

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO DE
HABITAÇÃO EM *LIGHT STEEL FRAMING***

Isabel Oberderfer Consoli

Dissertação apresentada à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia da Construção

Junho 2020



**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO DE
HABITAÇÃO EM *LIGHT STEEL FRAMING***

**Isabel Oberderfer Consoli
A39588**

Dissertação apresentada à
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança**

para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia da Construção

No âmbito da Dupla Diplomação com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Este trabalho foi efetuado sob orientação de:
Professor Doutor Carlos Alberto Rodrigues Andrade (IPB)

E coorientação de:
Professor Doutor Ney Lyzandro Tabalipa (UTFPR)

Junho 2020

*Good buildings come from good people
and all problems are solved by good design.
(GARDINER, Stephen, 1497-1555).*

Agradecimentos

A Deus, por iluminar meu caminho, minhas ideias e por me dar forças nos momentos de dificuldade.

A meu pai, Oscar, e minha irmã, Ana Luisa, pela compreensão e apoio incondicional em todos os momentos.

A minha mãe, Marcia, por ser meu exemplo e por despertar em mim o gosto pela leitura, pesquisa e escrita. Também pela ajuda com a gramática e com as correções de ortografia.

À UTFPR por ter me dado a oportunidade de participar do programa de Dupla Diplomação, e por tantas oportunidades de crescimento na minha vida acadêmica, pessoal e profissional.

Ao meu orientador do IPB, professor Carlos Alberto Rodrigues Andrade, pela paciência e dedicação em indicar o caminho. Ao meu orientador da UTFPR, professor Ney Lyzandro Tabalipa, pelo incentivo e por me abrir as portas para o mundo da pesquisa científica.

Aos amigos e colegas que me acompanharam nessa aventura por Portugal, principalmente os moradores do apartamento 4 ESQUERDA. Sem vocês tudo teria sido mais difícil.

Ao IPB e todos os professores integrantes do corpo docente do mestrado em Engenharia da Construção, pela oportunidade de aprofundar meus conhecimentos técnicos e científicos.

E a todos os demais que fizeram parte da minha formação, direta ou indiretamente, o meu muito obrigada.

Resumo

A utilização dos recursos do planeta de forma a garantir a sua durabilidade é uma necessidade que se faz presente em todos os setores da economia. Na construção civil, os profissionais tem o papel de garantir a qualidade de vida das pessoas que frequentam os espaços derivados de seus projetos, de forma a aliar as suas atividades à sustentabilidade da sociedade e dos recursos naturais. Assim sendo, este trabalho pretende avaliar o desempenho de uma habitação em aço leve levando em consideração a sustentabilidade e a eficiência energética. Para isso, estudaram-se as ferramentas de certificação ambiental que medem o nível de sustentabilidade em edifícios, bem como as propriedades apresentadas pelo aço leve, possibilitando identificar as potencialidades e deficiências do sistema construtivo em relação à temática da sustentabilidade. O caso de estudo abordado para verificar o comportamento teórico do sistema construtivo consiste em uma residência que será edificada na cidade de Bragança, Portugal. Trata-se de um edifício cujo projeto arquitetônico foi realizado tendo em consideração os parâmetros normativos portugueses de eficiência energética. O presente estudo teve a finalidade de, partindo do projeto, analisar os materiais de envolvente e detalhes construtivos a serem aplicados no modelo. As simulações relativas ao comportamento energético, realizadas através do *software DesignBuilder*[®] consideram configurações de paredes, piso e cobertura com materiais isolantes, mais especificamente o poliestireno expandido (EPS) e a lã de rocha, sendo aplicadas diversas composições com variações nas espessuras das camadas de isolamento. Essas simulações buscaram definir a espessura ideal de isolamento para atingir a melhor relação entre o desempenho e consumo de materiais. Também foi desenvolvido um levantamento considerando todos os parâmetros aplicados que poderiam resultar em um melhor desempenho sustentável para a residência em questão.

Palavras chave: Eficiência energética, aço leve, materiais de isolamento, sustentabilidade, *DesignBuilder*[®].

Abstract

The usage of natural resources seeking to ensure its durability is a remarkable need in all sectors of economy. In civil constructions, architects and engineers have the role of ensuring the quality of life of people who will occupy spaces originated from their projects, also combining their activities with sustainability of society and natural resources. This paper aims to evaluate the performance of a light steel framing building, regarding sustainability and energy efficiency. For this reason, green building rating tools were studied, as well as the properties presented by the light steel framing system, making it possible to identify the potentialities and shortcomings of the building system regarding sustainability. The case study consists of a single-family residence that will be built in Bragança, Portugal. In this case the architectural design was accomplished according the Portuguese law regarding buildings energy efficiency. Therefore, this study aims to study the envelope materials to apply in the model starting from the architectural project. Simulations performed using DesignBuilder™ software consider the walls, floor and roofing configurations with insulating materials, specifically expanded polystyrene (EPS) and rock wool, simulating compositions with variations in insulation thicknesses applied. These simulations intended to define the optimum thickness of insulating material to achieve the best ratio between the performance and consumption of building materials, predicting housing behavior in the post-occupation stage. A survey was also developed considering all the parameters applied that could lead to a better sustainable performance for this residence.

Keywords: Energy efficiency, light steel framing, insulation materials, sustainability, DesignBuilder™.

Lista de abreviaturas e símbolos

ACV	Análise do Ciclo de Vida
AQS	Águas Quentes Sanitárias
BIM	<i>Building Information Model</i> (Modelagem da Informação da Construção)
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i> (Método de Avaliação Ambiental dos Estabelecimentos de Pesquisa em Edifícios)
CA	Corrente Alternada
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i> (Sistema de Avaliação Abrangente para a Eficiência Ambiental nas Construções)
CC	Corrente Contínua
CEN	Comitê Europeu de Normalização
CO ₂	Dióxido de Carbono
DGNB	<i>Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen</i> (Conselho Alemão de Construções Sustentáveis)
EIFS	<i>Exterior Insulation and Finish System</i> (Isolamento Exterior e Sistema de Acabamento)
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i> (Diretivas para o Desempenho Energético de Edifícios)
EPS	Poliestireno Expandido Moldado
ETICS	<i>External Thermal Insulation Composite System</i> (Sistema Composto de Isolamento Térmico pelo Exterior)
FV	Fotovoltaico
GBC	<i>Green Building Council</i> (Conselho de Construções Verdes)

GBI	<i>Green Building Index</i>
GD	Número de graus-dias
G_{Sul}	Energia solar média mensal durante a estação (superfície vertical orientada a Sul) [kWh/m^2 mês].
g_T	Fator solar global dos vãos envidraçados
g_{Tvc}	Fator solar do dispositivo de proteção solar
$g_{\perp,vi}$	Fator solar normal a superfície envidraçada.
HQE	<i>Haute Qualité Environnemental</i> (Alta Qualidade Ambiental)
ICB	<i>Insulation Cork Board</i> (Aglomerado de Cortiça Expandida)
I_{sol}	Energia solar acumulada durante a estação (horizontal - 0° e em superfícies verticais 90° para os pontos cardeais e colaterais) [kWh/m^2].
ITE 50	Informação Técnica de Edifícios
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> (Liderança em Energia e Design Ambiental)
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
LSF	<i>Light Steel Framing</i> (Estrutura em Aço Leve)
L_v	Duração da estação de arrefecimento [horas].
M	Duração da estação de aquecimento (meses)
MgO	<i>Magnesium oxide</i> (Óxido de Magnésio)
NUTS III	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível III
NZEB	<i>Near zero energy building</i> (Edifícios com saldo energético quase nulo)
ONU	Organização das Nações Unidas
OSB	<i>Oriented Strandboard</i>
PIR	Espuma Rígida de Poli-isocianurato
PUR	Espuma Rígida de Poliuretano
PQ	Perito Qualificado
PVC	Cloreto de Polivinilo
R	Resistência térmica [m^2C/W]
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética nos Edifícios
TIM	Técnico de Instalação e Manutenção de Edifícios e Sistemas
TC	<i>Technical Committee</i> (Comitê Técnico)
U	Coefficiente de transmissão térmica superficial [$W/m^2\text{°C}$]
$U_{m\acute{a}x}$	Coefficiente de transmissão térmica superficial máximo [$W/m^2\text{°C}$]
UE	União Européia
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)
WGBC	<i>World Green Building Council</i> (Conselho mundial de construções verdes)
XPS	Poliestireno Expandido Extrudido
λ	Condutibilidade térmica [$W/m\text{°C}$]
ρ	Densidade [kg/m^3]
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média [°C]

Lista de tabelas

Tabela 2.1: Origem e data de criação das certificações ambientais ao redor do mundo.	14
Tabela 3.1: Análise da sustentabilidade do sistema LSF.	33
Tabela 4.1: Estrutura normativa do CEN / TC350.....	37
Tabela 4.2: Critérios para a determinação da zona climática de verão.	41
Tabela 4.3: Critérios para a determinação da zona climática de inverno.....	41
Tabela 4.4: Valores de referência e declives para ajustes em altitude para estação de arrefecimento.	42
Tabela 4.5: Valores de referência e declives para ajustes em altitude para estação de arrefecimento.	42
Tabela 4.6: Estratégias bioclimáticas e sistemas passivos para a cidade de Bragança. 45	
Tabela 4.7: Dados de horas de sol acumuladas na cidade de Bragança, no período de Janeiro 2000 a Outubro de 2019.....	48
Tabela 4.8: Coeficientes de transmissão térmica de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados.....	55
Tabela 4.9: Parâmetros considerados para avaliação de sustentabilidade de materiais. 56	
Tabela 4.10: Propriedades dos materiais que compõe os elementos da habitação.....	59
Tabela 4.11: Potência do piso radiante por ambiente da residência.....	64
Tabela 4.12: Informações referentes a bomba de calor utilizada para preparação de AQS.	65
Tabela 5.1: Resumo das simulações – descrição das espessuras de isolamento utilizadas nas paredes e cobertura.....	72

Tabela 5.2: Consumo de energia elétrica devido ao uso de equipamentos.	73
Tabela 5.3: Consumo de energia elétrica devido ao uso de iluminação artificial.	74
Tabela 5.4: Consumo de energia devido a preparação de AQS.	75
Tabela 5.5: Necessidades de aquecimento para a residência de acordo com os parâmetros de cada simulação.	77
Tabela 5.6: Aumento da eficiência em relação ao aumento das camadas de lã de rocha.	79
Tabela 5.7: Aumento da eficiência em relação ao aumento da camada de EPS.	80
Tabela 5.8: Resumo das cargas geradas pelo sistema fotovoltaico instalado.....	80
Tabela 5.9: Emissões anuais de carbono por material para cada simulação considerada [kgCO ₂].	82
Tabela 5.10: Relação entre as estratégias utilizadas na residência com o respetivo grupo de sustentabilidade.....	84

Lista de figuras

Figura 2.1: Cronologia dos eventos relacionados ao desenvolvimento sustentável.	7
Figura 2.2: Abordagem integrada da sustentabilidade nas fases do ciclo de vida de uma construção.....	11
Figura 2.3: Modelo típico para administração e controlo de um sistema de certificação ambiental.	13
Figura 2.4: Análise comparativa entre as ferramentas de certificação ambiental de edificações.	20
Figura 2.5: Hierarquia de princípios utilizados pelos NZEBs.	22
Figura 3.1: Representação esquemática de uma edificação em LSF.	25
Figura 3.2 (a): Placa de fechamento OSB.....	27
Figura 3.2 (b): Placa de partículas	27
Figura 3.2 (c): Placa cimentícia ISOLPRO.....	27
Figura 3.2 (d): Placa de fibra de vidro e gesso – Secure Rock	27
Figura 3.2 (e): Placa MgO – MAGNESIOPAN.....	28
Figura 3.3: Camadas presentes no sistema ETICS (a) com EPS, (b) com XPS, (c) com ICB e (d) com lã de rocha -WEBER Portugal.....	29
Figura 3.4: Tipos de sistema construtivo com estrutura LSF em função da posição dos materiais de isolamento (a)Fria (b) Híbrida (c) Quente	30
Figura 4.1: Perfil de temperatura do ar na cidade de Bragança.....	39
Figura 4.2: Zonas climáticas de Inverno (I) e Verão (V) para o território português. ...	41
Figura 4.3: Carta bioclimática para a cidade de Bragança.....	44
Figura 4.4: Carta solar para a cidade de Bragança – Latitude 41,80° N.	47

Figura 4.5: Carta solar aplicada à edificação.	47
Figura 4.6: Direção predominante dos ventos em Bragança.....	48
Figura 4.7: Implantação da edificação - curvas de nível e proposta de vegetação.	49
Figura 4.8: Planta arquitetónica da residência em LSF.....	50
Figura 4.9: Setorização da residência.....	51
Figura 4.10: Detalhe esquemático das camadas utilizadas nas paredes exteriores.	53
Figura 4.11: Detalhe esquemático das camadas utilizadas nas divisórias interiores. ...	53
Figura 4.12: Detalhe esquemático das camadas utilizadas na cobertura.....	54
Figura 4.13: Detalhe esquemático das camadas utilizadas na configuração da laje de pavimento.	54
Figura 4.14: Detalhe da caixa de estore posicionada sobre os envidraçados.	60
Figura 4.15: Posicionamento dos vãos envidraçados na planta.	62
Figura 4.16: Corte esquemático - representação das portas-janelas na fachada leste...	62
Figura 5.1: Modelagem 3D da residência no <i>DesignBuilder</i> [®]	69
Figura 5.2: Modelagem das divisões internas e inserção dos parâmetros de ocupação no <i>DesignBuilder</i> [®]	70
Figura 5.3: Combinações de paredes e coberturas realizadas nas simulações.	73
Figura 5.4: Necessidades de aquecimento para a residência de acordo com os parâmetros de cada simulação.	76
Figura 5.5: Simulações utilizando a cobertura <i>Roof 01</i>	78
Figura 5.6: Simulações utilizando a cobertura <i>Roof 02</i>	78
Figura 6.1: Resultados obtidos para as necessidades de aquecimentos em todas as simulações.	87

Índice

Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 Justificativa.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Estrutura do trabalho	4
Capítulo 2.	5
Sustentabilidade e aplicação do conceito na construção civil	5
2.1 Origem e contextualização do desenvolvimento sustentável.....	5
2.2 Origem e definição da sustentabilidade na construção civil	8
2.3 Sustentabilidade aplicada às etapas do ciclo de vida de um edifício.....	10
2.4 Sistemas de certificação ambiental de edifícios	11
2.4.1 Certificações ambientais de edifícios no mundo.....	13
2.4.2 Critérios de avaliação das certificações	15
2.4.3 Análise comparativa.....	19
2.4.4 Pontuação e níveis de certificação	21
2.5 Eficiência energética nas edificações: os NZEBs.....	21
2.6 Tecnologia BIM e os <i>software</i> de análise.....	23
Capítulo 3	24
O sistema <i>Light Steel Framing</i>	24
3.1 Descrição do sistema	24
3.1.1 Estrutura	24
3.1.2 Cobertura.....	26
3.1.3 Envelope ou fechamentos	26
3.1.4 Isolamento térmico.....	28
3.1.5 Classificação do isolamento.....	30
3.2 Potencialidades e sustentabilidade do sistema LSF.....	31

