

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**REABILITAÇÃO VISANDO JARDINS VERTICAIS PARA
O CONTROLO SUSTENTÁVEL DA
CLIMATIZAÇÃO NA MALHA URBANA.**

**Contributos para melhorias térmicas
da envolvente de edifícios urbanos.**

ANA SOFIA BORDALO SANTOS

**Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM PROJETO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria

Coorientador: Professora Doutora Ana Sofia Moreira dos Santos Guimarães Teixeira

JULHO DE 2023

MESTRADO EM PROJETO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

□ mprince@fe.up.pt

□ <https://www.mprince.net>

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

□ feup@fe.up.pt

□ <https://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios - 2021/2022 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2023.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais, e Família que sempre me apoiaram em cada etapa de aprendizagem

“We borrow from nature the space upon which we build.”

Tadao Ando

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor José Amorim Faria por me orientar mesmo perante as dificuldades logísticas que ocorreram durante o desenvolvimento desta tese. Pela sua disponibilidade, conhecimento e motivação ao longo de todo o curso.

À minha coorientadora, Professora Doutora Ana Sofia Guimarães pela disponibilidade, inspiração, incentivação e todo o apoio moral e exemplar durante a elaboração deste trabalho.

Ao Professor Doutor Jorge Moreira da Costa pela orientação ao longo de todo o curso de Mestrado. Pelas palavras motivadoras à melhoria da minha pessoa profissional e por todo o apoio moral.

Aos meus pais, José Eduardo Carvalho Santos e Teresa Bordalo Santos pelo apoio infinito durante todo o meu percurso académico e crescimento pessoal. Não há palavras que descrevam o amplo amor e gratidão que tenho por vocês.

À minha Tia e Madrinha Margarida Santos pelo apoio constante e por ter sempre um carinho de mãe mediante tudo que faço.

À minha filha Melany pela inspiração de poder insinar e compreender aprendizagem numa nova perspetiva. Pela motivação de lhe poder exemplificar uma melhor versão de mim e do mundo em cada dia.

À Brenda, pela amizade e disponibilidade em responder dúvidas relacionadas com o modelo Revit que serviu de base para as análises pretendidas.

Ao Silvério e Patrícia Mendes por todo o apoio profissional, pela amizade e também pela compreensão perante as minhas ausências ao longo desta viagem pedagógica.

RESUMO

O objetivo principal desta dissertação consiste em realizar um estudo técnico-económico sobre a reabilitação da envolvente de edifícios existentes com elementos vegetais visando o seu potencial benefício no desempenho térmico da malha urbana. A dita “ilha de calor” nas cidades serve como base desta investigação, um fenómeno que induz a procura de respostas no abito dos variados fatores ambientais infringidos ao longo do desenvolvimento impetuoso desta consequência. A reabilitação urbana enfoca-se cada vez mais nos aspetos térmicos, contudo, a implementação de soluções ambientais na malha urbana continua aquém do seu potencial maioritariamente pela vertente económica, mas também pela falta de motivação social e legislativa.

Em termos de âmbito, por questões de exequibilidade, a dissertação aplica-se apenas, à reabilitação de bairros da cidade do Porto no seu contexto urbano, contruídos entre 1960 e 1990. Em termos de cobertos vegetais, apenas se analisam os casos das coberturas verdes, das fachadas verdes e as capacidades da vegetação em mitigar temperaturas ambientais, CO₂ e de proteger os materiais construtivos dos elementos como a radiação solar, ventos e chuvas fortes.

Nesse contexto, os objetivos secundários consistem em elaborar um estado da arte de coberturas verdes e fachadas verdes, circunscrito à Europa, com destaque para os países latinos mais quentes e alguns países de referência da Europa do Norte, ainda assim com Invernos menos frios; Estabelecer uma caracterização das soluções verdes em termos de desempenho, com destaque para a análise térmica da envolvente, análise da durabilidade dos materiais construtivos, benefícios no âmbito da segurança contra incêndio e benefícios térmicos e ambientais para a malha urbana; idem para habitações sociais, restringindo-se ao caso de estudo do Bairro do Cerco do Porto, ainda não totalmente reabilitado.

Pretende se fazer uma análise comparativa do conjunto de edifícios visando a adição de uma malha verde nas fachadas para avaliar a redução potencial no uso de energia anual necessária tanto para aquecimento como arrefecimento dos edifícios. É estabelecida uma caracterização dos materiais, infraestruturas e obra ao nível económico (custo global - LFA), incluindo todos os custos mais relevantes, tais como, custo de investimento, custos de manutenção, exploração e reabilitação, incorporando na análise a questão da durabilidade e poupanças energéticas a longo prazo.

Subsequentemente, resume-se a tese com conclusões e recomendações de boas práticas contextualizados no âmbito da aplicação de revestimentos vegetados e o caso de estudo elegido.

Preocupações principais: Caixa de ar, ventilação, rega, recuperação e armazenamento de águas pluviais ou reutilização de águas cinzentas, drenagem, tipo de vegetação adequada e viabilidade económica.

Palavras chave: Fachadas verdes; Coberturas verdes; Jardins Verticais; Reabilitação da envolvente de edifícios de Habitação social; Custo global; Desempenho térmico; conforto térmico; Climatização; ilha de calor; mitigação de CO₂; Fachada sustentável

ABSTRACT

The main objective of this dissertation is to carry out a technical-economic study on the rehabilitation of existing buildings with plant elements, examining their potential benefit on the thermal performance of the urban fabric. The known “heat Island effect” in cities is the basis of this investigation, a phenomenon that induces a search for answers within the range of environmental factors infringed throughout the impetuous development of this consequence. Urban rehabilitation is increasingly focusing on thermal aspects, however, the implementation of environmental solutions in the urban fabric continues to fall short of its potential, mainly due to the economic aspect, but also due to a lack of social and legislative motivation.

In terms of scope, for feasibility reasons, the dissertation only applies to the rehabilitation of neighborhoods in the city of Porto in an urban context, built between 1960 and 1990. In terms of vegetation cover, only the cases of green roofs are analysed, of green facades and the capabilities of vegetation to mitigate environmental temperatures, CO₂ and to protect building materials from elements such as solar radiation, wind and heavy rain.

In this context, the secondary objectives are to elaborate a precedentes study of green roofs and green facades, confined to Europe, with emphasis on the warmest Latin countries and some reference countries in Northern Europe, even so with less cold winters; Establish a characterization of green solutions in terms of performance, with emphasis urban thermal analysis, the durability of building materials, benefits in terms of fire safety and thermal and environmental benefits for the urban fabric; based on social housing, restricting itself to the case study of Bairro do Cerco do Porto, which has not yet been fully rehabilitated.

The thesis makes a comparative analysis of the group of buildings envisioning the addition of a green mesh on the facades to assess the potential reduction in the use of annual energy required for both heating and cooling the buildings. A characterization of materials, infrastructures and labour is established at an economic level (global cost - LFA), including all the most relevant costs, such as investment cost, maintenance and operational costs, incorporating the issue of durability and long-term energy savings.

Subsequently, the thesis is summarized with conclusions and recommendations of good practices contextualized within the scope of the application of vegetated facades.

Keywords: Green walls; Green roof; Vertical Gardens; Rehabilitation of social housing, Urban sustainability; construction cost; thermal performance; thermal comfort; Air conditioning; heat island; Carbon dioxide mitigation; sustainable buildings

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Índice.....	vii
Índice de figuras	ix
Índice de tabelas.....	xi
Abreviaturas e Símbolos.....	xii

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	3
1.3. ESTRUTURA DA TESE.....	7

2. ESTADO DA ARTE

2.1. CLIMATIZAÇÃO NA MALHA URBANA	9
2.2. ESPAÇOS VERDES URBANOS E OCUPAÇÃO DE SOLOS	10
2.3. REABILITAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL.....	21
2.4. EDIFÍCIOS DE MALHA VERDE - EXEMPLOS.....	22
2.5. FACHADAS VERDES - CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS	25
2.6. CONCENTRAÇÃO E MITIGAÇÃO DE CO ₂	27
2.7. LEI DE FOURRIER	28
2.8. SISTEMAS DE ÁGUAS URBANOS	29

3. ANÁLISE DETALHADA DO BAIRRO DO CERCO NO PORTO (APÓS REABILITAÇÃO)

3.1. BREVE ANÁLISE HISTÓRICA DO CERCO.....	31
3.2. INTEGRAÇÃO NA MALHA URBANA	34
3.3. PDM DO BAIRRO DO CERCO	35
3.4. INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO.....	37
3.5. MATERIAIS E INVESTIGAÇÃO ECONÓMICA	38

4. ANÁLISE TÉRMICA APLICADA AO CASO DE ESTUDO	
4.1. INTRODUÇÃO.....	41
4.2. MODELAÇÃO EM AUTODESK REVIT	41
4.3. VENTILAÇÃO	44
4.4. ORIENTAÇÃO SOLAR.....	45
4.5. ISOLAMENTO TÉRMICO/ACÚSTICO	48
4.6. SIMULAÇÃO TÉRMICA NO SOFTWARE DESIGN BUILD	48
4.7. AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS	53
5. ESTUDO DE CASO	
5.1. APLICAÇÃO DE JARDIM VERTICAL - SOLUÇÃO TÉCNICA	58
5.2. ORIENTAÇÃO SOLAR MAIS ADEQUADA	59
5.3. ESPÉCIES ADEQUADAS	59
5.4. CAPTURA E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	60
5.5. DRENAGEM	61
5.6. ESTRUTURA E MATERIAIS.....	61
5.7. ESTUDO ECONÓMICO.....	62
5.8. INTERESSE ECONÓMICO DO INVESTIMENTO	63
6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
8. ANEXOS	72
8.1. Secção i LEGISLAÇÃO	72
8.2. Secção ii RESULTADOS TÉRMICOS - DESIGNBUILD SOFTWARE.....	73
8.3. Secção iii RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Plano Regulador da Cidade do Porto 1947 e 1952	10
Figura 2 - Plano de melhoramentos.....	12
Figura 3 - Proposta de «zonas verdes, rurais e desportivas», P.R. da Cidade do Porto, 1952	12
Figura 4 - Inventário para criação da proposta de utilização dos «espaços não construídos» para o Plano Director da Cidade do Porto, 1962	13
Figura 5 -Localização dos Bairros Construídos pelo Plano de Melhoramentos	14
Figura 6 -Bairros construídos pelos programas PER e SAAL 1974-1979	15
Figura 7 -Primeiro Plano Diretor Municipal do Porto 1993.....	16
Figura 8 -Plano Diretor Municipal do Porto 2006.....	16
Figura 9 - Plano Diretor Municipal do Porto publicado em 8 julho de 2021	17
Figura 10 - Forest Area 2015 based on Copernicus HRL Forest products	18
Figura 11 - Mapa do uso de solo da comarca do Porto	19
Figura 12 - Mapa de captação de espaços verdes urbanos do Porto a 300m e a 500m	19
Figura 13 - Estrutura egologica - Espaços verdes urbanos PDMP2017	20
Figura 14 - Museu Blau Barcelona.....	22
Figura 15 - Caixa Fórum, Madrid	23
Figura 16 - Museu Quai Branly, Paris	23
Figura 17 - Diagrama da infraestrutura para uso sustentável de águas seguindo conceito NZEB	30
Figura 18 - Representação espacial das três áreas com maior índices de vulnerabilidade	32
Figura 19 - Bairro do Cerco, edifício "reabilitado", intervenção de melhorias por pintura	33
Figura 20 - Bairro do Cerco, edifício "reabilitado", intervenção de melhorias por pintura	33
Figura 21 - Bairro do Cerco, edifício original, sem intervenção	33
Figura 22 - Localização e distribuição na malha urbana	34
Figura 23 - Perspetiva 3D da distribuição na malha urbana	34
Figura 24 - Mapa da rede rodoviária, PDM do Porto	35
Figura 25 - Mapa da qualificação do solo funcional, PDM do Porto	35
Figura 26 - Mapa da qualificação do solo funcional, PDM do Porto	35
Figura 27 - Mapa da qualificação do solo operativo e área da zona de intervenção, PDM	36
Figura 28 - Plano Inicial de intervenção	36
Figura 29 - Mapeamento dos blocos para intervenção na fase 1 de reabilitação.....	38
Figura 30 - Bloco 20 do Bairro do Cerco do Porto - Tijolo face a vista	38
Figura 31 - Bloco 25 do Bairro do Cerco do Porto - ETICS	38
Figura 32 - Bloco 32 do Bairro do Cerco - Tijolo face a vista	39
Figura 33 - Modelação em Autodesk Revit	41
Figura 34 - Espaços Analíticos	41
Figura 35 - Revestimento da fachada	43
Figura 36 - Exposição solar Verão e Inverno	44
Figura 37 - Analise Solar Fachada Sul e Norte.....	45
Figura 38 - Analise do bloco 25 consoante a sua disposição na malha urbana	45
Figura 39 - Conjunto de Edifícios DesignBuild.....	46
Figura 40 - Ferramenta digital - Insight - consumos anuais ASHRAE kWh/m ² /year	46
Figura 41 - Orientação e disposições do jardim vertical	47
Figura 42 - Amostras do edifício singular em analise no software Design Build	48
Figura 43 - Valores Anuais de Energia do Bloco 25 com ou sem proteção vegetal	54
Figura 44 - Simulação do efeito de sombreamento no Bloco 25	55
Figura 45 - Balanço Térmico parcial mediante a solução nas 4 Fachadas	56
Figura 46 - Valores de U e possíveis pontes Térmicas.....	57
Figura 47 - Jardim Vertical e disposição Proposta	58
Figura 48 - Espécies seleccionadas autóctones da região da comarca do Porto	59
Figura 49 - Sistema de Captura de águas Pluviais Proposta	60

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro resumo relativo à disponibilidade e acessibilidade a espaços verdes na área urbana do Porto, de acordo com as bases de dados europeias.....	20
Tabela 2 – Materiais de construção implementados na reabilitação 2017	37
Tabela 3 – Custos de construção parciais (Térmica) da reabilitação 2017.....	39
Tabela 4 – Espaços analíticos em cada piso	42
Tabela 5 – Superfícies analíticas	42
Tabela 6 – Balanço Térmico anual da Envolvente SEM PROTEÇÃO.....	48
Tabela 7 – Balanço de Ganhos e Perdas - Bloco 25 SEM PROTEÇÃO	49
Tabela 8 – Tratamento de dados - Simulação da envolvente	50
Tabela 9 – Valores Anuais de Energia (kWh).	53
Tabela 10 – Balanço térmico - Estação de aquecimento/inverno (kW)	55
Tabela 11 – Contabilização dos Materiais de construção para a solução proposta	60
Tabela 12 – Estimativa de custos diretos para a fachada verde a Sul no Bloco 25.	62

ANEXOS

Tabelas apresentadas na Secção ii do Anexo:

Tabela 1.1 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a Sul (estação fria).....	72
Tabela 1.2 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a Sul (estação quente)	72
Tabela 1.3 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a Sul (anual)	73
Tabela 2.1 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a NORTE(estação fria)	73
Tabela 2.2 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a NORTE (estação quente)	74
Tabela 2.3 – Balanço Térmico - COM Proteção a NORTE (anual)	74
Tabela 3.1 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a NASCENTE (estação fria)	75
Tabela 3.2 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a NASCENTE (estação quente).....	76
Tabela 3.3 – Balanço Térmico - COM Proteção a NASCENTE (anual).....	76
Tabela 4.1 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a POENTE (estação fria)	77
Tabela 4.2 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO a POENTE (estação quente).....	78
Tabela 4.3 – Balanço Térmico - COM Proteção a POENTE (anual).....	78
Tabela 5.1 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO EM TODAS AS FACHADAS (estação fria).	79
Tabela 5.2 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO EM TODAS AS FACHADAS (estação quente).	80
Tabela 5.3 – Balanço Térmico - COM PROTEÇÃO EM TODAS AS FACHADAS (anual)	80
Tabela 6.1 – Annual Building Sensible Heat Gain Components.	81

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Lista de abreviaturas - ordenadas por ordem alfabética

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and AirConditioning Engineers
CMP	Camara Municipal Do Porto
CO ₂	Dióxido de Carbono
CEE	Comunidade Económica Europeia
FAO	Organização para a Alimentação e Agricultura
FIDA	Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola
HR	Humidade Relativa que se expressa em %
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
NZEB	Nearly Zero-Emission Buildings
ONU	Organização das Nações Unidas
PER	Programa Especial de Realojamento (1993)
R	Coeficiente de resistência térmica de um isolamento
RCCTE	Regulamento das Características e Comportamento Térmico dos Edifícios
SAAL	Serviço de Apoio Ambulatório Local
U	Coeficiente de transmissão térmica
UICN	União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Seus Recursos
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
XPS	Isolamento térmico Poliestireno extrudido
CO ₂	Dióxido de Carbono
KP	Protocolo de Quito

Lista de símbolos

A	Área (m ²)
φ	Fluxo - Taxa de energia térmica transferida do quente para o frio
θ_i	Temperatura interior
θ_e	Temperatura exterior
Δ	Diferença
ψ	Psi - Fluxo perda de calor na transição de um material para outro

1.

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Numa malha urbana onde o crescimento e adaptação é constante, como nas grandes cidades, o efeito de calor extremo no verão tem sido reportado com mais frequência causando consequências por vezes mortais. O consumo energético necessário nos edifícios para conseguir mitigar tais oscilações térmicas é cada vez mais elevado particularmente em edifícios com debilidades construtivas de raiz resultantes da sua utilização sob a forma de sistemas construtivos experimentais e com custos reduzidos.

A evolução histórica de métodos construtivos revela as fragilidades dos edifícios construídos na maior parte entre os anos 60 até aos anos 90. As fraquezas destas construções revelam-se nas paredes delgadas de tijolo simples de 11cm, sem qualquer método de isolamento térmico e com pouca ou nula ventilação auxiliar, tal como se evidencia nos bairros sociais construídos durante as décadas acima mencionadas e que se encontram em necessidade de reabilitação.

A reabilitação destes edifícios, especialmente no que diz respeito ao âmbito de habitação social é fundamental, sendo que as patologias e consumo energético tornam-se elevados e insustentáveis, (Amorim, F., 2009). Para além das outras melhorias estudadas em várias teses de reabilitação da envolvente, um aspeto pouco validado é o benefício global da intervenção de reabilitação de edifícios habitacionais usando jardins verticais, que poderá aumentar a qualidade de vida para milhares de portugueses incrementando o desempenho térmico da malha urbana, a qualidade do ar, a durabilidade dos materiais construtivos, o valor patrimonial do edifício e valorização ambiental global da área urbana onde se inserem.

Já é evidente em vários estudos de investigação que o espaço vegetado tem um impacto positivo na mitigação das oscilações térmicas nas cidades devido à evapotranspiração das espécies verdes, e processamento do dióxido de carbono. Interessa destacar essa melhoria na qualidade do ar, sendo que existe a vertente

purificação e controlo de CO₂, já que este processo é imprescindível não só para a mitigação da elevação de temperatura causada pelo efeito estufa, mas também para o equilíbrio saudável do ar que se respira, (Deublein et al, 2009).

Para além desses fatores positivos, existem estudos que evidenciam o efeito de proteção dos próprios materiais de construção contra a radiação solar e outros elementos naturais como o vento e a chuva, visando maior durabilidade e menor degradação da envolvente. É nesta vertente que se destaca a elaboração de simulações para este estudo, visando calcular qual seria a fachada mais vantajosa para implementação da fachada verde (N;S;E;O) e os seus atributos em termos de percentagem de superfície coberta, ou densidade da vegetação necessária para obter o melhor equilíbrio entre a exposição solar certamente necessária e a proteção dos materiais construtivos.

A intenção desta tese é de avaliar as estratégias de implementação e eficácia que tal intervenção poderá ter com a acrescida referência dos custos financeiros incorridos determinando a sua viabilidade económica. A avaliação é feita com base na investigação térmica do bairro do Cerco do Porto, na sua situação construtiva atual, após a sua reabilitação realizada no ano 2019.

Visto que o conjunto de edifícios foi concebido por arquitetos diferentes e passado a vários empreiteiros para as diferentes fases, encontramos métodos de reabilitação diferente. Concentramo-nos na solução construtiva que visa a aplicação de ETICS como é o caso do bloco 25. O facto de não estar totalmente reabilitado pode ser uma mais-valia, dando a oportunidade de implementar alguma estratégia benéfica que se encontre nesta tese, nos edifícios que ainda aguardam intervenção.

A realização de jardins verticais pode gerar benefícios térmicos na malha urbana, e consequentemente para as temperaturas interiores, não obstante a realização de outras melhorias da envolvente, já que existe a necessidade de ventilar o espaço entre a fachada existente e a malha vegetada, por questões de humidade. A melhoria da ventilação, da caixilharia dos vãos envidraçados e das condições térmicas referentes ao isolamento das fachadas já foram, neste caso, implementadas na primeira reabilitação e continuam a ser consideradas imprescindíveis.

1.2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

O objetivo desta investigação é de analisar as várias vertentes associadas à estabilidade térmica da envolvente exterior no sentido de encontrar a melhor aplicação do jardim vertical para efeitos de mitigar as oscilações térmicas na malha urbana.

Por consequência dessa mitigação procuramos entender o efeito no conforto interior dos edifícios numa malha urbana densa. Considerando os efeitos positivos da reabilitação existente no Bairro do Cerco nas reduções do consumo energético do edifício singular, já documentados, procuramos num aspeto mais global, explorar as potenciais melhorias térmicas na malha urbana, resultantes do controlo energético e da implementação de uma percentagem apropriada de área coberta com vegetação. Visando implementação de vegetação nas fachadas mais apropriadas, calcula-se o efeito térmico da solução no conjunto de edifícios e na malha urbana.

O estudo destina-se a fazer uma análise térmica calculada no programa DesignBuild, para investigar as capacidades do jardim vertical em proteger os materiais de construção da radiação solar excessiva nos meses de verão, assim gerando uma diminuição da absorção de calor dos mesmos. Por consequência, a diminuição de temperaturas no exterior terá um efeito de maior conforto térmico no interior, enquanto simultaneamente a percentagem de vegetação atribuída salvaguarda os efeitos negativos da climatização na malha urbana. Guiamo-nos pela lei de Fourier para além do recurso a várias outras investigações já realizadas e aos seus resultados.

Consideramos neste estudo o "sistema verde" como uma camada de "malha permeável", pela falta de dados térmicos do "sistema verde" em si devido à variabilidade dos mesmos. Os dados térmicos de um sistema verde terão muitas vertentes a considerar dependendo da espécie, tamanho e densidade da folhagem, as estações do ano, da ventilação na caixa de ar e da inexistência de substrato no sistema aqui explorado.

Deste modo não consideramos os dados térmicos da vegetação em si, mas sim os efeitos positivos da sua existência elevada na malha urbana e o seu efeito como revestimento em percentagem. Vimos ao encontro de alguns dados que esclarecem uma proporção

de malha verde perante a malha urbana edificada. A solução construtiva do jardim vertical deverá atingir uma proporção semelhante para enquadrar as melhorias térmicas que potencialmente podem ser atingidas. Será imprescindível realizar uma análise aprofundada para conseguir avaliar os valores exatos da mitigação de temperaturas (°C) proporcionada, tal como a quantificação do benefício relativo à proteção dos materiais construtivos contra os elementos naturais.

Em termos de simulação digital, manuseamos então os fatores de exposição solar, sombra, exposição à chuva e ventos, no que se refere ao edifício singular e disposição da fachada verde pela orientação cardinal. Prevemos o efeito da malha verde pela análise de alguns fatores climáticos previsíveis pela existência de vegetação na malha urbana, calculados em estudos existentes de exemplo, em percentagem (%) de área vegetada face a área construída.

Para conseguir efetuar a investigação metodicamente, estabelecemos 5 objetivos de investigação principais que são os seguintes:

- 1) A avaliação do desempenho térmico do Bairro do Cerco do Porto, sendo este o alvo para o caso de estudo. Não obstante a sua intervenção de reabilitação prévia com melhorias construtivas que contribuem atualmente para a funcionalidade do sistema térmico de cada edifício, o conjunto de edifícios terá de ser avaliado como um grupo na sua aglomeração urbana, contudo, para conseguirmos avaliar qual será a fachada mais relevante para intervenção, a aglomeração urbana é desmontada para avaliação na vertente do edifício singular com recurso a análise térmica do bloco 25.
- 2) Um estudo de materiais e sistema construtivo do Jardim vertical proposto é necessário para melhor perceber o efeito do revestimento vegetal nas diferentes faces do edifício. Para conseguir apreciar a orientação solar do edifício singular faz-se uma análise da área de superfície do edifício (m²) exposta em diferentes orientações cardiais. Tencionamos perceber com este estudo qual a melhor disposição do revestimento vegetado em percentagem (%), tal como algumas outras características necessárias para que o jardim vertical satisfaça o propósito solicitado.
- 3) Avaliar o desempenho energético do edifício singular visando a melhor distribuição do Jardim vertical com a consideração da sua necessidade de ganhos solares inerentes

aos meses de inverno. A solução é implementada nas diferentes faces para perceber as faces mais favoráveis. Pela percentagem de vegetação que conseguimos atingir, conseguimos perceber a diferença de temperatura urbana no local que a solução poderá proporcionar.

4) Uma comparação quantificada dos resultados térmicos antes e após a intervenção de reabilitação visando a aplicação do jardim vertical.

5) Um objetivo pertinente e conclusivo consiste em quantificar os custos dos materiais e procedimentos da construção de tais jardins verticais para avaliar a sua viabilidade económica como recurso alternativo a usar em reabilitações de fachadas em edifícios de custos controlados ou na reabilitação de fachadas de edifícios de habitação social.

A análise é feita através das ferramentas BIM, pela inicial modelação 3D no Revit, que se transporta de seguida para o programa Design Build para obter os dados térmicos e energéticos pretendidos. Este exercício de modelação segue parte da metodologia descrita na tese de mestrado de Thais Prata de 2022. É feita uma comparação entre o consumo energético do edifício atual e do edifício com a intervenção proposta para podermos identificar as oscilações nos consumos energéticos do edifício em ambos os casos, sendo esta a medida base do grau de conforto. O consumo energético do edifício é medido pelo Programa DesignBuild para compreensão dos valores nominais para aquecimento, arrefecimento e ventilação medidos pelo programa ENERGYPLUS, contra os standards da ASHRAE, necessários para atingir o grau de conforto aceitável.

Para conseguir atingir os 5 objetivos principais acima descritos, estabelecemos uma metodologia concreta que é a seguinte:

1) Para a correta avaliação térmica do caso de estudo, é necessário perceber o sistema construtivo do edifício original, os materiais construtivos, e os sistemas e materiais de melhoria aplicadas na primeira intervenção de reabilitação.

2) A criação de um modelo volumétrico dos edifícios no seu conjunto urbano. Este modelo permite a análise do impacto térmico dos edifícios como uma aglomeração edificada, tomando em conta a sua orientação solar, coordenadas geográficas e por consequência, o clima inerente à sua localização.

3) Congregar um esquema definitivo dos materiais adotados para a construção do jardim vertical e definir a instalação de infraestruturas necessárias para o correto funcionamento do jardim a longo prazo. As infraestruturas reúnem os requisitos de abastecimento de água, tendo em consideração a captura, mineralização e distribuição de águas pluviais e a drenagem adequada.

4) Desenvolver um modelo 3D detalhado com o software Revit, considerando um dos blocos do conjunto dos edifícios do Bairro do Cerco, sendo este, o Bloco 25, usado para a avaliação mais específica no software Design Build, com o objetivo de perceber a melhor orientação para o revestimento vegetado. Este exercício considera a exposição solar e penetração dos materiais de construção pelos elementos naturais no caso de a fachada ser virada para: Norte; Este; Sul; Oeste.

5) Considerando os resultados mais favoráveis do exercício da metodologia no n.º 4 acima descrito, a mesma avaliação térmica é feita considerando a distribuição do revestimento vegetado pelas quatro fachadas, para criar uma base de comparação e conseguir avaliar o efeito de maximizar a implementação da malha comparativamente com as outras orientações.

6) Uma avaliação comparativa do modelo do edifício existente e a intervenção de reabilitação aplicada visando jardins verticais. Faz-se uma comparação do grau de conforto perante as necessidades energéticas anuais, antes e depois da reabilitação ressaltando os benefícios globais na construção referente a legislação de reabilitação em vigor.

7) Uma quantificação de materiais e estratégias de obra para a avaliação económica da intervenção com recurso ao Gerador de Preços do programa CYPE. A quantificação tem por base as telas finais dos materiais aplicáveis, vegetação, mão de obra, custos de estaleiro, técnicos de PSS e de supervisão da obra. Inclui-se ainda uma estimativa dos custos de manutenção a longo prazo.

8) Avaliação final da solução construtiva, dados energéticos e viabilidade económica da proposta de aplicação do jardim vertical.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

A estrutura desta tese desenvolve-se em 6 capítulos que de seguida se descrevem.

O primeiro capítulo refere-se ao enquadramento da tese desenvolvida. Define os objetivos e a metodologia adotada para conseguir efetuar as análises coerentemente e expõe a sua estrutura ponderada.

O segundo capítulo concretiza o Estado da Arte na sua abordagem histórica e científica referentes aos conceitos da "ilha de calor" e às debilidades dos sistemas construtivos das épocas descritas. Consideram-se as questões da reabilitação de edifícios de habitação social em Portugal com referência ao conforto térmico do utente.

Definimos os conhecimentos estabelecidos nos domínios aplicáveis às coberturas e fachadas vegetadas e investigações primordiais sobre a mitigação térmica da envolvente e da malha urbana. Recorremos a um apanhado histórico da caracterização da malha urbana, dos espaços verdes, a evolução do uso, legislação e ocupação de solos. Apresentam-se estudos efetuados sobre a concentração de CO₂ com investigações científicas referentes à sua mitigação visando espaços vegetados. Exploramos a lei de Fourier e a sua ligação com a nossa análise. São descritas ainda algumas falhas nos sistemas de água urbanos com referência aos conceitos NZEB, visando melhorias na infraestrutura com métodos de reutilização de "águas cinzentas".

O terceiro capítulo concentra-se numa análise detalhada do Bairro do Cerco do Porto em qual elaboramos uma breve análise histórica descrevendo algumas questões sociais e psicológicas que foram fruto da arquitetura e distribuição urbana deste aglomerado de edifícios. Apresentamos as estratégias da intervenção concebidas para a sua reabilitação em 2019 com uma breve avaliação dos materiais e sistemas construtivos aplicados. Faz-se ainda uma avaliação económica da reabilitação para ter base de comparação para a avaliação de viabilidade efetuada no final da tese.

O quarto capítulo constitui a análise térmica aplicada ao caso de estudo na sua situação atual, após a reabilitação de 2019, constatando já os melhoramentos construtivos efetuados e descritos no capítulo anterior. A modelação 3D é feita no software Revit,

de forma volumétrica para obter os dados térmicos dos edifícios no seu conjunto como uma aglomeração edificada, neste caso tomando em conta a orientação solar e as melhorias da ventilação e isolamento térmico. É feito de seguida uma avaliação térmica no software Design Build, de um edifício-tipo singular sendo este o Bloco 25, usado para a avaliação mais especificamente dos consumos energéticos anuais do próprio edifício.

O quinto capítulo diz respeito ao estudo de caso, ou seja, ao estudo da aplicação de uma fachada verde na Empena Sul do Bloco 25 do Bairro do Cerco do Porto.

Numa primeira fase, define-se o sistema construtivo do jardim vertical visando os materiais adotados. Definem-se também as diferentes instalações de infraestruturas necessárias para o correto funcionamento do jardim a longo prazo com a consideração da captura, armazenamentos, mineralização e distribuição de águas pluviais, tal como o sistema de drenagem. A modelação 3D é feita no software Design Build com base no edifício-tipo singular definido no capítulo anterior, sendo este usado numa avaliação mais específica para conseguir perceber a melhor distribuição do revestimento vegetado considerando a exposição solar no caso da fachada ser virada para: Norte; Este; Sul; Oeste.

Em seguida, ainda neste capítulo, considera-se a quantificação de medições feita anteriormente para fundamentar os cálculos necessários e calcular o orçamento do projeto proposto. Por fim, estimam-se objetivamente os custos da manutenção do sistema a longo prazo.

O sexto e último capítulo é o capítulo de conclusão. Faz-se uma avaliação final dos métodos construtivos mais favoráveis para execução da fachada vegetada e a sua orientação com base nos estudos elaborados. Apresentam-se ainda neste capítulo futuros desenvolvimentos para a investigação efetuada. Fazem-se perguntas julgadas pertinentes associadas a este estudo e definem-se alguns objetivos para os seguintes passos de avaliação necessários para validação adicional das técnicas e conceitos concebidos nesta dissertação.

2.

ESTADO DA ARTE

Neste capítulo, são analisados os livros e artigos que nos fortalecem os conceitos sobre a climatização na malha urbana e a sua mitigação. Investigamos os aspetos científicos que estabelecem o uso contemporâneo de sistemas construtivos sustentáveis e a necessidade de malha verde em solo urbano. Observamos ainda alguns pareceres de obras previamente conseguidas com conhecimentos botanistas e paisagistas dos mais reconhecidos “gurus” do jardim vertical tal como Patrick Blanc, e métodos de cálculo para sustentar a subsequente avaliação térmica.

2.1 CLIMATIZAÇÃO NA MALHA URBANA

A densificação da malha urbana, induz a redução permanente de espaços verdes. Como consequência do grande crescimento das cidades, concebidas com materiais de construção como o aço, betão e alcatrão, os espaços urbanos têm sofrido de um aumento de temperaturas que se designa como o efeito da “ilha de calor”.

