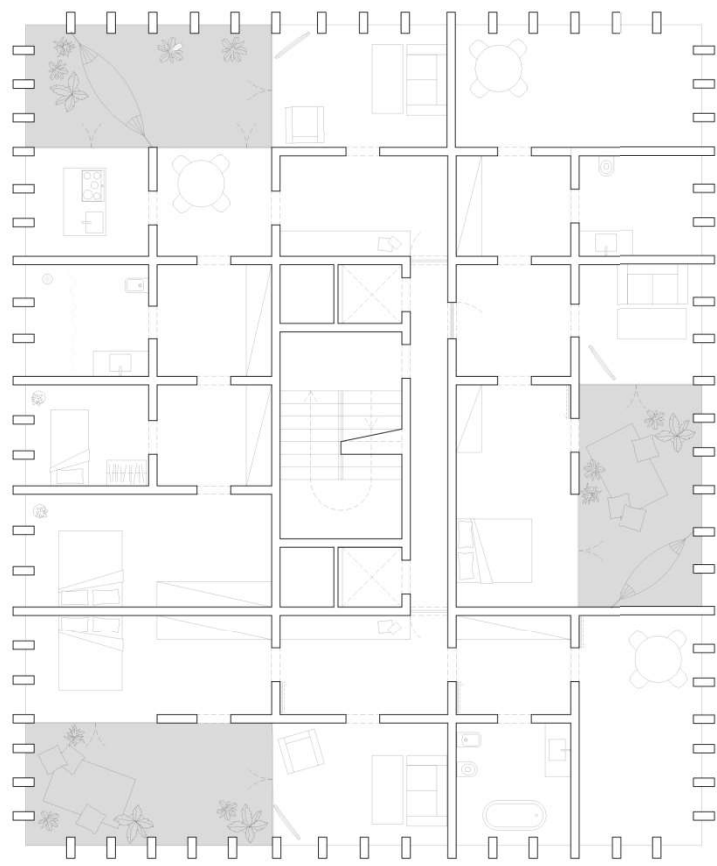




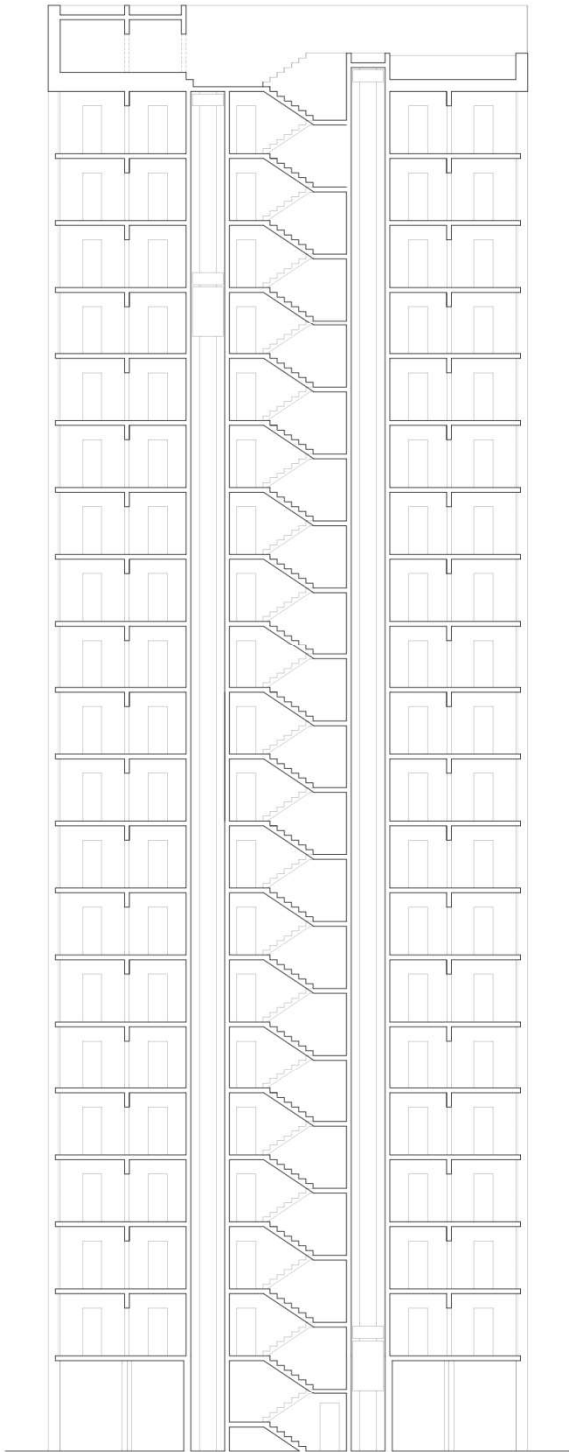
Planta Piso Térreo



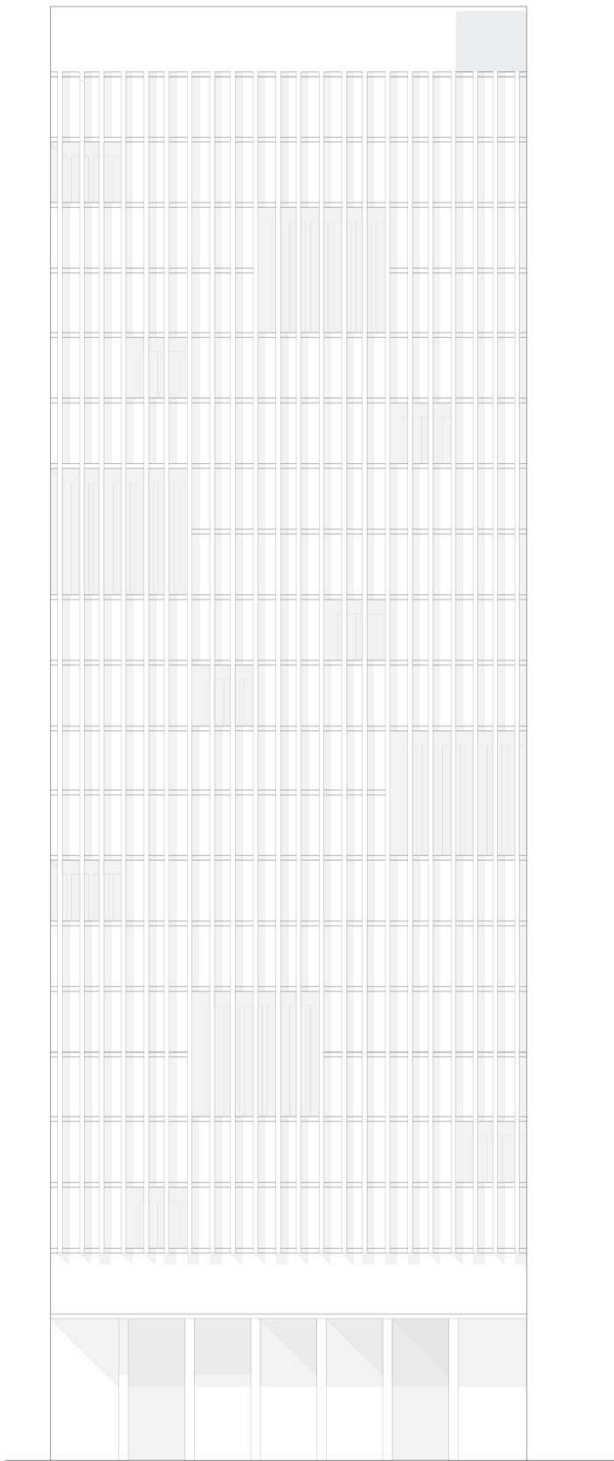
Planta Piso 1



Planta P Iso 2



Planta Piso 2



Planta Piso 2

Conclusões

Este trabalho de investigação sobre a integração de hidroponia em elementos arquitetónicos levou a concluir que é importante que os elementos hidropónicos se tornem uma componente principal de um projeto de arquitetura, de outro modo acaba por se tornar um acessório. Na solução de projeto individual demonstra este princípio, onde partindo da cobertura esta é revestida de elementos horizontais hidropónicos que se estendem para o interior de todo o edifício proposto, a escola de sustentabilidade, unindo com os elementos verticais hidropónicos.