3.3 Deficiências do LSF	33
Capítulo 4.	35
Caso de estudo.....	35
4.1 Regulamentação energética em edifícios	35
4.1.1 Legislação europeia – CEN /TC350	35
4.1.2 Diretivas para o desempenho energético de edifícios.....	37
4.1.3 Legislação portuguesa.....	38
4.2 Parâmetros climáticos para a cidade de Bragança.....	39
4.3 Recomendações arquitetónicas segundo a carta bioclimática	43
4.4 Descrição do modelo arquitetónico	46
4.4.1 Condicionantes naturais	46
4.4.2 Localização e orientação	49
4.4.3 Forma, distribuição dos ambientes internos e aberturas	50
4.4.4 Materiais de construção.....	52
4.4.5 Requisitos normativos.....	55
4.4.6 Questões ambientais no isolamento exterior.....	55
4.4.7 Propriedades dos materiais de construção.....	57
4.4.8 Aberturas e vãos envidraçados.....	59
4.4.9 Iluminação natural e artificial	61
4.4.10 Climatização / ventilação.....	63
4.4.11 Sistema de AQS	64
4.4.12 Geração de energia local.....	66
4.4.13 Gestão de resíduos	66
Capítulo 5.	68
Simulações no software <i>DesignBuilder</i>[®]	68
5.1 Parâmetros utilizados nas simulações	69
5.1.1 Modelação 3D da edificação.....	69
5.1.2 Ocupação dos ambientes.....	70
5.1.3 Configurações de elementos construtivos.....	71
5.2 Apresentação dos resultados.....	73
5.2.1 Consumo de eletricidade (equipamentos e iluminação).....	73
5.2.2 Águas Quentes Sanitárias.....	75

5.2.3 Necessidades de aquecimento	75
5.2.4 Geração de energia fotovoltaica.....	80
5.2.5 Emissões de dióxido de carbono (CO ₂)	81
5.3 Avaliação da sustentabilidade do modelo	83
Capítulo 6.	86
Discussões e Conclusões	86
6.1 Discussão de resultados.....	86
6.2 Conclusões.....	90
6.3 Perspetivas futuras.....	92
Referências bibliográficas.....	94
Anexos.....	100

Capítulo 1

Introdução

A sustentabilidade, segundo a definição formal, se trata de algo com a capacidade de se sustentar. Inicialmente o termo era associado apenas a questões de preservação ambiental e minimização do consumo energético. Com o aprofundamento das discussões a respeito do tema, passou também a incorporar questões sociais e econômicas (Santo, 2010). Portanto, para que a sustentabilidade seja afirmada, deve contemplar a minimização dos impactos no meio ambiente, a economia de recursos (sendo eles financeiros ou recursos materiais) e o pensamento deve ser voltado ao bem estar das pessoas e da sociedade como um todo.

Essa conceptualização pode ser facilmente aplicável em diversos setores da economia. Entre eles, pode-se incluir a construção civil, que é o setor responsável por criar espaços de abrigo e moradia, e que também possui um grande impacto no ambiente por modificar a paisagem e consumir quantidades consideráveis de recursos naturais.

Para contextualizar historicamente a necessidade da sustentabilidade na construção civil, é necessário citar que o crescimento populacional das últimas décadas fez com que a demanda por moradias e novas edificações no geral também aumentasse. Com isso, os gestores das cidades foram forçados a planejar esquemas massivos de habitação, consequentemente, com pouca ou nenhuma consideração de conforto, demanda de energia e questões ambientais. As cidades foram crescendo e se desenvolvendo, consumindo recursos de forma pouco planeada e insustentável. Isso fez com que alguns problemas surgissem a nível global, como por exemplo crises no setor energético, levando à necessidade de se desenvolver estudos e encontros com diversos investigadores de todo o mundo, para criar estratégias alternativas de crescimento e promoção do desenvolvimento sustentável.

Na arquitetura, a precursora da sustentabilidade pode ser chamada de “arquitetura bioclimática”. O termo foi definido por Victor Olgyay nos anos 1950, e originalmente

sintetizava elementos da fisiologia humana, climatologia e física das construções, também englobando o *design* dos edifícios em sintonia com o meio ambiente. A partir desse ponto, como desenvolvimento dos conceitos da sustentabilidade, mais ideias passaram a ser incorporadas no ambiente construído, também elevando a preocupação com a eficiência energética e com a utilização de energias renováveis (Szokolay, 2004).

O consumo de energia e o ambiente construído possuem uma relação de interdependência. Quando as edificações são planejadas para atender às necessidades de conforto dos moradores prezando pela segurança e conservação dos recursos naturais, os resultados obtidos são mais eficientes e sustentáveis. O papel da energia dentro dos edifícios varia de país para país, de clima para clima. Também depende dos materiais utilizados, da orientação e forma da edificação.

As novas tecnologias que se desenvolveram ao longo dos anos forneceram excelentes novos materiais, com características e propriedades cada vez melhores. Em diversos países observa-se a construção de novos edifícios com o uso de materiais estruturais leves (porém resistentes), que possuem grande flexibilidade na execução. Também apresentam grande potencial de reutilização e reciclagem, e podem ser associados a uma variedade de isolamentos visando melhorar o seu desempenho, destacando-se o sistema LSF (*Light Steel Framing*). Atualmente, também muito se discute entre os arquitetos e construtores a respeito da conservação de energia no ambiente edificado. As estratégias mais empregadas, almejando a eficiência energética, são relacionadas ao uso de luz natural, uso de energia solar para aquecimento e geração de energia renovável, e arrefecimento através da ventilação natural aprimorada (Lamberts, Dutra, & Pereira, 1997).

1.1 Justificativa

A eficiência energética e a sustentabilidade de uma residência construída utilizando o sistema LSF são diretamente proporcionais à espessura de materiais isolantes que compõem a sua envolvente, especialmente a cobertura e paredes exteriores.

Diversos laboratórios pelo mundo estudam parâmetros e comportamentos de materiais de construção em situações variadas. Muitos deles elaboram catálogos e manuais instruindo projetistas a utilizarem de forma coerente as informações nos cálculos referentes a projetos de térmica ou avaliações de sustentabilidade. Em Portugal, o ITE 50,

desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) é um deles. Em relação aos materiais de isolamento, que são fundamentais para o bom desempenho térmico de uma edificação, esses manuais apresentam características para camadas de materiais com até 80mm de espessura. Essas dimensões são adequadas para construções convencionais, que utilizam alvenaria como sistema construtivo (materiais com inércia térmica de média a alta). Porém pouco se estuda a respeito das espessuras de isolamento adequadas para sistemas de estruturas leves. Por apresentar baixa inércia térmica, Heywood (2012) sugere que sistemas como o LSF não sejam ideais para aplicação em locais de temperaturas extremas ou de grande variabilidade climática, exceto se utilizados revestimentos com o devido isolamento. Nesse âmbito, neste trabalho serão evidenciadas maiores espessuras de material de isolamento na envolvente, buscando identificar a sua eficiência em uma residência em LSF.

1.2 Objetivos

Este trabalho busca avaliar o desempenho de uma edificação nova construída em LSF, no que diz respeito à sustentabilidade e eficiência energética. Para isso, inicialmente serão estudadas as ferramentas existentes para medir o nível de sustentabilidade em edificações (ferramentas de certificação ambiental), com o intuito de aprofundar os conhecimentos referentes às formas existentes de medir a sustentabilidade no ambiente construído. Também serão estudadas as propriedades do sistema LSF, possibilitando identificar quais as potencialidades e deficiências do material em relação à temática da sustentabilidade. Será realizado um caso de estudo em uma edificação residencial unifamiliar que será construída em Bragança, Portugal. Esse estudo tem a finalidade de medir de forma prática o potencial sustentável do sistema construtivo utilizando diferentes espessuras de materiais nas envolventes, especificamente do Poliestireno Expandido Moldado (EPS) e da lã de rocha. Será feita uma análise de desempenho energético através do *software DesignBuilder®* assim como uma verificação da sustentabilidade, abordando os mesmos parâmetros considerados nas ferramentas de certificação ambiental de edifícios.

1.3 Estrutura do trabalho

Além do Capítulo 1 aqui apresentado, que aborda a contextualização do assunto, os objetivos e justificativas da pesquisa, esta dissertação é constituída por mais cinco capítulos e alguns anexos relevantes.

Inicialmente a pesquisa bibliográfica e teórica que teve importância para a compreensão do tema foi separada em dois capítulos, Capítulo 2 e Capítulo 3. Para o aprofundamento no tema da sustentabilidade na construção civil e nas formas de avaliação da sustentabilidade ao redor do mundo, no Capítulo 2 estruturou-se uma análise a respeito das ferramentas de certificação ambiental de edifícios, ou green buildings (edifícios verdes) rating tools. Também foi desenvolvida uma análise comparativa entre algumas das ferramentas mais relevantes existentes no mundo, procurando relacionar a forma de avaliação e pontuação com a respectiva cultura ou legislação do local onde é implantada.

Na segunda parte da revisão teórica, no Capítulo 3 foi abordado o sistema *Light Steel Framing*, suas principais características e propriedades, buscando compreender como os conceitos da sustentabilidade podem ser incorporados nas edificações que utilizem esse tipo de sistema construtivo.

O Capítulo 4 são apresentados os dados referentes ao caso de estudo, uma habitação que será edificada na cidade de Braganca, Portugal. Essa habitação é descrita em todos os aspectos da sustentabilidade identificados no Capítulo 2.

No Capítulo 5 são apresentadas as simulações realizadas com o auxílio do *software DesignBuilder®* em relação ao comportamento e eficiência de diversas composições de materiais, aplicadas ao modelo da habitação descrita, buscando identificar qual combinação de materiais apresenta o melhor desempenho.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões da pesquisa, também trazendo sugestões para futuros trabalhos que possam seguir na mesma temática e agregar conhecimentos aplicáveis nas práticas construtivas.

Capítulo 2.

Sustentabilidade e aplicação do conceito na construção civil

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos relacionando o desenvolvimento sustentável à construção civil. Serão apresentadas as formas que possibilitam mensurar o potencial sustentável de determinado edifício (com foco em edifícios de habitação) e como essas ferramentas podem ser variáveis, analisando parâmetros diferentes, dependendo do país ou local em que é aplicada. Por fim, para estabelecer uma análise comparativa entre as ferramentas de certificação ambiental de edifícios, foi desenvolvida uma uniformização de conceitos, agrupando itens que se relacionem entre si. Dessa forma, poderá ser observado quais são os fatores mais relevantes que cada país ou região do planeta utiliza.

2.1 Origem e contextualização do desenvolvimento sustentável

A necessidade de um pensamento ligado ao desenvolvimento sustentável surgiu a partir do século XIX com a Revolução Industrial. Naquela época houve um avanço no processo de urbanização das cidades e crescimento populacional. Posteriormente, o desenvolvimento das técnicas e tecnologias de produção gerou na população um grande otimismo e confiança de que todos os problemas poderiam ser resolvidos através da ciência. Houve então um período essencialmente de expansão demográfica, de crescimento na produção e no consumo de matérias-primas que percorreu até pouco mais da metade do século XX (Burszlyn & Burszlyn , 2006).

A visibilidade do conceito de desenvolvimento sustentável teve início na década de 1970, primeiramente dando foco para as questões energéticas. A partir de então, quando se tomou consciência da existência limitada dos recursos naturais no planeta, começaram

a se destacar diversos eventos e discussões que marcaram o desenvolvimento de pensamentos ambientalistas (Santo, 2010).

Uma das primeiras organizações que surgiram com o intuito de debater a respeito de temas relativos à política, economia internacional, meio ambiente e desenvolvimento sustentável foi o Clube de Roma. No início da década de 1970 houve uma grande polêmica gerada pelo MIT (*Massachusetts Institut of Technology*) devido a publicação de um relatório intitulado “Limites do Crescimento”, onde foram abordados assuntos cruciais para o desenvolvimento da sociedade, tais como energia, ambiente, crescimento populacional, saúde e saneamento. Esse assunto trouxe à tona assuntos delicados, que foram foco da reunião de 1971 do Clube de Roma. No ano seguinte, ainda motivada pelas discussões a respeito deste tema, aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, em Estocolmo. Nesta conferência foi instituído o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP – *United Nations Environment Programme*), dando início a um ciclo de encontros e debates que perduram até os dias atuais (Burszlyn & Burszlyn , 2006); (Santo, 2010).

O conceito “desenvolvimento sustentável” foi popularizado e divulgado com maior ênfase a partir de 1987 com o relatório de Brundtland desenvolvido pela ONU, ou “*Our Common Future*” (tradução: Nosso Futuro Comum). Nesse relatório, o desenvolvimento sustentável foi tratado como uma forma de “garantir que as necessidades do presente sejam atendidas, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas necessidades”. (Brundtland, 1987, p. 16). Além de conceitos, o relatório da ONU também apresentou ações que deveriam ser tomadas (a nível internacional), entre elas, destaca-se a diminuição no consumo de energia e incentivo ao uso de energias renováveis em todos os setores da sociedade.

Em 1992 ocorreu um evento no Rio de Janeiro, conhecido como Rio-92 ou Eco-92 onde foram firmados protocolos e intensões sobre o clima, a biodiversidade, entre outros aspectos ambientais (Moura, 2007). Também foi elaborada a Agenda 21, que se trata de um conjunto de ações que deveriam ser elaboradas de acordo com as necessidades locais, visando atingir um objetivo maior: o desenvolvimento sustentável a nível global (Santo, 2010).

Posteriormente, outros encontros e conferências foram realizados ao redor do mundo, cada qual com a sua contribuição significativa e atualizações importantes relativas ao tema, porém sempre visando aprimorar o conceito e as estratégias para alcançar o desenvolvimento sustentável. A Figura 2.1 apresenta a cronologia da realização dos principais eventos relacionados ao desenvolvimento sustentável ao redor do mundo, bem como a principal contribuição ou resultados obtidos a partir de cada encontro.