Outros fatores que contribuem para o efeito da ilha de calor integram-se na própria conceção do sistema construtivo e a eficácia do funcionamento de cada edifício como um “ser vivo” que respira, consome e dejeta. Desta maneira, referindo-nos aos sistemas passivos, o sistema funcional de um edifício deverá integrar a eficaz conceção de um sistema de ventilação e de proteção solar e de Isolamento térmico para mediar as energias nele inseridas e um sistema adequado de drenagem de águas e esgotos. Numa utopia ideal, no que se refere aos sistemas ativos, o edifício deverá também preconizar uma fonte de energia renovável e um sistema de filtragem aquífera para assistir a uma maior e mais eficaz captura e reutilização de águas pluviais e de saneamento.

De facto, já conseguimos perceber que a falta de tais sistemas, acarreta a ineficiência energética dos edifícios o que condiciona o conforto térmico e a qualidade de vida de quem lá reside. É necessário também perceber que a falta, principalmente dos

sistemas passivos, leva a uma maior degradação dos materiais de construção e, por consequência, do próprio edifício. Desta maneira, o custo global do investimento torna-se maior devido à mais reduzida durabilidade dos materiais, de onde resulta uma necessidade de reabilitação antecipada o que se traduz numa menor vida útil do edifício.

2.2 ESPAÇOS VERDES URBANOS E OCUPAÇÃO DE SOLOS

No que se refere à Arquitetura e planeamento urbano, existe um desenvolvimento de artigos regulamentares para a Cidade do Porto entre os anos 1947 e 1952, que no seu conjunto constituem "O Plano Regulador", ver figura 1. Este documento começa a definir objetivos e regras fundamentais da construção e planeamento para evitar e mitigar a construção de pequenos "barracos" que serviram durante uma época de expansão desregulada de habitação para a população crescente que afluía à cidade proveniente dos meios rurais.

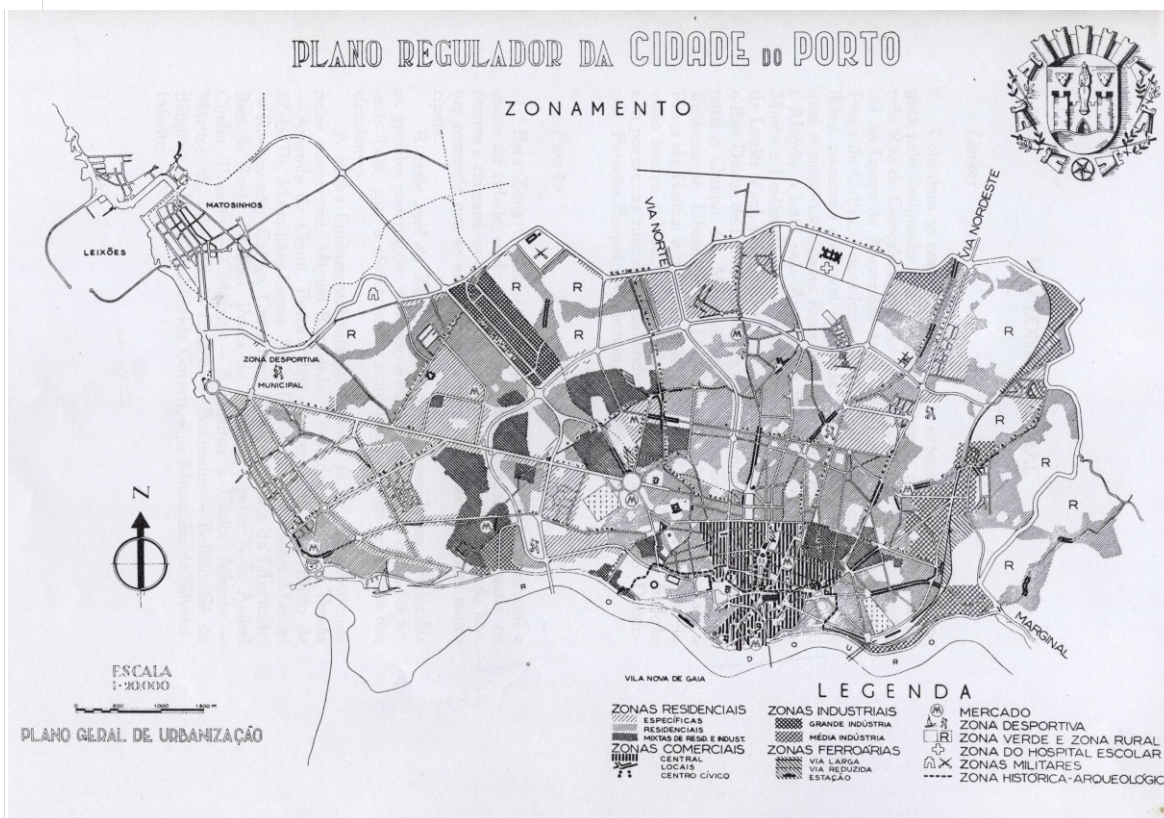


Fig. 1 - Plano Regulador da Cidade do Porto 1947 e 1952

A construção em grande escala dos bairros sociais no Porto começa na década dos anos 50 com o "Plano de Melhoramentos", que tem como objetivo resolver o problema de habitação no centro da cidade do Porto através da construção de 6000 fogos recorrendo ao financiamento do Estado e da CMP. O Plano de Melhoramentos desenvolvido nos anos 50 pelo Engº José Albino Machado Vaz, iniciou a construção de múltiplos Bairros sociais com o objetivo de criar zonas de "expansão" da cidade para descongestionar as zonas centrais. (CMP, 2023)

Este plano de expansão previu também, na sua agenda, a demolição das "ilhas" construídas de forma clandestina e considerados os "shantytowns" da cidade com condições insalubres. (Matos, F. 2001). A ideia era "expandir a cidade" para a zona periférica, contudo, a falta de visão urbanística no planeamento das acessibilidades coerentes com o plano de edificação, começou a gerar vários problemas sociais, de circulação, e também de infrações construtivas contra as disposições do Plano Regulador e do RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas) que já se encontrava em vigor desde 1951.

A edificação começa a ser implementada na periferia o que causa uma "desagregação verde", libertando-se da estrutura urbana, desprendidos das vias de circulação e implantadas segundo uma tipologia de "Bloco" integrado em zonas densamente construídas. O novo conceito de edificação conduziu à ocupação de múltiplos espaços amplos e abertos, existentes nas zonas periféricas da cidade do Porto à data, sem que ocorresse a criação de novos espaços verdes de lazer público. Tornam-se então espaços sem identidade, abandonados e rapidamente degradados. (Madureira, 2001), que a administração da cidade há cerca de pelo menos 50 anos procura dignificar, ver figura 2 referente a um "Plano de Melhoramentos" realizado no início da década de 1960.

De qualquer forma, apesar do grande esforço regulador da cidade, as construções deste tipo são descritas na tese de Manuela Magalhães como:

"agentes fragmentários do espaço" os quais "serviam perfeitamente os objetivos individuais dos promotores, dado que lhes permitiam intervir por partes da cidade, sem ter de se sujeitar às regras duma morfologia urbana pré-definida" (Magalhães, 1996)

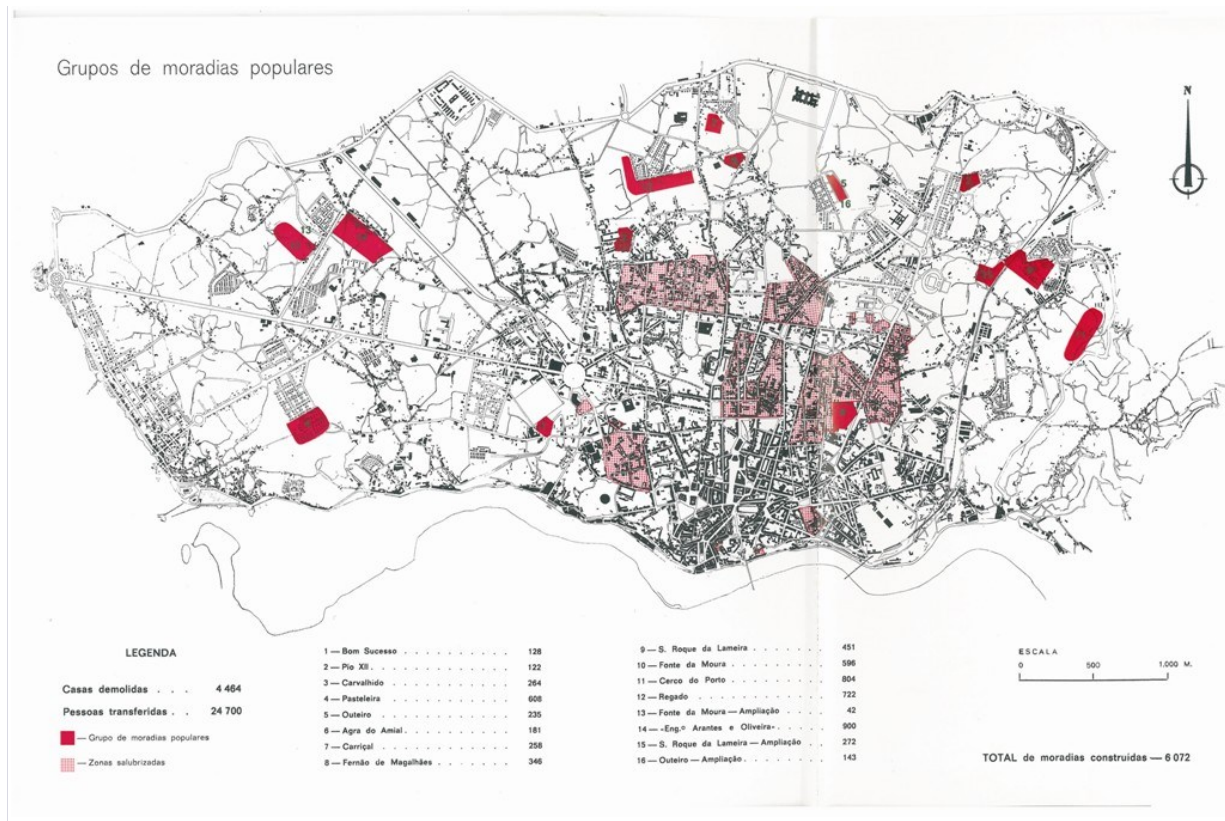


Fig.2 - Plano de melhoramentos (CMP, 2023)

O Plano de Melhoramento manteve-se focado em resolver o problema de habitação e os espaços verdes não foram considerados como uma necessidade para o bem-estar social. O enquadramento de espaços verdes, contudo, já fazia parte do padrão do planeamento urbano do Porto e já era apresentado no Plano Regulador, ver figura 3.



Fig. 3 -Proposta de «zonas verdes, rurais e desportivas», Plano Regulador da Cidade do Porto, 1952 (Madureira, 2001)

Revisando a falta de sincronicidade entre os planos apresentados na altura, decidiu-se na década dos anos 60, desenvolver um Plano Diretor da Cidade do Porto que pudesse regulamentar os aspetos do planeamento urbano que se encontravam em desequilíbrio.

A década dos anos 60 trouxe as primeiras conferências internacionais que se relacionavam com as preocupações do efeito estufa e a implementação de estratégias ecológicas e sustentáveis globais. (UNESCO)

Com esta iniciativa lançou-se um inventário dos espaços verdes da cidade do Porto para conseguir-se um melhor entendimento do território e aprimorar a tarefa em mãos. A falta de habitação social continuava carente de atenção, contudo a necessidade de harmonizar a qualidade de vida dos cidadãos através de uma maior e mais fácil acessibilidade a espaços verdes urbanos já começou a ser novamente priorizada, ver figura 4.

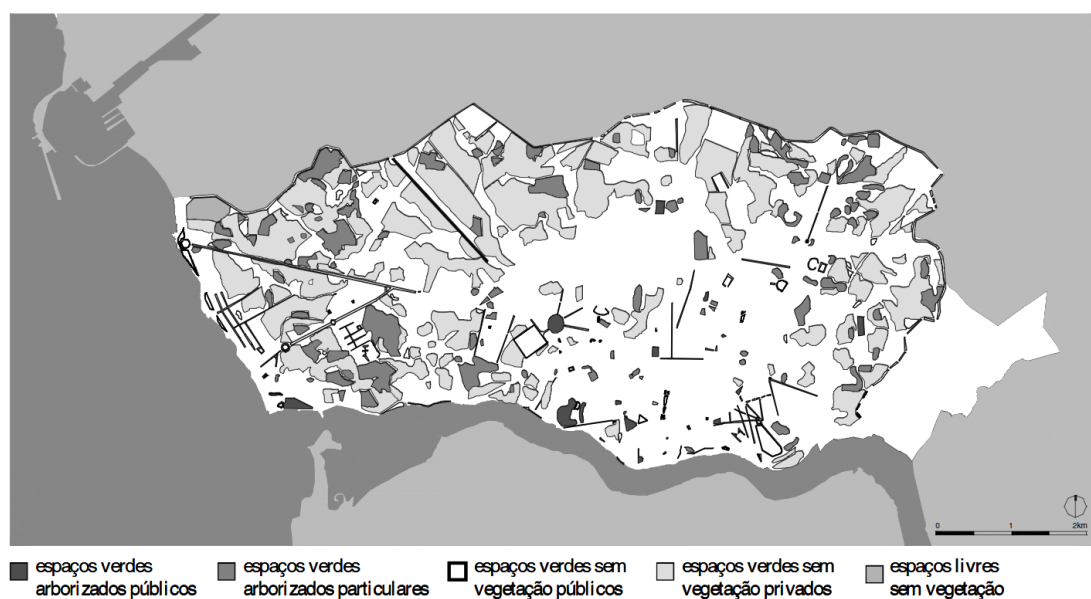


Fig. 4- Inventário para criação da proposta de utilização dos «espaços não construídos» para o Plano Director da Cidade do Porto, 1962 (Madureira, 2001)

O Plano de Melhoramentos deu origem a cerca de 21 bairros sociais, o que na época foi essencial, porém a qualidade das construções e a inserção urbana das mesmas evidenciam um trajeto precoce com pouco planeamento na organização da ocupação

de solo. A influencia psicológica e social consequente destes projetos de construção relativamente desregulados, evidenciam-se décadas depois com uma forte necessidade de reabilitação que desde 2017 se tem implementado.

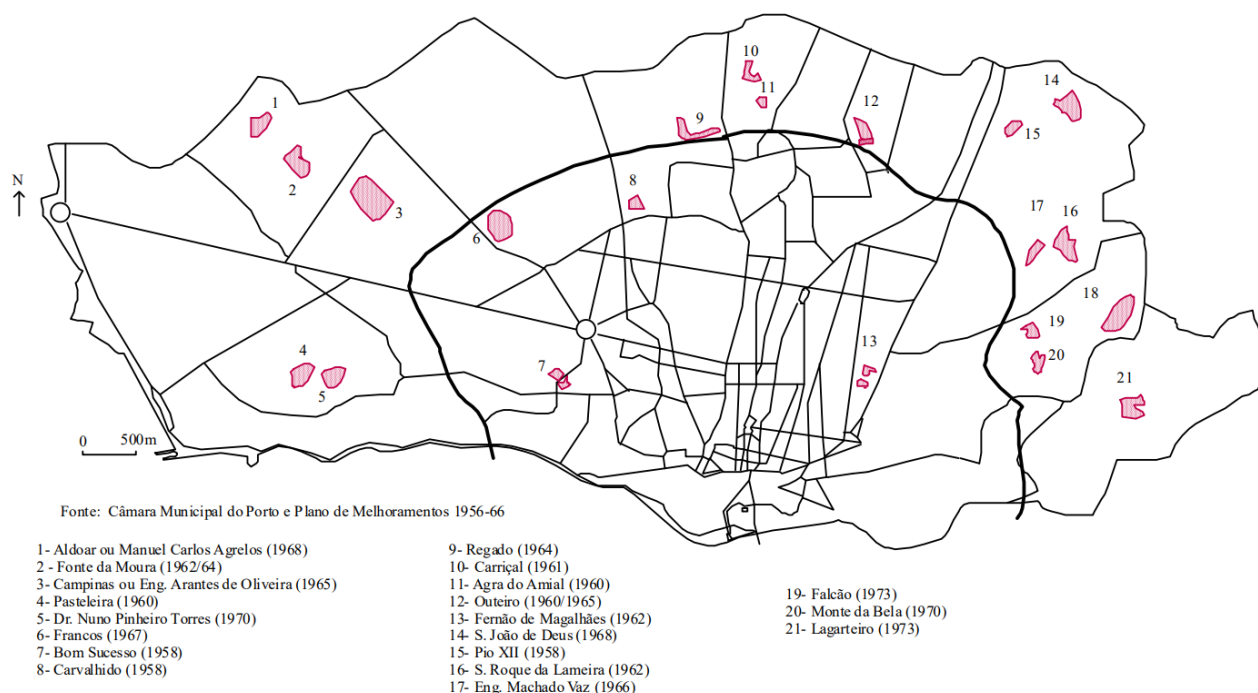


Fig. 5- Localização dos Bairros Construídos pelo Plano de Melhoramentos (Matos, F. 2001)

A "desagregação verde" anteriormente mencionada inibe o uso de vários espaços amplos no interior dos bairros a serem usados para lazer público, causando uma série enorme de espaços abandonados que não estão atribuídos ao setor de espaços verdes da cidade do Porto e encontram-se, ainda hoje, designados apenas como "Espaços isolados residências".

Em 1971 cria-se a Comissão Nacional do Ambiente (CNA) numa altura de restrições políticas, ainda um pouco tempo antes da revolução de 1974, porém, a adesão portuguesa a um movimento mundial foi arrojada e a regulamentação ambiental ainda se encontrava longe do horizonte.

Após a revolução de 25 de abril de 1974, existe um movimento para melhoramento de condições habitacionais, já que o problema de habitação ainda não tinha sido resolvido. O Programa SAAL (Serviço Ambulatório de Apoio Local) que surge no ano da revolução deu fruto ao conceito de casas de "renda limitada", porém os edifícios,

construídos de pedra e cal, continuavam a ser básicos comparados com os níveis de qualidade que conhecemos atualmente. O sistema de expropriação de terrenos públicos, particularmente no Porto foi um dos entraves grandes do projeto já que as rendas eram feitas a preços simbólicos, e o receio de afetar o setor imobiliário era muito grande e pertinente, ver figura 6. (SAAL, 2023)

Após a adesão à Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1986, nasce a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e, com os avanços globais nas preocupações ambientais da construção, é validada em 1991 a primeira versão do regulamento térmico dos edifícios (RCCTE). Em 1997 Portugal assina o Protocolo de Quito o qual só entra em vigor em 2005 com o objetivo de reduzir emissões de gases de estufa e com o objetivo de começar a controlar o efeito de estufa e o aquecimento global, que já na altura mostrava consequências.

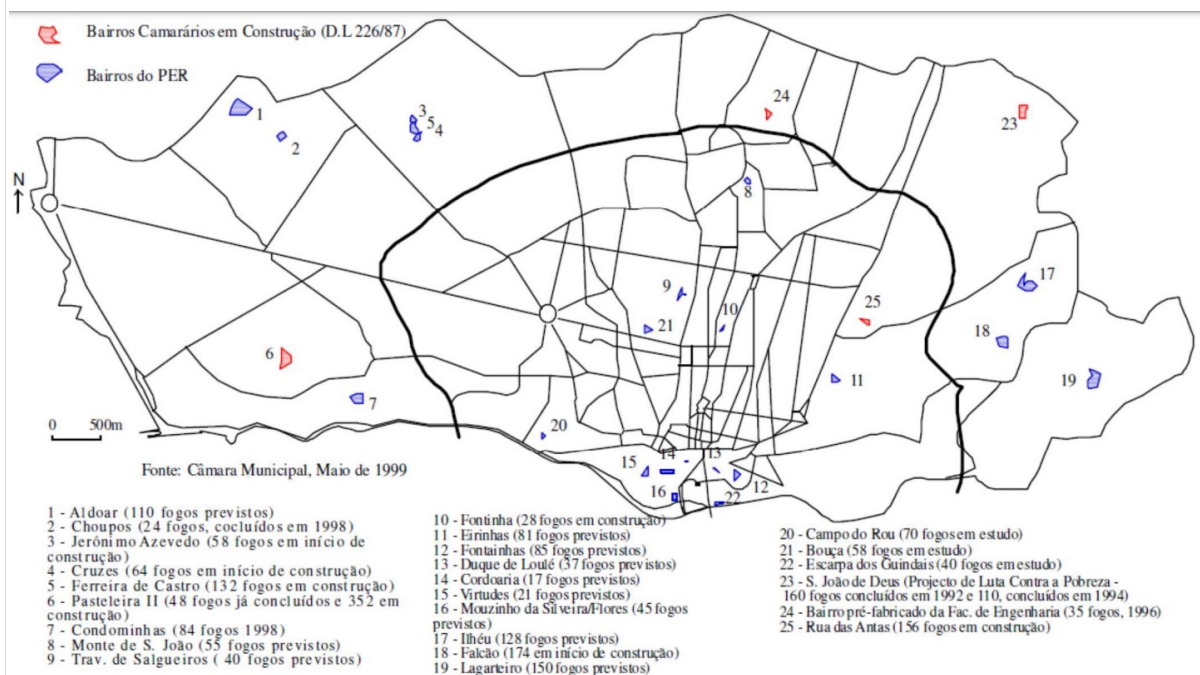


Fig. 6 - Bairros construídos pelos programas PER e SAAL 1974-1979

O Plano Diretor Municipal (PDM) do Porto foi finalmente aprovado em 1993, ver figura 7, e foi-se adaptando com revisões devidas a diferentes movimentos políticos, sociais

Reabilitação Visando Jardins Verticais para o Controlo Sustentável da Climatização na Malha Urbana

e ambientais geradas por avanços científicos, congressos e entidades mundiais como a UNESCO/ONU, a FAO, a FIDA, regulamentos europeus (EU), entre outros.

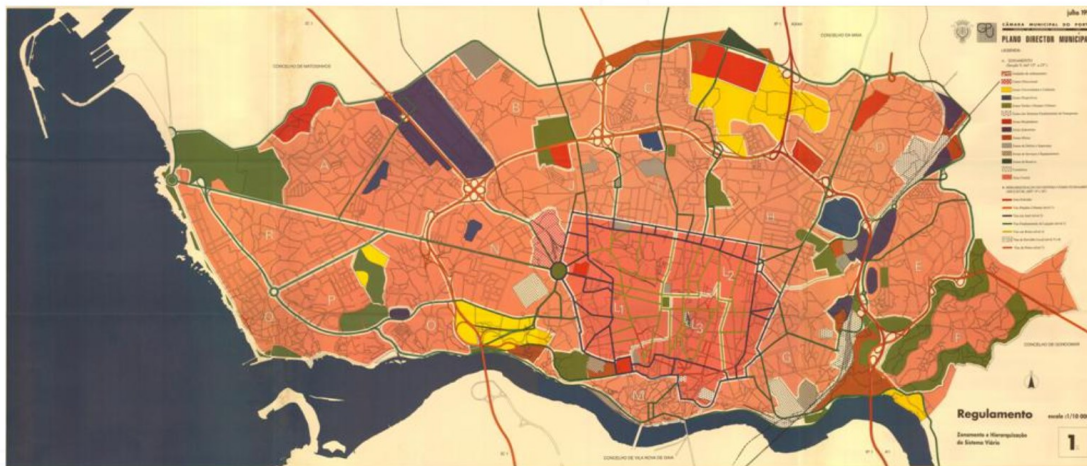


Fig. 7 - Primeiro Plano Diretor Municipal do Porto 1993

O PDM do Porto foi sucessivamente sendo revisto, ver figuras 8 e 9.

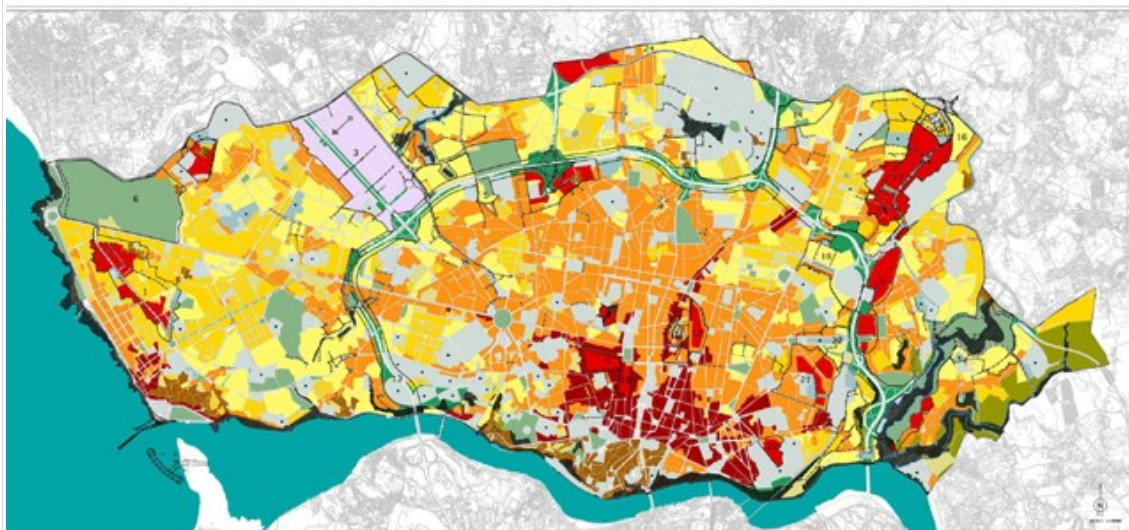


Fig. 8 - Plano Diretor Municipal do Porto 2006

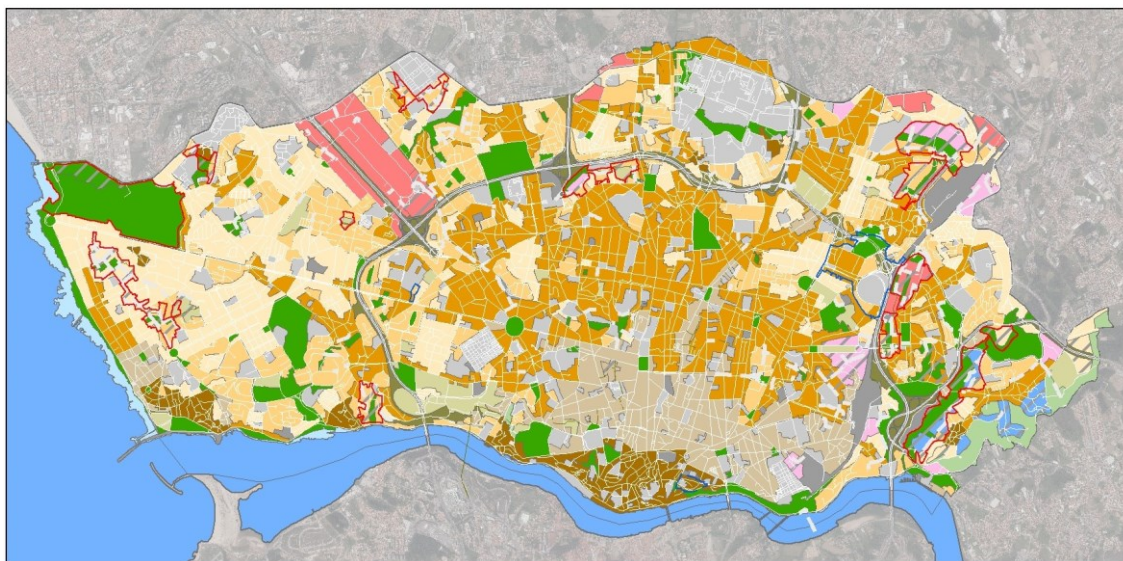


Fig. 9 - Plano Diretor Municipal do Porto publicado em 8 julho de 2021

Atualmente existe uma revisão ao PDM que está a levantar bastante debate político devido às implicações na regulamentação da ocupação de solo e das limitações construtivas consequentes perante a redução de área construível face à ampliação dos limites de terrenos agrícolas, linhas de cheias, de Incendio florestal etc. Contudo, existe uma forte influência da Comissão europeia e de normas europeias EN que são e serão cada vez mais incontornáveis nos países da UE.

Para além do PDM existem variados documentos de regulamentação que formam a legislação completa de urbanismo e ordenamento de território em Portugal. Alguns desses mais relevantes neste contexto incluem: o Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT) ; Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROTs) ; Os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOTs) ; Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOTs) ; Planos de Urbanização; Planos Regionais de Ordenamento Florestal.

Esta tese concentra-se, no entanto, no PDM, na análise municipal de espaços verdes e florestais do solo urbano, e na legislação, normas técnicas e regulamentares da Térmica (RCCTE), no que se refere as especialidades de engenharia da construção civil e logo não se analisam as implicações legislativas mais gerais em termos de diplomas da área do Urbanismo.

Tendo adquirido uma compreensão global dos benefícios dos espaços verdes na malha urbana procuramos compreender a situação atual da malha verde da Cidade do Porto. As capturas de dados indicativos de cidades da UE são imprescindíveis para obter uma base de comparação da situação "verde" de Portugal e posteriormente, da Cidade do Porto, ver figuras 10 e 11.

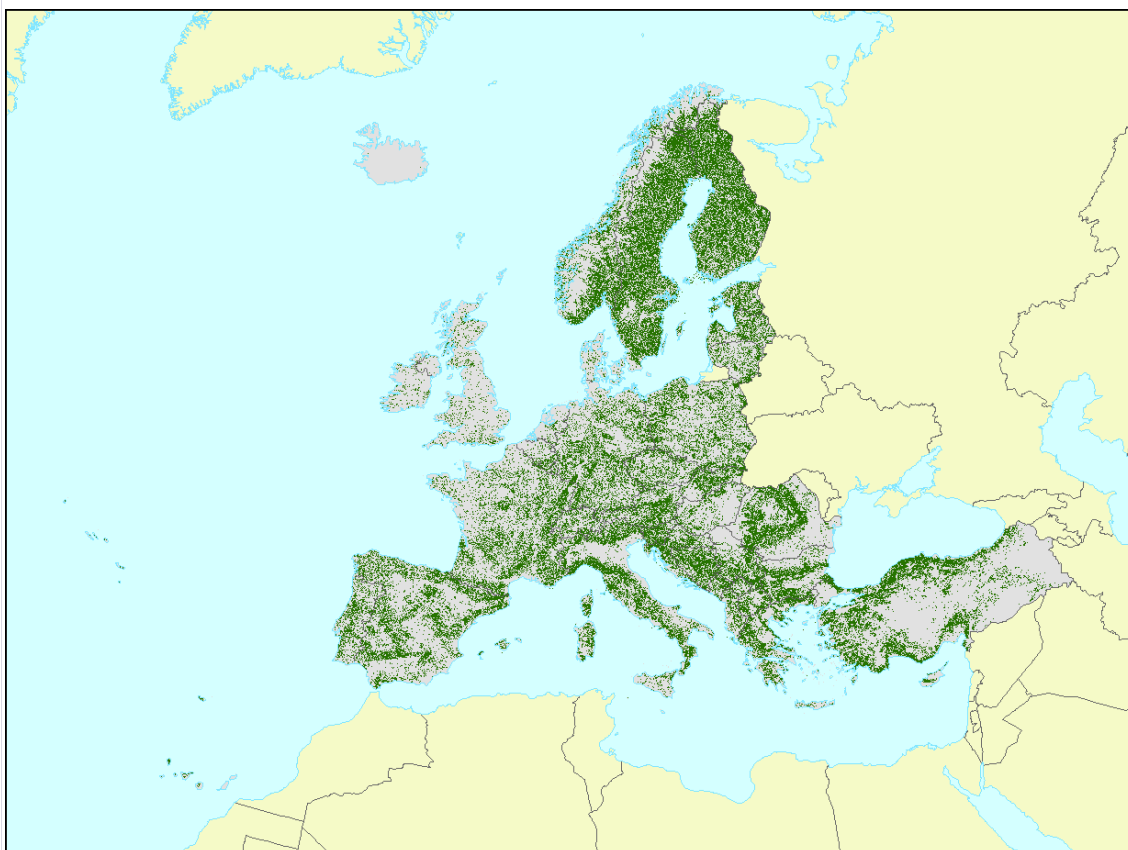


**Fig. 10 - Forest Area 2015 based on Copernicus HRL Forest products
(Urban Atlas, 2018)**

Nos termos do disposto no n.º 3 do artigo 6.º da Lei n.º 60/2007, de 4 de setembro refere o quadro de áreas para o dimensionamento regulamentar que existe na Portaria n.º 216-B/2008 de 3 de março, (Anexo i), que indica a proporção de espaços verdes na malha urbana. O regulamento de dimensionamento dos espaços urbanos propõe que 28m² em cada 120m² de construção sejam atribuídos a espaços verdes de utilização coletiva. Esta proporção traduz se em 23% de espaços verdes face a área construída, que evidentemente ainda não está a ser atingida, ver fig. 11.