A hidroponia é um sistema que tem como objetivo de produzir quantitativamente sem a ocupação de solo, alcançando o objetivo da preservação da biodiversidade. Assim sendo, é implementada a ocupação de área vertical, utilizando elementos arquitetónicos existentes da arquitetura. Para alcançar este objetivo da principal presença num projeto de arquitetura é necessário que haja uma construção em altura, tal como é representado na solução individual, os elementos verticais que ocupam o interior do edifício escolar estão presentes em dois momentos de todos os pisos, à exceção do piso do FABLAB devido à pequena dimensão de área que ocupa em relação aos outros pisos, ocupando na totalidade uma área de 14 metros de altura que torna estes momentos imprescindíveis ao projeto.

Como requisitos fundamentais para um funcionamento hidropónico integrado num projeto arquitetónico é importante a necessidade da presença da iluminação natural para garantir o crescimento das plantas. Por conseguinte, as localizações dos elementos verticais no interior do edifício estão abertas até ao nível da cobertura permitindo a entrada de luz e de chuva para o funcionamento do sistema. É também introduzida a iluminação artificial individual por cima de cada bandeja para garantir que as plantas recebam a luz necessária mínima para o seu desenvolvimento, dado que em termos de projeto de arquitetura é mais difícil garantir a presença da luz solar nos primeiros pisos base do que nos que os pisos mais próximos à cobertura; os elementos horizontais na cobertura já usufruíam da luz solar, sem a necessidade de iluminação artificial.

Foi sucedida a integração de hidroponia em elementos arquitetónicos numa área reduzida total de 452,26 m², em relação á área total do edifício 12,925 m², conseguindo responder aos problemas presentes atualmente na preservação da biodiversidade e da fome.

É também concretizado o desafio de garantir a viabilidade na produção alimentar para 310 pessoas, o número de total de alunos, funcionários e professores, apesar do estudo incidir apenas na produção de um alimento, neste caso de alfaces. Apesar de existir só um estudo simplista para perceber a viabilidade deste sistema hidropónico neste edifício escolar, seria ambicioso aprofundar o estudo de introdução de outros alimentos saudáveis como, o pepino, o tomate, as ervas aromáticas e outros legumes.

Como futuros desenvolvimentos relacionados com a integração de hidroponia num projeto de arquitetura seria oportuno o desenvolvimento em detalhe da recolha e captação de água para garantir a eficiência. Na solução arquitetónica apresentada temos apenas a idealização que na cobertura seria o local ideal para a captação das águas da chuva, que iria alimentar a hidroponia e ser armazenada na fase final na área que é dedicada no primeiro piso apresentado, onde estarão localizadas as bombas para depois existir um reaproveitamento da água capturada.

O desenvolvimento da integração de hidroponia em elementos arquitetónicos tornando o edifício proposto autossuficiente em termos de utilização de alimentos produzidos e a vendas dos mesmos localmente.

Por último, relacionado com o desenvolvimento projeto, devido ao trabalho de grupo não houve oportunidade de dar continuidade ao conceito hidropónico da cobertura para o interior do edifício propondo-o para o exterior.

Referências Bibliográficas

Adelman, J. (21 de Novembro de 2008). *Urban Growers go High-Tech to Feed City Dwellers*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Newsvine: https://web.archive.org/web/20090503031305/http://www.newsvine.com/_news/2008/11/21/2134661-urban-growers-go-high-tech-to-feed-city-dwellers

Andrews, K. (12 de Setembro de 2013). *Pasona Urban Farm by Kono Designs*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Dezeen: <https://www.dezeen.com/2013/09/12/pasona-urban-farm-by-kono-designs/>

Aprilli Design Studio. (s.d. de s.d. de 2014). *Urban Skyfarm*. Obtido em 11 de Julho de 2020, de Aprilli: <http://www.aprilli.com/urban-skyfarm>

Associação Portuguesa dos Nutricionistas. (2017). *Alimentar o futuro: uma reflexão sobre sustentabilidade alimentar*. Porto: Associação Portuguesa dos Nutricionistas e-book nº 43.