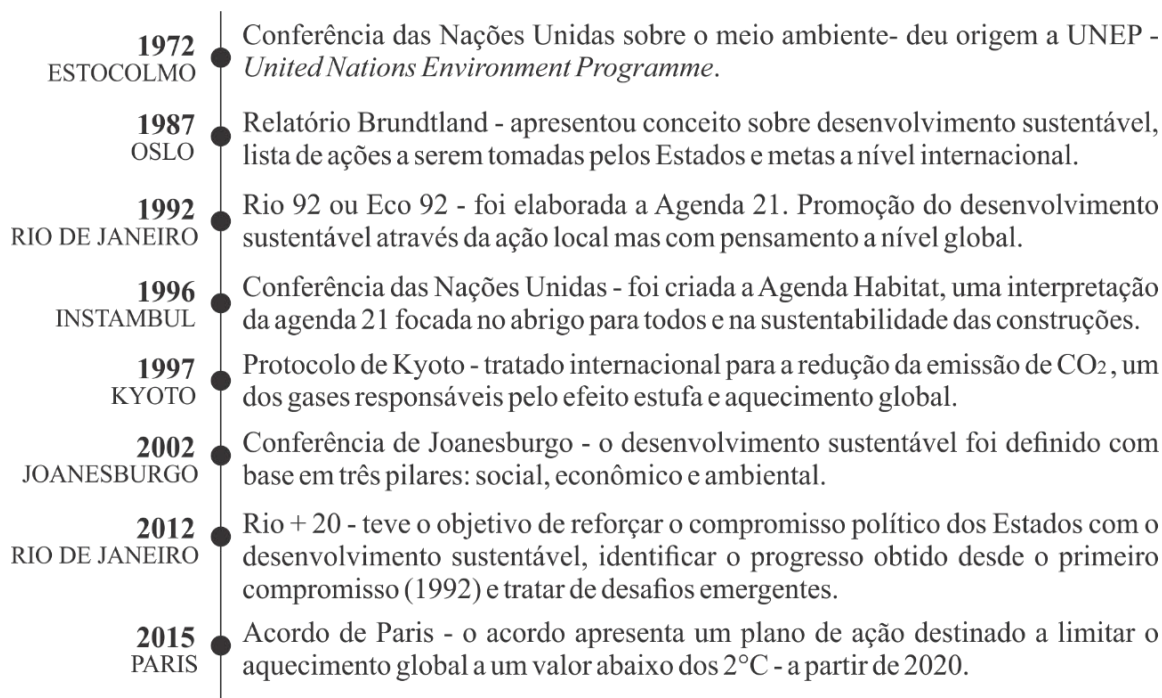


Figura 2.1: Cronologia dos eventos relacionados ao desenvolvimento sustentável.

FONTE: Adaptado de Santo, (2010) e Vieira, (2012).

Segundo (Pinheiro, 2006, p. 86), desde o surgimento do conceito, passando por todas as aprimorações e discussões ao longo dos anos, destacam-se duas ideias principais a respeito do desenvolvimento sustentável: a preservação dos recursos naturais, e a necessidade de planejar o destino da sociedade. O desenvolvimento sustentável procura satisfazer as necessidades humanas básicas no presente (alimentação, água potável, acesso à saúde, entre outros). O fator ambiental aqui incluído visa a utilização dos recursos de forma consciente, reduzindo a geração de resíduos e preservando a biodiversidade dos sistemas naturais. O consumo de energia, água e materiais deve acontecer a uma taxa passível de renovação, sem acarretar impactos ambientais significativos.

2.2 Origem e definição da sustentabilidade na construção civil

Desde o início das civilizações o homem buscou diversas formas de construir abrigos para a sua proteção e moradia. Na antiguidade os edifícios criados eram simples e com pouca tecnologia empregada, porém já eram construídos com o uso de medidas que pudessem maximizar as condições de conforto humano. Essas edificações, que mais tarde passaram a ser definidas como arquitetura vernacular, possuíam o pensamento voltado a preocupações com as características geográficas do local, insolação, orientação, geometria, forma e materiais. Embora o homem ainda não dominasse os conceitos de termodinâmica, já existia a noção (empírica e sensorial) da relação entre o clima, os materiais, as formas e o bem-estar físico (Fernandes & Mateus, 2011).

A arquitetura vernacular evoluiu com o tempo em função da necessidade de adaptação do ambiente construído ao estilo de vida do ser humano, sempre visando o seu conforto. Essa forma de construção passou a ser deixada de lado a partir da Revolução Industrial. O crescimento acelerado das cidades durante o período de desenvolvimento industrial fez com que a demanda por construções (moradia, serviços, indústrias, entre outros) aumentasse, aumentando também o consumo de recursos e matérias primas.

Segundo Santo, (2010), a abordagem da sustentabilidade nas edificações teve seu início na mesma época em que surgiram as discussões a respeito do desenvolvimento sustentável. No período pós-guerra e mais tarde com a crise energética do petróleo (década de 1970) surgiu também a necessidade da preocupação com a longevidade dos recursos e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, e conseqüentemente, iniciaram-se as preocupações com o ambiente construído.

O termo “construção sustentável” foi definido pela primeira vez em 1994, na Conferência Internacional Sobre Construção Sustentável realizada em Tampa, na Flórida. Durante o evento, o professor e pesquisador Charles Kibert¹ conceituou o termo como "a criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos (para evitar danos ambientais) e a utilização eficiente dos recursos" (Pinheiro, 2006, p. 105). Como forma de traçar os principais objetivos e vantagens das construções sustentáveis, Kibert também apresentou um conjunto

¹ Charles Kibert é professor e pesquisador da Universidade da Flórida. Suas linhas de pesquisa são baseadas na sustentabilidade das construções, edifícios de alta performance, performance energética de edifícios e edifícios de baixo consumo energético (*net zero buildings*) (University of Florida, 2019).

fundamental de elementos que deveriam ser seguidos, e que englobam todas as etapas do ciclo de vida do ambiente construído. Esses princípios são:

- Redução no consumo dos recursos;
- Reutilização de recursos sempre que possível;
- Reciclagem de resíduos de demolição e utilização de materiais reciclados sempre que possível;
- Proteção do ambiente natural e de suas atividades;
- Eliminação de materiais tóxicos em todas as etapas do ciclo de vida da edificação;
- Incentivo a qualidade do ambiente construído (Sousa & Amado, 2012); (Bragança *et al*, 2011).

Progressivamente, com o amadurecimento das abordagens e conceitos a respeito das construções sustentáveis, novas interpretações foram surgindo. Também foram criadas algumas ferramentas que passaram a dar diretrizes mais detalhadas de como os conceitos deveriam ser aplicados. É o caso da Agenda Habitat (assinada em 1996 na conferência das Nações Unidas em Istambul) e da Agenda 21 para a Construção Sustentável (Pinheiro, 2006).

Bauer et al, (2007), em seu livro “*Green Buildings*” (ou construções verdes), conceituou as construções sustentáveis como edifícios de qualquer categoria de uso que tenham as suas etapas de planejamento, execução e operação baseadas em princípios do uso consciente de recursos naturais. Isso implica que essas edificações devem causar tão pouca interferência ambiental quanto possível. Devem priorizar o uso de materiais ecologicamente corretos, que não constituam perigo para a saúde dos ocupantes, além de adotar soluções internas que priorizem o conforto dos usuários. O uso de energias renováveis deve ser utilizado sempre que possível, aliado a adoção de soluções que minimizem o consumo energético. A alta qualidade dos materiais, serviços e do produto como um todo, bem como a longevidade das edificações também são diretrizes que devem ser seguidas para garantir que todos os pilares da sustentabilidade sejam alcançados de forma satisfatória (social, ambiental e econômica).

2.3 Sustentabilidade aplicada às etapas do ciclo de vida de um edifício

A garantia da sustentabilidade ao longo da vida útil de uma edificação dá-se através de um planeamento estruturado com base em um processo cíclico. Cada uma das fases deve ser monitorada e, quando necessário, devem ser aplicadas medidas de intervenção sustentáveis para garantir a longevidade e qualidade do produto. (Sousa & Amado, 2012)

Gervasio & Dimova, (2018) apresentam (de acordo com as normas europeias) os estágios do ciclo de vida dos edifícios da seguinte forma: produção de material, construção, uso e fim da vida útil.

- Produção de material: Deve ser realizado o estudo das matérias-primas, do transporte e do planeamento do processo de construção (projeto). Deve ser a base para o planeamento de todas as demais etapas.
- Construção: Devem ser analisadas questões referentes ao processo construtivo propriamente dito.
- Uso: Etapa que requer maior atenção. Deve-se avaliar de forma crítica o uso do produto. Deve ser indicada a necessidade e periodicidade de manutenções, reparações, requalificações ou reformas.
- Fim da vida útil: Etapa em que deve ser previsto o destino do edifício. Os destinos adequados são os de reciclagem ou reutilização.

A Figura 2.2, baseada na pesquisa de Bragança *et al*, (2011), apresenta de forma esquemática algumas das práticas e pensamentos sustentáveis aliados aos momentos em que elas devem ser implementadas no processo construtivo.

Essas práticas, que devem ser aplicadas englobam e vão além das práticas idealizadas por Kibert. As estratégias, sejam elas conceptuais, construtivas ou administrativas, devem ser planeadas e estruturadas observando a construção como um todo, desde a sua concepção até o fim da sua vida útil (Bauer *et al*, 2007); (Santo, 2010).

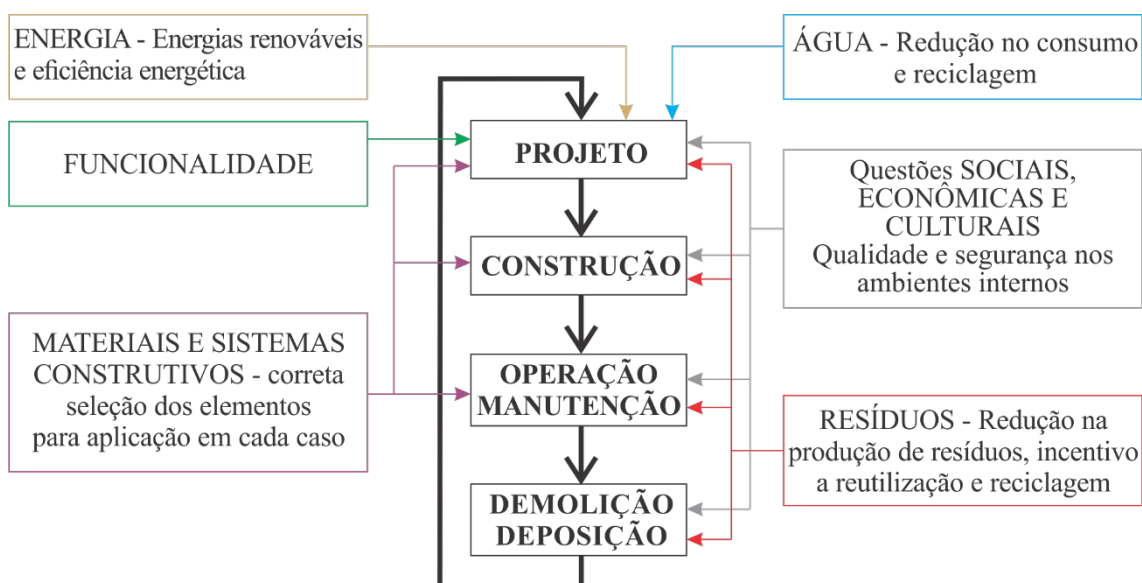


Figura 2.2: Abordagem integrada da sustentabilidade nas fases do ciclo de vida de uma construção.

FONTE: Adaptado de Bragança *et al.*, (2011).

2.4 Sistemas de certificação ambiental de edifícios

A avaliação ambiental aplicada à construção civil inicialmente se tratava apenas de abordagens práticas, onde eram feitas considerações acerca da sustentabilidade, além da estruturação dos conhecimentos. As avaliações ambientais passaram a se desenvolver após a conferência Eco 92 ou Rio 92, de forma a ajudar projetistas a desenvolverem o pensamento sustentável e integrado, e para obtenção de selos ambientais nas edificações. (Davini, 2016).

Segundo a definição formal, certificações são o reconhecimento de algo como verdadeiro por parte de uma entidade externa independente, que atesta se determinada situação está cumprindo as regras que a ela se aplicam no momento (Moura, 2007).

Os sistemas de certificação e classificação para as edificações foram desenvolvidos como uma forma de medir o nível de sustentabilidade atingido pelas construções verdes. Quanto melhores as práticas empregadas, mais alto o nível de certificação. O processo, que na grande maioria dos casos é voluntário, também significa garantia de qualidade para proprietários de edifícios e utilizadores. Além disso, projetistas e construtores tem a capacidade de mensurar o desempenho de seus produtos.

As certificações para edifícios apresentam uma série de critérios compilados em diretrizes e listas de verificação. Os critérios de pontuação variam de acordo com o tipo

de certificação e local de inserção do edifício. Em determinados casos podem ser avaliados apenas aspectos construtivos da sustentabilidade (como a eficiência energética, chamada também de certificação energética), ou ainda podem abranger toda a vida útil do edifício (identificando o desempenho em algumas áreas específicas). As ferramentas de avaliação também podem diferir no tipo de edifícios nos quais são aplicadas, com ferramentas ou subconjuntos específicos de ferramentas usadas para diferentes tipologias, como residências, edifícios comerciais isolados, grupos de edifícios ou até de bairros inteiros (WGBC, 2019). O resultado das avaliações deve ser de fácil entendimento e devem mostrar confiabilidade e transparência na apresentação dos dados (Bauer et al, 2007).

De acordo com o Guia de Qualidade de Towell, (2015) as diretrizes estabelecidas por uma ferramenta de certificação devem estar em conformidade com as normas ambientais e leis do país onde será aplicada (principal motivo pelo qual a maioria dos países possui o seu próprio modelo ou adaptou alguma certificação à sua realidade). Além do mais, para que um sistema de certificação seja eficaz é necessário que atenda às necessidades de todas as partes interessadas. A Figura 2.3 apresenta a correlação existente entre diversas entidades que devem estar envolvidas para efetivar uma certificação ambiental.

Globalmente, existem órgãos governamentais, não governamentais, de pesquisa ou ainda conselhos de construção verde que administram as certificações ambientais, dependendo do país. Os mais comuns são os conselhos de construção verde, ou GBC (*Green Building Council*), e são os responsáveis por cuidar de todas as questões administrativas, comunicar resultados além de ser o órgão emissor dos certificados para as edificações aptas.

Os GBCs possuem uma equipe interna responsável pelo desenvolvimento das ferramentas de classificação, que define os critérios e procedimentos da ferramenta (requisitos para garantia de qualidade). A equipa deve fornecer orientação e esclarecimento às equipas responsáveis pela certificação, ou aos avaliadores. No contexto do GBC, considera-se a melhor prática utilizar assessores terceirizados (exteriores), livres de preconceitos profissionais e livres de pressões comerciais ou financeiras, buscando garantir a imparcialidade da certificação.