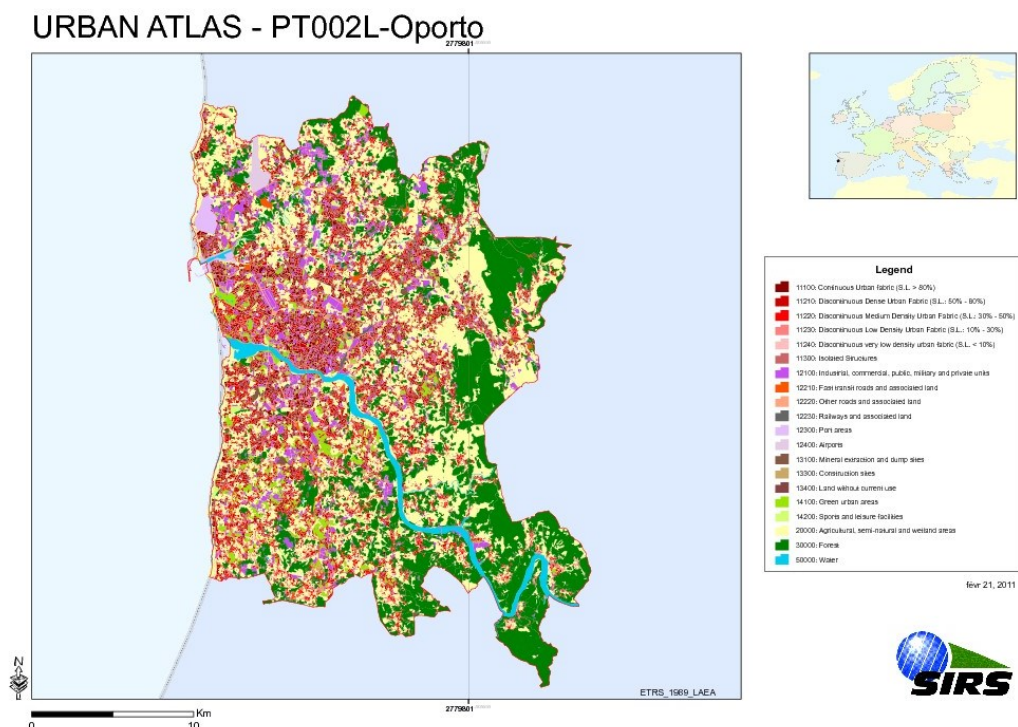


Fig. 11 - Mapa do uso de solo da comarca do Porto (Urban Atlas, 2018)

Os resultados de várias teses e bases de dados demonstram de facto uma necessidade de incrementar o índice de vegetação na comarca do Porto. Apesar de não existir um rácio propriamente dito, de espaço construído/espço verde, existem inúmeros estudos que encontram percentagens dos espaços verdes existentes e elaboram ponderações matemáticas interessantes para alcançar as necessidades ponderadas, ver figuras 12 e 13 e Tabela 1.

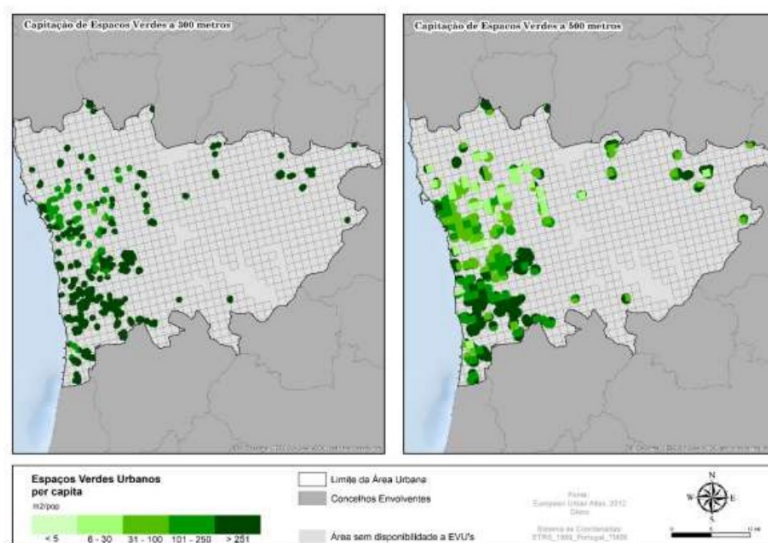


Fig. 12 - Mapa de captação de espaços verdes urbanos do Porto (Mendes, 2017)

Tabela 1 - Quadro resumo relativo à disponibilidade e acessibilidade a espaços verdes na área urbana do Porto, de acordo com as bases de dados europeias (Mendes, 2017)

População (Grid Eurostat)	1 343 429 hab	
Área total de espaços verdes (European Urban Atlas)	1 835,56 ha	
Área dos Espaços Verdes > 2ha	11 279 800 m ²	
Capitação total de espaços verdes (> 2ha)	8m ² /hab	
Disponibilidade de espaços verdes (> 2ha) à distância de 300 metros	População servida	21%
	Capitação	39m ² /hab

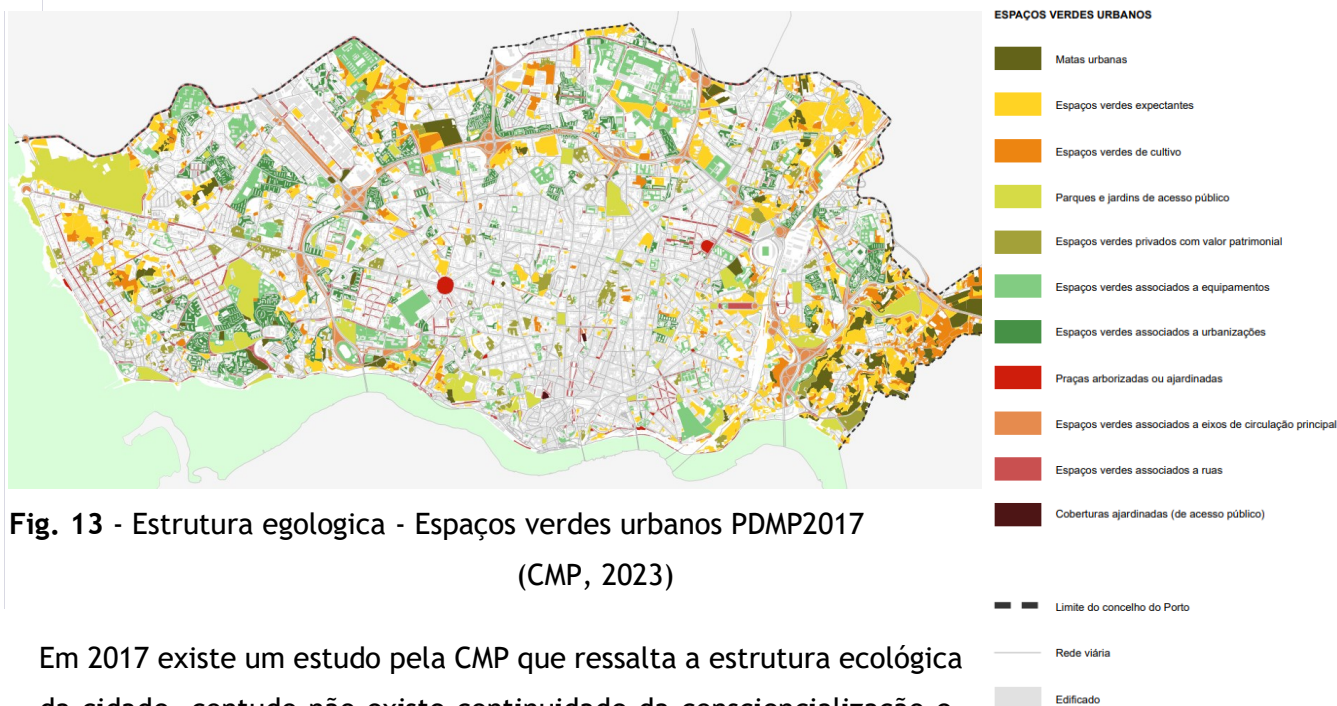


Fig. 13 - Estrutura ecológica - Espaços verdes urbanos PDMP2017 (CMP, 2023)

Em 2017 existe um estudo pela CMP que ressalta a estrutura ecológica da cidade, contudo não existe continuidade da consciencialização e, no PDM de 2021, conseguimos observar poucas alterações em relação aos espaços verdes urbanos. Sendo que a área metropolitana do Porto é 204000 ha, os 1835 ha de área verde traduzem-se em cerca de 0.8%

Em conclusão, a disponibilidade de espaços verdes urbanos podia ser melhorada, visto que atualmente existe cerca de 0.8 % e a proporção exigida ressalta a necessidade de cerca de 23% face à área construída. Com a intervenção de uma malha verde nos edifícios, sendo nas coberturas ou nas fachadas, esta percentagem pode vir a ser melhorada.

2.3 REABILITAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL

Desde 2017 tem havido um esforço sem precedente, pela parte da Câmara Municipal do Porto para a reabilitação de edifícios de habitação social por intermédio da empresa municipal DomusSocial. Foram desenvolvidos vários documentos e planos urbanísticos para objetivar e fundamentar a ordem dos planos de reabilitação.

Segundo estes documentos, a reabilitação da habitação social é principalmente um caso de urgência porque as condições em que se encontravam contradizem os direitos humanos designados na constituição pelo "Primeiro Direito". É então estipulado no art. 5º do D.L. n.º 37/2018 de 4 de junho, o conceito de condições indignas, e subsequentemente no art. 6º do mesmo decreto, o acesso ao apoio que estabelece o direito de aceder a uma habitação financiada.

O direito humano a uma habitação condigna significa que, em termos de habitação social, as estratégias de construção, uma vez atualizadas, não podem ser de qualidade inferior aos níveis aceitáveis para o setor de construção privado. Deste modo, as habitações sociais terão de reunir as condições normativas de conforto e sustentabilidade que regulam a concepção arquitetónica e construção dos edifícios na redação atualizada.

A isenção de isolamento em bairros sociais tem-se justificado pela falta de ventilação, a qual pode ter efeitos patológicos de humidade no interior provocado pela acumulação de CO₂, humidade e de condensações.

Os fungos e ácaros provenientes deste tipo de humidade podem ser prejudiciais para a saúde, podendo propiciar infeções respiratórias para além de causar degradação e danos nos materiais da envolvente, causando necessidade de intervenções de restauro prematuros.

A reabilitação dos bairros tem promovido um melhoramento global dos cidadãos que neles residem, tomando em conta aspetos de reinserção social para além da implementação de sistemas construtivos passivos como o isolamento térmico e a

proteção solar. Em muitos casos, nas reabilitações recentes no Porto, também têm conseguido implementar sistemas ativos como painéis solares e ventilação por HVAC.

2.4 EDIFÍCIOS DE MALHA VERDE - EXEMPLOS

Estudos de coberturas e fachadas verdes têm apresentado várias vantagens tanto para a preservação do edifício como para a vida quotidiana dos seus ocupantes. Refere-se à qualidade de vida aquela que tem um acrescido conforto, o que se torna realidade quando existe um aumento no equilíbrio térmico, acústico e na qualidade do ar urbano. (Cabeza et al., 2014)

O museu de ciências naturais de Barcelona conhecido por Museu Blau é um exemplo de um edifício com cobertura verde sustentável. Devido às condicionantes de peso, a cobertura foi plantada com espécies herbáceas para evitar a introdução de substrato em profundidade. Neste espaço são concebidos pequenos lagos com algas e peixes para formar habitats complementares.

Esta cobertura é determinada como um espaço de estudo científico para investigação das mais adequadas técnicas aplicáveis à cobertura vegetada. As espécies do terraço são monitorizadas para determinar os habitats mais adequados para implementação em coberturas verdes na cidade de Barcelona.

A drenagem de água neste caso, ocorre em dois níveis, sendo o caudal maior drenado para o sistema principal sob a camada de isolamento térmico. A água que acaba por permear é drenada à superfície da barreira impermeável. A cobertura vegetal prevê melhorias de isolamento térmico e acústico e na impermeabilização pela absorção natural de águas suplentes, o qual tem sido particularmente valorizado pela sua eficácia na gestão de águas pluviais, ver figura 14.



Fig. 14 - Museu Blau Barcelona (Cabeza et al., 2014)

A Caixa Fórum em Madrid é um exemplo de um edifício de fachada verde sustentável concluído em 2007 com a dimensão vertical de 24m em altura. Foi concebida por Patrick Blanc segundo o seu ditado de que "as plantas não necessitam de terra, apenas água, minerais, luz e dióxido de carbono para conseguir produzir a fotossíntese. As 250 espécies são apoiadas em cinco estruturas tubulares que permitem a necessária ventilação da fachada, e a instalação de tubagens para efeitos de rega. A rega é feita por goteio e reciclada no momento de drenagem. A vegetação foi seleccionada com base nas condições climáticas locais.

É uma estrutura vegetal espetacular que tem evoluído de uma forma quase auto-sustentável, ver figura 15.



Fig. 15 - Caixa Forum, Madrid (Archingeni, 2015)

Patrick Blanc é um botanista francês que tem ampla experiência na execução de jardins verticais. Tendo grandes obras reconhecidas mundialmente, tem-se tornado especialista na implementação das melhores técnicas de aplicação do jardim vertical com espécies vegetais vivas, e por este motivo, o livro dele, *The Vertical Garden: From Nature to the City* (Blanc, P., 2012), tem sido um fio condutor para melhor entendimento das técnicas a adotar na conceção de um produto de sucesso e economicamente viável.

O Museu Quai Branly em Paris desenhado pelo arquiteto Jean Nouvel é outro exemplo do sistema verde aplicado, inaugurado em 2006 com uma fachada viva de 800m² em 12m de altura, ver figura 16.

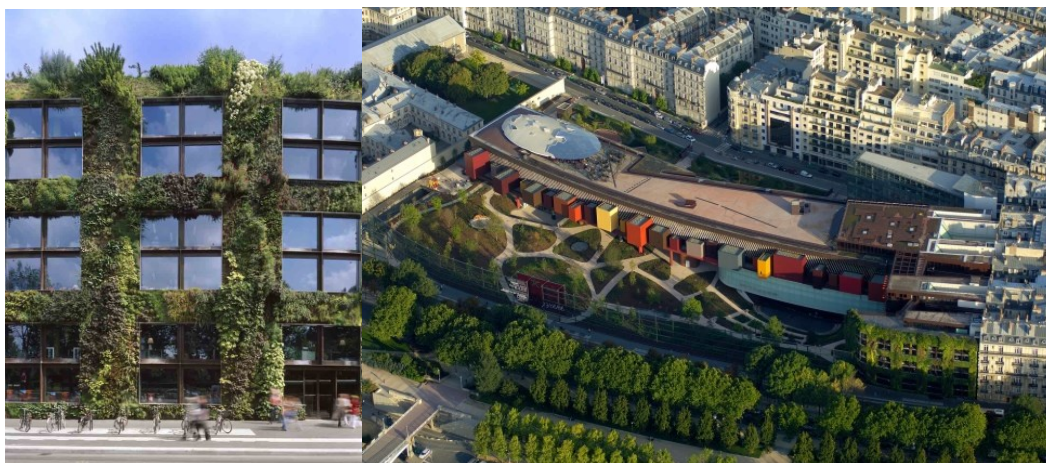


Fig. 16 - Museu Quai Branly, Paris (Archdaily, 2006)

É determinado por Patrick Blanc que a transposição de plantas do seu habitat não é eficaz para a sustentabilidade de uma parede vegetada já que requer uma manutenção constante e níveis de água que provavelmente não corresponderão ao clima do local.

A terra é meramente um suporte mecânico para a vegetação. Na realidade existem milhares de espécies que não necessitam terra para crescer. Espécies como Berberis, Spirea e Cotoneaster crescem em vertentes praticamente verticais o que se evidencia pela forma dos seus ramos curvos inatos. Enquanto existe uma fonte de água e nutrientes renovada, e bem drenada, as raízes irão crescer sempre à superfície sem perfurar para procurar água nas cavidades nem afetar a parede na qual permanecem.

2.5 FACHADAS VERDES -CARACTERISTICAS ESSENCIAIS

Num sistema hidropónico como temos visto, é necessário um abastecimento permanente de água, contudo o armazenamento de águas pluviais e a reutilização das águas drenadas podem amortecer os custos de manutenção significativamente.

A drenagem em coberturas vegetadas é particularmente favorecida pela absorção e gestão que a própria vegetação induz. Porém, a gestão de água nas fachadas vegetadas não é tão eficaz devido à sua localização e estrutura vertical. A verticalidade pode, no entanto, facultar uma redução do impacto de chuvas fortes contra a fachada e reduzir o escoamento superficial, de modo a proporcionar uma drenagem por escoamento livre mais lento sem grande necessidade de canalização vertical desde que haja uma base permeável. Em termos de filtragem, o próprio sistema age como filtro das águas que nele incidem e, por conseguinte, podem permitir a reutilização da água drenada para rega ou outros fins semelhantes.

Partimos do princípio que as fachadas verdes funcionam de forma semelhante às coberturas verdes, conseguindo agir como uma camada de isolamento térmico nos edifícios e simultaneamente proteger os materiais de construção expostos à radiação solar e outros elementos naturais danosos a longo prazo. Contudo, na prática, para conseguir uma aplicação eficaz da fachada verde é necessário considerar um caixa de ar fortemente ventilada para que as humidades inerentes à vegetação não tenham consequências danosas na própria envolvente.

Para além da vertente das humidades, é necessário considerar a caixa de ar para separar a fonte de rega e subsequentemente a caminhada das raízes das plantas, prevendo uma condução de afastamento dos materiais construtivos, em relação à

fachada. Por esta razão fundamental, a fachada verde não pode ser considerada uma substituição para o uso de isolamento térmico.

Por outro lado, existem estudos e variadas publicações que determinam que um aumento de 10% de cobertura vegetal pode reduzir ou mitigar as temperaturas urbanas em cerca de 3°C (National Parks, 2016). Nesta perspetiva, em teoria, se conseguirmos cobrir apenas 20% dos edifícios da malha urbana com infraestrutura verde conseguir-se-á mitigar os efeitos da ilha de calor urbana em cerca de 6°C. Isto pode ser um tema de estudo a realizar-se com mais precisão para um desenvolvimento futuro, contudo ajuda-nos a ter alguma perceção do grau de relevância que a implementação de malha verde tem na mitigação de temperaturas exteriores.

Para além disso, verifica-se que a área construída de fachadas prevalece sobre a área disponível de coberturas, o que determina uma maior necessidade de áreas verdes em zonas densamente construídas. Havendo mais área de superfície para cobrir, a implementação de fachadas verdes poderá assim ter um muito maior impacto na mitigação térmica e equilíbrio ambiental que as coberturas vegetadas tanto no aspeto de purificação do ar e enriquecimento dos ecossistemas, como na mitigação de global de temperaturas no exterior.

As pesquisas de documentos científicos relativos a estudos térmicos do jardim vertical foram filtradas para prevalecer sobre os de "Europa". Tirando o filtro de "Europa", encontramos ainda um artigo de especial interesse que explora a performance de muros vegetados em climas frios, titulado: Thermal Performance Simulation of Hydroponic Green Wall in a Cold Climate, (Farhadian et al, 2019).

O local do estudo encontra-se na mesma latitude da cidade do Porto, e tem temperaturas de inverno igualmente baixas, apesar de ser um clima menos húmido. Podemos considerar este artigo de alto interesse no aspeto de classificar os tipos de jardim vertical disponíveis podendo então configurar os efeitos necessários para o nosso objetivo. Apesar de não ter as citações recomendadas, nem estar localizado na Europa, este verifica as quatro (4) fachadas, e verifica as temperaturas do ar interior face aos diferentes sistemas de fachada verde. O artigo analisa as oscilações da temperatura no interior, observando o efeito de isolamento térmico obtido quando reservamos a fachada Sul para maximizar o uso dos ganhos solares.

A evidência aponta para um uso de ventilação de vão aberto em clima quente e fechado para climas frios. Desta maneira, podemos contemplar um vão ventilado com um ar aquecido nos meses de inverno, o que pode permitir mais inércia por questão da própria composição da fachada.

Em síntese, as vantagens dos jardins verticais dizem sobretudo respeito a Térmica, Acústica, SCIE, e durabilidade dos materiais, fatores que valorizam o edifício consideravelmente no âmbito da sustentabilidade.

2.6 CONCENTRAÇÃO E MITIGAÇÃO DE CO₂

Apesar de ser indispensável para a vida, o carbono, é um elemento quimicamente versátil e encontra-se nos mais diversos em forma natural e sintético. O dióxido de carbono encontra-se na atmosfera em desequilíbrio perpetuo principalmente por ser um resíduo das atividades industriais, o qual tem impacto direto na absorção de radiação infravermelha, contribuindo para o aquecimento a terra, causando o dito “efeito estufa”. O mecanismo de sequestro de carbono é um fenómeno natural da terra para minimizar a acumulação de dióxido de carbono na atmosfera. O sequestro de carbono observa-se em maior quantidade na biomassa da matéria orgânica dos solos e em arvores perenes e varia consoante as espécies. (Ferreira, R, 2021) É importante estabelecer, contudo, que existe sempre um sequestro de CO₂ e outros gases com efeito estufa, percentagens as quais não iremos aprofundar neste trabalho.

O desequilíbrio de CO₂ na atmosfera deve-se á falta de vegetação em contrabalanço dos resíduos industriais atualmente emitidos e da área de construção urbana, a qual também representa um uso importante de energias e subsequentemente emissões de gases residuais.

Para além das consequências catastróficas a longo prazo, um dos grandes problemas com o efeito de estufa que já se faz sentir no decurso do ano é a perda do conceito de estação do ano, sobretudo no que se refere à imprevisibilidade das temperaturas globais. O conforto térmico é caracterizado não propriamente pela temperatura em si,

mas pelas oscilações de temperatura. Ou seja, quanto mais oscilarem as temperaturas, menor vai ser o conforto térmico do utente o que em casos extremos pode ter graves consequências para a saúde humana e ecológica.

Ironicamente é a saúde ecológica do nosso planeta que tem o potencial de redimir a situação na qual nos encontramos, porem os índices de espaços verdes necessários ainda não estão a ser atingidos. Ainda nos encontramos perante os efeitos da construção de edifícios ineficientes em necessidade de reabilitação para otimizar os consumos e poluição consequentes.

2.7 LEI DE FOURRIER

2.7.1 QUESTÕES GERAIS

Para conseguirmos efetuar um cálculo térmico apropriado para a análise da mitigação de temperaturas do espaço urbano no seu conjunto, com a implementação de jardins verticais, recorreremos à ferramenta matemática da Lei de Fourier.

A lei de Fourier desenvolvida pelo cientista Jean Fourier e apresentada num trabalho intitulado "Mémoire sur la propagation de la chaleur" no ano 1807, baseia-se no fenómeno natural de propagação de calor. O estudo científico fornece medições e cálculos dos fluxos de calor entre corpos e paredes, o qual entendeu-se que altera de forma proporcional consoante a condutividade térmica do material.

A condutividade de um material é fortemente condicionada pela sua massa específica (kg/m^3) e pela sua temperatura inerente, a qual se guia pelo índice de absorção do próprio material, ou seja a característica da sua proporção inerente de seco para molhado (seco:molhado). A condutividade de um dado material é expressa com o valor U .

O fluxo térmico (φ) é definido pela taxa de energia térmica que é transferida de um lugar mais quente para um lugar mais frio, ou com menores temperaturas. Este fenómeno é o que põe todos os materiais à nossa volta em movimento, nomeadamente o ar atmosférico. O fluxo de um material para outro pode então ser calculado pela observação de cada material em contacto um com o outro, nas vertentes da área

superficial do material (A), da condutividade (U) e da diferença de temperatura entre um material e outro (ΔT).

2.7.2 CÁLCULO CONSOANTE A LEI DE FOURRIER

A fórmula (2.1) define a relação entre as variáveis atrás definidas.

$$\varphi = A U (\theta_i - \theta_e) \quad (2.1)$$

Pela análise da fórmula, conseguimos entender que uma mitigação das temperaturas no exterior e da envolvente de vários edifícios no seu aglomerado, funcionando como um mecanismo agregado na malha urbana, irá afetar as temperaturas no interior de cada edifício do grupo e consequentemente o conforto térmico global para os utentes.

2.8 SISTEMAS DE ÁGUAS URBANOS

Os sistemas de águas de um edifício e do funcionamento global urbano, apesar de fundamentais, são muitas vezes desvalorizados. O uso de água é implícito no funcionamento de edifícios, contudo, na maior parte dos casos, o ciclo de utilização do mesmo não é feito de forma eficaz já que a água utilizada é descarregada diretamente para o sistema de tratamento municipal na sua totalidade. Esta metodologia requer um uso mais intensivo de energia e químicos para tratar nas ETARs públicas associadas a um núcleo urbano.

Para melhor compreensão deste conceito e da forma como uma maior reutilização das águas residuais pode funcionar em paralelo com as fachadas e coberturas verdes para a melhoria da sustentabilidade dos edifícios, definimos a diferença entre águas cinzentas e águas negras. As águas negras são aquelas que vêm da sanita, designadas águas de esgotos, as quais reúnem água com dejetos com alta necessidade profilática de tratamento especializado. As águas cinzentas são aquelas que vêm do lavatório, chuveiro, e equipamentos como a máquina de lavar a louça ou roupa. Já é contemplado em vários estudos que as águas cinzentas poderão ser reutilizadas para um melhoramento da gestão de água na malha urbana.

O conceito NZEB é fundamental para potenciar estratégias de redução de emissões de carbono dos edifícios, ver figura 17. Este conceito preconiza que os edifícios consigam gerar a sua própria energia de forma sustentável, enquanto simultaneamente reduzem as necessidades nominais de energia mediante o uso de sistemas eficientes de iluminação, maquinária, aquecimento e arrefecimento (HVAC). Para auxiliar estes sistemas, contam também com a aplicação de sistemas construtivos passivos como o isolamento térmico, a ventilação cruzada, a captura de águas pluviais e a reutilização de águas cinzentas.

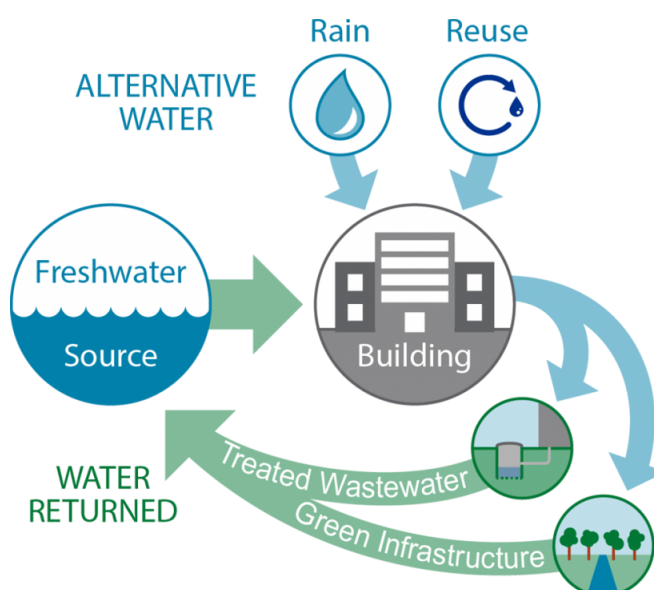


Fig. 17 - Diagrama da infraestrutura para uso sustentável de águas seguindo o conceito NZEB (ENERGYGOV, 2023)

A cidade municipal do Porto é a única a nível nacional que estabelece a necessidade da separação de águas cinzentas e águas de esgotos nos edifícios. Isto é um primeiro passo para o melhor funcionamento da reutilização de águas cinzentas já que requerem pouco tratamento para serem reintroduzidas para fins de rega e lavagem de veículos ou terraços. No caso dos edifícios no Porto, as águas são novamente reunidas no final das condutas de drenagem e as descargas são conduzidas na sua totalidade para o tratamento municipal.

Se formos a avaliar a situação, temos uma fração consideravelmente menor de águas negras do que as de águas cinzentas. Ao misturar estas águas, estamos a produzir um volume inconcebível de água negra, em vez de tratar a água cinzenta para fins de uso de manutenção. (Berndtsson et al, 2005)

3.

ANALISE DETALHADA DO BAIRRO DO CERCO NO PORTO (APÓS REABILITAÇÃO)

3.1 BREVE ANÁLISE HISTORICA

O Bairro do Cerco do Porto, localizado no Vale de Campanhã, foi construído em 1963.

Foi concebido no Plano de Melhoramentos da cidade do Porto com conceitos constituídos após um congresso realizado em Atenas em 1933 denominado Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM). O tema principal do congresso foi "A Cidade Funcional" que discutiu visões do arquiteto francês Le Corbusier sobre a proteção do património histórico, e traçaram uma carta de diretrizes com o intuito de serem aplicadas internacionalmente.

A Carta de Atenas pondera a conceção funcional da cidade com a separação das áreas residenciais, de trabalho e de lazer, preconizando uma cidade ao contrário das cidades tradicionais de caráter denso e orgânico, que crescesse na vertical em áreas periféricas mais rurais e por consequência menos densas e mais "verdes". Foi então após a segunda guerra mundial que nasceu um movimento de desenvolvimento de cidades influenciadas por estas matrizes, nomeados os conceitos da Carta de Atenas. O que estes conceitos não previram foi a desconexão social que tais distâncias podiam criar pela limitação de acessibilidade às cidades, resultando em vários espaços urbanos vítimas de isolamento urbano, (MPT, 2017).

O bairro foi ampliado em 1991 para introduzir mais 88 fogos que atualmente compõem os 34 blocos pelos quais se distribuem num total de 892 fogos.

Para a realização da reabilitação em 2019, foi desenvolvido um relatório nomeado "EIICP - Estratégia de Intervenção Integrada para o Cerco do Porto". Segundo este documento, o objetivo principal foi o de criar condições de integração "social e territorial" para a população "substantiva que hoje reside maioritariamente em bairros sociais municipais, ou no grande número de núcleos habitacionais semiformais designados de "ilhas".

Descrevem ainda a vulnerabilidade das áreas com mais ocorrência de atividades ilícitas e que geram uma elevada perigosidade para os utentes. A ocorrência destes espaços é fundamentada nos documentos como sendo relacionada com a própria disposição dos edifícios e a sua inserção na malha urbana, tendo escassa acessibilidade. Considera-se que esta zona e os seus utentes integram um núcleo habitacional sem identidade e segurança na sociedade urbana, e por consequência tem uma serie de espaços abandonados, vandalizados e degradados, ver figura 18.



Fig. 18 - Representação espacial das três áreas com maior índices de vulnerabilidade

Como se evidencia nas figuras 19 a 21, o Bairro estava em 2017 num estado de reforma urgente, e no qual as condições de habitação eram inconstitucionais. A reabilitação que as figuras 19 e 20 evidenciam deu aos Blocos condições importantes de melhoria da habitabilidade, enquanto a figura 21 mostra um Bloco em pior estado ainda por reabilitar.



Fig. 19 - Bloco edifício "reabilitado", intervenção de melhorias por pintura



Fig. 20 - Bloco edifício "reabilitado", intervenção de melhorias por pintura



Fig. 21 - Bloco de edifício original, sem intervenção

3.2 INTEGRAÇÃO NA MALHA URBANA

A figura 22 mostra o Bairro do Cerco do Porto em vista aérea retirada do Google Maps.



Fig. 22 - Localização e distribuição na malha urbana

A figura 23 mostra uma imagem 3D do Bairro, podendo verificar-se que fica mesmo no limite da cidade do Porto, junto à Autoestrada de acesso a Gondomar (A43).



Fig. 23 - Perspetiva 3D da distribuição na malha urbana

3.3 PDM DO BAIRRO DO CERCO

As figuras 24 a 27 identificam as plantas definidoras das regras urbanísticas da zona do Bairro do Cerco do Porto tal como preconizadas no PDM da cidade.