Baldassin, P. (17 de 04 de 2018). *Aquaponia*. Obtido em 17 de 09 de 2020, de Iguiecolgia: <https://www.iguiecolgia.com/aquaponia/>

Benke, K., & Tomkins, B. (20 de Novembro de 2017). *Future Food-Production Systems: Vertical Farming and Controlled-Environment Agriculture*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Taylor & Francis Online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15487733.2017.1394054>

Birkby, J. (2016). *Vertical Farming*. s.d.: NCAT.

Borges, L. (06 de Outubro de 2012). *Arquitetura: um jardim que sobe pelas paredes*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Público: <https://www.publico.pt/2012/10/06/p3/noticia/arquitetura-um-jardim-que-sobe-pelas-paredes-1814777>

Cameron, C. (03 de Setembro de 2015). *This vertical farm will provide Wyoming residents with 100,000 lbs of fresh produce each year*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/this-vertical-farm-will-provide-wyoming-residents-with-100000lbs-of-fresh-produce-each-year/>

Cameron, C. (03 de Setembro de 2015). *This vertical farm will provide Wyoming residents with 100,000lbs of fresh produce each year*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/this-vertical-farm-will-provide-wyoming-residents-with-100000lbs-of-fresh-produce-each-year/>

Canastra, I. d. (2017). *Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático*. Faculdade de Ciências Universidade do Porto.

Cohen, R. (01 de Junho de 2010). *Green Zionist Alliance (GZA) - Bold Resolutions for 36th World Zionist Congress*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Green Prophet: <https://www.greenprophet.com/2010/06/green-zionist-alliance-gza-resolutions/>

Cooke, L. (14 de Novembro de 2017). *This living wall uses artificial intelligence to purify indoor air*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/smart-living-wall-monitored-by-artificial-intelligence-purifies-indoor-air/>

Council, W. B. (Realizador). (2017). *Vertical Harvest - Jackson* [Filme]. Estados Unidos da América.

County, A. (s.d.). *Using Hydroponics for Food Production*. Colorado: s.d.

Cruz, D. (19 de Fevereiro de 2020). *Next Hydroponic Plant / CC Arquitectos*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Archdaily: <https://www.archdaily.com/796357/next-hydroponic-plant-cc-arquitectos>

D'Anna, C. (20 de Junho de 2001). *A beginner's guide to hydroponic Gardening*. Obtido em 02 de Março de 2020, de The Spruce: <https://www.thespruce.com/beginners-guide-to-hydroponics-1939215>

D'Anna, C. (07 de Abril de 2019). *The Basics of Hydroponic Lighting*. Obtido em 26 de Março de 2020, de The Spruce: <https://www.thespruce.com/hydroponic-lighting-basics-1939224>

Drake, S., & Seamans, B. (06 de Abril de 2015). *Vertical Farming at the Usa Pavilion with dlandstudio*. (M. Davis, Entrevistador)

Dunn, B., & Shrestha, A. (2015). *Hydroponics*. Oklahoma: Oklahoma Cooperative Extensive Service.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2019). *The state of food security and nutrition in the world*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Figueiredo, V. G. (s.d. de 11 de 1972). *Arquivo Municipal de Lisboa*. Obtido em 15 de 09 de 2020, de Câmara Municipal de Lisboa: <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/X-arqWEB/>

Folds, E. (10 de Março de 2018). *The History of Hydroponics - Where did hydroponics come from?* Obtido em 02 de Março de 2020, de Medium: <https://medium.com/@evanfolds/the-history-of-hydroponics-99eb6628d205>

Fontenelle, R. B. (Maio de 2013). *Casa na Travessa do Patrocínio / Luís Rebelo de Andrade + Tiago Rebelo de Andrade + Manuel Cachão Tojal*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Archdaily: <https://www.archdaily.com.br/br/01-80578/casa-na-travessa-do-patrocinio-luis-rebelo-de-andrade-mais-tiago-rebelo-de-andrade-mais-manuel-cachao-tojal>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Roma: J.Bélanger & D. Pilling.