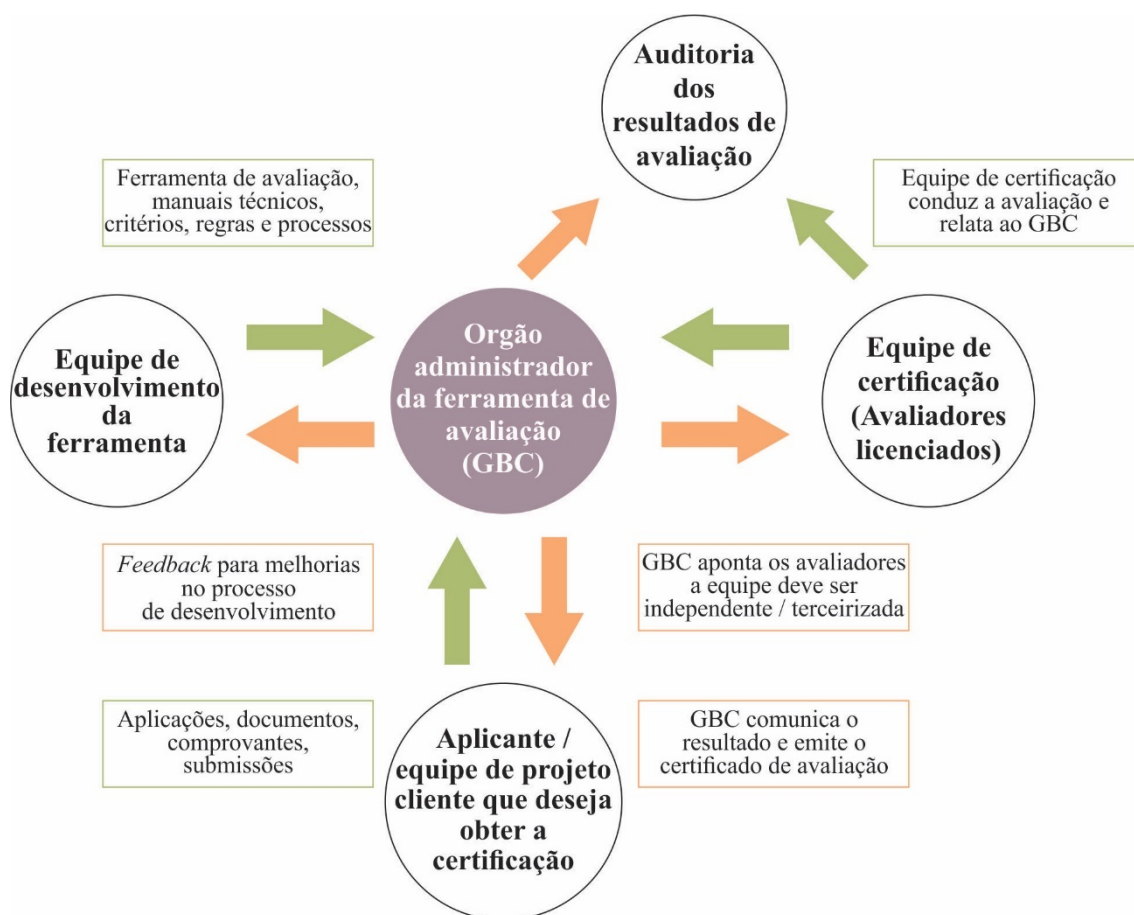


Figura 2.3: Modelo típico para administração e controle de um sistema de certificação ambiental.

FONTE: Adaptado de (Towell, 2015).

2.4.1 Certificações ambientais de edifícios no mundo

Cada ferramenta de avaliação é diferente. As diretrizes conceituais de cada local são únicas e particulares, sendo este o principal motivo pelo qual cada país procurou desenvolver um sistema baseado na sua realidade e no seu mercado específico. Os sistemas mais difundidos atualmente são: o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, tradução: Método de avaliação ambiental dos estabelecimentos de pesquisa em edifícios), desenvolvido no Reino Unido, o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*, tradução: Liderança em energia e design Ambiental), nos Estados Unidos da América, e o HQE (*Haute Qualité Environnementale*, tradução: Alta Qualidade Ambiental), na França. Também existem muitos países no mundo que utilizam esses sistemas como base para desenvolver os seus

próprios. A Tabela 2.1 apresenta algumas das certificações ao redor do mundo, bem como o seu ano de criação. Importante destacar que neste trabalho serão analisadas apenas as certificações ambientais de edifícios que são geridas por um conselho global, conhecido como *World Green Building Council* (WGBC).

Tabela 2.1: Origem e data de criação das certificações ambientais ao redor do mundo.

CERTIFICAÇÃO	PAÍS DE ORIGEM	ANO
ARZ Rating System	Líbano	2008
BEAM Plus	Hong Kong	1996
BERDE	Filipinas	2009
BREEAM - UK	Reino Unido	1990
BREEAM - ES	Espanha	2009
BREEAM - NL	Holanda	2008
BREEAM - NOR	Noruega	-
CASA	Colômbia	2008
CASBEE	Japão	2001
DGNB	Alemanha	2006
EDGE	Internacional	-
GBC Brasil CASA	Brasil	2011
GBC Home	Itália	2014
GBC SA	África do Sul	-
Green Building Index	Malásia	2009
Greenship	Indonésia	2011
Green Star	Austrália / Nova Zelândia	2002
Home Performance Index	Irlanda	2017
Homestar	Nova Zelândia	2010
HQE	França	1996
IGBC	Índia	2001
Korean Green Building Certification	Coréia	2001
LEED	Estados Unidos	1998
LiderA	Portugal	2005
SITES	Estados Unidos	2006

FONTE: Adaptado de (WGBC, 2019).

Cada sistema de certificação é responsável por desenvolver o seu próprio manual técnico com informações e diretrizes conceituais que devem ser adotadas pelos projetistas. Também apresenta o sistema de avaliação com os níveis de certificação que determinado edifício pode atingir. Cada certificação apresenta seus tópicos e critérios da forma mais conveniente a sua realidade. Também designa pesos e pontuações diferentes

aos critérios. Nos tópicos a seguir serão abordados de forma simplificada quais são os parâmetros mais relevantes e os níveis de certificação adotados por cada sistema.

2.4.2 *Crítérios de avaliação das certificações*

Os critérios de avaliação são abordados em grupos conforme a conveniência e as principais necessidades apresentadas pelo local de implantação do edifício. Como os grupos nem sempre são iguais, segundo Santo, 2010 e Consoli *et al*, 2019, com a finalidade de estabelecer uma comparação equiparada entre os sistemas de certificação de edifícios, convém agrupar as diretrizes conceptuais de acordo com seus objetivos comuns. Neste estudo, os grupos abordados são²: planejamento sustentável do local, proteção ambiental, qualidade dos ambientes internos, materiais e recursos, eficiência da água, eficiência energética, gestão de resíduos, gestão/administração e manutenção, emissão de poluentes e inovações.

- **Grupo 1 – Planejamento sustentável do local:**

O primeiro grupo de diretrizes é relacionado a elementos que devem ser estudados a fundo antes mesmo de se iniciar a concepção do projeto arquitetônico. O local de implantação da edificação deve ser coerente com o uso, e deve se relacionar de forma harmoniosa com o entorno, seja ele formado por elementos naturais ou por outras edificações. Também são avaliados itens como a proximidade a estabelecimentos de comércio e serviço que possam ser complementares ao futuro edifício, os modais de transporte disponíveis para atender aos utilizadores bem como o incentivo ao uso de transportes alternativos e não poluentes, como bicicletas ou automóveis elétricos.

O planejamento sustentável também tem relação com o aproveitamento dos elementos naturais para garantir condições de conforto e bem-estar às pessoas. A grande maioria das ferramentas avalia o posicionamento adequado do edifício no terreno, visando o aproveitamento da luz do Sol e ventilação natural como condicionantes para a aplicação de estratégias arquitetônicas passivas.

Por fim, também existem itens que avaliam o impacto causado pela edificação no terreno, como as modificações na topografia natural necessárias para a sua inserção, a

² Todos os itens apresentados nos grupos do sub item 2.4.2 foram retirados dos manuais técnicos referentes a cada uma das ferramentas de certificação citadas na Tabela 2.1. Os agrupamentos originais das diretrizes bem como suas referências podem ser observados no Anexo 1.

área de vegetação que teve de ser retirada, possíveis alterações causadas no microclima local, entre outros.

▪ **Grupo 2 – Proteção ambiental:**

Os itens que possuem relação com a proteção e preservação do ambiente e do entorno onde o edifício será construído são bastante relevantes para a sustentabilidade. Esses itens são referentes a preservação dos recursos hídricos na sua forma natural (sem modificações em cursos de água, por exemplo) e dos ecossistemas (principalmente da vegetação nativa). Dependendo do impacto causado pela edificação, em alguns casos é imperativo que sejam propostas medidas de mitigação como ferramenta de proteção ambiental, como o plantio de novas árvores.

Também são relevantes em grande parte dos casos os itens relacionados com a preservação da qualidade do ar e do microclima local, evitando a utilização de materiais e elementos construtivos que contribuam para a criação de ilhas de calor.

▪ **Grupo 3 – Qualidade dos ambientes internos:**

Dentro dos indicativos presentes nas listas de verificação, alguns critérios de qualidade englobam fatores socioculturais e funcionais, possibilitando que os edifícios sejam avaliados em relação à saúde, conforto, funcionalidade e satisfação do utilizador.

Os itens que são avaliados nesse grupo são acessibilidade, automação dos sistemas, conforto olfativo, desempenho acústico, desempenho térmico, desempenho visual e lumínico, qualidade dos espaços internos e externos, qualidade interna do ar e segurança dos ocupantes.

▪ **Grupo 4 – Materiais e recursos:**

Quando se trata dos materiais de construção, as diretrizes recomendam que sejam utilizados materiais de procedência reconhecida e que possuam (preferencialmente) garantia de sustentabilidade nas suas matérias primas e em seu processo de fabricação. Deve ser avaliado o ciclo de vida do material, ponderando as potencialidades e deficiências em relação à sustentabilidade, também verificando a possibilidade de reciclagem ou reutilização após o fim da vida útil da edificação.

É importante preconizar o uso de materiais locais ou regionais. É indicado que sejam utilizados materiais de fábricas que se encontram próximas dos locais de construção. O mesmo deve ser feito para os materiais que passem por processos industriais. Dessa

forma, são evitados gastos com logística e transporte, que podem contribuir para a emissão de gases poluentes no ar.

As propriedades de cada material que compõe os elementos da edificação devem ser estudadas, buscando a alternativa que melhor se adeque às situações presentes. As características de densidade (ρ), condutibilidade térmica (λ), resistência térmica (R) são de extrema importância para definir o potencial isolante que cada componente terá. Devem ser observadas as legislações vigentes de acordo com o país de inserção da edificação, pois podem existir parâmetros mínimos a ser atendidos, e variações de acordo com a região. O potencial de determinado material evitar as perdas ou ganhos de calor (materiais isolantes), ou de acumular o calor em sua massa para posteriormente distribuí-la aos ambientes contribui significativamente para a eficiência energética do conjunto e para a garantia de ambientes confortáveis aos futuros utilizadores.

Devem também ser avaliadas as formas e dimensões de fabricação dos materiais, e como se dará a sua inserção no local, buscando a melhor adequação possível para reduzir os desperdícios com recortes e a geração de resíduos.

▪ **Grupo 5 – Eficiência da água:**

O uso consciente da água é apresentado como um fator de grande relevância dentro das certificações. São incentivadas as estratégias que visem a redução do consumo nas instalações sanitárias, e sempre que possível é incentivado o reaproveitamento das águas pluviais para usos não potáveis, como bacias sanitárias, irrigação de jardins, entre outros.

Neste grupo não é levado em consideração o tratamento dos efluentes líquidos, pois são estratégias abordadas em conjunto com a gestão de resíduos.

▪ **Grupo 6 – Eficiência energética:**

Entre os itens que se referem à energia, encontram-se especificações que resultem em maior eficiência energética nos sistemas prediais, ou que incentivem a utilização de equipamentos com selo de qualidade e eficiência (ou seja, que consumam pouca energia). Devem ser incitadas as soluções que procurem a minimização do consumo de energia proveniente de fontes convencionais ou não renováveis, principalmente com iluminação, aquecimento, refrigeração e AQS (águas quentes sanitárias).

Quando as soluções arquitetônicas estão em concordância com o clima do local, as estratégias passivas e bioclimáticas empregadas podem ser responsáveis por grande parte da economia energética em uma edificação.

O emprego de estratégias para a geração de energia utilizando fontes renováveis (solar, eólica, biomassa, entre outras) também recebe destaque, visto que a capacidade de um edifício de gerar energia para suprir o seu próprio consumo é uma das maneiras mais eficazes de torná-lo eficiente.

▪ **Grupo 7 – Gestão de resíduos:**

A gestão de resíduos é um grupo que envolve todas as etapas do ciclo de vida do edifício. Deve-se empregar formas de minimizar os resíduos gerados durante a construção, e dar o correto destino ao que foi gerado. Durante a fase de operação os resíduos produzidos (tanto sólidos quanto líquidos) devem ser separados de acordo com a sua natureza, evitando contaminações, e destinados sempre que possível para a reutilização ou reciclagem.

Após o fim da vida útil de determinada edificação, algumas ferramentas apresentam diretrizes que impulsionem a demolição de forma consciente, também dando o correto direcionamento para cada material resíduo do processo.

▪ **Grupo 8 – Gestão/administração e manutenção:**

A gestão e administração são fatores que devem ser considerados em diversos momentos quando se trata de uma construção. Dentre os itens presentes, observa-se que desde os primeiros pensamentos voltados para a concepção do projeto deve haver a gestão adequada de todas as informações, garantindo um perfeito entrosamento entre os profissionais envolvidos. A gestão também deve ser adequada durante a etapa construtiva propriamente dita, garantindo que o resultado obtido esteja de acordo com o planejado. Por fim, na pós-ocupação, é importante que a administração do local garanta que todos os utilizadores estejam se comportando de acordo com os princípios projetados para o local, utilizando todos os equipamentos de forma adequada e contribuindo para que os níveis de sustentabilidade sejam mantidos.

Dentro do ciclo de vida de uma edificação, a manutenção tem um papel fundamental na durabilidade e longevidade da estrutura como um todo. Por essa razão, algumas ferramentas incentivam a realização de manutenção periódica nos equipamentos e na própria estrutura edificada, garantindo que o seu funcionamento seja contínuo e não perca eficiência com o passar dos anos.

▪ **Grupo 9 – Emissão de poluentes:**

As emissões geradas por um edifício podem ser de diferentes naturezas, dependendo também da fase do ciclo de vida em que se encontra. De maneira geral, os itens abordados nas ferramentas de certificações se relacionam à poluição do ar, água e solo. São avaliadas as emissões de gases poluentes, poluição sonora proveniente de máquinas e equipamentos dentro do próprio edifício, poluição luminosa também causada pelo funcionamento do edifício durante a noite, poluentes líquidos que possam contaminar o solo ou lençol freático, entre outros.

Este grupo deve ser avaliado em conjunto com a gestão de resíduos, pois muitos poluentes podem ser evitados se os resíduos forem destinados corretamente, de acordo com a tipologia e uso da edificação.