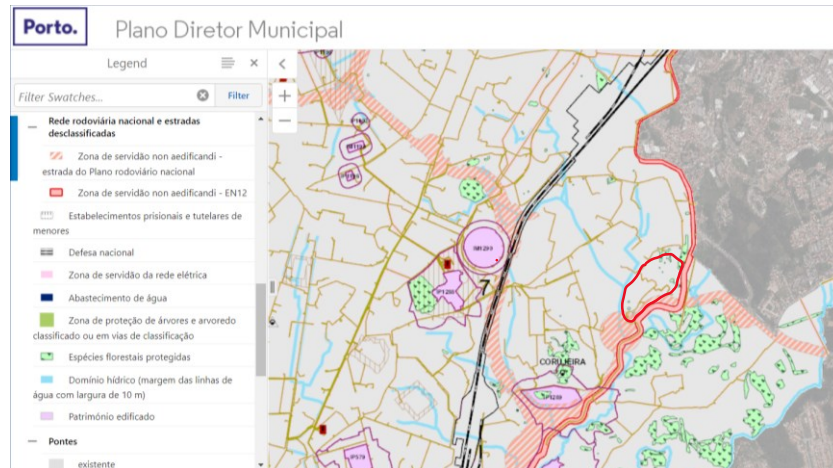


Fig. 24 - Mapa da rede rodoviária, PDM do Porto

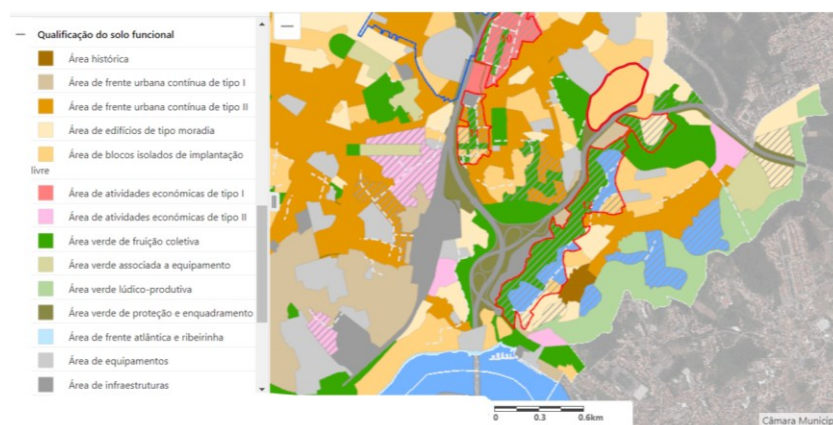


Fig. 25 - Mapa da qualificação do solo funcional, PDM do Porto



Fig. 26 - Mapa da qualificação do solo funcional, PDM do Porto

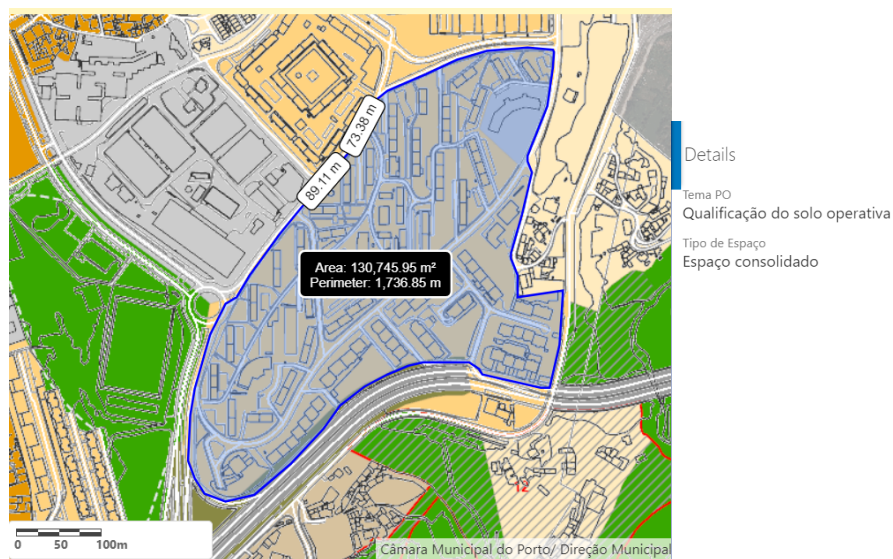


Fig. 27 - Mapa da qualificação do solo operativo e área da zona de intervenção, PDM do Porto

Os mapas obtidos do PDM indicam que estamos perante um espaço consolidado, onde se desenvolveu uma área urbana a partir de solo rural, classificado como solo operativo. A qualificação do solo é considerada uma área de "blocos isolados" de implantação livre. Podemos ver ainda, no mapa da rede rodoviária, que os blocos encontram-se na periferia da estrada nacional EN12 conhecida como "Circunvalação", a qual, até recentemente, serviu de acesso único ao bairro.

3.4 INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO



Blocos a intervir (amarelo – a demolir)

Fig. 28 - Plano Inicial de intervenção

A demolição de alguns blocos visou abrir o Bairro e reduzir a densidade construtiva, criando condições para uma maior integração com a malha urbana e sobretudo a ligação dos Blocos a zonas de lazer externas, essenciais para o controlo de atividades menos lícitas tradicionalmente com uma grande expressão neste Bairro.

A demolição prevista dos edifícios assinalados na figura 28, não foi feita, nem houve intervenção de reabilitação dos mesmos até a data de hoje. Presume-se que poderá ter havido protesto dos residentes, já que quem passa lá pode ver que ainda tem habitantes que aí residem.

3.5 MATERIAIS E INVESTIGAÇÃO ECONOMICA

Os materiais projetados e implementados na fase de reabilitação visaram proporcionar um melhoramento no aspeto das especialidades de engenharia ligados ao conforto e segurança dos habitantes. Estes integram as respetivas normas e regulamentos da Térmica, Acústica, Águas e Esgotos, Segurança Contra Incêndios, Estruturas e Telecomunicações. De acordo com os dados disponibilizados, conseguimos interpretar a implementação dos seguintes materiais de construção enfocados no âmbito da Térmica, ver Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Materiais de construção implementados na reabilitação 2017

Materiais de Construção Implementados na Reabilitação 2017 CMP e Domus Social	
Térmica (RCCTE)	UN/mm
Ventilação mecânica conforme o projeto	1/apt.
Sistema de HVAC com reguladores temporais (timers)	1/apt.
Isolamento térmico nas paredes exteriores conforme o método ETICS	70mm
Isolamento térmico nas paredes pelo interior nas caixas de escada	30mm
Isolamento térmico na laje do sótão não habitável com vão fortemente ventilado	30mm
Isolamento térmico na cobertura inclinada	80mm
Bloco vazados de betão para as fachadas das varandas	100mm
tijolo para encerramento da caixa de escadas	70mm



Fig. 29 - Mapeamento dos blocos para intervenção na fase 1 de reabilitação

As figuras 30, 31 e 32 identificam intervenções fortemente requalificadoras da envolvente dos Blocos e com grandes impactos na qualidade térmica dos Blocos.

Numa análise muito simplista e de alguma forma provocadora, as empenas parecem ser as zonas viáveis para instalar jardins verticais em alguns blocos. Certo é que a percentagem de fachada coberta será mais significativa, ver figuras 30 e 32.



Fig. 30 - Bloco 20 do Bairro do Cerco do Porto - Tijolo face a vista



Fig. 31 - Bloco 25 do Bairro do Cerco do Porto - ETICS



Fig.32 - Bloco 32 do Bairro do Cerco - Tijolo face a vista

A avaliação económica na Tabela 3 refere-se aos aspetos da Térmica e dos materiais acima mencionados, que foram utilizados na mais recente intervenção de reabilitação do Bairro do Cerco. Os preços aqui descritos foram encontrados na base de dados do Gerador de Preços do programa CYPE, ao qual se acresce o valor de IVA de 23% do preço representado.

Tabela 3- Custos de construção parciais (Térmica) da reabilitação 2017

Custos de Construção e materiais da Reabilitação Térmica			
Custos estimados para Bloco 25 - 32 fogos	QTD. m²	€/m²	Totais parciais
Sistema de HVAC com reguladores timers	32	356.84	11419
Isolamento térmico nas paredes exteriores conforme o método ETICS (70mm)	1582	24.44	38664
Isolamento térmico poliuretano projetado pelo interior das paredes nas caixas de escada (30mm)	659	9.19	6056.2
Isolamento térmico na laje do sótão não habitável com vão fortemente ventilado	435	8.29	3606.2
Isolamento térmico na cobertura inclinada	540	20.74	1200
Bloco vazados de betão para as fachadas das varandas	36.6	22.96	840.34
tijolo para encerramento da caixa de escadas	179	17.96	3214.8
Custo global da solução Térmica			75 000 €

4.

ANALISE TÉRMICA APLICADA AO CASO DE ESTUDO

4.1 INTRODUÇÃO

A análise térmica é feita sob o modelo 3D a seguir apresentado, tomando em conta os materiais da solução construtiva após a reabilitação. Visto que a reabilitação foi feita em alguns edifícios com capoto, e em outros com isolamento entre parede dupla de alvenaria com face à vista, a composição da fachada que inserimos no modelo foi a do Bloco 25.

Para efeitos de conseguir a melhor comparação do efeito térmico da fachada vegetada, a solução de revestimento com sistema ETICS representa um método de reabilitação e solução construtiva global mais comum e por isso pareceu ser o mais apropriado para avaliação. O sistema ETICS preconiza o isolamento térmico pelo exterior com o material de isolamento (XPS) o qual é suscetível a humidades. Por este motivo, adotamos o subsistema estrutural da fachada prevendo um vão fortemente ventilado.

4.2 MODELAÇÃO EM AUTODESK REVIT

A modelação em Autodesk Revit foi feita a base dos elementos construtivos existentes e os materiais aplicados, incluindo as melhorias consequentes da sua reabilitação, ver figura 33. Subsequentemente foram contabilizados os espaços analíticos volumétricos e dados térmicos das superfícies analíticas para obter-se uma análise energética da envolvente, mais competente.

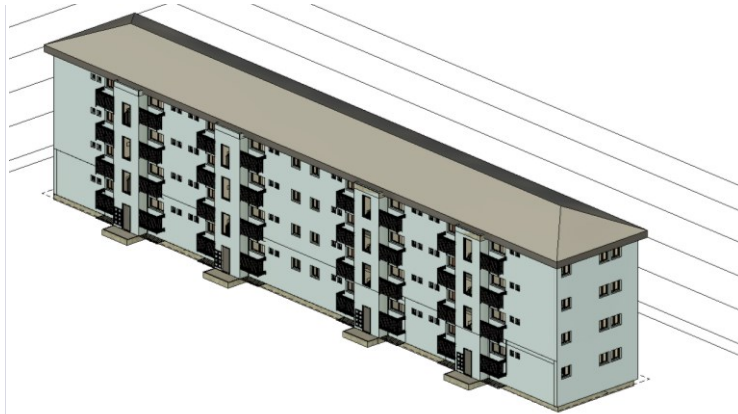


Fig. 33 - Modelação em Autodesk Revit

A figura 34 apresenta plantas representativas do Bloco 25, evidenciando a sua decomposição funcional em quartos, sala, circulações e zona sanitária.



Fig. 34 - Espaços do Bloco 25 - análise funcional

A Tabela 4 seguinte apresenta a quantificação dos espaços do Bloco 25 por piso.

Tabela 4 - Espaços analíticos em cada piso

Espaco	Area Util (m ²)	Volume (m ³)	Quantidade por piso	Vol.Totais
Quartos	9	22.5	18	405
Instalação Sanitária	3.81	9.53	8	76.24
Cozinha	2	5	8	40
Sala	13	32.5	8	260
Varandas/Marquise Sul	1.46	3.65	8	29.2
Varandas/Marquise Norte	2.12	5.3	8	42.4
Caixa de Escadas	10.78	117.5	N/A	470
Totais				1322.84

Sobre o modelo analítico foi implementada uma série de painéis de revestimento da fachada, em dada percentagem superficial, para representar a proteção solar incorrida pela intervenção, visando uma caixa de ar fortemente ventilada e uma proteção global dos materiais de construção. As superfícies analíticas geradas são evidenciadas na tabela 5 abaixo, a qual representa uma análise dos Elementos Construtivos do Bloco 25 executada por funções. Claro que está que teria sido interessante se o programa nos habilitasse a agrupar os dados das fachadas individualmente para análise isolada perante cada orientação cardinal.

Tabela 5 - Superfícies analíticas

Analytical Surfaces - superficies analíticas		
Área m ²	QTD.	Surface Type
378.74	274	Fenestrating
241.81	242	Translucent
237.7	199	Air
179.79	80	Ceiling
1329.95	617	Exterior Wall
1353.62	205	Interior Floor
2156.43	830	Interior Wall
679.61	121	Roof
2454.59	849	Shade
9012.25		Total

A figura 35 ilustra as fachadas do Bloco 25 identificando o revestimento da fachada sul feito com os referidos painéis de revestimento.



Fig. 35 - Revestimento da fachada com painéis

4.3 VENTILAÇÃO

As bases fundamentais em relação ao sistema HVAC são definidas pelos standards da ASHRAE, os quais englobam os conceitos do conforto térmico e a subjetividade do mesmo. Porém, os seus índices são atualmente os mais qualificados para dimensionamento segundo os seguintes critérios: ventilação e qualidade do ar interior, Energia Útil para o funcionamento adequado de edifícios, Design e construção de "edifícios verdes" e Eficiência energética em edifícios existentes. (ASHRAE, 2021)

Para garantir a qualidade do ar interior, a reabilitação de 2017 do bairro do cerco previu os processos de extração do ar viciado para realizar a taxa de renovação de ar por via mecânica, recorrendo a assistência de sistemas de HVAC. A taxa de renovação nominal Rph estipulada no RCCTE nunca poderá ser inferior a 0,6 h⁻¹. O sistema foi implementado em todos os fogos incluindo exaustão mecânica, com os caudais apropriados, em todos os compartimentos de serviço, os quais incluem cozinhas, instalações sanitárias e marquises.

4.4 ORIENTAÇÃO SOLAR

A figura 36 abaixo representa a relação do Bloco 25 com o movimento diário do Sol à volta do edifício, nos meses de Verão e de Inverno.

Consideramos os ângulos solares e as sombras incidentes durante os meses de aquecimento e arrefecimento. Nos meses de Verão conseguimos visualizar as sombras reduzidas e a elevada incidência solar sobre o edifício.

Torna-se evidente que, nos meses de inverno, o sombreamento dos edifícios adjacentes poderá causar desconforto e sombra excessiva causando uma diminuição das temperaturas e uma maior humidade, devido a deficiente exposição ao Sol e a ventilação natural.

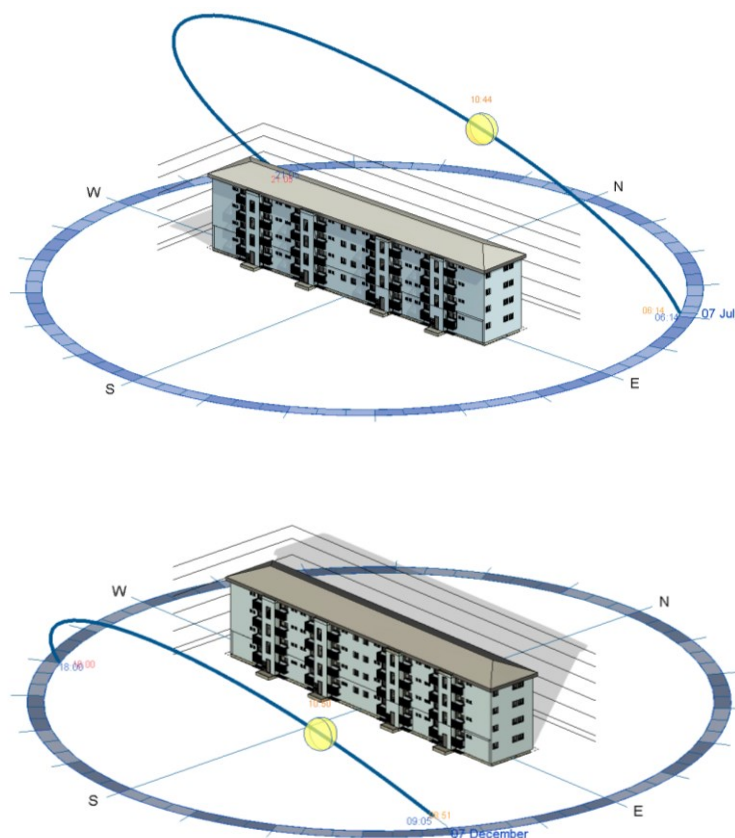


Fig. 36 - Exposição solar Verão e Inverno

Apresenta-se na figura 37 a incidência solar sobre o edifício pela fachada sul que ressalta a importância da orientação do edifício.

No caso deste aglomerado urbano, os vãos não são de um tamanho considerável, contudo as superfícies opacas que irão determinar uma inércia importante terão também de ser consideradas.

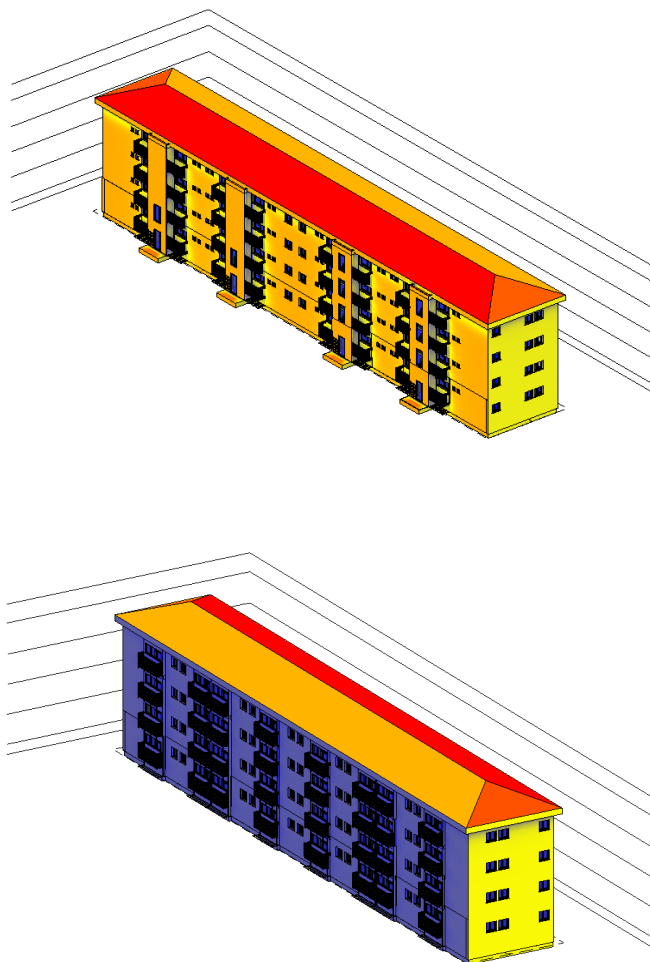


Fig. 37 - Análise Solar das Fachadas Sul e Norte

A análise volumétrica do conjunto de edifícios toma em consideração o sombreamento e ventos que possam surgir consoante a disposição do edifício na malha urbana, ver figuras 38 e 39.

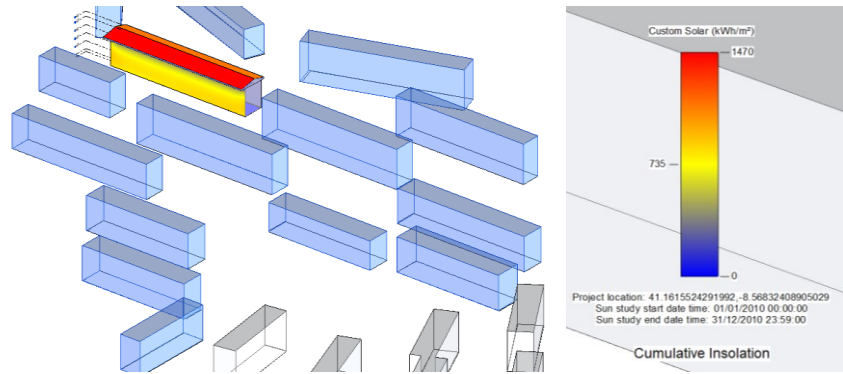


Fig. 38 - Análise do bloco 25 consoante a sua disposição na malha urbana

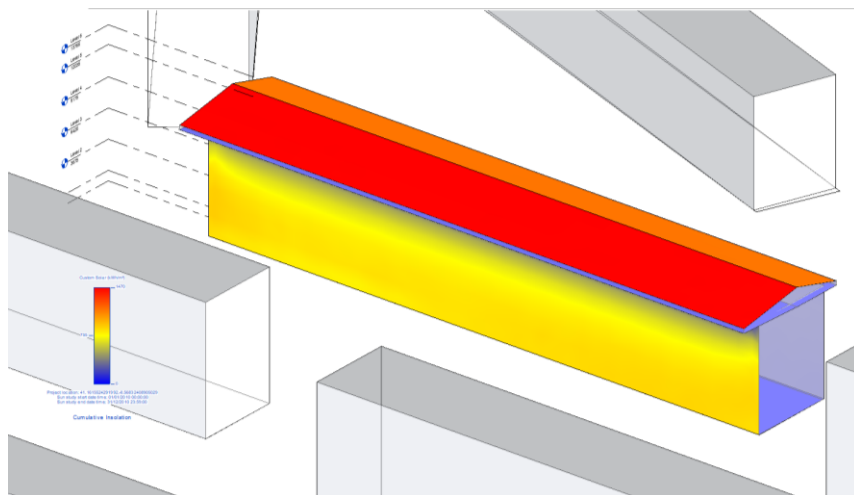


Fig. 39 - Detalhe da figura 38 - Bloco 25 - Fachada Sul

Perante esta análise conseguimos perceber que o edifício nomeado para o caso de estudo é virado diretamente a sul, com uma índice significativa de radiação solar em três das quatro fachadas. Podemos concluir então que cada caso será único dependendo da sua orientação e incidência solar.

4.5 ISOLAMENTO TÉRMICO/ACÚSTICO

Foram inseridos no programa todos os dados térmicos referentes ao Isolamento XPS implementado nas fachadas exteriores (Sistema ETICS). De acordo com este sistema de isolamento é necessário prever um vão fortemente ventilado, e uma camada de impermeabilização pelo lado posterior da vegetação para evitar que a humidade do sistema vegetado danifique os materiais. Na análise térmica foi previsto este afastamento o qual prevê a estrutura vegetada como uma proteção dos materiais de construção cobertos pelo mesmo, ver detalhes construtivos no capítulo 5. O programa Insight dá nos uma primeira ideia dos consumos energéticos, e compara-os com os standards mínimos da ASHRAE, para criar um "Benchmark Comparison" ver Figura 40.

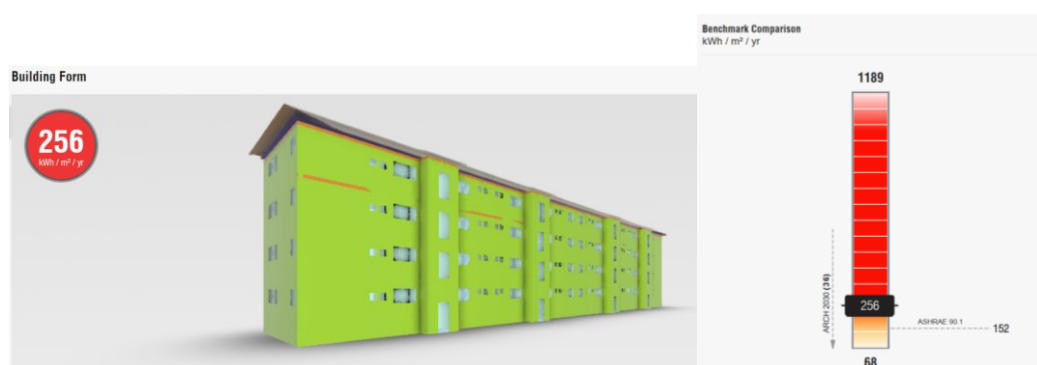


Fig. 40 - Ferramenta digital - Insight - consumos anuais ASHRAE kWh/m²/year

4.6 SIMULAÇÃO TÉRMICA NO SOFTWARE DESIGN BUILD

O Bloco 25 foi o edifício amostra que se usou para a análise térmica, sendo ele orientado com a face maior a sul, ver figura 41. A área superficial das fachadas do edifício é de 1582m²

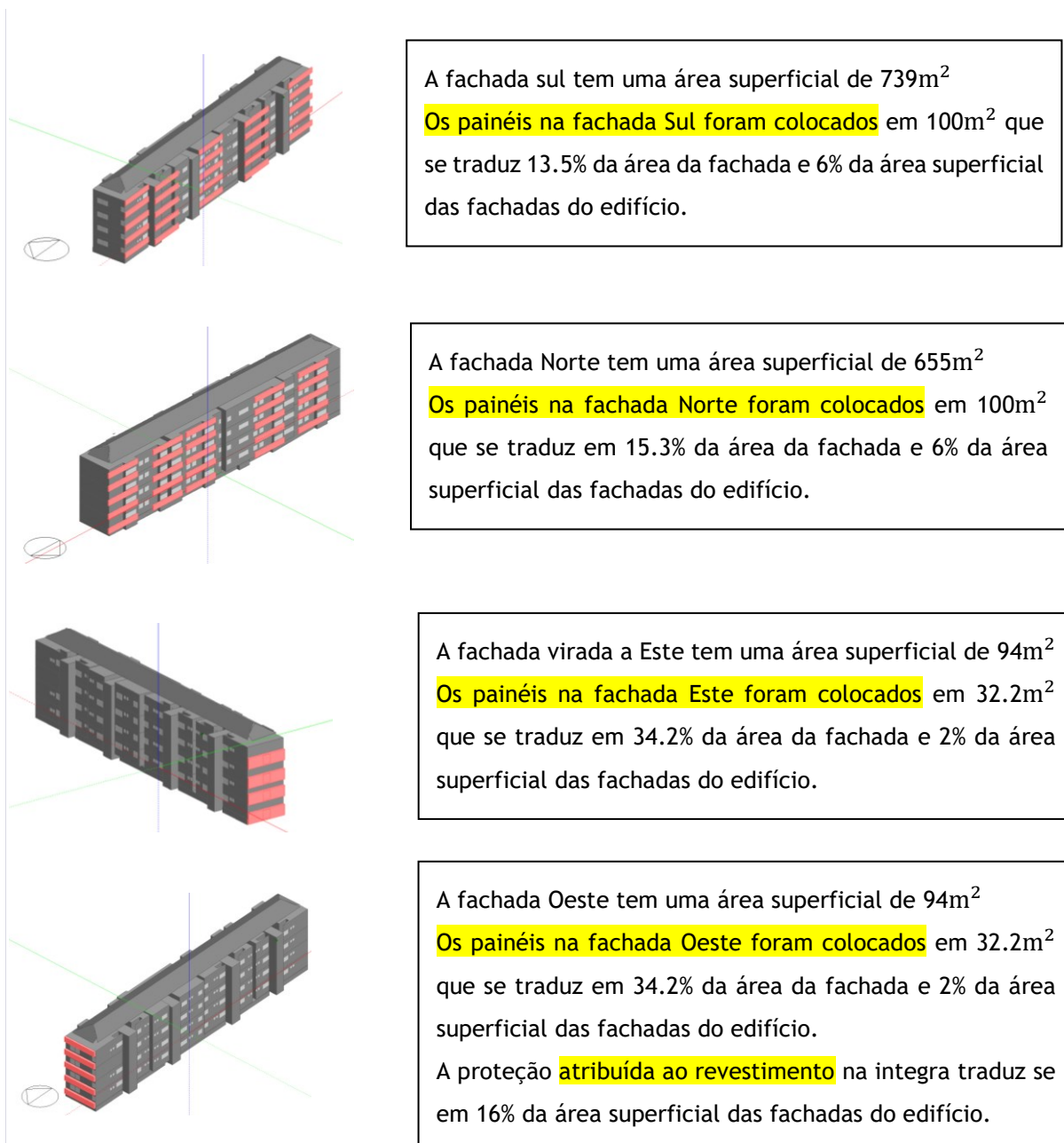


Fig. 41 - Orientação e disposições do jardim vertical

A figura 42 representa um render do edifício tal como usado na modelação em Design Build.

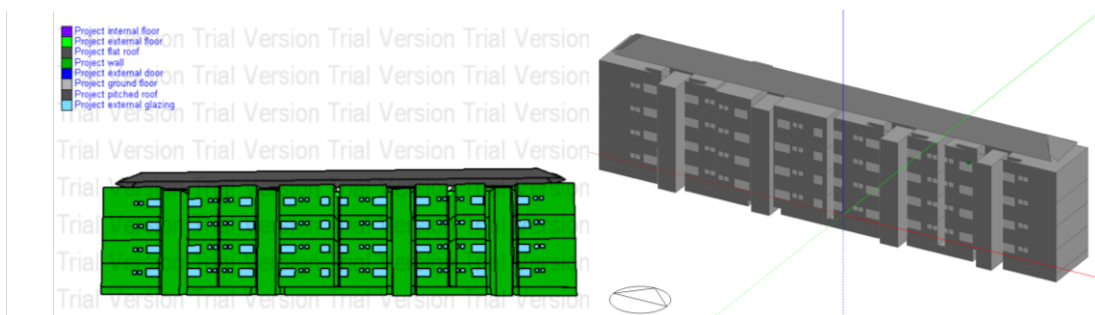


Fig. 42 - Amostras do edifício singular em análise no software Design Build

As Tabelas seguintes apresentam impressões dos resultados obtidos na simulação (Tabela 6 e Tabela 7) da envolvente sem proteção.

Tabela 6 - Balanço Térmico anual da Envolvente SEM PROTEÇÃO

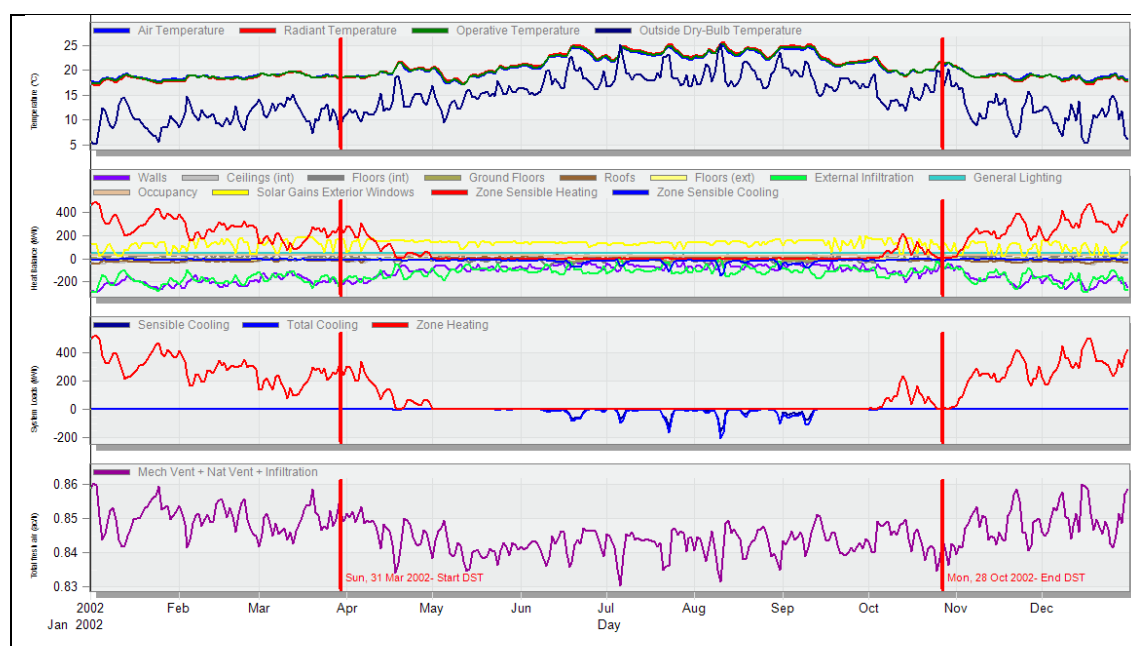
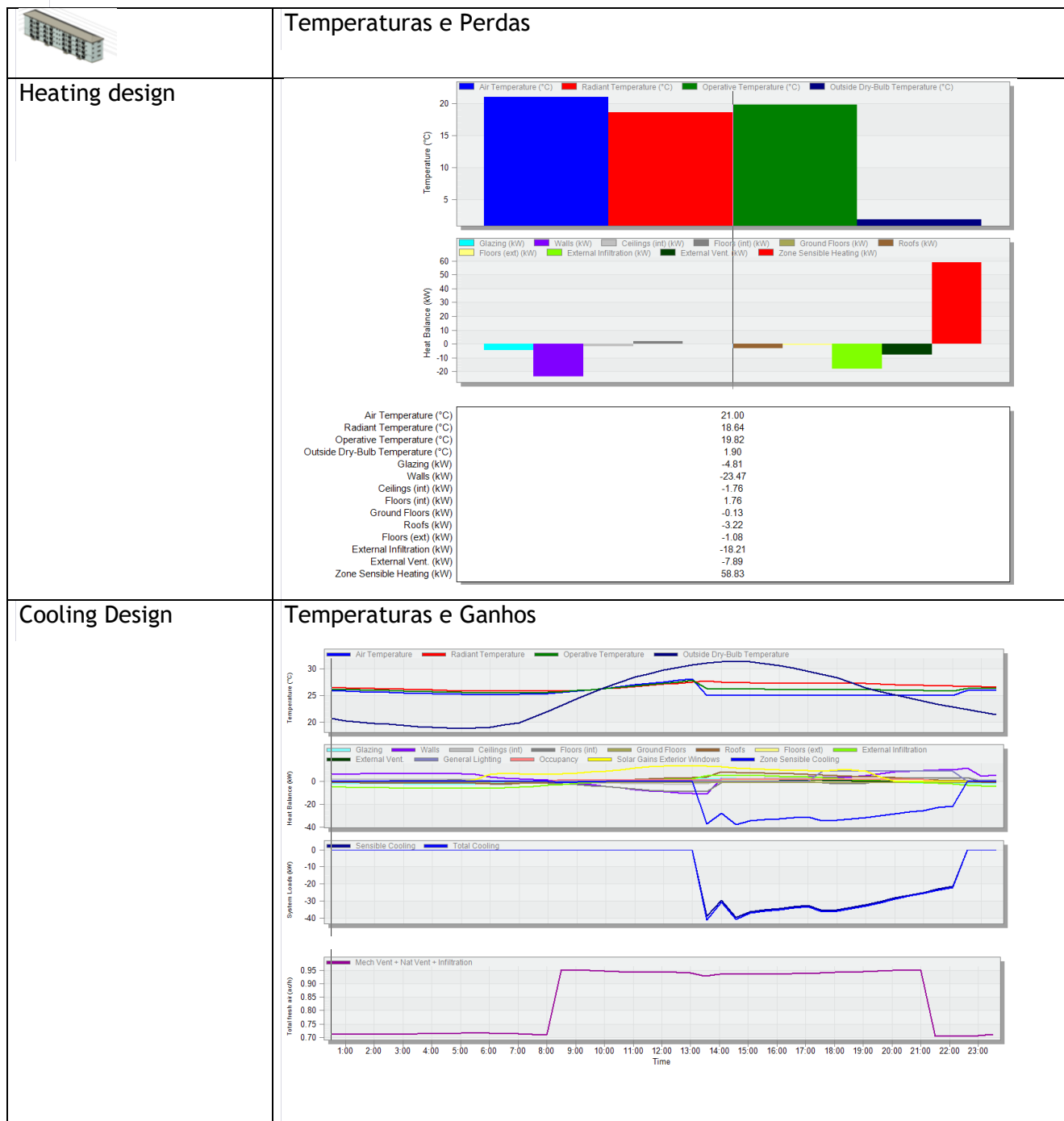


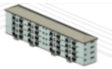
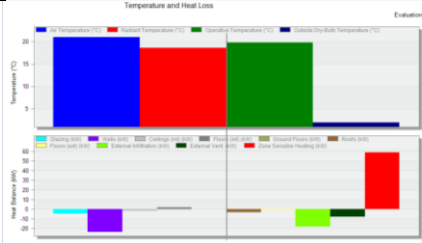
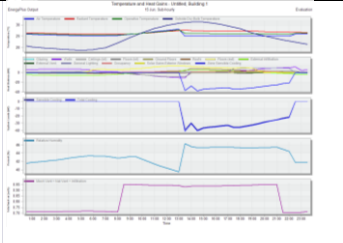
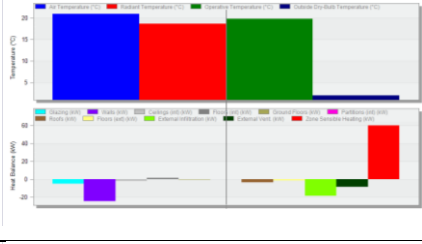
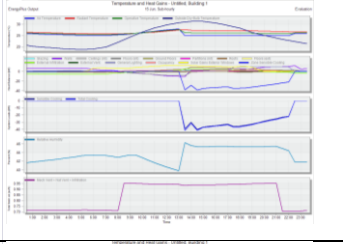
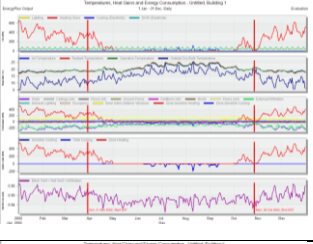
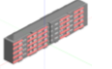
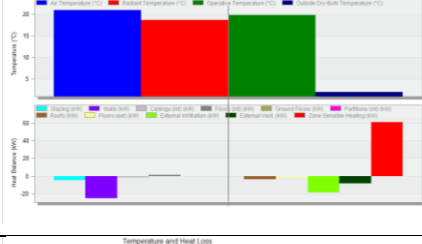
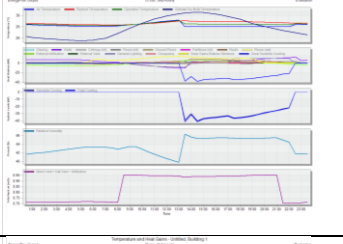
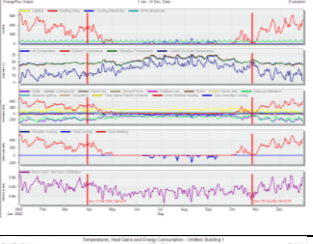
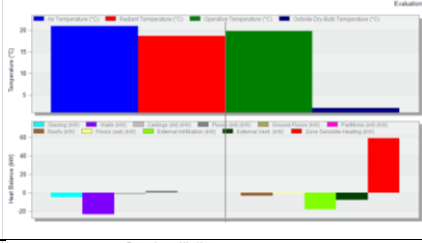
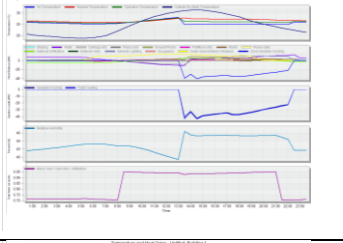
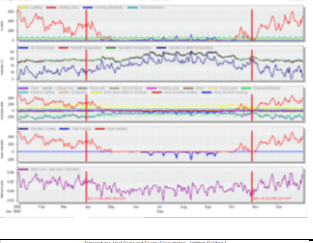
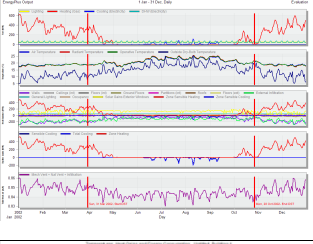
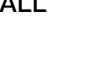
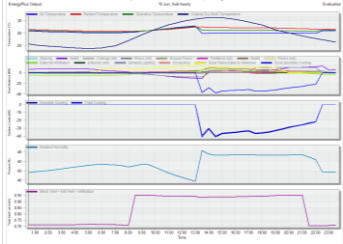
Tabela 7 - Balanço de Ganhos e Perdas - Bloco 25 SEM PROTEÇÃO (estação quente e fria)


A mesma simulação foi feita em todas as fachadas, resultados gráficos os quais se podem ver no anexo (ii). Com estas, e outras tabelas de resultados fez-se um tratamento de dados os quais são explícitos no seguinte subcapítulo, e que nos permitem uma análise mais conclusiva. Devido aos vastos dados resultantes da simulação, considerou-se que a informação fica mais sucinta apenas apresentando os dados tratados.