Frediani, K. L. (2010). *Vertical plant production as a public exhibit at Paignton Zoo*. Dublin: 4th Global Botanic Gardens Congress.

Furlani, P. R., Silveira, L. C., Bolonhezi, D., & Faquin, V. (1999). *Cultivo Hidropônico de plantas*. s.d.: Instituto Agrônômico.

Gitig, D. (16 de Dezembro de 2017). *Local Roots: Farm-in-a-box coming to a distribution center near you*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Arstechnica: <https://arstechnica.com/science/2017/12/local-roots-farm-in-a-box-coming-to-a-distribution-center-near-you/>

Global Garden. (28 de Abril de 2019). *HID VS LED Grow Lights: Which is the best?* Obtido em 26 de Março de 2020, de Global Garden: <https://www.globalgarden.co/knowledge/hid-vs-led-for-growing-which-is-the-superior-option/>

Golden, H. (12 de Dezembro de 2019). *Grocery Stores Near Seattle are Getting Vertical Farms*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Citylab: <https://www.citylab.com/life/2019/12/vertical-farming-local-food-grocery-stores-infarm-plants/603457/>

Gordon-Smith, H. (09 de Dezembro de 2019). *Vertical Farming Technology Trends*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Agriitecture: <https://web.archive.org/web/20150611091242/http://agriitecture.com/post/87002187837/spring2014>

Goulart, A. J. (s.d. de s.d. de 1961). *Arquivo Municipal de Lisboa*. Obtido em 15 de 09 de 2020, de Câmara Municipal de Lisboa: <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/X-arqWEB/>

Green and Vibrant. (19 de Outubro de 2018). *Hydroponic Systems*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Green and Vibrant: <https://www.greenandvibrant.com/hydroponic-systems>

Greenery. (s.d.). *The smartest hydroponic farm inside of a shipping container*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Greenery: <https://www.freightfarms.com/greenery>

Groho - Hidroponia Portugal. (s.d.). *Iluminação Artificial & Crescimento das plantas*. Obtido em 26 de Março de 2020, de Groho - Hidroponia Portugal: <https://www.groho.pt/post/iluminacao-artificial-para-o-crescimento-das-plantas-hidroponia>

GroHo - Hidroponia Portugal. (s.d.). *O que é a Hidroponia?* Obtido em 19 de Dezembro de 2019, de GroHo: www.groho.pt/post/o-que-e-a-hidroponia

GroHo Hidroponia. (s.d. de s.d. de s.d.). *Projectos/Orçamentos*. Obtido em 31 de Agosto de 2020, de GroHo Hidroponia: <https://www.groho.pt/page/projetos-orcamentos>

Grossman, D. (03 de Dezembro de 2018). *Popular Mechanics*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Abandoned Coal Mines Could be Future of Farming: <https://www.popularmechanics.com/technology/infrastructure/a25379774/abandoned-coal-mines-could-be-future-of-farming/>

Grozdanic, L. (06 de Maio de 2014). *Urban Skyfarm: Vertical Hydroponic Farm and Community Hub Offers Food Security for the future*. Obtido em 11 de Julho de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/urban-skyfarm-vertical-hydroponic-farm-and-community-hub-offers-food-security-for-the-future/>

Heritage Radio Network. (06 de Abril de 2015). *USA Pavilion at Expo Milano 2015*. Obtido em 11 de Julho de 2020, de Heritage Radio Network: <https://heritageradionetwork.org/podcast/vertical-farming-at-the-usa-pavilion-with-dlandstudio/>