▪ **Grupo 10 – Inovações**

O grupo de inovações ou bônus faz referência a qualquer item ou estratégia utilizada que não conste no escopo dos manuais técnicos das ferramentas. São elementos opcionais e que servem para garantir que a edificação que está sendo avaliada atinja os níveis mais altos de pontuação.

Algumas ferramentas consideram o facto de o profissional responsável pelo projeto ou pela obra ser credenciado à própria ferramenta de certificação como um item a ser bonificado.

2.4.3 *Análise comparativa*

Cada ferramenta de certificação atribui pesos e ponderações diferenciados para cada uma das categorias de análise. Isso ocorre devido as particularidades e características abordadas pelo próprio sistema, também pelo local onde o projeto será inserido.

Decorrendo uma análise com base nos grupos de diretrizes apresentados, pode-se estabelecer uma comparação visando identificar quais são os itens com maior relevância dentro de cada certificação ambiental. Essa comparação está detalhada na Figura 2.4, que apresenta, em valores percentuais, a relevância dada a cada grupo dentro do sistema.

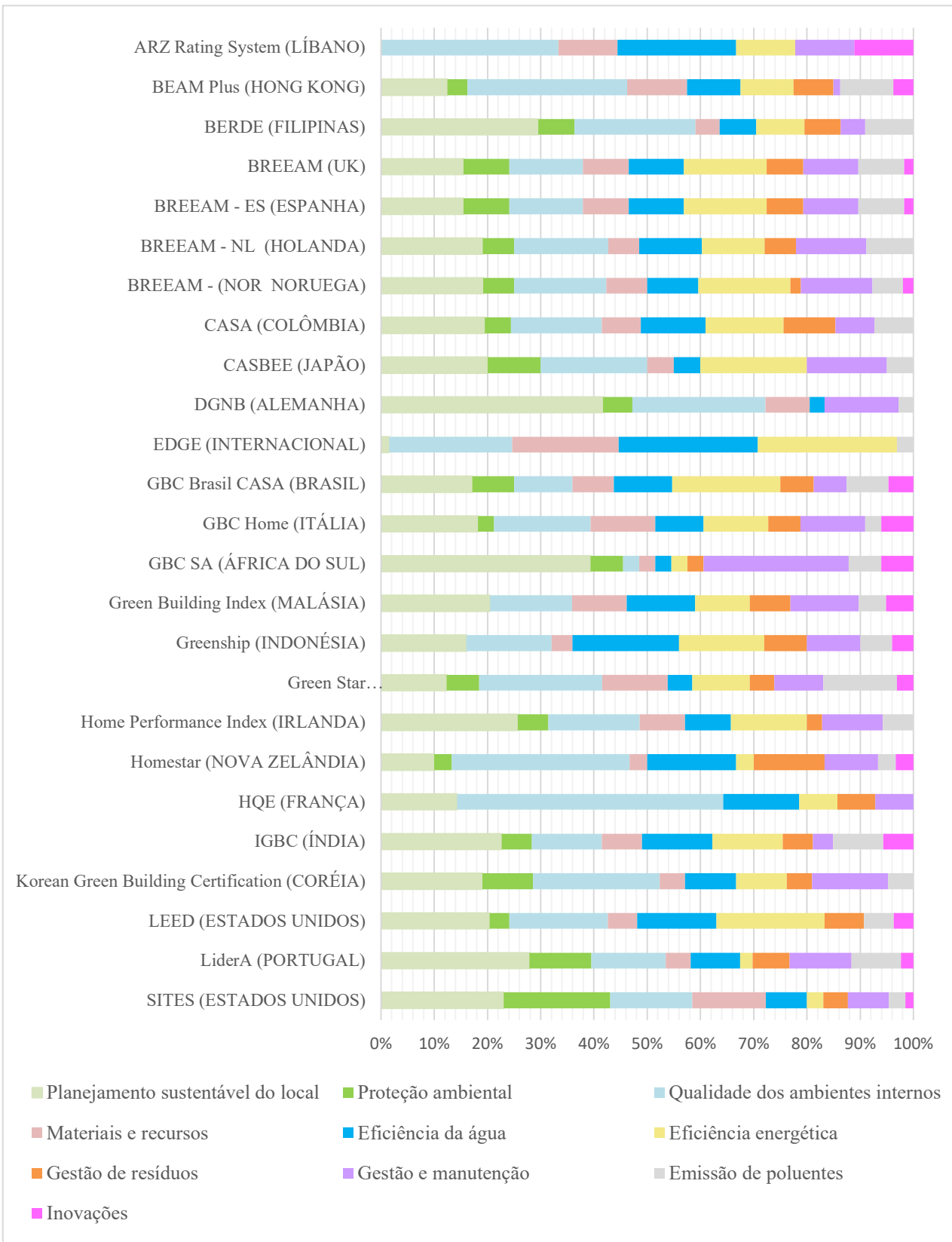


Figura 2.4: Análise comparativa entre as ferramentas de certificação ambiental de edificações.

Vale ressaltar que alguns manuais técnicos possuem maiores quantidades de itens, ou exigem níveis maiores de detalhamento. As certificações que apresentam seus itens de forma genérica ou com agrupamentos menos detalhados correm o risco de receberem percentual nulo para determinado grupo na análise apresentada, porém não significando que as diretrizes pertencentes a ele sejam totalmente desconsideradas pela ferramenta.

Apesar de a maioria das certificações contarem com diretrizes pertencentes a todos os grupos, nota-se que a gestão e manutenção, emissão de poluentes e inovações não são presentes em alguns casos. Também é notável que os pontos com presença mais marcante são referentes ao planejamento sustentável do local e a qualidade dos ambientes internos. Isso prova que devem ser priorizadas sempre as estratégias arquitetônicas condizentes com o clima, entorno e geografia do local onde o edifício se insere, e também tendo o bem-estar dos ocupantes como alvo de grande relevância.

2.4.4 Pontuação e níveis de certificação

Cada item citado no manual técnico das ferramentas e que é contemplado no projeto irá obter uma pontuação. Alguns itens são de caráter obrigatório, enquanto outros irão agregar valor de acordo com a sua inserção. O somatório de pontos obtido ao final da análise é o que indicará o nível de sustentabilidade atingido pelo edifício, e qual será o nível de certificação correspondente. Cada certificação apresenta os níveis da maneira que melhor se adequa às suas necessidades. Geralmente os níveis de certificação são: platina, ouro, prata e bronze; valores em estrelas; grau de qualidade (excelente, muito bom, bom) ou apenas certificado e não certificado. A forma com que cada ferramenta pontua e certifica os edifícios sustentáveis pode ser observada no Anexo 1.

2.5 Eficiência energética nas edificações: os NZEBs

Os NZEB (*Nearly Zero Energy Building*, tradução: Edifícios com Necessidades Quase Nulas de Energia) são edifícios com balanço energético anual quase nulo. Esse valor muito baixo de consumo significa que o edifício deve garantir as suas necessidades energéticas para o funcionamento do próprio edifício (para aquecimento, AQS, refrigeração, ventilação e iluminação) através de elementos passivos de arquitetura. Se necessário, é recomendável que o edifício produza energia proveniente de fontes renováveis, no próprio local (Baiona, 2014).

Os NZEB devem obedecer a uma hierarquia de princípios que consistem em três grupos (planeamento, *design* e implementação das estratégias), visando atingir sua plena eficiência. As estratégias podem ser analisadas em forma de uma pirâmide, como mostra a Figura 2.5, que apresenta como devem ser exploradas as estratégias conceptuais apropriadas para que o projeto se adeque a todas as condicionantes impostas pelo local de implantação. Devem ser analisados fatores climáticos e geográficos, e a partir deles os estudos a respeito da forma e função do edifício devem ser estruturados. Esses elementos estão representados na base da pirâmide por serem os principais responsáveis pela eficiência que o edifício atingirá, e é a partir dessas análises que todas as demais deverão ser estruturadas.

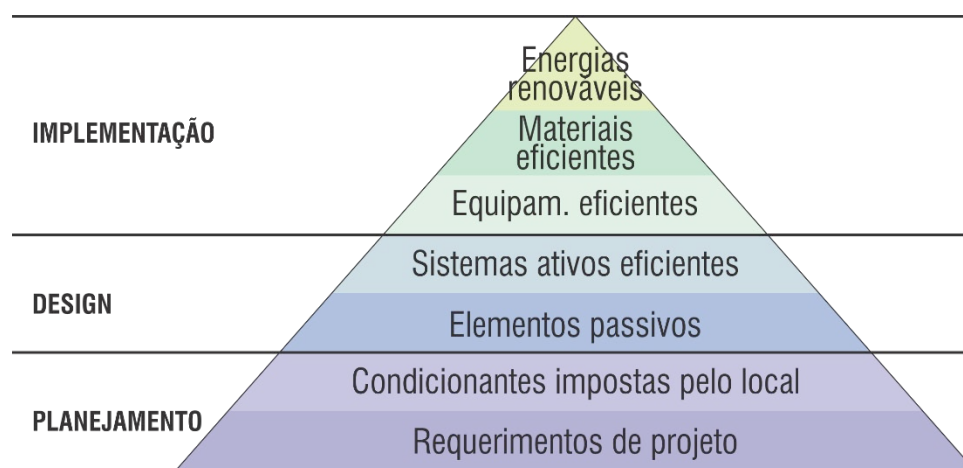


Figura 2.5: Hierarquia de princípios utilizados pelos NZEBs.
FONTE: Adaptado de (Asian European Engineering, 2019).

Na sequência, devem ser propostos os elementos arquitetônicos condizentes com as análises prévias, almejando a incorporação de elementos passivos na estrutura e a otimização dos eventuais sistemas ativos utilizados. Após todos os estudos e planejamentos, deve haver a implementação de materiais e sistemas eficientes que se adequem a linguagem sustentável abordada nas etapas anteriores. Por fim, se o edifício ainda possuir necessidades de consumo energético (mesmo que mínimas), é recomendado que essa necessidade seja suprida através da implantação de sistemas de geração de energia distribuída (ou seja, no próprio local de consumo) e que seja proveniente de fontes renováveis.

2.6 Tecnologia BIM e os *softwares* de análise

Com o intuito de melhor compreender as dinâmicas introduzidas nas etapas de projeto, bem como antecipar o comportamento da edificação antes mesmo dela iniciar seu processo construtivo, algumas ferramentas inovadoras de planeamento e simulação podem ser empregadas durante a conceção e estágios de planeamento. Tais ferramentas, conhecidas como *softwares* de análise, permitem a aplicação dos conceitos de sustentabilidade, além de fornecerem dados relevantes para a compreensão total da dinâmica da edificação proposta. Isso se dá, principalmente, por meios da simulação do fluxo térmico através dos elementos construtivos e do estudo do comportamento energético do modelo. Alguns cálculos detalhados podem ser alcançados ainda durante o estágio de projeto, garantindo uma previsão com maior exatidão de como será o comportamento do edifício após a conclusão da etapa construtiva. (Bauer et al, 2007).

Baiona (2014) apresenta que os parâmetros que o projetista deve inserir para realizar as simulações de forma correta no *software* são: a geometria do edifício, a correta orientação, os edifícios ou elementos do entorno que podem exercer influência ou sombreamento, os materiais de construção (principalmente os utilizados nas envolventes), os sistemas de iluminação natural e artificial, sistemas de ventilação natural e artificial, o sistema de AQS utilizado, a atividade e tipo de ocupação exercida em cada ambiente separadamente, e o tipo de climatização.

Existem diversos *softwares* disponíveis no mercado que se utilizam da tecnologia BIM (*Building Information Model*, tradução: Modelação da Informação do Edifício) capazes de realizar simulações energéticas em edificações. O programa escolhido para a realização das simulações neste trabalho foi o *DesignBuilder*®, pois além de permitir uma modelação 3D bastante completa e condizente com a realidade, o programa também contém uma extensa base de dados tanto para parâmetros geográficos quanto para materiais de construção, necessitando apenas de alguns ajustes e calibrações.

Capítulo 3

O sistema *Light Steel Framing*

3.1 Descrição do sistema

O LSF é um sistema construtivo que tem como princípios a modulação da estrutura, a racionalização de materiais e a rapidez na execução. É um sistema industrializado em que o projeto e a produção dos elementos devem ser pensados em conjunto, visando a montagem de uma edificação. (Vivan, 2011).

O significado de “*steel framing*” pode ser definido por: “processo pelo qual compõe-se um esqueleto estrutural em aço formado por diversos elementos individuais ligados entre si, passando estes a funcionar em conjunto para resistir às cargas que solicitam a edificação e dando forma a mesma.” (Santiago, Freitas, & Crasto, 2012, p. 12).

Pode-se afirmar, então, que o LSF não é um sistema que se resume apenas em estrutura, mas compreende também diversos componentes e subsistemas que irão dar forma e função para o edifício. São elementos de fundação, fechamentos internos e externos, componentes de isolamento térmico e/ou acústico, além das instalações elétricas e hidro sanitárias.

3.1.1 *Estrutura*

A estrutura em LSF tem como principal característica a utilização de perfis laminados ou formados a frio de aço galvanizado. Os perfis são utilizados para compor painéis estruturais e não-estruturais, vigas, elementos para sustentar o telhado, entre outros. O conjunto também pode ser chamado de sistema autoportante de construção. Na Figura 3.1 é possível observar o esquema de uma edificação em LSF, que em suma é composta de paredes, piso e cobertura, sendo que esses elementos são conectados para possibilitar uma

integridade estrutural, resistindo a todos os esforços solicitados (Santiago, Freitas, & Crasto, 2012).

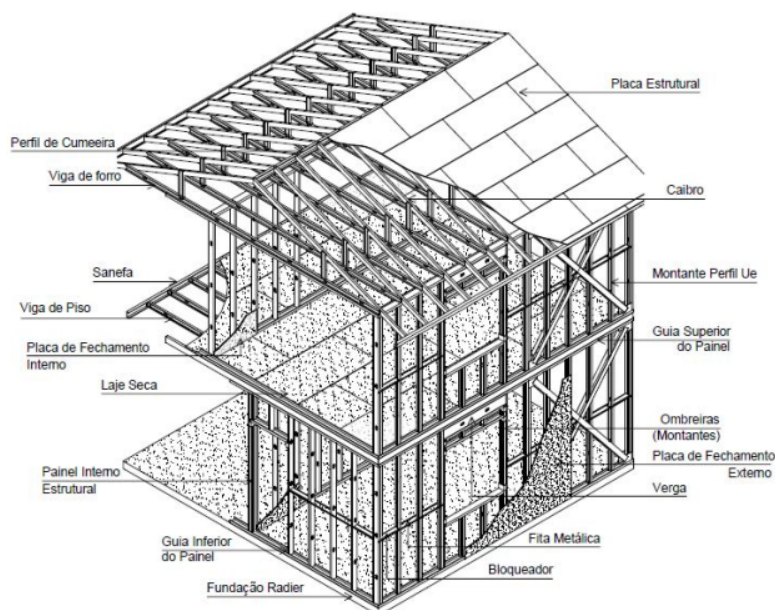


Figura 3.1: Representação esquemática de uma edificação em LSF.
 FONTE: (Vivan, 2011).