Reabilitação Visando Jardins Verticais para o Controlo Sustentável da Climatização na Malha Urbana

A Tabela 8 apresenta um exemplo da análise comparada que foi feita, considerando as 5 situações de proteção analisadas e também a solução original sem proteção.

Tabela 8 - Tratamento de dados - Simulação da envolvente

	Heating design	Cooling Design	Annual Simulation
NONE	 		
S	 		
N	 		
E	 		
W	 		
ALL	 		

4.7 AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

Perante os dados da investigação conseguimos tirar conclusões de alguns parâmetros interessantes. Analisamos os resultados referentes as exigências energéticas anuais (KWh), e ao balanço térmico (KW) da estação de aquecimento (inverno), arrefecimento (verão) e o balanço térmico anual.

Apresentam-se na Tabela 9 e gráfico seguinte, figura 43, as necessidades energéticas anuais do edifício com ou sem proteção por jardim vertical vegetal. O tratamento dos dados da tabela apresentada foi feito na base do seguinte raciocínio: Δ NO SHADE: ORIENTATION = Diferença entre fachadas tipo (subtração)
Energia total em cada orientação cardinal - Energia total sem qualquer recobrimento

Tabela 9 - Valores Anuais de Energia (kWh)

ANNUAL PEAK VALUES [kWh]	ORIENTATION					
	BUILDING ENVELOPE -NO SHADING	SOUTH SHADE	NORTH SHADE	EAST SHADE	WEST SHADE	WHOLE BUILDING SHADING
ENERGY	1173571	267784	264994.9	253710.9	253418.1	250185
HEATING	227896.7	244414.1	240756.1	226954.8	92433.42	250048.5
COOLING	15776.95	15321.42	15811.42	17305.66	15574.19	14897.42
TOTAL	1417244.7	527519.5	521562.4	497971.4	361425.7	515130.9
Δ NO SHADE: ORIENTATION	1417244.7	889725.1	895682.2	919273.3	1055819	902113.7

Os resultados de necessidade energética anual (Annual Peak Values) medido em KWh referem-se às necessidades de energia do edifício perante os materiais da envolvente, e os consumos exigidos para aquecimento e arrefecimento. Este consumo energético terá um efeito direto nas necessidades de fornecimento de energia e consequentemente nos custos operacionais do edifício. Medimos a necessidade energética total do edifício sem qualquer proteção da fachada, com proteção das fachadas individuais mediante a orientação cardinal e com proteção em todas as fachadas (16% coberto). Na vertente que diz respeito a " Δ NO SHADE: ORIENTATION",

medimos a diferença entre o valor total de energia sem a "proteção solar" da envolvente e o valor total de energia em cada uma das fachadas consoante sua disposição cardinal. Aqui conseguimos ver a diferença real de valores energéticos, o qual se demonstra significativo. Seguem as visualizações gráficas da avaliação para melhor compreensão visual.

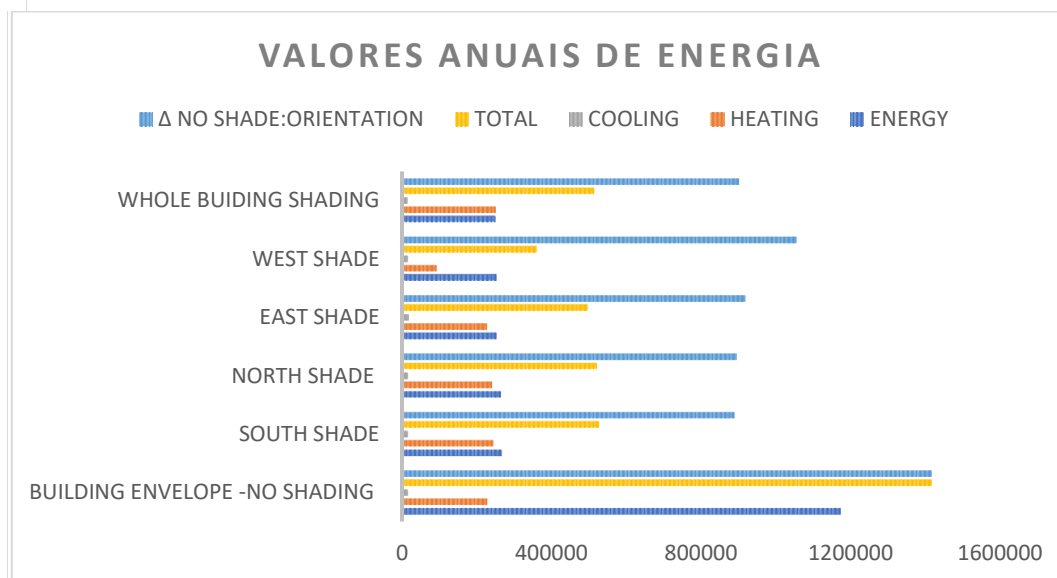


Fig. 43 - Valores Anuais de Energia do Bloco 25 com ou sem proteção vegetal

A figura 44 abaixo permite ilustrar que, no que se refere ao efeito sombra fornecido pela proteção vegetal, o efeito é muito positivo, embora não pareça necessário colocar a proteção em todas as fachadas, sendo a fachada Sul e Poente as que têm efeitos mais benéficos.

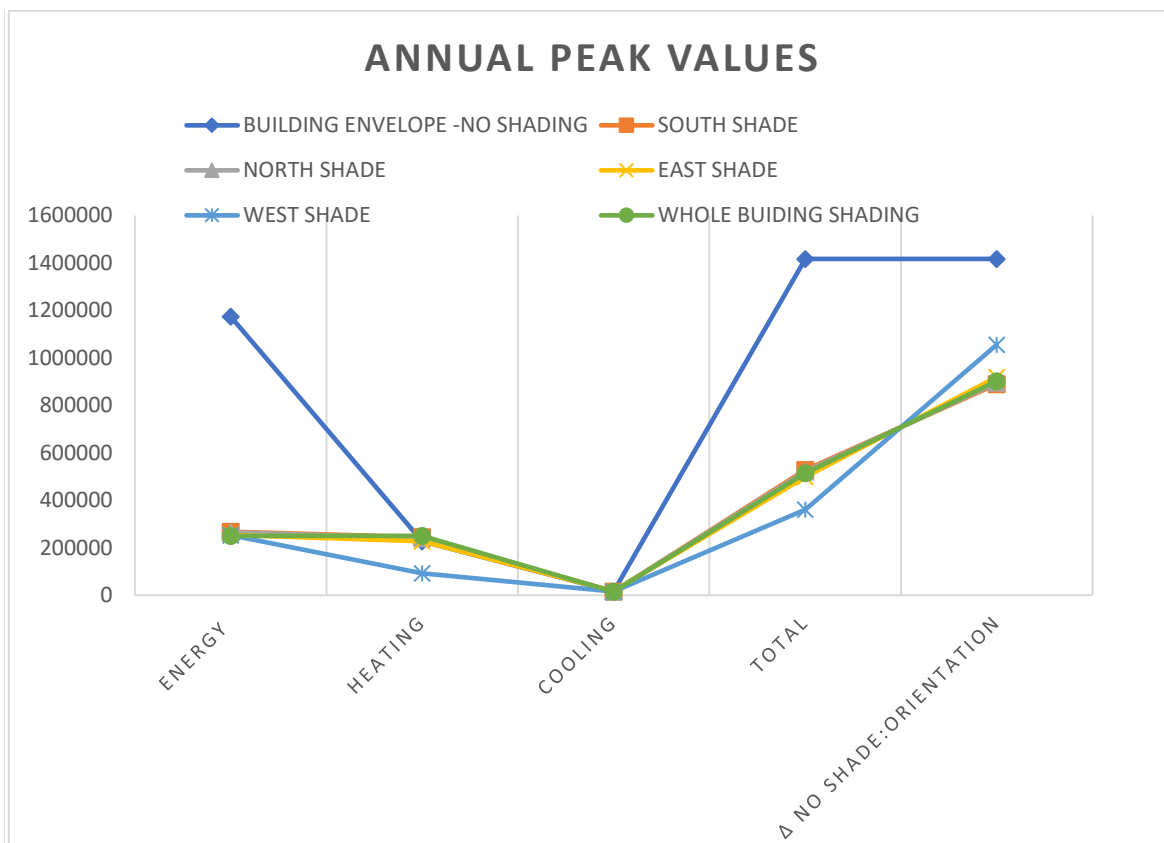


Fig. 44 - Simulação do efeito de sombreamento no Bloco 25

Os resultados do balanço térmico demonstram uma diferença subtil entre o uso de um elemento protetor numa dada fachada, ou sem qualquer elemento. Presume-se que seja porque temos um vão fortemente ventilado e por esta razão a camada adicional de "proteção solar" não apresenta um impacto significativo no cálculo térmico do interior do edifício. Por outro lado, se tomarmos em conta as percentagens cobertas, (6% nas fachadas norte e sul, e 2 % nas fachadas este e oeste) estamos a falar de uma cobertura com pouca expressão. Isto evidencia-se quando analisamos os resultados do edifício com todas as fachadas cobertas "ALL" que representa uma cobertura de 16% e já demonstra uma diminuição na energia exigida mais relevante, ver tabela 10, e Fig.45.

Tabela 10 - Balanço térmico - Estação de aquecimento (inverno) (kW)

Balanço Térmico - Heating design and heat loss (Inverno)						
Shading Orientation (Cº)	NONE	S	N	E	W	all
Air temperature (Cº)	21	21	21	21	21	20
Radiant temperature (Cº)	18.64	18.67	18.65	18.66	18.65	17.73
Operative temperature (Cº)	19.82	19.84	19.83	19.83	19.83	18.86
Heat balance Walls (KW)	-23.47	-24.32	-24.92	-23.48	-23.52	-23.69

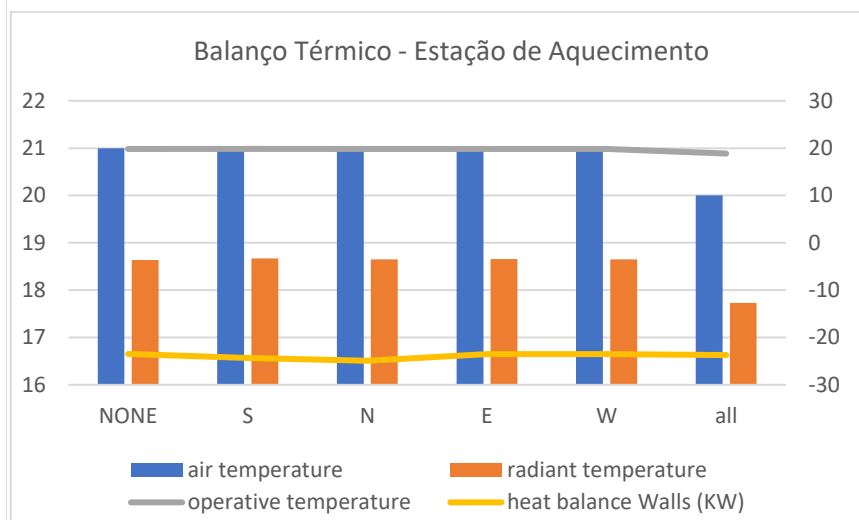


Fig. 45 - Balanço Térmico parcial mediante a solução nas 4 Fachadas

Em termos de Energia, torna-se evidente que a proteção na integra, que se traduz em 16% da área superficial das fachadas do edifício, tem um impacto de redução da necessidade energética do edifício, ver figura 46.

Tendo avaliado o efeito de implementar a subestrutura de "proteção solar" nas quatro fachadas (N; S; E; W); de forma gráfica e com recurso de simulação no programa DesignBuild, é importante perceber de seguida, o impacto global da percentagem de cobertura vegetal na fachada. Recorremos a informação que encontramos nos índices internacionais de biodiversidade de Singapura (National Parks, 2016) que estipula 3°C de mitigação de temperatura em cada 10% de área vegetada face a área de construção.

No seguinte passo, efetuamos a uma avaliação teórica com uso da ferramenta matemática da Lei de Fourier, com o qual podemos contabilizar a sua influência térmica nas temperaturas exteriores e interiores.

A transmitância térmica, valor-U, é calculado a partir das áreas, resistências e condutividade das camadas dos materiais da envolvente. Para calculo do fluxo térmico da envolvente sem qualquer intervenção usamos os seguintes dados:

Usamos um valor U estimado para efetuar o seguinte exemplo. Com esta constituição, de reboco tradicional 0.02; alvenaria de tijolo cerâmico furado 0.11; e isolamento de poliestireno extrudido 0.07; comparando com outras soluções semelhantes, avaliamos que o valor U será aproximado dos 0.35 W/m²·K

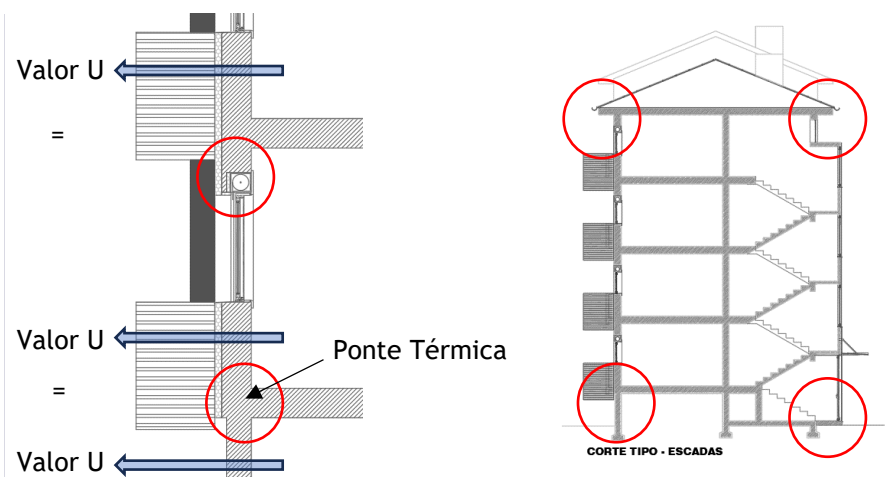


Fig. 46 - Valores de U e possíveis pontes Térmicas

Por uso de um vão ventilado de caixa aberta na proposta, conseguimos perceber que o valor-U será igual em ambos lugares da fachada, sendo com ou sem a intervenção aplicada, ver fig.46. O parâmetro que muda neste caso é a diferença entre as temperaturas consoante a percentagem de cobertura vegetal atribuída. É importante perceber que ao contrário do valor U, um valor de fluxo menor é mais vantajoso. Com base no estudo apresentado de (National Parks) e as percentagens de cobrimento atingidas na proposta, fazemos uma simulação hipotética. Claro está que estes dados são referentes a parques que terão um efeito mais significativo, podendo prever à partida que a mitigação neste caso não poderá atingir os 3°C em cada 10% de cobertura.

Cálculo Consoante a Lei de Fourier:

$$\varphi = A U (\theta_i - \theta_e)$$

Simulação hipotética do período de aquecimento (inverno)

Fachada sem cobertura vegetal

$$\begin{aligned}\varphi &= 0.35 (20 - 10) \\ &= 0.35 \times 10\end{aligned}$$

Fachada com 6% cobertura vegetal

$$\begin{aligned}\varphi &= 0.35 (20 - 11.5) \\ &= 0.35 \times 8.5\end{aligned}$$

Fachada com 16% cobertura vegetal

$$\begin{aligned}\varphi &= 0.35 (20 - 14) \\ &= 0.35 \times 6\end{aligned}$$

Simulação hipotética do período de arrefecimento (verão)

Fachada sem cobertura vegetal

$$\begin{aligned}\varphi &= 0.35 (20 - 30) \\ &= 0.35 \times 10\end{aligned}$$

Fachada com 6% cobertura vegetal

$$\begin{aligned}\varphi &= 0.35 (20 - 28.5) \\ &= 0.35 \times 8.5\end{aligned}$$

Fachada com 16% cobertura vegetal

$$\begin{aligned}\varphi &= 0.35 (20 - 26) \\ &= 0.35 \times 6\end{aligned}$$

5.

ESTUDO DE CASO

5.1 APLICAÇÃO DE JARDIM VERTICAL - SOLUÇÃO TÉCNICA

A intervenção proposta tenciona mitigar as temperaturas exteriores na malha urbana por via de incrementar a percentagem (%) de espaço vegetado face à área superficial da construção.

Neste caso, ao contrário das propostas de jardins verticais correntes, propõe-se uma solução para reabilitação de edifícios de habitação coletiva com janelas em todas as fachadas, e sem empenas cegas, pelo qual temos o cuidado de não obstruir os espaços dos vão envidraçados.

Consegue-se perceber pelo desenho abaixo, figura 47, a disposição do jardim em faixas horizontais de 1m em altura por 2.8m lineares, que se referem ao tamanho standard do perfil oco de aço, série quadrado 50,2 para aplicações estruturais que compõe a subestrutura da solução. Estes perfis serão fixados à parede existente por ganchos de fixação mecânica como é evidenciado na projeção abaixo.



Fig. 47 - Jardim Vertical e disposição Proposta (Rouse, 2013)

5.2 ORIENTAÇÃO SOLAR MAIS ADEQUADA

Como se evidencia nos resultados de capítulo anterior, o edifício mostra os melhores resultados energéticos sendo ele coberto pela fachada sul ou em todas as fachadas. Visto que a aplicação em todas as fachadas, neste caso, resulta numa percentagem de apenas 16% da área superficial de todas as fachadas, ponderamos o custo com esta disposição sendo ela a mais favorável em termos de mitigação de temperaturas tanto do edifício como na malha urbana.

Com a análise dos dados tratados, conseguimos ver que a orientação mais adequada para instalação da estrutura vertical será na fachada sul, porem o recobrimento parcial da fachada Poente também terá algum impacto na proteção dos materiais de construção. Supomos que a diferença energética na fachada norte se deve à redução da ação arrefecedora causada por ventos fortes e necessidade de aquecimento subjacente.

5.3 ESPECIES ADEQUADAS

As espécies selecionadas, apresentadas no quadro de imagens da figura 48, são autóctones à região, densas e amplas na sua ocupação pelo qual se prevê um diminuído número de espécies necessárias por cada m².

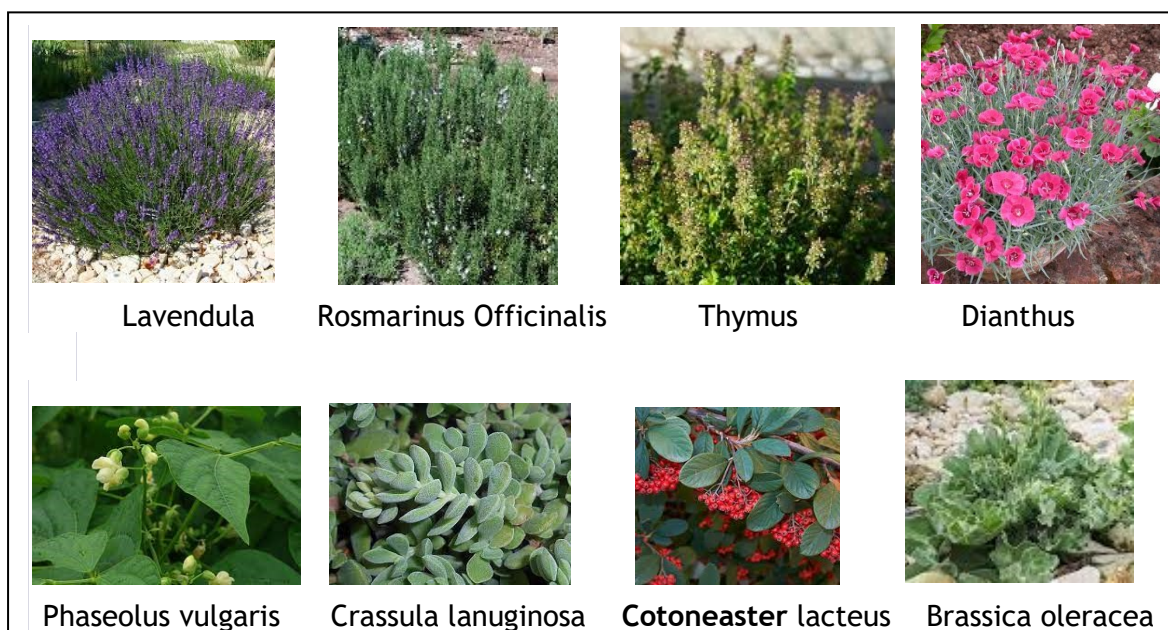


Fig. 48 - Espécies selecionadas autóctones da região da comarca do Porto

5.4 CAPTURA E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Para além de uma pequena captura e armazenamento de águas pluviais, porque neste caso, o clima desta localização o permite, preconiza-se a reutilização das águas cinzentas para a rega da nossa fachada vegetada. A captura é feita através de pequenos tanques na base da fachada verde os quais capturam água não só da descarga pluvial, mas também das águas de rega em excesso. É estimado que 50% da água usada para rega é devolvida ao sistema sendo a filtragem feita pela própria vegetação do sistema, ver figura 49.

Será possível, eventualmente, efetuar uma recarga de água em meses de seca através da reutilização de águas cinzentas do edifício já que no Porto estas já se encontram separadas. Pode ser realizado com uma pequena intervenção na caixa coletora, antes da junção das águas no terminal de limpeza, tradicionalmente encaminhadas para o tubo da rede. Este sistema de aproveitamento de águas cinzentas terá de cumprir com as especificações técnicas estipuladas pela Norma Europeia EN 16941-2 de 2021 e a ETA 0905 para conceção, dimensionamento, instalação, controlo e manutenção dos SPRAC (sistemas prediais de reutilização de águas cinzentas). Irá também requerer uma certificação obrigatória do sistema, realizada pela ANQUIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais) com base na ETA 0906 para certificação técnico-sanitária das instalações. (Janz, 2022)

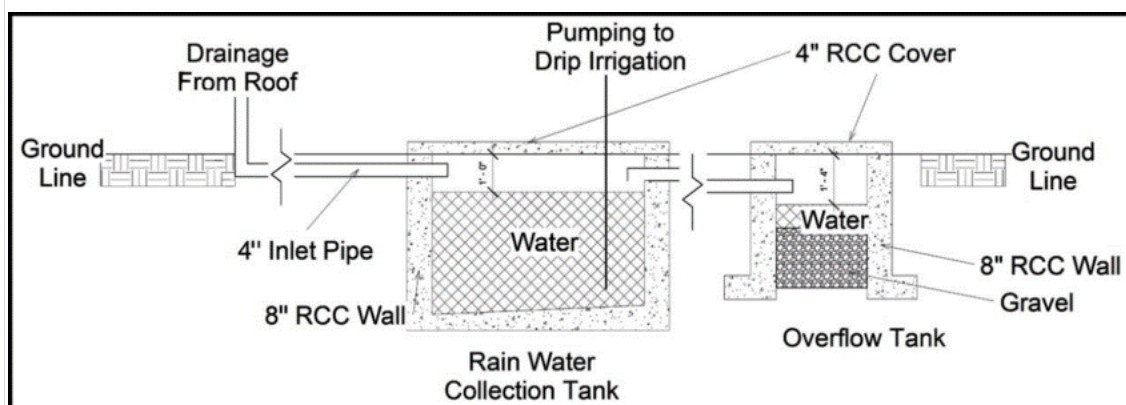


Fig. 49 - Sistema de Captura de águas Pluviais Proposto (Fiocchi, C., 2010)

5.5 DRENAGEM

O tanque coletor que alimenta o sistema de rega terá uma válvula de segurança direcionada à rede. A drenagem da fachada proposta é feita através de gabiões na base da estrutura vertical com uma canalização simples de retorta ao tanque coletor. Sendo que o método de rega será por goteio, e o sistema de coleção de águas já preconiza a reutilização da água de rega, não se prevê qualquer necessidade de uma drenagem mais robusta. (Berndtsson e água, 2005)

5.6 ESTRUTURA E MATERIAIS

Os Materiais de Construção para Solução Residencial de Jardim Vertical a usar incluem: (Kurniati et al., 2021)

- Subestrutura - Suporte para a sustentação do revestimento exterior de fachada ventilada;
- Geoproduto Impermeabilizante - módulo de dripline;
- Alumínio rails 100mm x 2;
- Membrana polietileno para rotura capilar 100mm;
- Tela pitonada;
- Brita;
- Tanque de armazenamento de água 750l
- Caixa de drenagem - 600mm (largura) x 400mm(fundo) - coletor de águas na base da fachada dirigida ao tanque de armazenamento de águas;
- Tubo de rega a goteio;

A Tabela 11 abaixo identifica as medições de quantidades feita para permitir o estudo económico realizado no capítulo seguinte. Refere-se à fachada Sul do Bloco 25 no seu total.

Tabela 11 - Contabilização dos Materiais de construção para a solução proposta

Contabilização dos Materiais de Construção para Solução "Verde" Ecológica	
	UN/mm
Subestrutura - a cada metro	280 u
Impermeabilização	265 m2
Camada de feltro permeável drenante	265 m2
Perfil oco de aço, série quadrado 50,2 100mm x 2	528 ml
Membrana polietileno para rotura capilar 100mm	68 ml
Tanque de armazenamento de água 750 l	1
Caixa de drenagem - 600mm (largo) x 400mm(fundo)	68ml
Caixa de passagem	1
Tubo de rega a goteio tipo Rainbird XFD	528ml
Sistema de bombagem	1

5.7 ESTUDO ECONOMICO

5.7.1 INTRODUÇÃO

Apresenta-se em seguida um estudo económico sobre o custo estimado de investimento de aplicação de uma fachada verde na empena Sul do Bloco 25, conforme especificação antes apresentada.

5.7.2 ESTRUTURA DE CUSTOS

Foi definida uma estrutura de custos representativa do investimento, baseada numa abordagem direta do orçamento em termos das tarefas antes medidas a que se juntaram os custos indiretos e de estaleiro e as margens expectáveis para o trabalho.

Nos pontos seguintes, explicam-se os pressupostos assumidos.

Os custos diretos incluídos dizem respeito a:

- Perfil oco de aço, série quadrado 50,2 para aplicações estruturais;
- Módulo de geoproduto impermeabilizante, drenante e transpirável;
- Ancoragem mecânica com bucha de nylon e parafuso, de 5 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento;
- Espécies de plantas para exterior;
- Parafuso auto-roscante com cabeça hexagonal de aço zincado com junta estanque;
- Tanque coleção águas pluviais;
- Caleiras da coleção de águas de rega;
- Nutrientes de plantas;
- Tubos de distribuição a goteio tipo Rainbird XFD;
- Caixas de drenagem natural na base da fachada verde;
- mão de obra usada para instalar as infra-estruturas referidas.

A Tabela 12 abaixo apresenta o resumo dos custos diretos estimados para este trabalho.

Os valores apresentados na Tabela 26 foram calculados usando as medições apresentadas no capítulo 4 e em preços unitários estimados com o Gerador de Preços da Cype. Apresentam-se alguns exemplos dos cálculos efetuados no Anexo III.

O preço global de investimento incluindo custos indiretos e de estaleiro e margens do aplicador foram estimados com base num K de 1,50 de que resulta um preço de investimento de cerca de 50 000 euros arredondados, correspondente a cerca de 1,50 * 32 775,19, para 100m² o que nos dá um preço base de construção de 500€/m².

Os custos de manutenção são estimados num período decenal: 733,89€/ano nos primeiros 10 anos. (CYPE, gerador de preços 2022)

Tabela 12 - Estimativa de custos diretos para a fachada verde a Sul no Bloco 25

Jardim vertical com cultivo semihidropónico em geoprodutos, para exterior					
Descrição	Rendimento	Preço €	quantidade necessária	QTD. Final	custo final €
Perfil oco de aço, série quadrado 50,2 para aplicações estruturais	2.8ml	48,72	528 ml	188	9159,36
Módulo de geoproducto impermeabilizante, drenante e transpirável	5 m ² .	233,68	265m2	53	12385
Ancoragem mecânica com bucha de nylon e parafuso, de 5 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento.	un./10m2	0,20	280/m	28	5,60
Espécies de plantas para exterior 2,32€/ud	20/m2	46.4	265m2	265	12296
Parafuso auto-roscante com cabeça hexagonal de aço zincado com junta estanque	8m	0,79	528 ml	66	52,14
Tubo de rega a goteio tipo Rainbird XFD	100m	83,00	528ml	6	498
Tanque de armazenamento de água	750 l	101,99	1	1	101,99
Caixa de drenagem formado por Caleira quadrada de zincotitânio, natural, de desenvolvimento 333 mm	m	31,19	68ml	68	2120
Caixa de passagem	Unidade				62,82
Sistema de bombagem	Unidade				768,68
Oficial de 1ª montador.	1h/m2	21,36	265m2	265h	5660,4
Ajudante de montador.	1h/m2	20,28	265m2	265h	5374.2
Oficial de 1ª jardineiro.	0.4h/m2	20,78	265m2	106h	2202,68
Ajudante de jardineiro.	0.4h/m2	20,28	265m2	106h	2149,68
Custo global do investimento (custos diretos)	32 775.19 €				

5.8 INTERESSE ECONÓMICO DO INVESTIMENTO

O valor do investimento e dos custos de manutenção estimados para a aplicação de uma fachada verde a Sul no Bloco 25 do Cerco do Porto (enquanto obra exemplo) parece ser bastante interessante face aos resultados obtidos em termos sobretudo de ganhos de sombreamento e de mitigação geral da temperatura por efeito da fachada verde projetada.