Horton, R. P. (18 de Outubro de 2015). *Indoor & Underground Urban Farms Growing in Size and Number*. Obtido em 2020 de 07 de 07, de Urban Gardens: <https://www.urbangardensweb.com/2015/10/18/indoor-underground-urban-farms-growing-in-size-and-number/>

Hudson, D. (28 de Fevereiro de 2015). *Vertical harvest urban farm by e/ye design under construction*. Obtido em 15 de Julho de 2020, de Designboom: <https://www.designboom.com/architecture/eye-design-vertical-harvest-in-jackson-2-28-2015/>

Japan Info. (19 de Janeiro de 2016). *Visit tokyo's Urban Farm of the Future: Pasona O2*. Obtido em Maio de 12 de 2020, de Japan Info: <https://jpninfo.com/39731>

Jewell, N. (10 de Outubro de 2017). *This prefab concrete house harvests rainwater with food-growing vertical gardens*. Obtido em 06 de Maio de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/this-prefab-concrete-house-harvests-rainwater-with-food-growing-vertical-gardens/>

Keegan, S. (15 de 01 de 2015). *Vertical Harvest Breaks Ground in Jackson Hole, WY*. Obtido em 15 de 09 de 2020, de Jackson Hole: <https://www.jacksonhole.com/blog/vertical-harvest-breaks-ground-jackson-hole-wy/>

Knab, F. (26 de 07 de 2018). *Hanging Gardens of Babylon*. Obtido em 16 de 09 de 2020, de Ancient History of Encyclopedia: <https://www.ancient.eu/image/9064/hanging-gardens-of-babylon/>

Kono Designs. (s.d. de s.d. de s.d.). *Pasona Urban Farm*. Obtido em 15 de 09 de 2020, de Kono Designs: <http://konodesigns.com/urban-farm/>

Lloyd, M. (02 de Dezembro de 2018). *Old Coal mines can be "perfect" underground food farms*. Obtido em 25 de Março de 2020, de BBC: <https://www.bbc.com/news/uk-wales-46221656>

Lofgren, K. (05 de Julho de 2015). *Biber Architects exhibit incredible 7200-square-foot vertical farm at World Expo with US Pavilion*. Obtido em 05 de Maio de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/biber-architects-green-walled-usa-pavilion-is-a-living-breathing-tribute-to-sustainable-food/>

Lusa. (2017). Sector da agricultura biológica cresce "claramente puxado pelo consumidor". *Público*.

Lynch, C. (02 de Maio de 2018). *How Walt Disney World's Farm Grows the Most Magical Produce on Earth*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Farm Flavor: <https://www.farmflavor.com/florida/walt-disney-world-farm-grows-magical-produce-earth/>

Magalhães, L. (s.d. de s.d. de 2015). *Agricultura Orgânica*. Obtido em 27 de Dezembro de 2019, de TodaMatéria: <https://www.todamateria.com.br/agricultura-organica/>

Mairs, J. (13 de Fevereiro de 2016). *CC Arquitectos links agricultural offices in Mexico with water-filled patios*. Obtido em 05 de Maio de 2020, de Dezeen: <https://www.dezeen.com/2016/02/13/cc-arquitectos-next-vegetales-office-hydroponic-water-plant-mexico/>

Marthinko, K. (11 de Outubro de 2018). *Tel Aviv's Rooftop Farm grows fresh food for thousands*. Obtido em 07 de Agosto de 2020, de Treehugger: <https://www.treehugger.com/tel-aviv-rooftop-farm-grows-vegetables-thousands-people-4854252>

Martinko, K. (19 de Dezembro de 2016). *Tel Aviv's Rooftop Farm Grows Fresh Food for Thousands*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de A Wider Bridge: <https://awiderbridge.org/tel-aviv-rooftop-farm-grows-fresh-food-for-thousands/>

Material District. (16 de Janeiro de 2017). *Kinetic Green Canvas pixelated art facade*. Obtido em 05 de Maio de 2020, de Material District: <https://materialdistrict.com/article/kinetic-green-canvas-pixelated-plant-art-facade/>