Os elementos estruturais que dão sustentação para as paredes são denominados painéis estruturais, e são compostos por uma série de perfis leves chamados de montantes. Geralmente esses montantes possuem espaçamento com valores entre 400 ou 600 milímetros. Essa dimensão pode variar, pois é definida pelas solicitações estruturais da edificação, que também pode sofrer alterações dependendo da modulação do projeto. Os painéis descritos têm a finalidade de distribuir uniformemente as cargas do edifício e encaminhá-las até o solo (Santiago, Freitas, & Crasto, 2012).

As divisórias horizontais obedecem à mesma modulação dos montantes dos painéis, porém tendo os perfis galvanizados dispostos na horizontal. Essa é conformação que compõem as vigas de piso e servem como sustentação para os materiais que irão formar a superfície do contrapiso. Essas vigas apoiam-se nos montantes de forma a coincidir as suas almas (estrutura alinhada ou *“in line framing”*), garantindo maior resistência e estabilidade. Essa configuração é encontrada em pisos, separação entre pavimentos ou em edificações onde a cobertura seja plana (ou cobertura projetada como terraço acessível). Quando se trata das fundações, o LSF possui a vantagem de ser um sistema leve. Dessa forma, solicitações menores irão resultar em fundações mais econômicas. As

configurações de fundação mais comuns para o sistema construtivo são: a laje contínua de fundação ou ensoleiramento geral (designado no Brasil como radier) e as sapatas corridas (Rego, 2012).

No caso do uso de radier, uma laje de betão armado é utilizada sobre o solo, e distribui de forma uniforme o carregamento da estrutura. Quando esta configuração é utilizada, pode ser eliminado o piso em LSF, pois a própria laje cumprirá o papel de piso para o pavimento térreo. Nesse caso é necessário o uso de elementos para impermeabilização e isolamento térmico da laje. Quando são propostas sapatas corridas, são construídos pequenos muros na parte inferior do edifício, que devem resistir às cargas laterais impostas pelo terreno e as cargas da estrutura em si. Uma das características desse tipo de fundação é a possibilidade de utilização de um vão ventilado sob o piso, também chamado de desvão sanitário, que contribui para o isolamento do edifício e serve como local para passagem de instalações elétricas e sanitárias.

3.1.2 *Cobertura*

Existem diversas formas de configuração para a cobertura dos edifícios. Dependendo das características apresentadas pela edificação, tendências da época, novas tecnologias de materiais, além da criatividade do arquiteto, as coberturas podem assumir formas e dimensões diferenciadas. Independente da tipologia, a estrutura em LSF permite grande versatilidade. A solução mais corrente se assemelha às construções convencionais onde a sustentação do telhado é feita com o uso de tesouras, porém substituindo o madeiramento por perfis galvanizados (Rego, 2012). Essa solução pode ser observada na Figura 3.1, onde há a representação de uma cobertura inclinada. As telhas utilizadas para revestimento podem ser dos mais variados modelos, sendo possível também a implementação de soluções alternativas, como coberturas verdes.

3.1.3 *Envelope ou fechamentos*

No sistema LSF a estrutura dos módulos nunca se encontra aparente. Os elementos estruturais são cobertos por materiais de envelope ou fechamento, que são fixados na própria estrutura. Dessa forma o resultado estético se torna semelhante a uma construção convencional em alvenaria (Rego, 2012).

As vedações verticais podem ser feitas de diversos materiais. Alguns deles também podem ter uma função estrutural e dar maior estabilidade ao conjunto, além de conferirem resistência a solicitações laterais, como ventos (Santiago, Freitas, & Crasto, 2012).

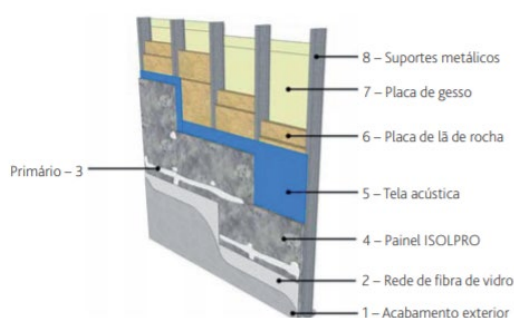
Os materiais mais comumente utilizados como fechamento na face exterior são as placas de OSB (*Oriented Strand Board*) apresentado na Figura 3.2 (a), placas de partículas conforme a Figura 3.2 (b), placas cimentícias com detalhamento apresentado na Figura 3.2 (c), placas de fibra de vidro e gesso representado na Figura 3.2 (d), e placas MgO (Óxido de Magnésio) – Figura 3.2 (e), com as devidas camadas de impermeabilização e revestimento. Na face interior é comum a utilização de placas de gesso cartonado, ou nas áreas molhadas também podem ser aplicadas as mesmas configurações do exterior. Os revestimentos tanto internos quando externos podem ser aplicados sobre as chapas de vedação, com a finalidade de conferir acabamento, preservar e aumentar a durabilidade dos materiais, além de dar melhor qualidade visual.



Figura 3.2 (a): Placa de fechamento OSB.
FONTE: (Swiss Krono, 2020)



Figura 3.2 (b): Placa de partículas
FONTE: (UNILIN, 2020)



Exemplo da instalação dos painéis ISOLPRO em paredes exteriores

Figura 3.2 (c): Placa cimentícia ISOLPRO
FONTE: (LNEC, 2017).



Figura 3.2 (d): Placa de fibra de vidro e gesso – Secure Rock
FONTE: (USG, 2020)



Figura 3.2 (e): Placa MgO – MAGNESIOPAN
FONTE: (Magnesiopan, 2020).

3.1.4 *Isolamento térmico*

De acordo com Gomes (2007), a utilização de isolantes térmicos em edificações tem como objetivo controlar as condições térmicas do meio habitado (espaços internos) independente das variações que ocorram no exterior.

No sistema LSF, o isolamento térmico das paredes consiste na aplicação de várias camadas com propriedades termo físicas diferentes, combinando placas de fechamento e preenchendo o espaço interno das paredes com material isolante. Na configuração em camadas, a resistência térmica total do fechamento é dada pela soma das resistências de cada uma delas. Sendo assim, quanto mais camadas forem agregadas à espessura do fechamento, melhor será a eficiência e a capacidade térmica do conjunto (Santos & Matias, 2006).

Alguns elementos pertencentes às paredes têm capacidade de produzir pontes térmicas em determinadas condições de temperatura, geralmente em países de clima frio. Através das pontes térmicas poderão ocorrer perdas de calor indesejadas, diminuindo a eficiência energética do edifício. Em países ou regiões em que ocorram temperaturas exteriores muito baixas (grande diferença entre temperatura exterior e interior em edificações) é recomendado a utilização de painéis com grande capacidade de isolamento térmico para envolver as pontes térmicas, reduzindo a sua influência (Gomes, 2007).

Os sistemas de isolamento térmico pelo exterior são chamados de EIFS (*Exterior Insulation and Finish System*) ou ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*), e consistem na superposição de camadas, sendo elas: camada de fixação, camada de material isolante, camada impermeabilizante (permeável ao vapor e resistente ao impacto) e revestimento externo, como são representados na Figura 3.7. Outra forma de

aplicação de isolantes, é a inserção de uma camada de matéria no interior das paredes (entre as chapas de fechamento do sistema LSF).

Materiais isolantes são caracterizados por apresentarem condutibilidade térmica (λ) inferior a $0,065 [W/m^{\circ}C]$ ou resistência térmica (R) superior a $0,30 [m^2^{\circ}C/W]$, conforme dados do ITE 50 (Santos & Matias, 2006). A configuração das camadas e materiais pode ser definida conforme as necessidades do projeto. Os materiais mais utilizados são o EPS (Poliestireno Expandido Moldado) - Figura 3.3 (a) , XPS (Poliestireno Expandido Extrudido) - Figura 3.3 (b), materiais isolantes derivados da madeira, espumas rígidas de silicato, espumas fenólicas, PIR (Espuma Rígida de Poliisocianurato), PUR (Espuma Rígida de Poliuretano), ICB (Aglomerados de Cortiça) - Figura 3.3 (c), lã mineral - Figura 3.3 (d), entre outros (Ribeiro, 2013).

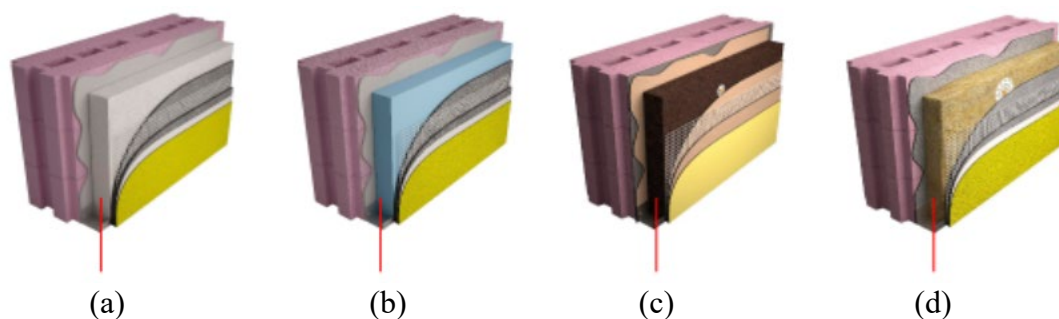


Figura 3.3: Camadas presentes no sistema ETICS (a) com EPS, (b) com XPS, (c) com ICB e (d) com lã de rocha -WEBER Portugal
FONTE: (Weber , 2020).

Além dos materiais apresentados, outro elemento que possui características de isolante térmico quando utilizado no interior das paredes é o ar. Dependendo da espessura da camada de ar no interior do espaço (espaço de ar não ventilado) a sua resistência térmica (R) pode variar, atingindo valores de até $0,18 [m^2^{\circ}C/W]$ (Santos & Matias, 2006). A combinação de uma camada de material isolante com uma camada de ar pode se tornar uma solução bastante eficiente além de também ser mais econômica na questão de recursos materiais e financeiros. °

3.1.5 Classificação do isolamento

Os autores Ferreira, (2014) e Martins et al, (2017), classificam três tipos de situações que podem ocorrer em estruturas em LSF, dependendo da posição do isolamento e da composição das camadas. que estão representadas na Figura 3.4.

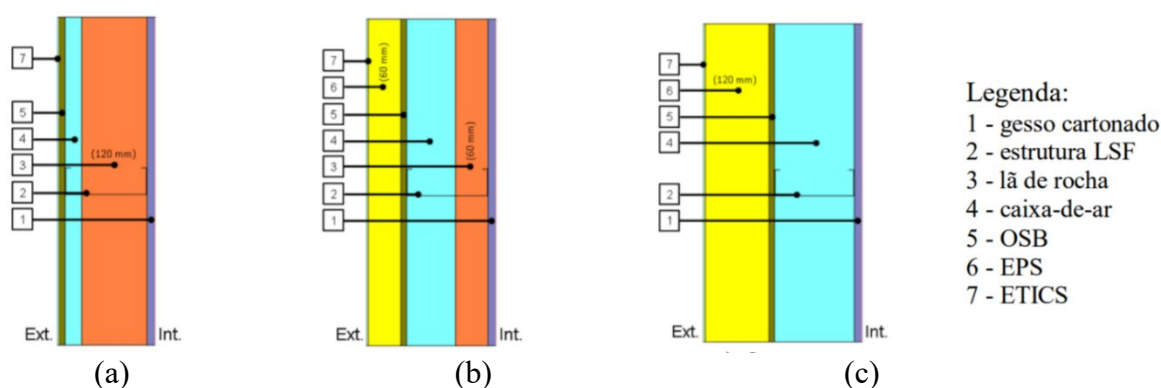


Figura 3.4: Tipos de sistema construtivo com estrutura LSF em função da posição dos materiais de isolamento (a) Fria (b) Híbrida (c) Quente
 FONTE: (Martins *et al*, 2017).

A situação (a) representa uma parede em que o isolamento está posicionado apenas entre os montantes dos painéis (interior das paredes). Essa configuração é chamada de fria pois a camada de isolamento é interrompida pela alma dos perfis de aço, e também por ser uma situação não recomendada para locais frios, devido a grande influência das pontes térmicas dos montantes, menor temperatura no interior das paredes e maior risco de ocorrência de condensações (pouca permeabilidade ao vapor).

A situação (b) mostra um esquema onde o isolamento no interior das paredes é feito com uma camada de ar somada a uma camada de material isolante, e externamente também é aplicada uma camada isolante a fim de minimizar o efeito das pontes térmicas. Já na configuração (c), todo o isolamento é aplicado na face exterior da parede, sendo que apenas é utilizada uma caixa de ar no interior.

A situação mais adequada a ser utilizada em cada situação deve ser estudada pelo projetista que irá desenvolver os detalhes dos sistemas, e a escolha dos materiais também será influenciada pelas características regionais e necessidades dos utilizadores do edifício.

3.2 Potencialidades e sustentabilidade do sistema LSF

A estrutura modular, quando bem planeada tem o potencial de otimizar os custos e mão-de-obra, pois também padroniza os componentes estruturais, os fechamentos e revestimentos. A padronização também implica em um maior controle de qualidade, pois todas as peças são fabricadas em indústrias e possuem características em comum, o que é mais difícil de obter quando se trata de construções em alvenaria convencional.

A pré-fabricação dos elementos também acaba por influenciar diretamente no transporte das peças. As peças usualmente são fabricadas com dimensões inferiores aos 12 metros, o que torna o comprimento dos perfis compatíveis com os veículos pesados que os transportarão até o local de montagem (Ferreira, 2014).

Quando se trata da execução, as obras em LSF possuem diversas vantagens ao serem comparadas com os demais sistemas construtivos, segundo Ferreira, (2014) o principal benefício identificado é em relação ao tempo de montagem. Construções em *Light Steel Framing* chegam a consumir cerca de 40% do tempo necessário para executar o mesmo edifício em alvenaria convencional. Isso ocorre pois os perfis são pré-fabricados e apenas montados no local, reduzindo a quantidade de mão de obra necessária (porém necessitando de mão de obra especializada). Esse fator também irá gerar maior satisfação para os donos dos empreendimentos que terão o retorno do investimento em um prazo menor.

Os comportamentos térmico e acústico do LSF são intimamente dependentes dos materiais aplicados na envolvente. A vantagem aqui identificada é a da possibilidade que o sistema apresenta em diversificar os materiais inseridos na cavidade entre os perfis metálicos. Dessa forma é possível que o nível de desempenho seja atingido através de um estudo específico e aprofundado dos materiais que irão compor as divisórias interiores e exteriores. Também existem perfis metálicos que vem tendo a sua geometria aprimorada, com a finalidade de minimizar as pontes térmicas e a propagação das ondas sonoras nas paredes (Martins et al, 2017).