6.

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES

No seguimento dos resultados térmicos e orçamentais, foram alcançadas algumas conclusões sobre a eficácia do jardim vertical, a mais vantajosa orientação e a sua viabilidade económica. Analisou-se em detalhe a melhor disposição para o enquadramento do sistema e foram efetuadas as devidas comparações dos dados obtidos na elaboração desta tese.

Os resultados do estado da arte ajudaram a definir alguns parâmetros pelos quais nos guiamos durante a evolução do trabalho. Em primeiro lugar, os efeitos da climatização, e a evolução histórica da ocupação de solos urbanos de forma regulamentada, que terá alguma influência no efeito da climatização.

A grande necessidade de habitação na cidade do Porto, demonstra também um cenário dramático em que a busca de uma solução de construção em massa foi prioritária e que teve uma influência notável no crescimento urbano, nos conceitos arquitetónicos e nas técnicas construtivas realizadas.

A contabilização da percentagem de vegetação face à área superficial construída demonstrou uma oportunidade de reforçar o déficit de zonas verdes, tendo concluído que existe apenas 0.8% de zonas verdes face a área construída na zona metropolitana do Porto. Na sequência da compreensão da tabela na Portaria que indica a necessidade de cerca de 23%, compreende-se a necessidade de aumento de intervenção “verde” na malha edificada.

A análise de edifícios e esquemas de drenagem das outras soluções de malha “verde” já existentes ajudaram na conceção de uma solução específica para o caso de estudo usado nesta dissertação. Esta solução poderá também ser aplicada em geral, para a reabilitação de edifícios de habitação coletiva, e inclusivamente para novas

construções já que num espaço vegetado, existe sempre uma mitigação de gases de efeito estufa para além da mitigação de CO₂.

Neste caso foi constatada a necessidade de ter uma fachada ventilada e o cálculo térmico evidenciou que a fachada verde não acrescenta grande valor em termos de ganhos de isolamento. Já que um vão fortemente ventilado, de caixa aberta, determina um valor de U da envolvente, não foi possível evidenciar um efeito no valor U, contudo, conseguimos determinar que este valor terá que ser calculado com mais rigor em zonas de ponte térmica.

Conseguiu-se definir uma disposição de painéis em faixas horizontais para evitar a obstrução dos vãos envidraçados, que serve essencialmente para a reabilitação de edifícios de habitação sem empenas cegas. Porém, este método poderá ser usado para recobrir uma fachada inteira no caso da conveniência de fachadas com empenas cegas. Com esta solução construtiva, determinou-se a percentagem da fachada que se consegue cobrir com vegetação, neste caso conseguimos 16% se o edifício for todo recoberto nas quatro fachadas.

Com recurso à lei de Fourier, conseguimos contemplar onde se inserem os efeitos da implementação de vegetação na fachada. Estabeleceu-se que os parâmetros das temperaturas exteriores ficam alterados, enquanto os valores de U, da fachada em si, não sofrem alteração. Usamos os dados publicados de “aproximadamente de 3°C com cada 10% de vegetação face à área de superfície construída” para definir um fator de mitigação hipotético e neste caso, provavelmente exagerado face à realidade. Porém é indicativo do potencial, e do âmbito em qual a mitigação potencial de temperaturas se aplica, e poderá ser um tema para uma investigação mais aprofundada.

Perante a análise de águas urbanas percebeu-se que existem diversas soluções para a integração de um sistema de captura e distribuição ecológica e de pouco gasto no consumo para a manutenção da vegetação a longo prazo. Confirma-se a possibilidade de reutilização de águas pluviais, águas cinzentas residuais e de águas de excesso de rega, as quais, para além duma filtragem prévia, são filtradas pelo sistema em si. Porém, entendeu-se que a gestão de águas pluviais será sempre um benefício de edifícios com malha verde.

Tivemos alguma dificuldade em definir as fachadas mais vantajosas pela pequena percentagem de vegetação que conseguimos implementar em cada fachada, e pela grandiosidade da fachada virada a sul neste caso, sendo de 6% da área superficial do edifício nas fachadas norte e sul, e de apenas 2 % para as fachadas nascente e poente. Em geral, a seguir a fachada sul, a fachada Poente também demonstrou uma capacidade elevada na redução de consumos energéticos, contudo num edifício com dimensões das fachadas mais equilibradas, poderíamos chegar a conclusões mais definitivas.

Os resultados da solução global, com todas as fachadas cobertas foram os que melhores resultados demonstraram. Neste âmbito conseguimos uma mitigação mais evidente, já que esta solução representa uma cobertura vegetal de 16% da área superficial do edifício devido à coberta por fachadas e empenas.

Os estudos apresentados demonstram as capacidades térmicas do jardim vertical para efeitos de reduzir o consumo energético de edifícios existentes e aumentar o conforto térmico da malha urbana nas proximidades dos edifícios revestidos com fachadas verdes. Nos meses de verão e inverno podemos atingir um efeito de conforto térmico maior mediante a mitigação das temperaturas exteriores, as quais mantêm as temperaturas no interior mais constantes e com menos oscilações.

Havendo mais área de superfície para cobrir, a implementação de fachadas verdes poderá ainda ter maior impacto na mitigação térmica e equilíbrio ambiental que as coberturas vegetadas tanto no aspeto de purificação do ar, do enriquecimento dos ecossistemas, tal como na mitigação global de temperaturas no exterior.

A análise económica ajuda a compreender a escassez de soluções mais "verdes" já que são vistas como sendo dispendiosos tanto para construir, como para a sua manutenção. Porém, se integramos um sistema de rega eficaz, reduzindo os custos de manutenção, o benefício para os utentes e cidadãos pode valer o investimento inicial. Para além disso, se formos a comparar os custos da intervenção com custos de construção de edifícios, sendo estes na ordem dos 1500 €/m², torna-se evidente que os custos da solução proposta se encontram em cerca de 30% de este valor e logo parecem ser interessantes em termos de relação custo/benefício.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Existem vários parâmetros que não conseguimos analisar neste estudo, porém propõe-se uma análise mais aprofundada numa etapa seguinte.

Percebe-se que existem pontes térmicas as quais terão de ser calculadas com mais rigor. Propõe-se um cálculo mais rigoroso que consiga referir as diferenças de temperatura numa secção da fachada com a malha protetora em contraste com a temperatura numa secção que não seja vegetada/sombreada. Terão de ser revisadas as proporções de maneira ao valor não ultrapassar o dobro para não criar situações de pontes térmicas propícias a condensações.

Os dados relacionados com as proporções de área verde face a área construída terão de ser revisados visto que as percentagens mencionadas vêm de estudos de espaços verdes, com vegetação de substrato. Talvez o potencial da mitigação não seja tão abrangente como os 3°C em cada 10% relatados, mas seria interessante conseguir definir mais concretamente o efeito da fachada vegetada em termos de temperatura tanto no interior como no exterior.

Ponderamos a possibilidade de usar energia geotérmica, “casando” os conceitos para aquecer esse vão ventilado durante os meses frios, e arrefecer durante os meses de calor, contudo, esta solução teria de ser concebida em caixa fechada, e a hipótese de utilizar o sistema ETICS seria então pouco viável.

De qualquer forma, a possibilidade de mitigação acrescida pela energia geotérmica, poderá sustentar energeticamente as casas, enquanto ao mesmo tempo tirará proveito das capacidades da vegetação em controlar fluxos térmicos na malha urbana. Neste sentido, a vegetação ajudará também a eliminar quaisquer resíduos da extração final do sistema geotérmico.

Noutra fase desta investigação poder-se-á fazer ainda uma análise comparativa hipotética do conjunto de edifícios, transportando-os para uma cidade nacional com características climáticas distintas como, por exemplo, o caso do Algarve.

O sistema de captura, tratamento e reutilização de águas pluviais e residuais para a rega de uma cobertura ou fachada vegetada, terá de ser esquematizado e orçamentado e esse é também um possível desenvolvimento futuro deste trabalho.

Como se tornou evidente nesta tese existem diversas soluções teóricas cuja implementação poderá ou não ter viabilidade mediante a contabilização dos custos, tanto em termos de investimento como de exploração.

7.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

(Amorim F., 2009) Amorim Faria, José Manuel (2009). Patologias das Construções com madeira - Sugestões de Intervenção. 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. PATORREB2009. Porto, FEUP

(Archdaily, 2006) https://www.archdaily.com/914842/musee-du-quai-branly-ateliers-jean-nouvel?ad_medium=gallery foto, Acesso em 12 de Junho 2023

(Archingeni, 2015) <https://archingeni.wordpress.com/2015/01/29/caixaforum-madrid/fotografia-caixa-forum> Acesso em 12 de junho 2023

(Ashrae, 2021) ASHRAE Handbook-Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2021

(Barbosa, 2020) S. A. Magalhães Barbosa, “COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO PASSIVO COM A CLASSE ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO REABILITADOS DO SUL DA EUROPA,” Porto, Jan. 2020.

(Berardi et al., 2014) Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., & GhaffarianHoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. Applied Energy, 115, 411

(Berndtsson et al, 2005) Berndtsson, J.C., Emilsson, T., & Bengtsson, L. (2005). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. Ecological Engineering, 26(4), 361-370

(Blanc, P., 2012) Blanc, Patrick (2012) The Vertical Garden: From Nature to the City

(Cabeza et al., 2014) Cabeza, L.F., Vilariño, V., & Pérez, G. (2014). Urban regeneration with nature-based solutions: The case of the Example district in Barcelona. Sustainability, 5530-5549.

(Chambers, 2011) Chambers, Neil B. 2011. Urban Green: Architecture for the Future

(CMP, 2023) Camara Municipal do Porto
https://www.cm-porto.pt/os_planos_do_porto/plano-melhoramentos-1956-1966 - Acesso em 28 de Maio 2023

Colding, Johan. 2007. Ecological land-use complementation for building resilience in urban ecosystems. Landscape and Urban Planning. 2007, pp. 46-55.

(Costa et al., 2009) C. Alexandra Costa, Luís Madeira, “A Reabilitação Habitacional em Portugal - Avaliação dos Programas RECRIA, REHABITA, RECRIPH e SOLARH,” Lisboa, May 2009.

(Curado, 2014) A. J. C. Curado, (2014) “CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL REABILITADOS,”

(Deublein et al, 2009) Deublein, M., & Stegmann, R. (2009). Urban vegetation and air pollution mitigation—A review on leaf surface traits relevant for urban environment.

(Domus, 2018) Domus Social. Estratégia de Intervenção Integrada para o Cerco do Porto. 2018

(ENERGYGOV, 2023) <https://www.energy.gov/femp/net-zero-water-building-strategies> Foto diagram, Acesso em 23 de Maio 2023

(Farhadian et al, 2019) Farhadian, Maryam, Sina Razzaghi Asl and H. Ghamari. (2019) Thermal Performance Simulation of Hydroponic Green Wall in a Cold Climate - International Journal of Architectural Engineering and Urban Planning

(Fiocchi, C., 2010) Fiocchi, Carl. (2010). A Sustainable Design for the American Commercial Strip Mall.

(Ferreira, R, 2021) Rafael da Costa Coelho Ferreira (2021) Capacidade de sequestro de carbono do Jardim Botânico do Porto

(Getter et al., 2009) Getter, K.L., & Rowe, D.B. (2009). Media depth influences Sedum green roof establishment. Urban Ecosystems, 12(4), 435-447

(Heidarinejad et al., 2016) Heidarinejad, G., & Montazeri, H. (2016). Investigation of the effects of vertical greenery systems on building indoor thermal comfort in the UK. Energy Procedia, 96, 82-92

(IHRU, 2018) Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana, “Levantamento Nacional das Necessidades de Realojamento Habitacional,” Feb. 2018.

(Janz, 2022) Águas pluviais e águas cinzentas nos edifícios <https://cgf.janz.pt/aguas-pluviais-e-aguas-cinzentas-nos-edificios/> 14/10/2022

(Kurniati et al., 2021) Kurniati Ornam, Sugeng Triyadi, Surjamanto Wonorahardjo, Inge Sutjahja, Prameswara Martonohadi, Sufiyah Assegaf & Masykur Kimsan. (2021) THERMAL ENVIRONMENT CONTROL OF BUILDINGS USING INSTALLATION OF PLANTS AND METAL PANELS ON BRICK WALLS. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

(Madureira, 2001) Madureira, Helena (2001) Processos de transformação da estrutura verde do Porto. Resumo da dissertação de Mestrado em Planeamento e Projecto do Ambiente Urbano, Lisboa

(Magalhães, 1996) Magalhães, Manuela (1996) Morfologia da Paisagem, Dissertação de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa

(Matos, F. 2001) Loureiro Matos, Fatima (2001) A habitação no grande Porto: uma perspectiva geográfica da evolução do mercado e da qualidade habitacional desde finais do séc. XIX até ao final do milénio

(Mendes, 2017) Mendes, Alexandra (2017) Avaliação da disponibilidade e acessibilidade a espaços verdes em quatro áreas urbanas: Lisboa, Porto, Braga e Coimbra

(MPT, 2017) Município do Porto e Território XXI. Diagnostico social e plano de ação para a zona do cerco e área envolvente., 26 de maio 2017

(Montazeri et al., 2017) Montazeri, H., & Montazeri, N. (2017). Green wall system impact on ventilation rate and thermal performance of a naturally ventilated building in the UK. *Energy Procedia*, 122, 155-160

Município do Porto, Conceição P., Vázquez I. B., Rios J. A., Urbanovik Brandimiller T., Serrano T. Estratégia Local de Habitação (ELH) com vista à apresentação de candidatura(s) ao 1º Direito

(National Parks, Singapore CBI, 2021) National Parks. International Relations, National Biodiversity Center. Singapore: HANDBOOK ON THE SINGAPORE INDEX ON CITIES' BIODIVERSITY s.n. 98, 2021.

(Ondoño et al., 2020) Ondoño, S., Hernández-Crespo, C., Ruiz-Pérez, G., & Beltrán-Hernández, I. (2020). Environmental benefits of green roofs: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13243-13258

(Pearlmutter et al., 2009) Pearlmutter, D., Bitan, A., & Berliner, P. (2009). The effect of green roofs on urban heat. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48(7), 1191-1200

(Peckham et al., 2018) Peckham, S.D., Bokel, R., & Li, B. (2018). Experimental and numerical investigation of the impact of a green façade on building ventilation. *Energy Procedia*, 152, 582-587

(PEDU, 2015) Município do Porto. PEDU - Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano. 2015

Prata, T. G. (2022) AVALIAÇÃO ENERGÉTICA COM RECURSO AO BIM PARA ESCOLHA DE ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO (BAIRRO DE LORDELO DO OURO-PORTO)

Rosenfeld, A.H., Akbari, H., Romm, J.J., & Pomerantz, M. (1998). Cool communities: Strategies for heat island mitigation and smog reduction. *Energy and Buildings*, 28(1), 51-62

(Rouse, 2013) Rouse, David C. 2013. *Green Infrastructure: A Landscape Approach*

Santamouris, M. (2014). Cooling the cities—A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, 103, 682-703

(Urban Atlas, 2018) Urban Atlas, EEA Geospatial data catalogue, Copernicus (2018) <https://sdi.eea.europa.eu/catalogue/copernicus/api/records/a162163a-ef25-4e6f-ad89-8145a15dbce2> - Acesso em 12 de Maio 2023

(Martins L. 2014) Martins Lopes, Susana Isabel (2014) *Análise de Funções de Custo de Componentes de Construção Civil e de Equipamentos de Serviços Públicos de Água*

(SAAL, 2023) <http://cargocollective.com/ilhasdoporto/Ilha-do-SAAL> - Ilhas do Porto -Acesso em 28 de Maio 2023

8.

ANEXOS

8.1 Secção i Legislação

Artigo 6.º

Regime transitório

- 1 - Às obras de edificação e às operações de loteamento, obras de urbanização e trabalhos de remodelação de terrenos cujo processo de licenciamento decorra na respectiva câmara municipal à data da entrada em vigor do presente diploma é aplicável o regime anteriormente vigente, sem prejuízo do disposto no número seguinte.
- 2 - A requerimento do interessado, o presidente da câmara municipal pode autorizar que aos procedimentos em curso se aplique o regime constante do presente diploma, determinando qual o procedimento de controlo prévio a que o procedimento fica sujeito, tendo em conta o disposto nos artigos 4.º e 6.º
- 3 - Até ao estabelecimento, nos termos do n.º 2 do artigo 43.º, dos parâmetros para o dimensionamento das áreas referidas no n.º 1 do mesmo artigo, continuam os mesmos a ser fixados por portaria do membro do Governo responsável pelo ordenamento do território.

O Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de Dezembro, na redação que lhe foi conferida pela Lei n.º 60/2007, de 4 de Setembro apresenta os parâmetros para o dimensionamento das áreas destinadas a espaços verdes e de utilização coletiva, infra-estruturas viárias e equipamentos de utilização coletiva, são os constantes dos quadros i e ii anexos à presente portaria, que dela fazem parte integrante.

Portaria n.º 216-B/2008 de 3 de Março

QUADRO I

Parâmetros de dimensionamento

Tipo de ocupação	Espaços verdes e de utilização coletiva	Equipamento de utilização coletiva	Infra-estruturas — Estacionamento (a)
Habitação em moradia unifamiliar	28 m ² /fogo	35 m ² /fogo	1 lugar/fogo com a. c. < 120 m ² . 2 lugares/fogo com a. c. entre 120 m ² e 300 m ² . 3 lugares/fogo com a. c. > 300 m ² . O número total de lugares resultante da aplicação dos critérios anteriores é acrescido de 20 % para estacionamento público.
Habitação colectiva	28 m ² /120 m ² a. c. hab.	35 m ² /120 m ² a. c. hab.	Habitação com indicação de tipologia: 1 lugar/fogo T0 e T1; 1,5 lugares/fogo T2 e T3; 2 lugares/fogo T4, T5 e T6; 3 lugares/fogo > T6. O número total de lugares resultante da aplicação dos critérios anteriores é acrescido de 20 % para estacionamento público. Habitação sem indicação de tipologia: 1 lugar/fogo para a. m. f. < 90 m ² ; 1,5 lugares/fogo para a. m. f. entre 90 m ² e 120 m ² ; 2 lugares/fogo para a. m. f. entre 120 m ² e 300 m ² ; 3 lugares/fogo para a. m. f. > 300 m ² . O número total de lugares resultante da aplicação dos critérios anteriores é acrescido de 20 % para estacionamento público.

8.2 Secção ii **RESULTADOS TÉRMICOS - DESIGNBUILD SOFTWARE**

Simulação da envolvente - SUL, NORTE, NASCENTE E POENTE E EM TODO EDIFÍCIO

As Tabelas seguintes apresentam impressões dos resultados obtidos na simulação da envolvente com proteção a Sul (Tabela 1.1, Tabela 1.2 e Tabela 1.3).

Tabela 1.1 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a Sul (estação fria)

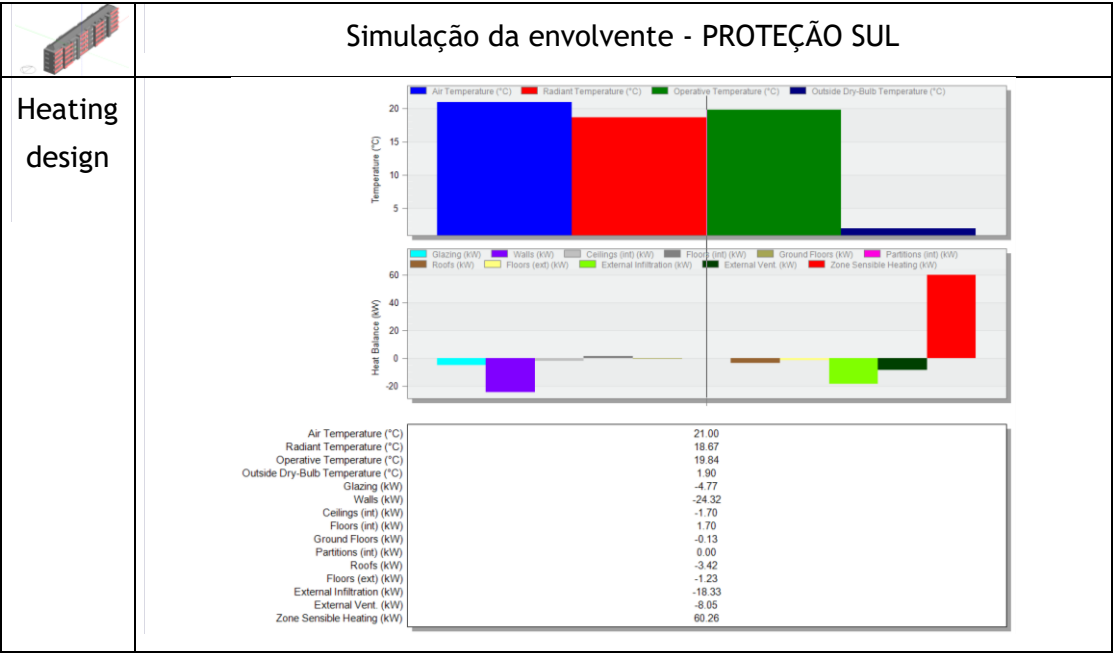


Tabela 1.2 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a Sul (estação quente)

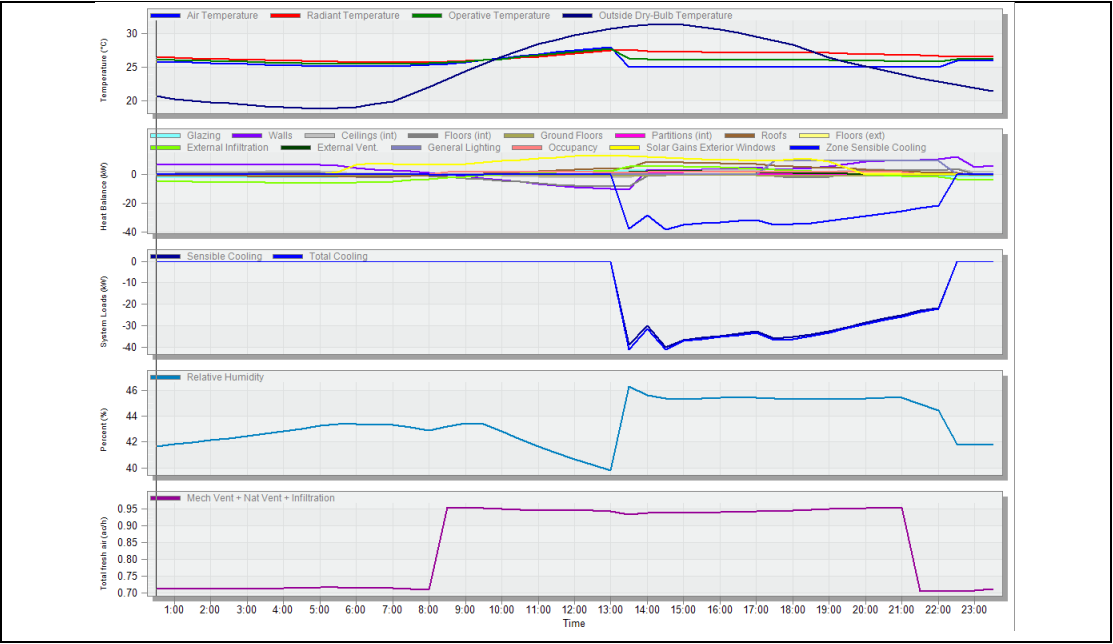
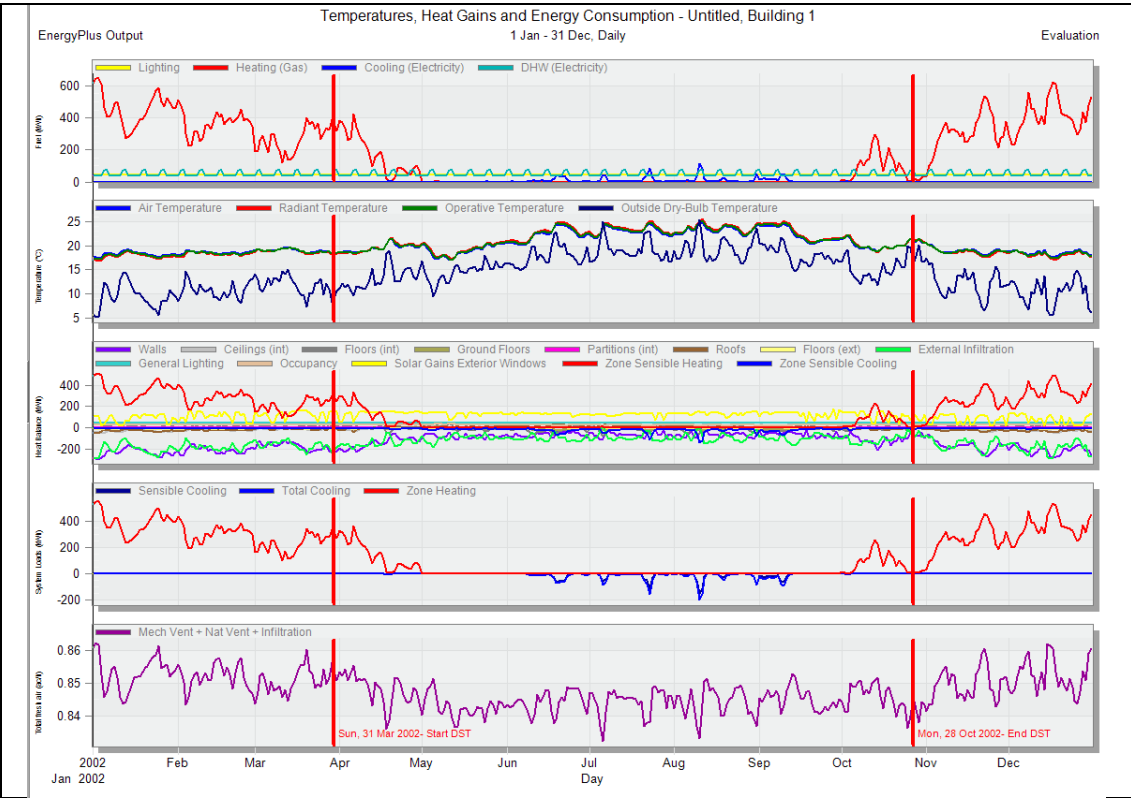


Tabela 1.3 - Balanço Térmico - COM Proteção a Sul (anual)



As Tabelas seguintes apresentam impressões dos resultados obtidos na simulação da envolvente com proteção a NORTE (Tabela 2.1, Tabela 2.2 e Tabela 2.3).

Tabela 2.1 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a NORTE(estação fria)

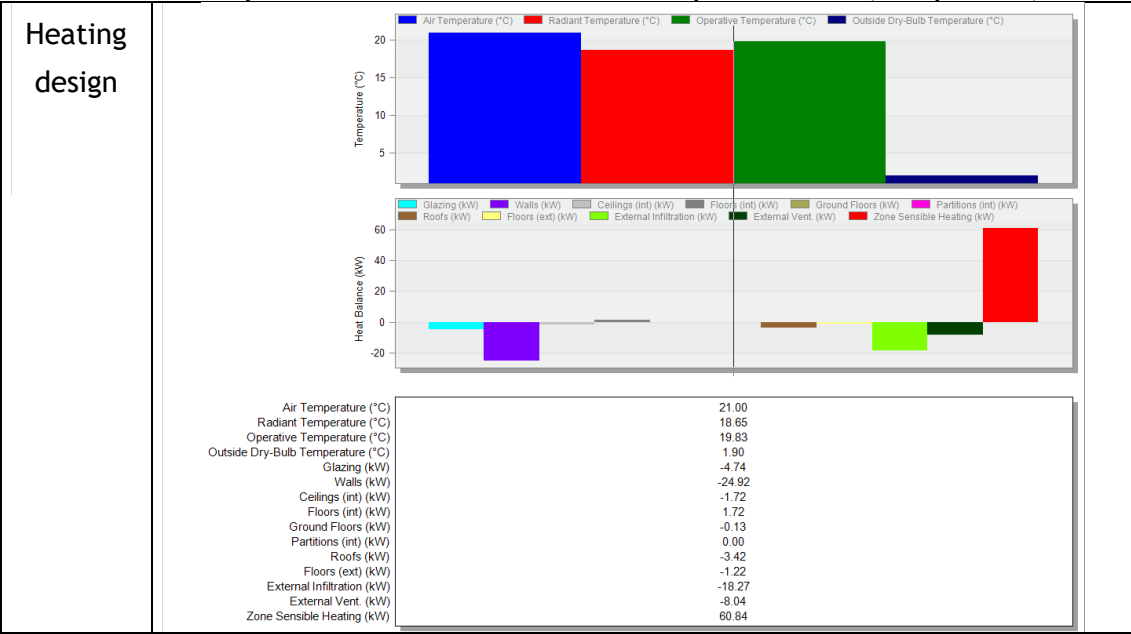


Tabela 2.2 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a NORTE (estação quente)

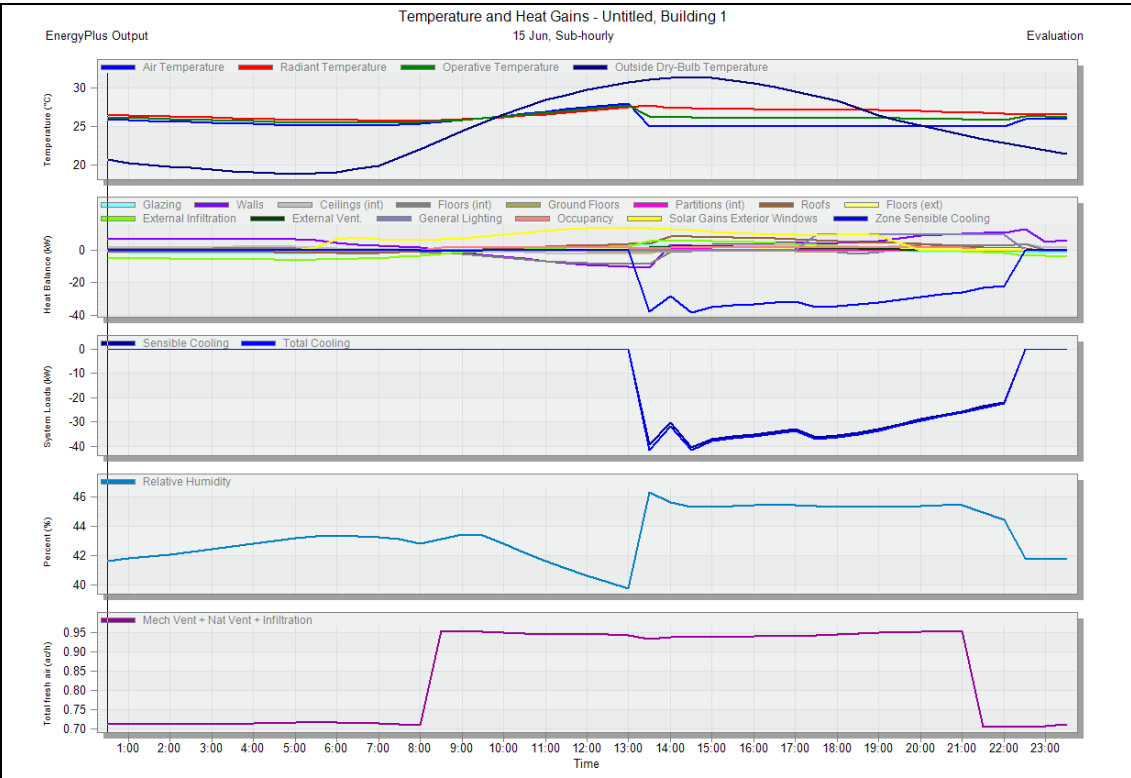
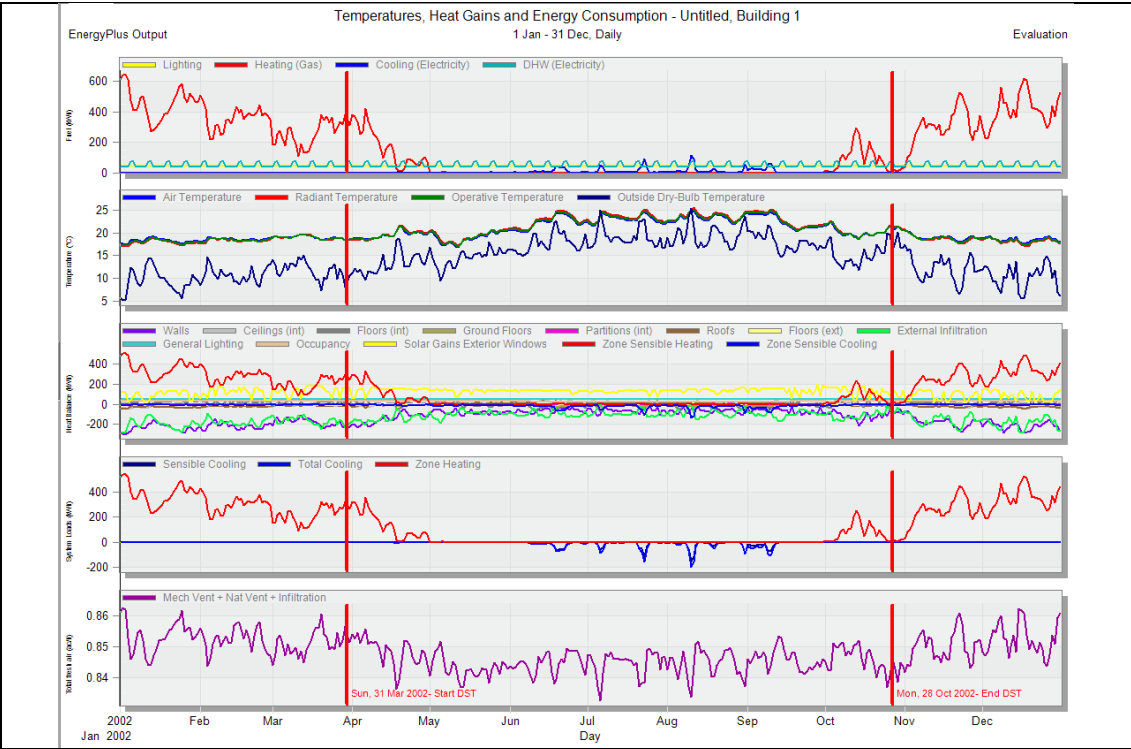


Tabela 2.3 - Balanço Térmico - COM Proteção a NORTE (anual)



As Tabelas seguintes apresentam impressões dos resultados obtidos na simulação da envolvente com proteção a NASCENTE (Tabela 3.1, Tabela 3.2 e Tabela 3.3).