Max. (26 de Abril de 2019). *Green and Vibrant*. Obtido em 02 de Março de 2020, de The History of Hydroponics - The Past, the Present and the Future: <https://www.greenandvibrant.com/history-of-hydroponics>

Mok, K. (18 de Setembro de 2015). *Underground bomb shelter converted into hydroponic farm in London*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Treehugger: <https://www.treehugger.com/sustainable-agriculture/london-underground-bomb-shelter-converted-hydroponic-farm-growing-underground.html>

Morgan, L. (1999). *Hydroponic Lettuce Production: Nutrient Film Technique (NFT) Production of Lettuce*. New Zealand: s.d.

Munoz, K. (05 de Junho de 2017). *Vertical Farming: Farms of the future? Pros and Cons*. Obtido em 26 de Fevereiro de 2020, de Dr. Axe: <https://draxe.com/health/vertical-farming/>

NASA. (27 de Agosto de 2004). *Farming for the Future*. Obtido em 25 de Março de 2020, de NASA: <https://www.nasa.gov/vision/earth/livingthings/biofarming.html>

Otten, L., & Miller, B. (07 de Abril de 2017). *Crete House*. Obtido em 06 de Maio de 2020, de Washington University in Saint Louis: <https://engineering.wustl.edu/news/Pages/CRETE-House.aspx>

Pascoal, A. M. (2012). *A cidade do saber: o património artístico integrado nos edifícios de Pardal Monteiro para a Cidade Universitária de Lisboa 1934-1961*. Lisboa: Tinta-da-China, 1ª edição, Universidade de Lisboa.

Pedro Baptista, I. C. (2012). *Do campo ao garfo. Desperdício alimentar em Portugal*.

Rao, M. (20 de Junho de 2017). *Vertical Farms in Cities are the Future of Urban Farming*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Evolving Science: <https://www.evolving-science.com/environment/vertical-farms-cities-are-future-urban-farming-00288>

Research and Markets. (06 de Dezembro de 2017). *Global Hydroponics Market Report 2017-2023: Market is expected to grow from \$226.45 million in 2016 to reach \$724.87 million by 2023*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Business Wire: <https://www.businesswire.com/news/home/20171206006224/en/>

RMA Architects. (2012). *KMC Corporate Office*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de RMA Architects: <http://rmaarchitects.com/architecture/kmc-corporate-office/>

Rodrigues, S. C. (2012). *Um modelo para a implementação de redes de hortas urbanas*. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Said-Moorhouse, L. (29 de Maio de 2012). *"Vertical Farm" blossoms at meatpacking plant*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Chicago Land: <http://edition.cnn.com/2012/05/29/us/plant-chicago-eco-farm/index.html>

Santos, S. (2017). *Video: This Kinetic Green Wall displays "Pixel" Plant Art*. Obtido em 05 de Maio de 2020, de Archdaily: <https://www.archdaily.com/803168/video-this-kinetic-green-wall-displays-pixel-plant-art>

Schaefer, K. (02 de Janeiro de 2017). *Canadian Greenhouse Industry Seeks Methods to Reduce Pollution into Lake Erie*. Obtido em 25 de Março de 2020, de Marketplace: <https://www.marketplace.org/2017/01/02/sustainability/canadian-greenhouse-industry-seeks-methods-reduce-pollution-lake-erie/>

Silva, W. S. (s.d. de s.d. de 2014). Obtido em 27 de Dezembro de 2019, de Agricultura Extensiva e Intensiva: www.infoescola.com/economia/agricultura-extensiva-e-intensiva

Siong, O. (24 de Outubro de 2012). *First Commercial Vertical Farm opens in Singapore*. Obtido em 25 de Março de 2020, de A Mediagroup Interactive Media: <https://web.archive.org/web/20121027232546/http://www.channelnewsasia.com/stories/singaporelocalnews/view/1233261/1/.html>