O aço é um material incombustível. Porém, durante situações de incêndio em que a temperatura pode atingir valores acima de 500°C, a resistência do material pode cair de forma abrupta. O comportamento do LSF nessas situações acaba sendo melhorado devido à utilização das placas de gesso cartonado como revestimento, que tem a função de

proteção térmica da estrutura. Também os materiais utilizados como isolantes podem auxiliar a melhorar as características nestas situações (Lima, 2013).

Durante abalos sísmicos, as forças geradas são relacionadas à movimentação do solo. As estruturas em LSF, além de serem mais leves e dúcteis que as estruturas de betão, também apresentam maior capacidade de dissipar as ações geradas por sismos devido a suas ligações aparafusadas. Por serem fabricados a partir de chapas metálicas com espessura reduzida, os edifícios em LSF também permitem a ocorrência de pequenas deformações locais. Porém para que a estrutura seja considerada segura aos ocupantes, é necessário que sejam executados contraventamentos e o correto travamento da estrutura (Ferreira, 2014).

Em relação à durabilidade da estrutura LSF, Lima (2013) cita que este fator está condicionado ao correto isolamento e impermeabilização das vedações. O controlo das condensações e da permeabilidade à água, bem como a correta ventilação nos ambientes possibilita um aumento significativo na longevidade da edificação. Para a manutenção, o fato de a estrutura ser composta por painéis, permite que parte da estrutura sofra intervenções quando necessário, sem comprometer a edificação como um todo.

Na questão da reabilitação de estruturas antigas ou edifícios históricos, o LSF também se apresenta como uma solução viável. Por ser uma estrutura leve pode facilmente fazer parte da compartimentação de interiores sem comprometer a estrutura. Também pode ser utilizada em construções sobrepostas em paredes já existentes, para ampliação (horizontal e vertical) de edificações ou ainda para a sobreposição ou substituição de coberturas.

Sem dúvidas, os benefícios relacionados à sustentabilidade do LSF são um dos fatores que tornam o sistema tão atrativo na atualidade. A eficiência energética bem como a minimização dos resíduos e poluentes são assuntos de interesse comum, e que vem chamando a atenção tanto de profissionais da construção quanto de investidores. A Tabela 3.1 apresenta as principais características do *Light Steel Framing*, relacionando-as com os grupos de sustentabilidade abordados no capítulo anterior.

Tabela 3.1: Análise da sustentabilidade do sistema LSF.

GRUPO	SUSTENTABILIDADE NO LSF
1. Planeamento sustentável do local	- Transporte das peças até a obra facilitado (padronização); - Menor número de viagens à obra -consumo de combustível; - Transporte de materiais reduzido em até 85% em relação a obras em alvenaria convencional.
2. Proteção ambiental	- Construção a seco – materiais e processos têm impacto muito baixo no meio ambiente;
3. Qualidade dos ambientes internos	- Combinação do LSF com isolamento – proporciona estruturas com alto nível de isolamento térmico e acústico.
4. Materiais e recursos	- Estrutura muito leve; - Estrutura em LSF possui alto potencial de reciclagem; - Qualidades do aço não se alteram ao longo do tempo; - O sistema pode ser facilmente montado e desmontado, grande versatilidade e capacidade de reaproveitamento; - Materiais isolantes para aumento do desempenho térmico, acústico e em situações de incêndio.
5. Eficiência da água	- Não considerado
6. Eficiência energética	- Geometria eficiente e gestão das instalações elétricas; - Economia de energia para aquecimento e arrefecimento quando corretamente aplicados os materiais isolantes.
7. Gestão de resíduos	- Desperdícios mínimos durante a etapa construtiva; - Potencial reciclável de todos os resíduos de aço; - Pré-fabricação otimiza materiais e evita desperdícios.
8. Gestão e manutenção	- Custos de manutenção reduzidos devido à versatilidade do sistema (placas e revestimentos são facilmente substituídos); - ETICS possui elevada elasticidade – restringe fissuras; - Elementos metálicos são protegidos – elimina o aparecimento de ferrugem e oxidação da estrutura; - Manutenção deve ser feita periodicamente para garantir que não haja infiltrações nas estruturas; - Facilidade de manutenção em encanamentos, tubagens e instalações elétricas; - Durabilidade do aço é superior a dos demais materiais.
9. Emissão de poluentes	- Aço não apodrece – capacidade de reciclagem; - Materiais que compõe o sistema são pouco combustíveis ou incombustíveis – não há emissões devido a queima.
10. Inovações	- Criação de espaços flexíveis, eficientes e funcionais.

FONTE: Adaptado de Ferreira, (2014).

3.3 Deficiências do LSF

O Despacho n° 15793-K/2013 da legislação portuguesa apresenta três categorias de inércia térmica para edificações, sendo elas fraca, média ou forte. Entre essas classificações, o LSF é considerado de baixa inércia térmica. Em outras palavras, é um sistema com baixa capacidade de reter o calor nos materiais pertencentes a envolvente. Esse fato pode resultar em flutuações na temperatura ao longo do dia, principalmente em regiões de alta amplitude térmica. No entanto, Ferreira (2014) aponta que apesar da massa

dos materiais ser pequena, a energia despendida para climatização nesse tipo de sistema construtivo é menor quando comparado às construções em alvenaria tradicional, devido aos baixos coeficientes de transmissão térmica apresentados pelos materiais isolantes que compõem as vedações.

Já Martins et al, (2017), afirma que a alta condutibilidade térmica do aço utilizado na estrutura faz com que se originem pontes térmicas que, caso não tratadas e isoladas corretamente, poderão comprometer significativamente o consumo energético e desempenho térmico do conjunto. Além do mais, pontes térmicas abrem espaço para o surgimento de patologias construtivas, redução na durabilidade dos materiais, redução do conforto e da salubridade dos ambientes, aumento dos fenômenos de condensação (em locais de alta umidade), entre outros. O efeito das pontes térmicas pode ser mitigado e praticamente eliminado com a correta utilização de materiais isolantes exteriores, como por exemplo a aplicação do ETICS.

Algumas outras desvantagens relacionadas com a capacidade estrutural do LSF apresentadas por Ferreira (2014) são a limitação no número de pavimentos para construções residenciais (até 3 pavimentos) e na abertura dos vãos. Como o sistema é autoportante e a distribuição das cargas é contínua ao longo dos módulos, a abertura de portas e janelas deve ser cuidadosamente planejada de forma a não influenciar a distribuição e espaçamento dos montantes, podendo condicionar o desempenho estrutural do edifício (em caso de sismos, por exemplo).

Capítulo 4.

Caso de estudo

Considerando os dados apresentados a respeito das certificações ambientais ao redor do mundo, seus itens de análise e todos os fatores envolvendo o sistema construtivo LSF, será apresentado um caso de estudo de uma edificação residencial localizada na cidade de Bragança, em Portugal. O que se deseja avaliar é o seu nível de sustentabilidade de acordo com os parâmetros e condicionantes apresentados pela localização. Importante salientar que a residência já conta com o projeto arquitetônico definido, porém a fase de execução da obra ainda não teve início. Por esse motivo, foram estudadas diferentes configurações de materiais que serão aplicadas ao modelo, almejando identificar maneiras de aumentar os níveis de eficiência do objeto de estudo. Foram realizadas simulações com o *DesignBuilder*®, para verificar as necessidades de consumo energético anuais da habitação.

Neste capítulo serão apresentados condicionantes e potencialidades com a devida relevância para avaliações de eficiência energética e sustentabilidade, como legislações, estratégias construtivas, materiais, entre outros. Também serão descritos os parâmetros definidos em bases legais inseridos no *DesignBuilder*®, importantes para obter os resultados das simulações.

4.1 Regulamentação energética em edifícios

4.1.1 Legislação europeia – CEN /TC350

Com a crescente preocupação voltada à sustentabilidade e eficiência no ambiente construído, nos últimos anos, a União Europeia (UE) buscou desenvolver políticas voltadas a garantia desses requisitos nos edifícios existentes e nos novos. Uma série de

normas e diretrizes foram desenvolvidas buscando incorporar a sustentabilidade nas edificações, e baseando-se nelas os países membros da UE desenvolveram suas próprias legislações.

O conjunto de normas europeias que trata da sustentabilidade no ambiente construído é conhecida como CEN / TC350, que define métodos padronizados para a avaliação de aspectos de sustentabilidade de obras civis novas e existentes. As normas elaboradas pelo CEN / TC 350 fornecem um sistema para a avaliação da sustentabilidade de edifícios utilizando a abordagem do ciclo de vida (ACV). Essa avaliação consiste em quantificar os impactos e descrever os principais aspectos para o desempenho ambiental, social e econômico dos edifícios. O objetivo desta série de normas é permitir a comparabilidade dos resultados das avaliações (AFNOR Normalisation, 2019).

O Comitê Técnico (*Technical Committee*) está dividido em oito grupos de trabalho, sendo eles relacionados ao desempenho ambiental de edifícios, níveis de produtos, avaliação de desempenho econômico dos edifícios, avaliação de desempenho social dos edifícios, obras de engenharia civil, estrutura e coordenação, e remodelação sustentável. O pacote normativo que faz parte da CEN /TC350 foi desenvolvido com base nas normas ISO internacionais, e conta com três níveis de atuação, conforme apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Estrutura normativa do CEN / TC350

Nível de estrutura*	EN 15643-1: 2010 Sustentabilidade das obras - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Quadro geral		
	EN 15643-2: 2011 Sustentabilidade das obras - Avaliação de edifícios - Estrutura para avaliação do desempenho ambiental	EN 15643-3: 2012 Sustentabilidade das obras - Avaliação de edifícios - Quadro para avaliação do desempenho social	EN 15643-4: 2012 Sustentabilidade das obras - Avaliação de edifícios - Estrutura para avaliação do desempenho econômico
	EN 15643-5: 2017: Sustentabilidade de obras - Avaliação da sustentabilidade de edifícios e obras de engenharia civil - Parte 5: Quadro sobre princípios e requisitos específicos para obras de engenharia civil		
Nível do edifício**	EN 15978: 2011 Sustentabilidade das obras - Avaliação do desempenho ambiental dos edifícios - Método de cálculo	EN 16309: 2014 Sustentabilidade das obras - Avaliação do desempenho social dos edifícios - Métodos	EN 16627: 2015 Sustentabilidade das obras - Avaliação do desempenho econômico dos edifícios - Métodos de cálculo
	CEN / TR 17005: 2017 Sustentabilidade das obras - Categorias e indicadores adicionais de impacto ambiental - Informações e possibilidades		
Nível do produto***	EN 15804: 2012 + A1: 2013 Sustentabilidade das obras - Declarações ambientais de produtos - Regras fundamentais para a categoria de produtos de construção		Nota: no momento, as informações técnicas relacionadas a alguns aspectos do desempenho social e econômico estão inclusos nas previsões da EN 15804 para fazer parte do EPBD
	CEN / TR 16970: 2017 Sustentabilidade das obras - Orientação para a implementação da EN 15804		
	EN 15942: 2011 Sustentabilidade das obras - Declarações ambientais de produtos - Formato de comunicação <i>business-to-business</i>		
	CEN / TR 15941: 2010 Sustentabilidade das obras - Declarações ambientais de produtos - Metodologia para seleção e uso de dados genéricos		

* Planejamento da vida útil - princípios gerais (ISO 15686 - 1).

** Normas CEN - diretivas para o desempenho energético de edifícios.

*** Previsão de vida útil (ISO 15686 - 2), feedback da prática (ISO 15686 - 8), vida útil de referência (ISO 15686 - 8).

FONTE: Adaptado de (AFNOR Normalisation, 2019).

4.1.2 Diretivas para o desempenho energético de edifícios

Procurando elevar o desempenho energético nos edifícios, a União Europeia estabeleceu um quadro legislativo denominado *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD), ou diretivas para o desempenho energético de edifícios. Essas diretivas têm a função de estabelecer políticas que ajudarão a elevar o número de edifícios com baixa emissão de carbono e alta eficiência energética até o ano de 2050. Também

são responsáveis pela criação um ambiente estável para a tomada de decisões de investimento, permitindo que consumidores tenham poder de escolha baseado em informações concretas de economia de recursos financeiros e de energia. De acordo com os dados apresentados pela *European Commission* (2019), após a introdução da EPBD nos códigos nacionais de construção, os edifícios europeus atualmente consomem metade da energia consumida pelos edifícios típicos da década de 1980.

A diretiva em vigor atualmente (desde o ano de 2010) é conhecida como 2010/31/EU. Em 2018 ocorreu a sua revisão, sendo que algumas alterações e inserção de novos elementos foram propostos, para o objetivo de "uma União da Energia resiliente e uma política de mudança climática voltada para o futuro" (European Commission, 2019).

As alterações da nova diretiva constituem principalmente metas para acelerar a renovação econômica de edifícios já existentes (transição para energia limpa), apresentando perspectivas de curto e longo prazo. Dentro das medidas, destaca-se a promoção de tecnologias inteligentes como a instalação de sistema de automação e controlo predial e dispositivos que regulem as necessidades dos utilizadores (temperatura, por exemplo). Além disso, os países da UE terão que expressar seus requisitos nacionais de desempenho energético de forma padronizada, permitindo que comparações internacionais sejam feitas. A diretiva também institui que todos os novos edifícios devem ser NZEBs a partir de 31 de dezembro de 2020 (desde 31 de dezembro de 2018, todos os novos edifícios públicos já precisam ser NZEB), e que os certificados de desempenho energético devem ser emitidos sempre quando um edifício é vendido ou alugado, devendo ser cumprida a inspeção para sistemas de aquecimento e ar condicionado (European Commission, 2019) (Duarte, 2014).

4.1.3 *Legislação portuguesa*

A diretiva 2010/31/EU em Portugal foi transposta para o Decreto-Lei 118/2013, em agosto de 2013. Neste ato, uma revisão na legislação anterior foi feita, e desde então passou-se a incluir o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) em um único documento.

De acordo com a ADENE – Agência para a Energia (2019), a legislação em vigor na área de edifícios no âmbito do SCE, REH e RECS conta com uma série de Leis, Decretos e Portarias, que devem ser consultados sempre que um projeto de edifício for executado. A lista contendo as todas as normativas em vigor na data desta deste trabalho encontra-se disponível no Anexo 2.

4.2 Parâmetros climáticos para a cidade de Bragança

Bragança é um município localizado no Nordeste do território português, tendo Latitude de $41,80^{\circ}$ N e Longitude $6,73^{\circ}$ O como coordenadas geográficas. Segundo o Instituto Português do Ar e da Atmosfera (IPMA), (2019) a cidade possui um clima Csb (clima mediterrânico verão fresco), de acordo com a classificação de Koppen Geiger. Isso significa que possui um clima temperado, apresentado um perfil anual de temperatura conforme a Figura 4.1. A altitude do local de implantação do projeto estudado é 785,00 metros (as informações referentes à arquitetura da residência podem ser encontradas no Anexo 3).