Tabela 3.1 - Simulação da envolvente - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a NASCENTE (estação fria)

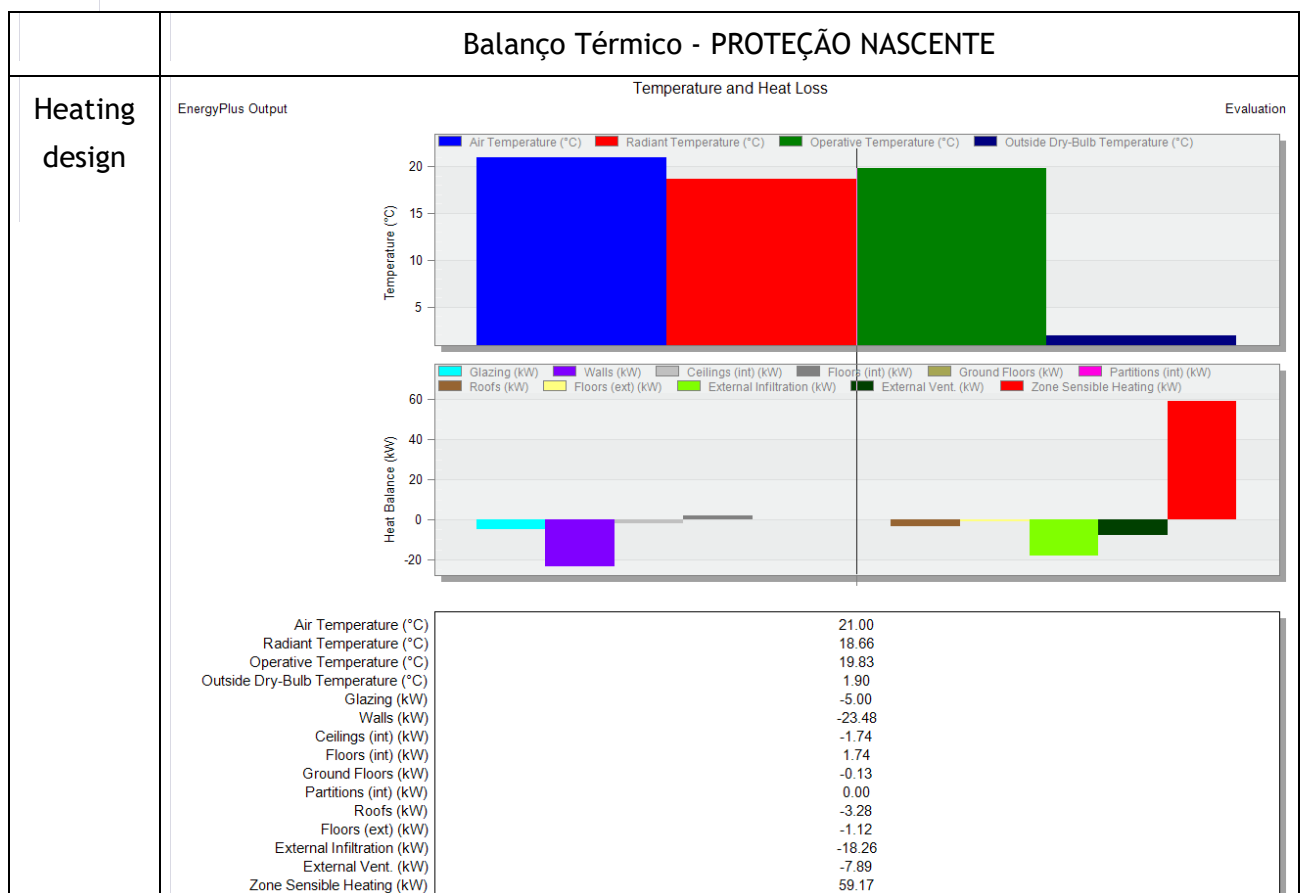


Tabela 3.2 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a NASCENTE (estação quente)

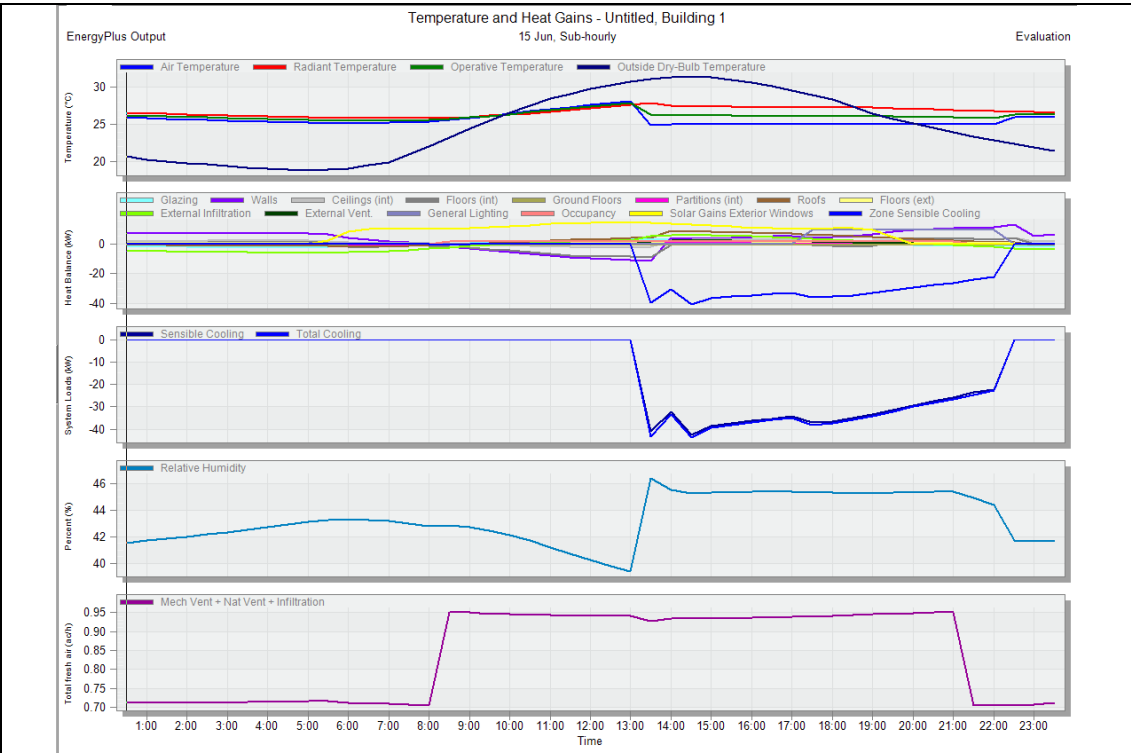
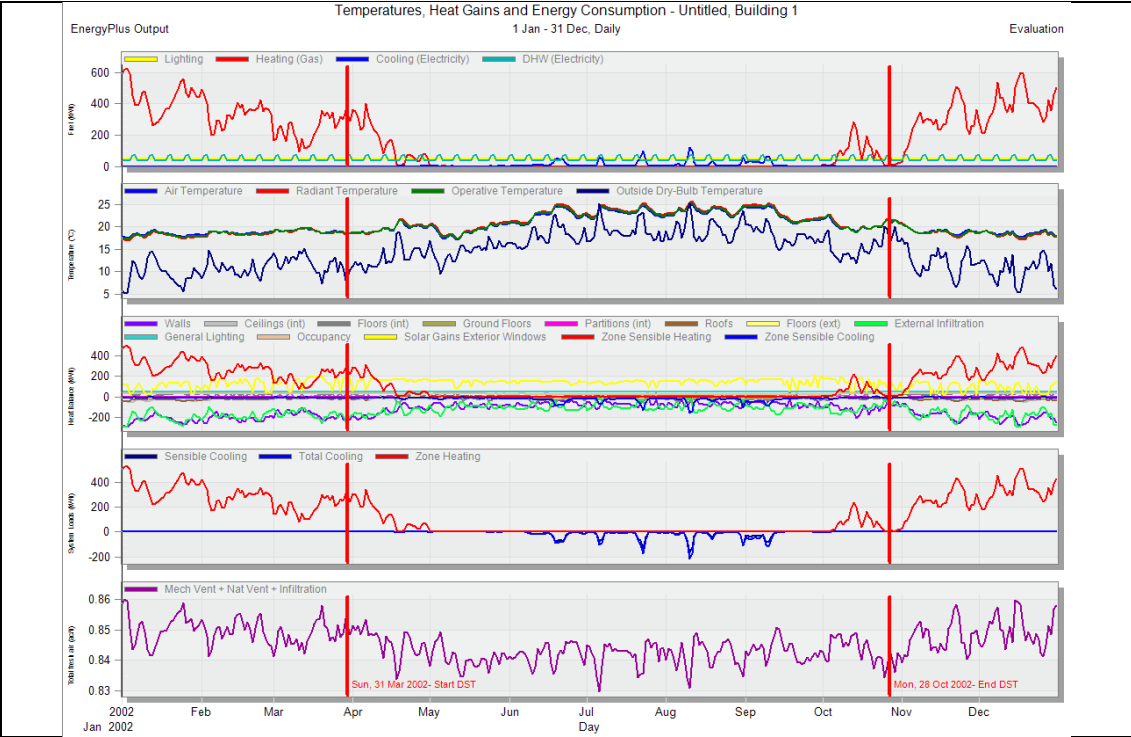


Tabela 3.3 - Balanço Térmico - COM Proteção a NASCENTE (anual)



As Tabelas seguintes apresentam impressões dos resultados obtidos na simulação da envolvente com proteção a POENTE (Tabela 4.1, Tabela 4.2 e Tabela 4.3).

Tabela 4.1 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a POENTE (estação fria)

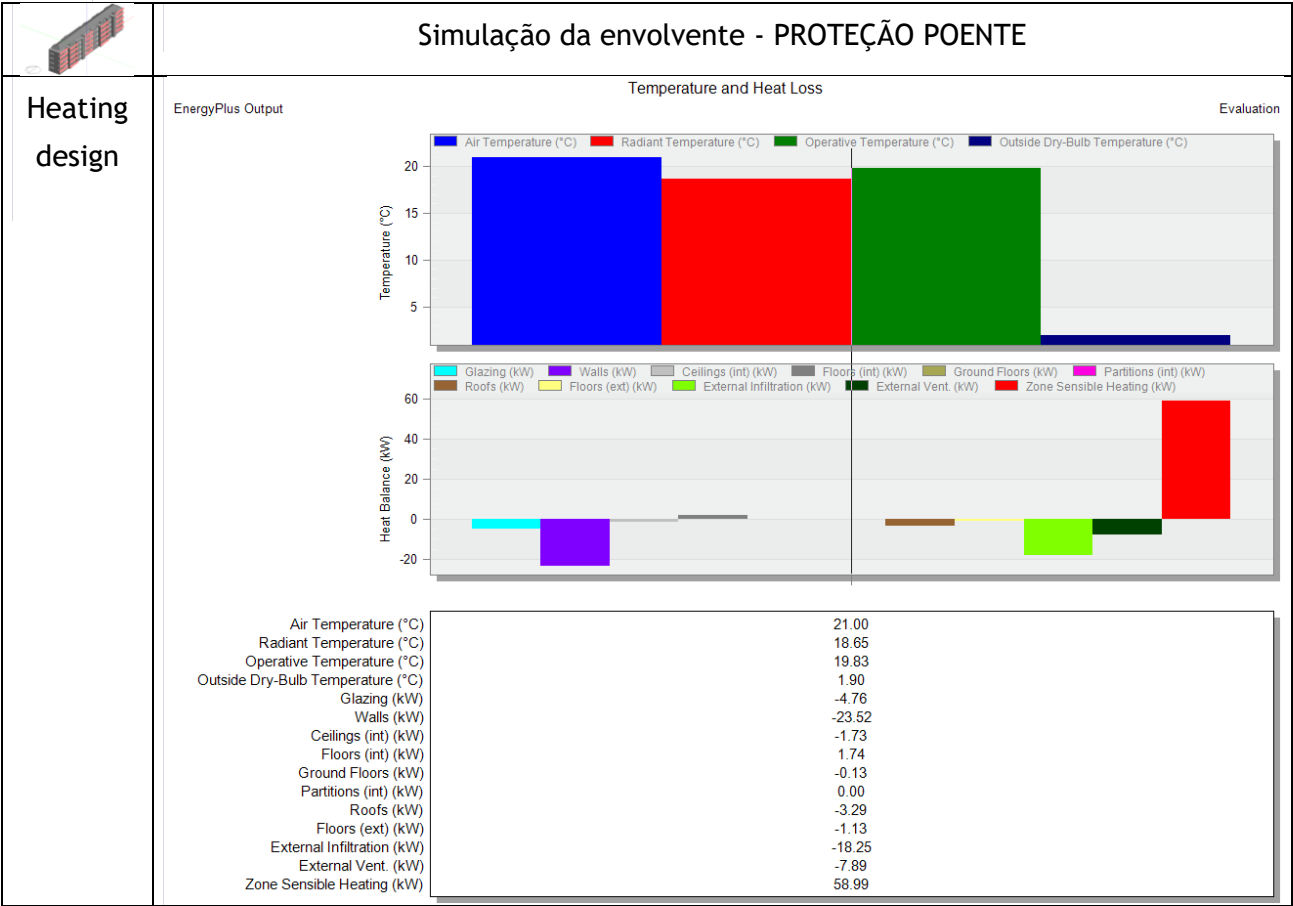


Tabela 4.2 - Simulação da envolvente - Bloco 25 COM PROTEÇÃO a POENTE
(estação quente)

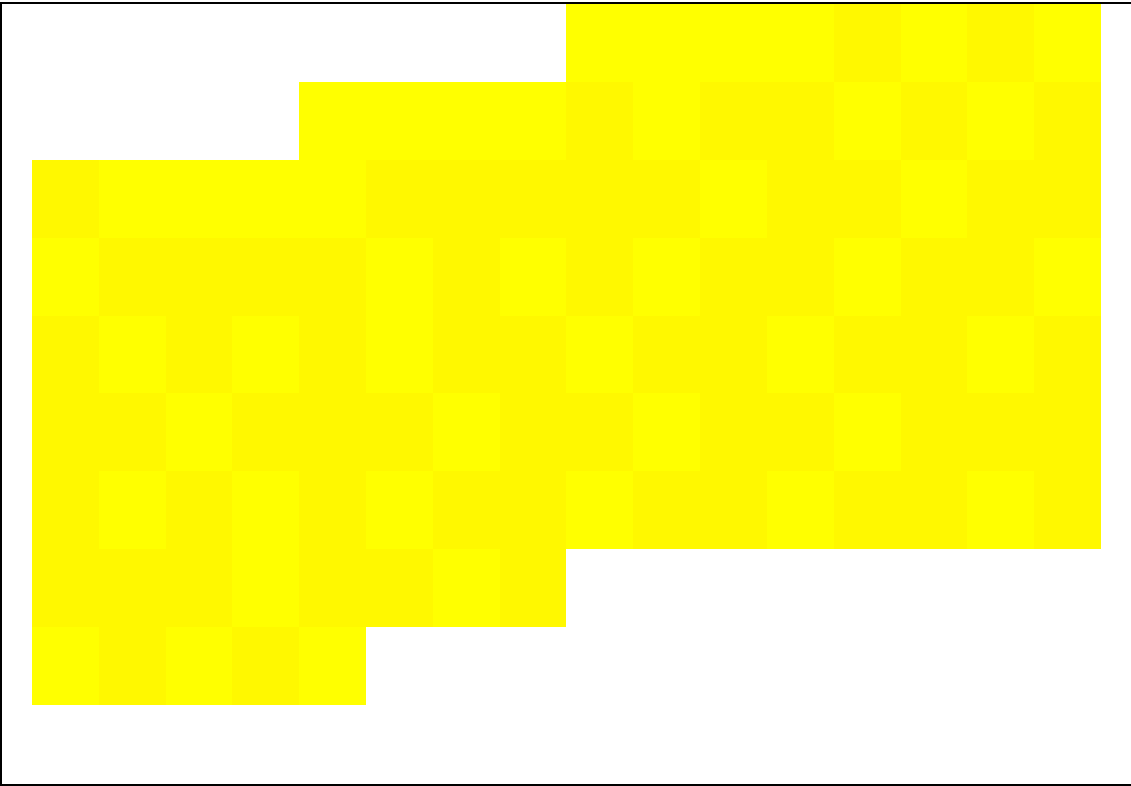
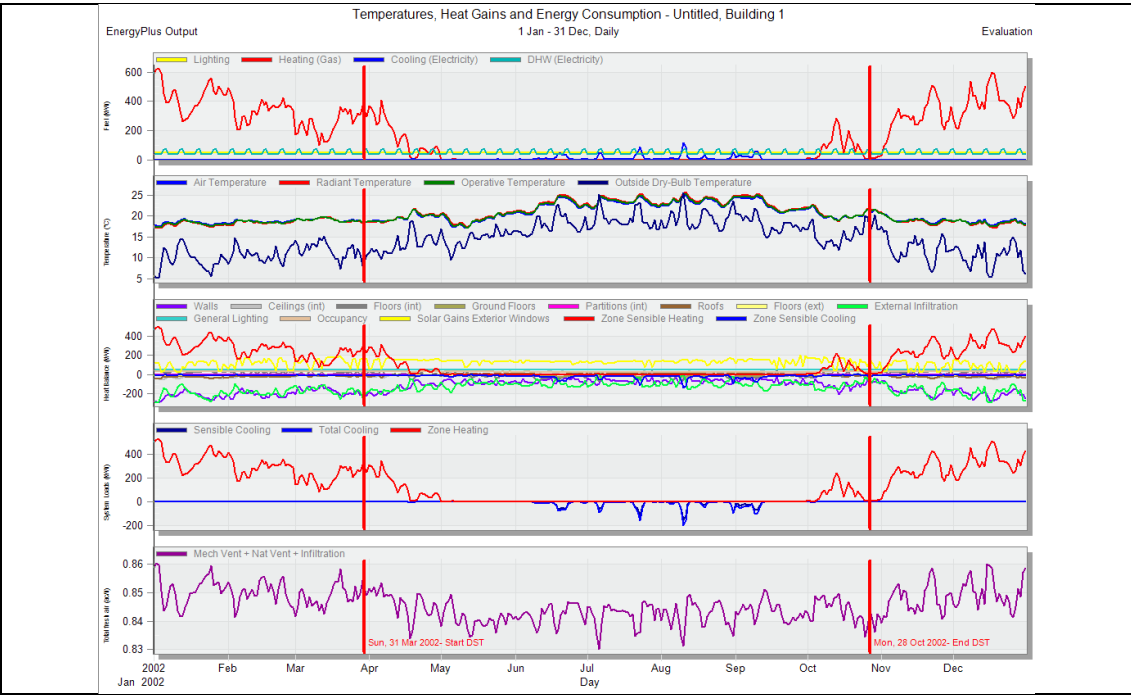


Tabela 4.3 - Balanço Térmico - COM Proteção a POENTE (anual)



As Tabelas seguintes apresentam impressões dos resultados obtidos na simulação da envolvente com proteção nas 4 fachadas (Tabela 5.1, Tabela 5.2 e Tabela 5.3).

Tabela 5.1 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO EM TODAS AS FACHADAS (estação fria)

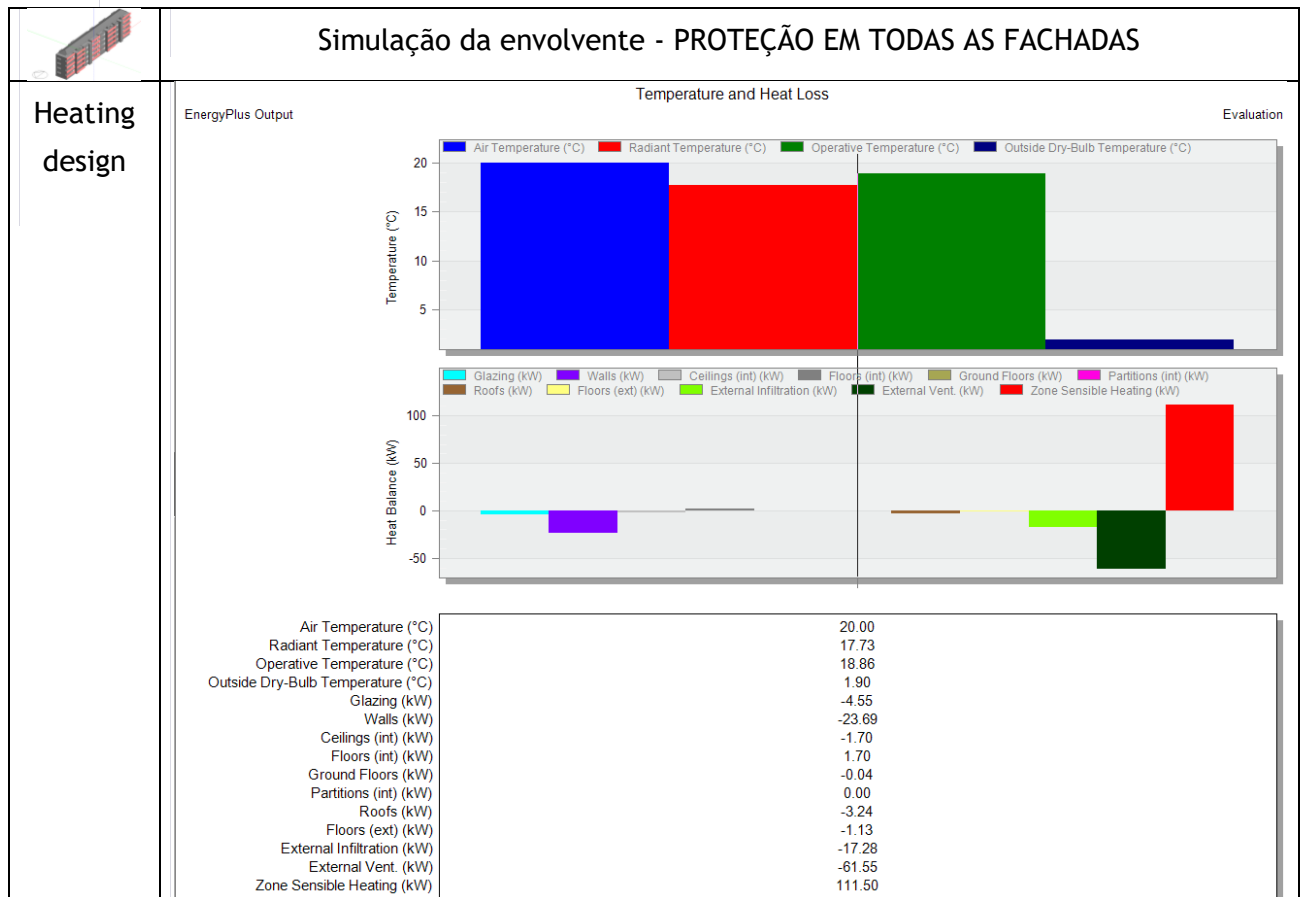


Tabela 5.2 - Balanço Térmico - Bloco 25 COM PROTEÇÃO EM TODAS AS FACHADAS (estação quente)

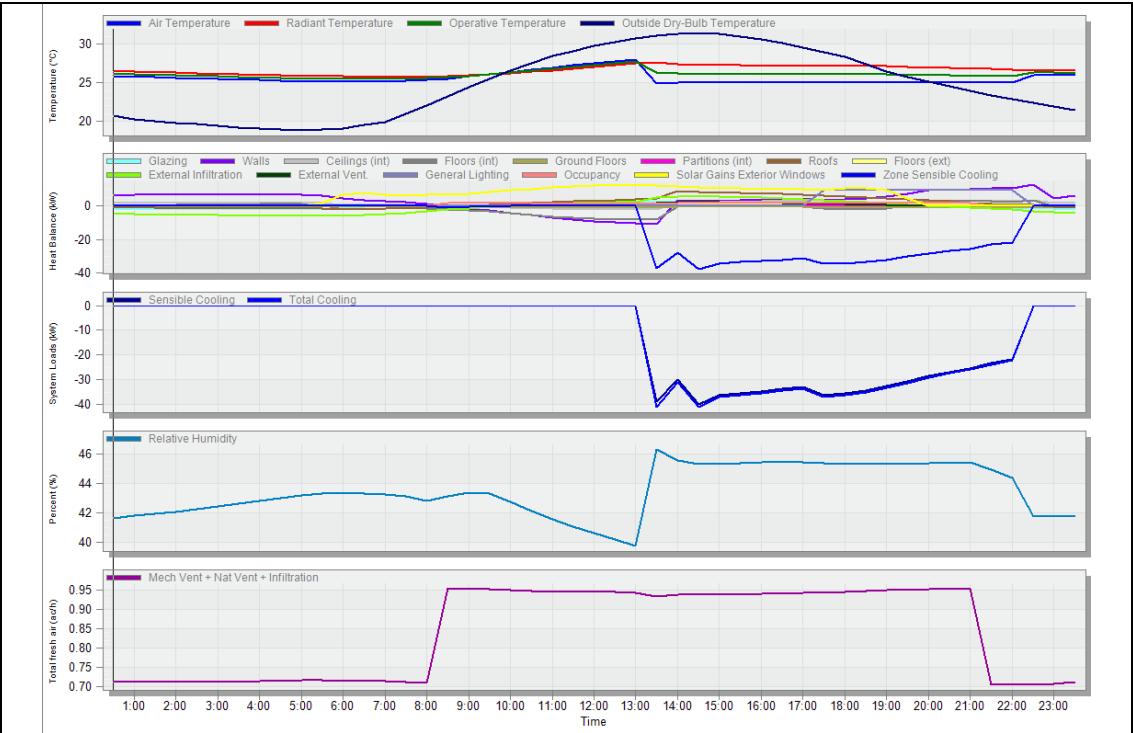
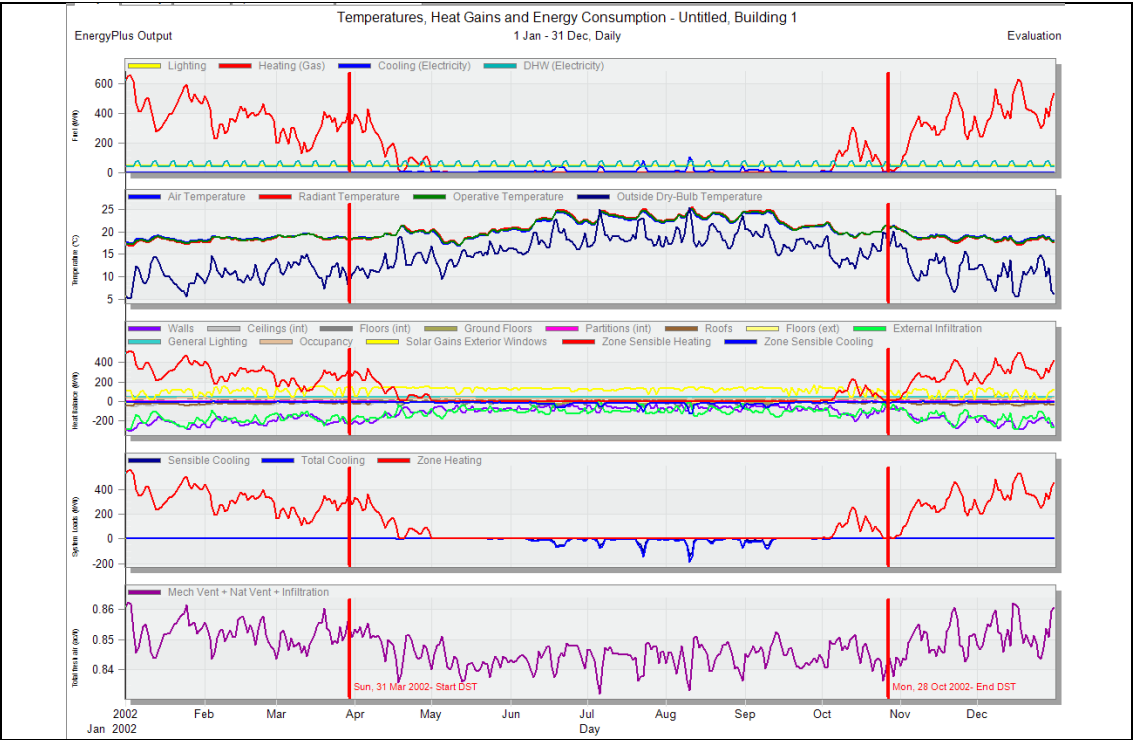


Tabela 5.3 - Balanço Térmico COM PROTEÇÃO em todas as fachadas (anual)



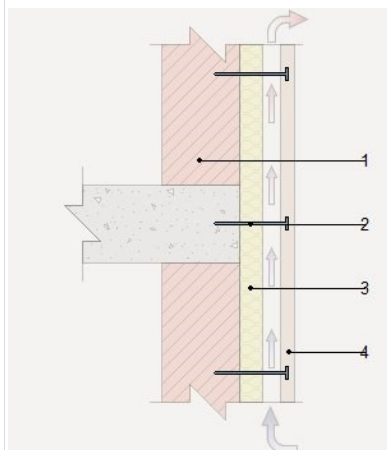
RESULTADOS TÉRMICOS - DESIGNBUILD SOFTWARE

Tabela 6.1 - Annual Building Sensible Heat Gain Components

Annual Building Sensible Heat Gain Components							
BUILDING ENVELOPE - NO SHADE							
	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	TOTAL
Total Facility	45532.113	-5372.86	16576.806	46643.76	585.107	4.821	103969.747
SOUTH SHADE							
	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	TOTAL
Total Facility	31033.191	-	63096.56	41891.747	316.708	0.752	123826.088
NORTH SHADE							
	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	TOTAL
Total Facility	30718.797	-	63025.897	44725.692	308.469	1.248	125883.933
EAST SHADE							
	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	TOTAL
Total Facility	28721.696	-	61852.944	48018.26	300.245	1.129	125355.504
WEST SHADE							
	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	TOTAL
Total Facility	46216.387	-5249.67	16587.457	45697.704	593.724	3.234	103848.836
WHOLE BUILDING SHADING							
	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	TOTAL
Total Facility	31905.668	-	62792.676	40421.998	325.031	1.264	123326.077

8.3 Secção iii) **RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS**

FAJ010 m² Subestrutura suporte para a sustentação do revestimento exterior de fachada ventilada, com peças de grande formato de pedra natural.



- 1: Pano principal.
- 2: Subestrutura suporte.
- 3: Isolamento térmico.
- 4: Revestimento exterior.