Southey, F. (15 de Maio de 2019). *"Are Vertical Farms even remotely efficient?" Putting a figure on plant factories*. Obtido em 26 de Fevereiro de 2020, de Food Navigator: <https://www.foodnavigator.com/Article/2019/05/15/Are-vertical-farms-even-remotely-efficient-Putting-a-figure-on-plant-factories>

Spain Architecture News. (04 de Fevereiro de 2020). *Arquitectura Anna Noguera completes Turó de la Peira's Sports Center with Green Lattice System*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de World Architecture: <https://worldarchitecture.org/architecture-news/eevhz/arquitectura-anna-noguera-completes-tur-de-la-peira-s-sports-center-with-green-lattice-system.html>

Surbhi S. (20 de Março de 2020). *Difference between Intensive and Extreme Farming*. Obtido em 05 de Maio de 2020, de Keydifferences: <https://keydifferences.com/difference-between-intensive-and-extensive-farming.html>

Teixeira, D. M. (2016). *Hortas Urbanas - O Contributo da arquitectura para a integração das hortas urbanas na (re)qualificação da cidade*. Departamento da Arquitectura da FCTUC.

The Packer. (14 de Novembro de 2013). *NatureSweet switches varieties in old EuroFresh greenhouses*. Obtido em 25 de Março de 2020, de The Packer: <https://www.thepacker.com/article/naturesweet-switches-varieties-old-eurofresh-greenhouses>

Tikva, P. (22 de Março de 2016). *The secret Garden of Dizengoff Center*. Obtido em 07 de Agosto de 2020, de Piecing together: <https://allisonpaisner.weebly.com/blog/the-secret-garden-of-dizengoff-center>

U.S. Department of Energy Solar Decathlon. (19 Maio 2017). *Crete House Water*. Washington: Washington University Saint Louis.

Uniplanet. (2019). *Produção de alimentos "gravemente ameaçada" por perda de biodiversidade, avisa ONU*. Obtido em 26 de Dezembro de 2019, de www.uniplant.com/2019/02/producao-de-alimentos-gravemente-ameacada-por-perda-de-biodiversidade-avisa-onu.html

Vilela, S. B. (24 de Dezembro de 2015). *Jardins Verticais Interiores*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Blogspot: <https://arquitectura-sustentavel.blogspot.com/2015/12/jardins-verticais-interiores.html>

Volkman, E. (27 de 04 de 2018). *Scotts Miracle-Gro Moves Further Into Marijuana With \$450 Million Deal*. Obtido em 17 de 09 de 2020, de The Motley Fool: <https://www.fool.com/investing/2018/04/27/scotts-miracle-gro-moves-further-into-marijuana-wi.aspx>

Walsh, N. P. (04 de Fevereiro de 2020). *How the Dutch use architecture to feed the world*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Archdaily: https://www.archdaily.com/932301/how-the-dutch-use-architecture-to-feed-the-world?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

Wang, L. (15 de 01 de 2017). *Incredible rooftop farm takes over Israel's oldest mall to grow thousands of organic vegetables*. Obtido em 15 de 09 de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/incredible-rooftop-farm-takes-over-israels-oldest-mall-to-grow-thousands-of-organic-vegetables/>

Wash U - Saint Louis: Washington University. (2017). *Crete House - Water*. Denver, Colorado: U.S. Department of Energy Solar Decathlon.

Zero Sustentável. (s.d.). *Biodiversidade, Agricultura e Florestas*. Obtido em 28 de Janeiro de 2020, de Zero - Associação Sistema Terrestre Sustentável: zero.org/areastematicas/biodiversidade-agricultura-e-florestas

Zimmer, L. (31 de Janeiro de 2014). *2.5 acre underground farm could grow fresh veggies below london streets*. Obtido em 04 de Maio de 2020, de Inhabitat: <https://inhabitat.com/2-5-acre-underground-farm-could-grow-fresh-veggies-below-london-streets/>

ZipGrow. (s.d. de s.d. de s.d.). *Guides, manuals and calculators*. Obtido em 07 de 07 de 2020, de ZipGrow: <https://zipgrow.com/guides/>