Sistema de ancoragem horizontal descontínuo oculto, para peças de entre 20 e 40 mm de espessura
Perfis horizontais descontínuos com unha oculta 300x600

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt19pag010gdbc	m²	Subestrutura suporte regulável nas três direcções, para a sustentação do revestimento exterior, com peças mecanizadas de grande formato de pedra natural, de 300x600 mm e de entre 20 e 40 mm de espessura, através do sistema de ancoragem horizontal descontínuo oculto, formada por: perfis verticais em C e perfis horizontais descontínuos com unha oculta para a fixação do revestimento, de alumínio extrudido de liga 6063 com tratamento térmico T6, esquadros de carga e esquadros de apoio de 80x60x100x5 mm, de alumínio extrudido de liga 6063 com tratamento térmico T6; com tira-fundos de aço inoxidável A2 e buchas de nylon para a fixação dos perfis ao pano principal (fck>=150 kp/cm²) cada 1,20 m no máximo e ancoragens mecânicas de expansão, de aço inoxidável A2 para a fixação dos perfis à laje (aproximadamente 3 m de altura livre).	1,000	31,08	31,08
mo052	h	Oficial de 1ª montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,230	21,36	4,91
mo099	h	Ajudante de montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,230	20,28	4,66
	%	Custos directos complementares	2,000	40,65	0,81
Custo de manutenção decenal: 7,99€ nos primeiros 10 anos.				Total:	41,46

http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/Fachadas_divisoes_e_proteccoes/Fachadas_ventiladas/Substrutura_suporte/FAJ010_Subestrutura_suporte_para_a_sustent.html

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS

http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/Fachadas__divisoes_e_proteccoes/Jardins_verticais/FJE_Substrutura_suporte_e_vegetaca/FJE010_Jardim_vertical_com_cultivo_semidid.html



Perfis de aço enformado em frio
EN 10219-1:2006

FJE010 m² Jardim vertical com cultivo semihidropónico em geoprodutos, para exterior. 458,68€

Jardim vertical com cultivo semihidropónico em geoprodutos, para exterior, com uma superfície de até 5 m²; composto de: SUBSTRUTURA SUPORTE: estrutura metálica de perfis de aço enformado em frio, fixado ao paramento suporte com ancoragens mecânicas com bucha de nylon e parafuso, de 5 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento, criando uma caixa de ar de 40 mm de espessura média; MEIO DE CULTIVO: módulo de geoproducto impermeabilizante, drenante e transpirável, formado por três camadas de material sintético e orgânico, flexível e de espessura reduzida (camada interior impermeabilizante, camada intermédia drenante e camada exterior transpirável), resistência à tracção 5,2 kN/m², retenção de água de entre 2 e 4 l/m², 49 bolsas com uma resistência ao rasgamento superior a 0,07 kN/ud e com comportamento de reacção ao fogo B-s2, d0, segundo ensaio Applus, segundo NP EN 13501-1; com perfil guia horizontal fixado à substrutura suporte com parafusos auto-roscentes com cabeça hexagonal de aço zincado com junta estanque, de 5,5 mm de diâmetro e 25 mm de comprimento; VEGETAÇÃO: espécies de plantas para exterior; com uma densidade de plantação de 42 ud/m². O preço não inclui a manutenção e reposição parcial da vegetação, a instalação de rega e drenagem, o sistema centralizado de controlo nem a caleira para recolha de águas.

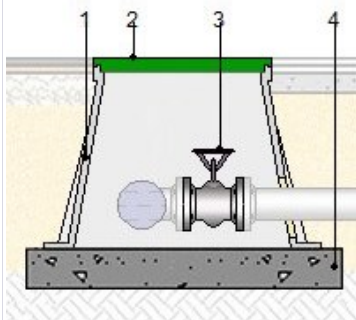
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt07ali026a	m	Perfil oco de aço enformado em frio NP EN 10219-1 S275J0H, série quadrado 50,2, para aplicações estruturais. Trabalhado e montado em oficina, para colocar em obra.	2,800	17,40	48,72
mt14gdt030	Ud	Ancoragem mecânica com bucha de nylon e parafuso, de 5 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento.	10,000	0,02	0,20
mt14gdt010ia	m²	Módulo de geoproducto impermeabilizante, drenante e transpirável, formado por três camadas de material sintético e orgânico, flexível e de espessura reduzida (camada interior impermeabilizante, camada intermédia drenante e camada exterior transpirável), resistência à tracção 5,2 kN/m², retenção de água de entre 2 e 4 l/m², 49 bolsas com uma resistência ao rasgamento superior a 0,07 kN/ud e com comportamento de reacção ao fogo B-s2, d0, segundo ensaio Applus, segundo NP EN 13501-1; com perfil guia horizontal para a sua fixação à substrutura suporte; com capacidade para 49 pisos, para uma superfície ajardinada de até 5 m².	1,050	222,55	233,68
mt14gdt020	Ud	Parafuso auto-roscante com cabeça hexagonal de aço zincado com junta estanque, de 5,5 mm de diâmetro e 25 mm de comprimento.	8,750	0,09	0,79
mt48ept010b232	Ud	Espécies de plantas para exterior, seleccionadas em função do clima da zona, 2,32€/ud, fornecidas em contentor com substrato para cultivo semihidropónico; para sistemas de jardins verticais.	42,000	2,32	97,44
mo011	h	Oficial de 1ª montador.	1,059	21,36	22,62
mo080	h	Ajudante de montador.	1,059	20,28	21,48
mo040	h	Oficial de 1ª jardineiro.	0,603	20,78	12,53
mo086	h	Ajudante de jardineiro.	0,603	20,28	12,23
	%	Custos directos complementares	2,000	449,69	8,99
Custo de manutenção decenal: 733,89€ nos primeiros 10 anos.				Total:	458,68

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS

IFB020 Ud Caixa de passagem.

62,82€

Caixa de passagem pré-fabricada, de polipropileno, de secção rectangular de 51x37 cm na base e 30 cm de altura, com tampa de 38x25 cm e válvula de seccionamento adufa de latão fundido, sobre base de betão simples C20/25 (X0(P); D25; S2; Cl 1,0) de 15 cm de espessura. Inclusive ligações de tubagens e remates. O preço não inclui a escavação nem o enchimento do tardo.



- 1: Caixa.
2: Tampa da caixa.
3: Válvula de seccionamento.
4: Base de betão.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt10hmf020fa	m³	Betão simples C20/25 (X0(P); D25; S2; Cl 1,0), fabricado em central, segundo NP EN 206.	0,043	74,97	3,22
mt37aar020g	Ud	Caixa de polipropileno, de secção rectangular, de 51x37 cm na base e 30 cm de altura, com tampa de cor verde de 38x25 cm.	1,000	24,51	24,51
mt37svc010a	Ud	Válvula adufa de latão fundido, para enroscar, de 1/2".	1,000	4,96	4,96
mt37www010	Ud	Material auxiliar para instalações de abastecimento de água.	1,000	1,40	1,40
mo020	h	Oficial de 1ª construção.	0,655	20,78	13,61
mo113	h	Operário não qualificado construção.	0,480	19,65	9,43
mo008	h	Oficial de 1ª canalizador.	0,107	21,36	2,29
mo107	h	Ajudante de canalizador.	0,107	20,25	2,17
	%	Custos directos complementares	2,000	61,59	1,23
Custo de manutenção decenal: 3,14€ nos primeiros 10 anos.				Total:	62,82

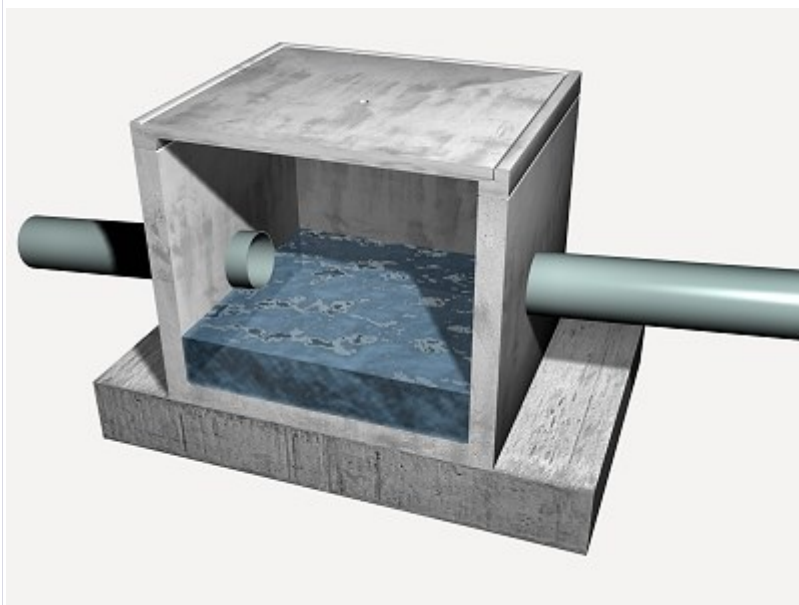
CALEIRA À VISTA DE PEÇAS PRÉ-FORMADAS

Caleira quadrada de zincotitânio, natural, de desenvolvimento 333 mm, 0,65 mm de espessura e dobragem de remate.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt36czt010f	m	Caleira quadrada de zincotitânio, natural, de desenvolvimento 333 mm, 0,65 mm de espessura e dobragem de remate, segundo EN 988. Inclusive suportes, esquinas, tampas, remates finais, peças de ligação a tubos de queda e peças especiais.	1,100	13,58	14,94
mo008	h	Oficial de 1ª canalizador.	0,376	21,36	8,03
mo107	h	Ajudante de canalizador.	0,376	20,25	7,61
	%	Custos directos complementares	2,000	30,58	0,61
Custo de manutenção decenal: 2,50€ nos primeiros 10 anos.				Total:	31,19

http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/calculaprecio.asp?Valor=1_0_1|0_0|1|ISC010|isc_canalones:0_4_0_1_0_0_0_0_0_0

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS



IUS073 Ud Caixa pré-fabricada.

78,66€

Caixa de passagem, pré-fabricada de betão, de dimensões interiores 40x40x50 cm, sobre base de betão simples. O preço não inclui a escavação nem o enchimento do tardo.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt10hmf020fa	m³	Betão simples C20/25 (X0(P); D25; S2; Cl 1,0), fabricado em central, segundo NP EN 206.	0,098	76,59	7,51
mt11arh010b	Ud	Caixa de passagem com fundo, visitável, pré-fabricada de betão fck=25 MPa, de 40x40x50 cm de medidas interiores, para saneamento.	1,000	37,23	37,23
mt11arh020b	Ud	Aro e tampa pré-fabricados de betão armado fck=25 MPa, para caixas de saneamento de 40x40 cm, espessura da tampa 4 cm, com fecho hermético à passagem dos odores mefíticos.	1,000	12,70	12,70
mo041	h	Oficial de 1ª construção de obra civil.	0,550	20,78	11,43
mo087	h	Ajudante de construção de obra civil.	0,407	20,28	8,25
	%	Custos directos complementares	2,000	77,12	1,54
Custo de manutenção decenal: 3,93€ nos primeiros 10 anos.				Total:	78,66

http://www.geradordeprecos.info/espacos_urbanos/calculaprecio.asp?Valor=0|0_0_0|0|IUS073|ius_073: 0_0_3_0_0_0_0_0_0_0_0_0_0_0_0_0

ISA020 Ud Sistema de elevação para edifícios

http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Instalacoes/Drenagem_de_aguas/Sistemas_de_elevacao/Sistema_de_elevacao_para_edificios.html

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS**IFS020 Ud Sistema de recirculação de água Presto Go System "PRESTO IBÉRICA".****768,68€**

Sistema de recirculação de água Presto Go System "PRESTO IBÉRICA", colocado superficialmente, formado por kit básico, modelo 96900, formado por 1 módulo de potência, de 140x110x170 mm, composto por caixa de plástico ABS auto-extinguível com tampa, bomba de circulação para alimentação monofásica, potência eléctrica máxima de 100 W, pressão máxima de trabalho 10 bar, ligações roscadas macho de 1/2" de diâmetro, emissor e receptor via rádio, botão de associação a módulo de bypass, led indicador de estado, cabo eléctrico de ligação de 3 m de comprimento, e tampa embelezadora com buchas e parafusos, 1 módulo de bypass, de 80x70x130 mm, composto por caixa de plástico ABS auto-extinguível com tampa, electroválvula de 12 V, potência eléctrica máxima de 15 W, ligações roscadas macho de 1/2" de diâmetro com indicadores de colocação, fonte de alimentação, sensor de temperatura, emissor e receptor via rádio, botão de associação a módulo de bombagem, botão de associação a botão de pressão, leds indicadores de estado, cabo eléctrico de ligação de 3 m de comprimento, e tampa embelezadora com buchas e parafusos e 1 módulo de activação, série Galindo, de 73x36x73 mm, composto por pulsador capacitivo sem contacto, com leds indicadores de estado, tensão atribuída 250 V, emissor e receptor via rádio, botão de programação, tampa e aro embelezador. Incluindo elementos de montagem, e outros acessórios necessários para o seu correcto funcionamento.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt37pib100a	Ud	Kit básico, modelo 96900 "PRESTO IBÉRICA", formado por 1 módulo de potência, de 140x110x170 mm, composto por caixa de plástico ABS auto-extinguível com tampa, bomba de circulação para alimentação monofásica, potência eléctrica máxima de 100 W, pressão máxima de trabalho 10 bar, ligações roscadas macho de 1/2" de diâmetro, emissor e receptor via rádio, botão de associação a módulo de bypass, led indicador de estado, cabo eléctrico de ligação de 3 m de comprimento, e tampa embelezadora com buchas e parafusos, 1 módulo de bypass, de 80x70x130 mm, composto por caixa de plástico ABS auto-extinguível com tampa, electroválvula de 12 V, potência eléctrica máxima de 15 W, ligações roscadas macho de 1/2" de diâmetro com indicadores de colocação, fonte de alimentação, sensor de temperatura, emissor e receptor via rádio, botão de associação a módulo de bombagem, botão de associação a botão de pressão, leds indicadores de estado, cabo eléctrico de ligação de 3 m de comprimento, e tampa embelezadora com buchas e parafusos e 1 módulo de activação, série Galindo, de 73x36x73 mm, composto por pulsador capacitivo sem contacto, com leds indicadores de estado, tensão atribuída 250 V, emissor e receptor via rádio, botão de programação, tampa e aro embelezador, inclusive tampas embelezadoras.	1,000	586,70	586,70
mt37pib101	Ud	Material auxiliar para montagem do kit básico ou o kit de alta potência, sistema Presto Go System "PRESTO IBÉRICA" em instalações de abastecimento de água.	1,000	20,66	20,66
mo008	h	Oficial de 1ª canalizador.	2,147	21,36	45,86
mo107	h	Ajudante de canalizador.	2,147	20,25	43,48
mo003	h	Oficial de 1ª electricista.	1,986	21,36	42,42
	%	Custos directos complementares	4,000	739,12	29,56
Custo de manutenção decenal: 378,11€ nos primeiros 10 anos.				Total:	768,68

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS**NAS010 m² Isolamento térmico pelo exterior em fachada para sistemas ETICS.****22,44€**

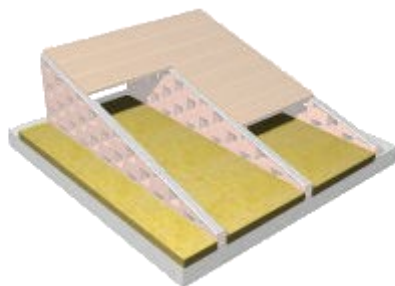
Isolamento térmico pelo exterior em fachada para sistemas ETICS, formado por painel rígido de poliestireno extrudido, de superfície rugosa acanalada e bordo lateral macho-fêmea e recto, de 70 mm de espessura, resistência à compressão ≥ 300 kPa, resistência térmica $1,95 \text{ m}^2\text{C/W}$, condutibilidade térmica $0,036 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$, colocado topo a topo e fixado com argamassa cola e fixações mecânicas. O preço não inclui a camada de regularização nem a camada de acabamento.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16aaa010	kg	Argamassa cola para fixação de materiais isolantes.	4,000	0,19	0,76
mt16pxa010edq	m ²	Painel rígido de poliestireno extrudido, segundo EN 13164, de superfície rugosa acanalada e bordo lateral macho-fêmea e recto, de 70 mm de espessura, resistência à compressão ≥ 300 kPa, resistência térmica $1,95 \text{ m}^2\text{C/W}$, condutibilidade térmica $0,036 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$, Euroclasse E de reacção ao fogo segundo NP EN 13501-1, com código de designação XPS-EN 13164-T2-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1,050	15,80	16,59
mt16aaa021a	Ud	Bucha de expansão e prego de polipropileno, com aro de estanquidade, para fixação mecânica de painéis isolantes.	6,000	0,08	0,48
mo054	h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0,100	21,36	2,14
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,100	20,28	2,03
	%	Custos directos complementares	2,000	22,00	0,44
Custo de manutenção decenal: 0,45€ nos primeiros 10 anos.				Total:	22,44

NAN020 m² Isolamento térmico pelo exterior de coberturas inclinadas, sobre suporte contínuo 20,74€ de betão.

Isolamento térmico pelo exterior de coberturas inclinadas, sobre suporte contínuo de betão, formado por: painel rígido de poliestireno extrudido, segundo EN 13164, de superfície greçada e bordo lateral a meia madeira, de 80 mm de espessura, resistência térmica $2,2 \text{ m}^2\text{C/W}$, condutibilidade térmica $0,036 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$. Colocação em obra: topo a topo, com fixações mecânicas.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16pxa020e	m ²	Painel rígido de poliestireno extrudido, segundo EN 13164, de superfície greçada e bordo lateral a meia madeira, de 80 mm de espessura, resistência térmica $2,2 \text{ m}^2\text{C/W}$, condutibilidade térmica $0,036 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$, Euroclasse E de reacção ao fogo segundo NP EN 13501-1.	1,050	15,90	16,70
mt16aaa020ig	Ud	Fixação mecânica para painéis isolantes de poliestireno extrudido, colocados directamente sobre a superfície suporte.	2,500	0,19	0,48
mq06hor010	h	Betoneira eléctrica com uma capacidade de amassadura de 160 l.	0,010	3,45	0,03
mo054	h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0,075	21,36	1,60
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,075	20,28	1,52
	%	Custos directos complementares	2,000	20,33	0,41
Custo de manutenção decenal: 0,41€ nos primeiros 10 anos.				Total:	20,74

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS

NAN120 m² Isolamento térmico pelo interior de coberturas inclinadas sobre espaço não habitável- 8,29€ vel.

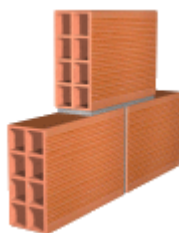
Isolamento térmico pelo interior de coberturas inclinadas sobre espaço não habitável, com painel rígido de poliestireno expandido, de superfície lisa e bordo lateral recto, de 30 mm de espessura, resistência térmica 0,95 m²C/W, condutibilidade térmica 0,032 W/(m°C). Colocação em obra: topo a topo, com fixações mecânicas.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16pel010adeq	m ²	Painel rígido de poliestireno expandido, segundo NP EN 13163, de superfície lisa e bordo lateral recto, de 30 mm de espessura, resistência térmica 0,95 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,032 W/(m°C), Euroclasse E de reacção ao fogo segundo NP EN 13501-1, com código de designação EPS-EN 13163-L3-W3-T2-S5-P10-BS100-DS(N)2-CS(10)60.	1,100	3,53	3,88
mt16aaa020hg	Ud	Fixação mecânica para painéis isolantes de poliestireno expandido, colocados directamente sobre a superfície suporte.	2,500	0,20	0,50
mo054	h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0,090	21,36	1,92
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,090	20,28	1,83
	%	Custos directos complementares	2,000	8,13	0,16
Custo de manutenção decenal: 0,17€ nos primeiros 10 anos.				Total:	8,29

NAF010 m² Isolamento térmico pelo interior, em fachada de alvenaria

9,19€

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16pop010ac	m ²	Espuma rígida de poliuretano projectado "in situ", densidade mínima 30 kg/m ³ , condutibilidade térmica 0,035 W/(m°C) e Euroclasse E de reacção ao fogo segundo NP EN 13501-1, segundo EN 14315-1; para o enchimento de caixa de ar de 30 mm de espessura média, em paredes exteriores duplas de alvenaria.	1,000	2,84	2,84
mq08mpa030	h	Maquinaria para projecção de produtos isolantes.	0,116	17,08	1,98
mo030	h	Oficial de 1ª aplicador de produtos isolantes.	0,102	20,78	2,12
mo068	h	Ajudante de aplicador de produtos isolantes.	0,102	20,28	2,07
	%	Custos directos complementares	2,000	9,01	0,18
Custo de manutenção decenal: 0,18€ nos primeiros 10 anos.				Total:	9,19

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS**FFF010 m² Fachada simples, de alvenaria de tijolo cerâmico para revestir.****17,96€**

Fachada simples, de 7 cm de espessura, de alvenaria de tijolo cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x7 cm, com juntas horizontais e verticais de 10 mm de espessura, assente com argamassa de cimento confeccionada em obra, com 250 kg/m³ de cimento, cor cinzento, dosificação 1:6, fornecida em sacos. Padieira de alvenaria armada de tijolos cortados para revestir; montagem e desmontagem de escoramento. Revestimento das testas de laje com peças cerâmicas e das testas de pilares com tijolos cortados, colocados com a mesma argamassa utilizada no assentamento da alvenaria.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt04lpt010b	Ud	Tijolo cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x7 cm, para utilização em alvenaria protegida (peça P), densidade 818 kg/m³, segundo NP EN 771-1.	16,000	0,25	4,00
mt08aaa010a	m³	Água.	0,010	1,50	0,02
mt01arg005a	t	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	0,009	18,00	0,16
mt08cem011a	kg	Cimento Portland CEM II/B-L 32,5 R, cor cinzento, em sacos, segundo NP EN 197-1.	1,414	0,10	0,14
mt07aco040b	kg	Armadura elaborada em fábrica com aço em varões nervurados, A400 NR, de vários diâmetros.	0,400	1,71	0,68
mt08cem000k	kg	Cimento cinzento em sacos.	0,401	0,10	0,04
mt01arg000k	m³	Areia crivada.	0,001	17,00	0,02
mt01arg001kd	m³	Agregado grosso homogeneizado, de tamanho máximo 12 mm.	0,001	25,00	0,03
mt18bdb010a800	m²	Tijoleira tradicional, acabamento mate ou natural, 8,00€/m², segundo NP EN 14411.	0,135	8,00	1,08
mt50spa050m	m³	Pranchão de madeira de pinho, dimensões 20x7,2 cm.	0,001	439,20	0,44
mt50spa081a	Ud	Escora metálica telescópica, até 3 m de altura.	0,003	19,25	0,06
mt50spa101	kg	Pregos de aço.	0,011	1,87	0,02
mq06hor010	h	Betoneira eléctrica com uma capacidade de amassadura de 160 l.	0,005	3,45	0,02
mo021	h	Oficial de 1ª construção em trabalhos auxiliares de pedreiro.	0,312	20,78	6,48
mo114	h	Operário não qualificado construção em trabalhos auxiliares de pedreiro.	0,225	19,65	4,42
	%	Custos directos complementares	2,000	17,61	0,35
Custo de manutenção decenal: 0,90€ nos primeiros 10 anos.				Total:	17,96

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS

FFZ025 m² Pano exterior de fachada dupla, de alvenaria de bloco de betão para revestir, com caixa de ar fracamente ventilada.

Pano exterior de fachada dupla, de 10 cm de espessura, de alvenaria de bloco vazado de betão, 50x20x10 cm, para revestir, com juntas horizontais e verticais de 10 mm de espessura, junta refundada, assente com argamassa de cimento confeccionada em obra, com 250 kg/m³ de cimento, cor cinzento, dosificação 1:6, fornecida em sacos. Padieira de alvenaria armada de blocos lintel de betão, maciço de betão de enchimento, C25/30 (X0(P); D12; S3; Cl 0,4), preparado em obra; montagem e desmontagem de escoramento. Revestimento das testas de laje com plaquetas de betão e das testas de pilares com blocos cortados, colocados com a mesma argamassa utilizada no assentamento da alvenaria; com caixa de ar fracamente ventilada, através da realização de aberturas de ventilação, com uma área efectiva de 10 cm² por cada m de fachada (orifícios, grelhas ou juntas sem argamassa) para ventilação da caixa. O preço não inclui a drenagem. O preço não inclui as grelhas de ventilação.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt02bhg050ehe	Ud	Bloco vazado de betão, 50x20x10 cm, para revestir; com o preço incrementado em 20% relativamente a peças especiais. Segundo NP EN 771-3.	10,000	0,57	5,70
mt08aaa010a	m³	Água.	0,004	1,50	0,01
mt01arg005a	t	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	0,010	18,00	0,18
mt08cem011a	kg	Cimento Portland CEM II/B-L 32,5 R, cor cinzento, em sacos, segundo NP EN 197-1.	1,616	0,10	0,16
mt07aco040b	kg	Armadura elaborada em fábrica com aço em varões nervurados, A400 NR, de vários diâmetros.	0,700	1,71	1,20
mt02bhg012a	Ud	Plaqueta de betão cinzento, 20x17x4 cm, para revestir.	4,000	0,30	1,20
mt50spa050m	m³	Pranchão de madeira de pinho, dimensões 20x7,2 cm.	0,001	439,20	0,44
mt50spa081a	Ud	Escora metálica telescópica, até 3 m de altura.	0,003	19,25	0,06
mt50spa101	kg	Pregos de aço.	0,011	1,87	0,02
mq06hor010	h	Betoneira eléctrica com uma capacidade de amassadura de 160 l.	0,004	3,45	0,01
mo021	h	Oficial de 1ª construção em trabalhos auxiliares de pedreiro.	0,366	20,78	7,61
mo114	h	Operário não qualificado construção em trabalhos auxiliares de pedreiro.	0,290	19,65	5,70
	%	Custos directos complementares	3,000	22,29	0,67
Custo de manutenção decenal: 1,15€ nos primeiros 10 anos.				Total:	22,96

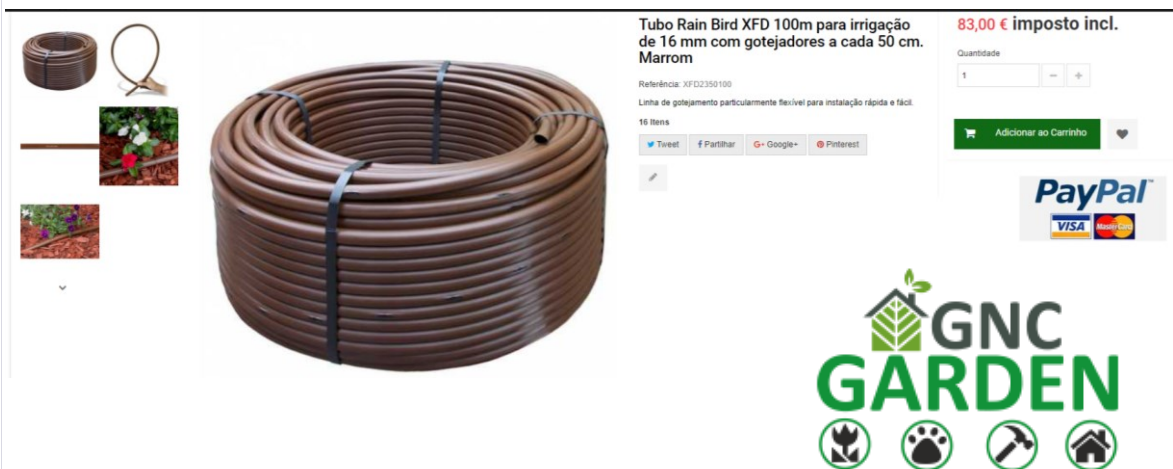
RESULTADOS ORÇAMENTAIS - CYPE GERADOR DE PREÇOS**HVAC****BZ001 Ud Sistema centralizado de controlo.**

356,84€

Sistema centralizado de controlo Flexa 2.0 "AIRZONE", formado por placa de sistema, modelo AZC3FLEXA2, com termostato de zona, modelo Tacto AZC3TACTOCSB.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt42air615a	Ud	Placa de sistema, modelo AZC3FLEXA2 "AIRZONE" com controlo e gestão do estado dos termostatos de cada uma das zonas, com um máximo de 6 zonas, saídas de alimentação para elementos motorizados, com um máximo de 8 motores, controlo de proporcionalidade para comportas motorizadas (5 passos de regulação), saídas de relés para paragem-funcionamento de equipamento e ventilação mecânica controlada, gestão de interfaces de controlo de equipamentos de expansão directa, comunicação com outras centrais e equipamentos de controlo integral da instalação, comunicações com outros sistemas de controlo externo através de bus de integração.	1,000	220,00	220,00
mt42air700aa	Ud	Termostato de zona, modelo Tacto AZC3TACTOCSB "AIRZONE", comunicação por cabo, com ecrã táctil LCD monocromo retroiluminado para controlo da temperatura de zona através de sonda NTC-48K, alimentação através de bus de expansão do sistema, montagem em superfície, cor branca, com as seguintes funcionalidades: ON/OFF de zona, estabelecimento de temperatura regulada em intervalos de 0,5°C/1°F, estabelecimento do modo (paragem, ventilação, frio e calor), modo ECO-Sleep, programações horárias das temperaturas de zona e de modo, acesso remoto a outras zonas do sistema e comunicação bidireccional entre os termostatos e a central do sistema.	1,000	87,65	87,65
mt35tpt010ae	m	Tubo rígido de PVC VD-M de 16 mm de diâmetro exterior e 1,3 mm de espessura. Resistência à compressão 750 N, resistência ao impacto 2 joules, temperatura de trabalho - 5°C até 60°C, classificação 3321, segundo NP EN 61386-1 e NP EN 61386-21, com o preço incrementado em 20% relativamente a acessórios e peças especiais.	20,000	0,31	6,20
mt42air900a	m	Cabo blindado de 6 fios tipo A, com condutor de cobre electrolítico recozido sem estanho, de 0,22 mm² de secção por fio, modelo CABLEBUS "AIRZONE", com isolamento de PVC/A	10,000	0,68	6,80
mt42air905a	m	Cabo paralelo tipo B, com condutor de cobre electrolítico de classe 5, modelo CABLERN "AIRZONE", com isolamento de PVC tipo TI-2 segundo NP 2356.	10,000	0,68	6,80
mo005	h	Oficial de 1ª instalador de ar condicionado.	0,400	17,41	6,96
mo104	h	Ajudante de instalador de ar condicionado.	0,320	16,42	5,25
	%	Meios auxiliares	2,000	339,66	6,79
	%	Custos indirectos	3,000	346,45	10,39
Custo de manutenção decenal: 107,05€ nos primeiros 10 anos.				Total:	356,84

RESULTADOS ORÇAMENTAIS - Pesquisas de materiais de construção



Tubo Rain Bird XFD 100m para irrigação de 16 mm com gotejadores a cada 50 cm. Marrom

Referência: XFD2350100

Linha de gotejamento particularmente flexível para instalação rápida e fácil.

16 Items

Twitter Facebook Google+ Pinterest

83,00 € imposto incl.

Quantidade: 1

Adicionar ao Carrinho

PayPal

VISA MasterCard

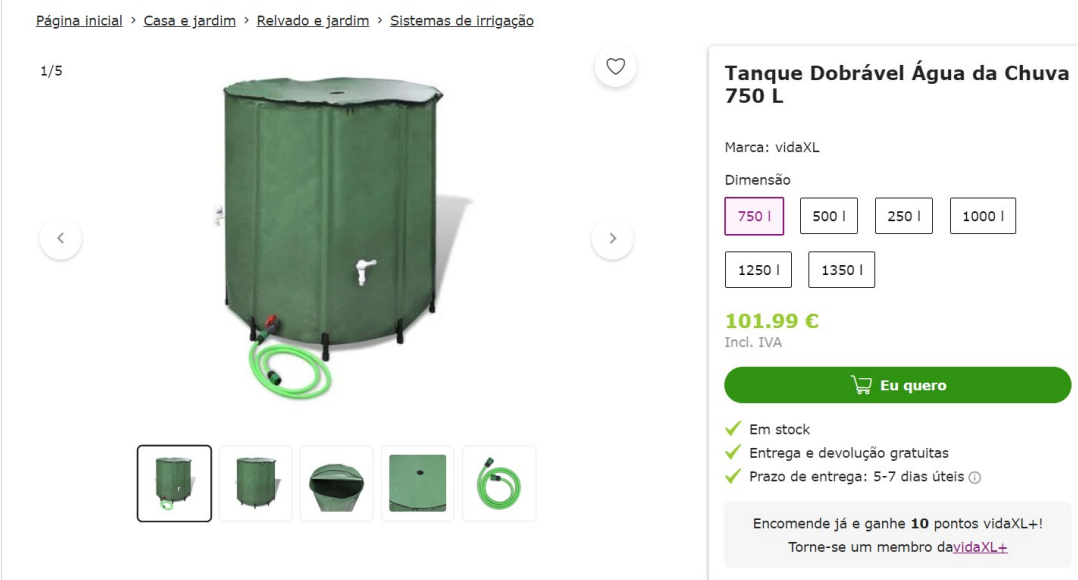
GNC GARDEN

Icons: plant, paw, hammer, house

<https://gncgarden.com/pt/drip-pipes/tubo-rain-bird-xfd-100m-para-irrigacao-de-16-mm-com-gotejadores-a-cada-50-cm-marrom.html>

[Página inicial](#) > [Casa e jardim](#) > [Relvado e jardim](#) > [Sistemas de irrigação](#)

1/5



Tanque Dobrável Água da Chuva 750 L

Marca: vidaXL

Dimensão

750 l 500 l 250 l 1000 l

1250 l 1350 l

101.99 €

Incl. IVA

Eu quero

✓ Em stock

✓ Entrega e devolução gratuitas

✓ Prazo de entrega: 5-7 dias úteis ⓘ

Encomende já e ganhe **10** pontos vidaXL+!

Torne-se um membro da vidaXL+

<https://www.vidaxl.pt/e/tanque-dobrável-agua-da-chuva-750-l/8718475874478.html>

Página inicial > Hardware > Canalização > Peças e ferragens para fixação de canalização > Ralos

2/5



vidaXL Canais de drenagem 6 pcs aço galvanizado 6 m

Marca: vidaXL

Dimensão

3 m 6 m

Material

Aço Plástico

136.99 €
Incl. IVA

 **Eu quero**

- ✓ Em stock
- ✓ Entrega e devolução gratuitas
- ✓ Prazo de entrega: 6-8 dias úteis ⓘ



https://www.vidaxl.pt/e/vidaxl-canais-de-drenagem-6-pcs-aco-galvanizado-6-m/8718475598039.html?gclid=Cj0KCQjwwvilBhCFARIsADvYi7leigz0PmEpcwuYZqqA0rC-Vk39sUOBbGp1YWMT1ZBFaxyNq8BcuUMaArDaEALw_wcB