Nessa figura observa-se que o inverno pode apresentar temperaturas extremas muito baixas, porém com as médias permanecendo acima de 0°C . Todos os meses do ano apresentam temperatura média das médias inferior aos 22°C , todavia no verão as temperaturas máximas podem atingir valores muito altos (sendo todas essas características típicas de um clima Csb).

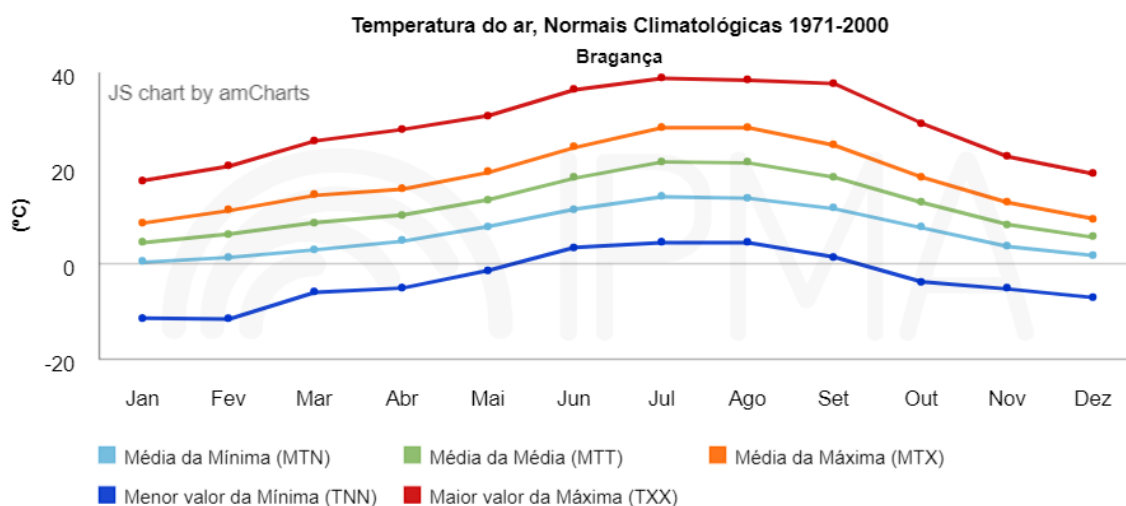


Figura 4.1: Perfil de temperatura do ar na cidade de Bragança.
FONTE: (IPMA, 2019).

Para que o perfil de temperatura aplicado nas simulações seja condizente com o que ocorre no terreno onde a habitação será construída, foram utilizados os dados gerados pela folha de cálculo do Sistema Nacional de Certificação de Edifícios, e introduzidos no *DesignBuilder*®. Essa folha de cálculo apresenta dados atualizados referentes ao ano meteorológico de referência para serem utilizados em simulações dinâmicas, e possui dados baseados nas coordenadas e altitude do local desejado, sendo a opção mais coerente, tendo em vista que o *software* apresenta dados mais antigos que podem apresentar distorções com o comportamento atual da temperatura (LNEG, 2014). Apesar dos dados climáticos utilizados serem atualizados, os gráficos fornecidos pelo *DesignBuilder*® são provenientes do banco de dados meteorológicos do *EnergyPlus*®, compostos de dados reais compilados para criar anos representativos. Cada arquivo normalmente possui meses que podem representar anos diferentes. Dessa forma, o *software* definiu em suas configurações o ano 2002 para garantir que os dados diários, horários e sub-horários sejam sincronizados corretamente (*Design Builder Software*, 2019).

O documento da legislação portuguesa conhecido como Despacho nº15793-F/2013 define um zoneamento climático para Portugal, classificando as zonas de acordo com a Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível III (NUTS III). Dentro dessa classificação, Bragança se enquadra na região de Alto Trás-os-Montes. Esse mesmo Despacho define três zonas climáticas de inverno e três zonas de verão, as quais se distribuem sobre o território português de acordo com o que está representado graficamente na Figura 4.2. As zonas climáticas de verão (estação de arrefecimento) se definem a partir da temperatura do ar média no ambiente externo, e se configuram de acordo com os dados presentes na Tabela 4.2. Já as zonas climáticas de inverno (estação de aquecimento) se configuram a partir do número de graus-dia (GD) tendo como parâmetro os 18°C, sendo classificados conforme os valores presentes na Tabela 4.3.

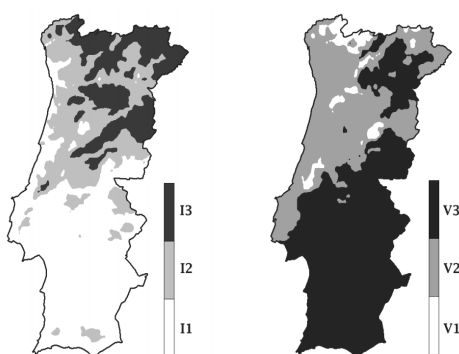


Figura 4.2: Zonas climáticas de Inverno (I) e Verão (V) para o território português.
 FONTE: Despacho nº15793-F/2013

Tabela 4.2: Critérios para a determinação da zona climática de verão.

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

FONTE: Despacho nº15793-F/2013.

Tabela 4.3: Critérios para a determinação da zona climática de inverno.

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

FONTE: Despacho nº15793-F/2013.

Para o local onde se insere a residência objeto deste caso de estudo, será feita a classificação de acordo com as instruções apresentadas no Despacho. Os valores dos parâmetros X associados à cidade de Bragança devem ser corrigidos de acordo com os valores de referência X_{REF} para a NUTS III correspondente, ajustando também a altitude z do local com a altitude de referência z_{REF} através da seguinte expressão:

$$X = X_{REF} + a (z - z_{REF}) \quad [\text{meses ou } ^{\circ}\text{C}]$$

Estação de arrefecimento: os parâmetros climáticos considerados são:

L_v – Duração da estação (valor fixado em 4 meses ou 2928 horas)

$\theta_{ext,v}$ – Temperatura exterior média [$^{\circ}\text{C}$]

I_{sol} – Energia solar acumulada durante a estação (horizontal - 0° e em superfícies verticais 90° para os pontos cardeais e colaterais) [kWh/m^2].

A Tabela 4.4 apresenta os valores de referência estabelecidos pelo Despacho nº15793-F/2013 para estabelecer os parâmetros de verão.

Tabela 4.4: Valores de referência e declives para ajustes em altitude para estação de arrefecimento.

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		I_{sol}								
		REF	a	kWh/m ² acumulados de junho a setembro								
		°C	°C/km	0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345

FONTE: Despacho nº15793-F/2013.

Através da inserção dos valores na expressão citada, tem-se as seguintes condições para a temperatura exterior média de verão:

$$\theta_{ext,v} = 21,5 + \left(-\frac{7}{1000}\right) (785 - 680)$$

$\theta_{ext,v} = 20,76 \text{ } ^\circ\text{C}$

Estabelecendo uma relação com o que foi apresentado na Tabela 4.2, conclui-se que Bragança apresenta um verão do tipo V2.

- **Estação de aquecimento:** os parâmetros climáticos pertinentes são:

GD – Número de graus-dias (com base em 18°C) correspondente à estação convencional de aquecimento;

M – Duração da estação de aquecimento

$\theta_{ext,i}$ – Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento;

G_{Sul} - Energia solar média mensal durante a estação (superfície vertical orientada a Sul) [kWh/m²mês].

A Tabela 4.5 contém os valores de referência contidos no Despacho relativos as situações de inverno.

Tabela 4.5: Valores de referência e declives para ajustes em altitude para estação de arrefecimento.

	z REF m	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{Sul} kWh/m ² por mês
		REF	a	REF	a	REF	a	
		meses	mês/km	°C	°C/km	°C	°C/km	
Minho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	8,2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2015	1400	5,5	-4	125

FONTE: Despacho nº15793-F/2013.

Inserindo os respectivos valores na expressão, pode-se calcular inicialmente a duração da estação de aquecimento:

$$M = 7,3 + 0 (785 - 680)$$

$$M = 7,3 \text{ meses}$$

Com essa informação verifica-se que as condições de inverno são presentes durante um período superior às de verão, equivalente a 7,3 meses, visto que para arrefecimento são considerados apenas 4 meses do longo do ano.

Na sequência, podem ser calculados os demais parâmetros:

$$GD = 2015 + \left(\frac{1400}{1000}\right) (785 - 680)$$

$$GD = 2162 \text{ graus-dia}$$

$$\theta_{ext,i} = 5,5 + \left(-\frac{4}{1000}\right) (785 - 680)$$

$$\theta_{ext,i} = 5,08 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Através dos resultados apresentados, estabelecendo-se uma comparação com a Tabela 4.3, é possível concluir que Bragança possui um inverno do tipo I3, sendo a configuração mais severa, com temperaturas baixas (assim como também pode-se verificar através do cálculo da temperatura exterior média $\theta_{ext,i}$).

4.3 Recomendações arquitetônicas segundo a carta bioclimática

As estratégias conceptuais e construtivas utilizadas na conceção de um edifício podem influenciar significativamente o seu desempenho em termos de conforto dos habitantes e no consumo de energia. Quando essas estratégias são diretamente relacionadas com as condições climáticas apresentadas pelo local de implantação da edificação, são chamadas de estratégias bioclimáticas. Essas estratégias são baseadas principalmente no perfil de temperatura e humidade relativa do ar apresentado pelo local, e através delas é que se torna possível definir o comportamento do edifício em relação aos ganhos e perdas térmicas (Gonçalves & Graça, 2004).

Como forma de sintetizar as estratégias bioclimáticas recomendadas para determinado local a carta bioclimática de Baruch Givoni pode ser utilizada. Nela devem-se registrar as amplitudes térmicas anuais e a humidade relativa do ar verificada no exterior. A inclusão desses dados irá assumir a forma de uma mancha no diagrama, e o seu posicionamento será indicador do tipo de clima local e do tipo de estratégias mais adequados para a região.

A cidade de Bragança, por possuir inverno I3 e verão V2, possui traços climáticos caracterizados por temperaturas baixas no inverno e clima quente e seco no verão, devido a influência continental. O traçado dessas características na carta bioclimática está representado na Figura 4.3.

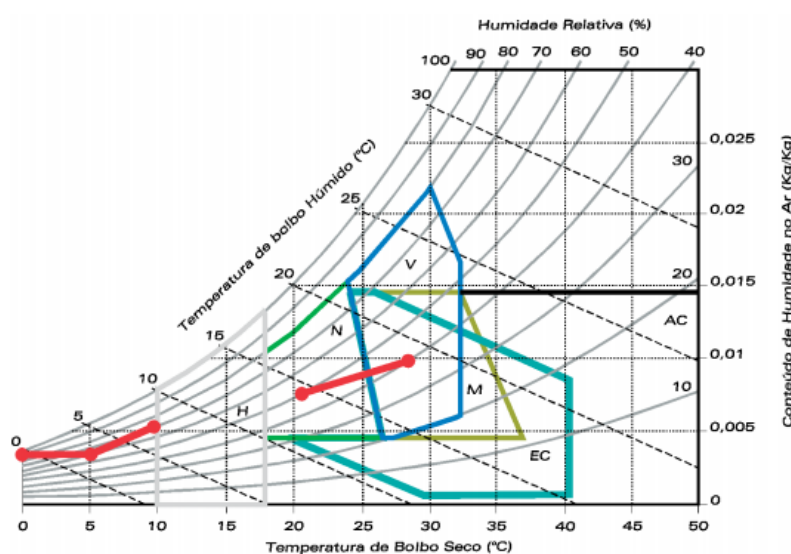


Figura 4.3: Carta bioclimática para a cidade de Bragança.
 FONTE: (Gonçalves & Graça, 2004, p. 28).

Na carta, a zona H representa climas de inverno agressivo, a zona V representa clima tropical equatorial ou temperado de influência marítima, a zona M correspondendo aos climas quentes de elevadas amplitudes térmicas, a zona M juntamente com a EC correspondem a climas temperados secos, e por fim a zona N representa a zona neutra de conforto para o ser humano. As zonas identificadas com AC são locais onde não é possível atingir conforto térmico sem a utilização de meios mecânicos de climatização.

Com base nas informações apresentadas, as estratégias que servem para atender tanto a situação de inverno quanto a de verão podem ser relacionadas com sistemas construtivos passivos. O conjunto de ações recomendadas para a cidade de Bragança está descrito na Tabela 4.6.

Segundo as informações, os ganhos solares devem ser incentivados durante o inverno para que a edificação se mantenha aquecida sem a necessidade de consumo energético, porém durante o verão deve-se evitar esses ganhos solares através do uso de elementos de sombreamento ou proteção solar nos envidraçados. Como solução, podem ser propostas persianas ou estores móveis, que podem ser ativados de acordo com a necessidade apresentada pela estação correspondente.

Já a inércia térmica e o isolamento das envolventes pelo exterior devem ser utilizados para garantir que as variações climáticas interiores tenham menor amplitude do que a variação externa. A alta inércia térmica das paredes permite que o calor do sol seja absorvido durante o dia e liberado gradativamente durante a noite, principalmente nos períodos com temperaturas mais baixas.

Tabela 4.6: Estratégias bioclimáticas e sistemas passivos para a cidade de Bragança.

Estação	Estratégia bioclimática	Sistema passivo
Inverno aquecimento	Ganhos solares	Todos os sistemas que promovem ganhos solares são adequados.
	Limitar perdas por condução	Isolar as envolventes
	Promover inércia térmica forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior
Verão arrefecimento	Evitar ganhos solares	Sombrear envidraçados
	Arrefecimento evaporativo	Ventilação através de elementos com água (espelhos d'água, fontes...)
	Ventilação	Ventilação cruzada e ventilação noturna
	Promover inércia térmica forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior

FONTE: (Gonçalves & Graça, 2004).

Por fim o arrefecimento evaporativo e as estratégias de ventilação servem, respetivamente, para corrigir a humidade do ar e arrefecer os ambientes internos de forma natural. Ambas as estratégias devem ser promovidas durante o verão pois é um período que pode apresentar temperaturas elevadas aliadas com o clima seco. A falta de soluções para corrigir tal situação pode gerar desconforto térmico nos moradores e maior necessidade para o uso de equipamentos de ar condicionado.

4.4 Descrição do modelo arquitetónico

A edificação residencial, cujo projeto será descrito neste tópico, será construída na cidade de Bragança, em Portugal, sendo planejada para execução em LSF. Se trata de uma edificação térrea com hall de entrada, lavabo, corredor, dois quartos com um banheiro em comum, uma *suíte* com *closet*, um *home office*, sala de estar, jantar e cozinha integradas, lavandaria, garagem e uma área externa de lazer, totalizando 180,00 metros quadrados [m²]. Todas as informações referentes ao projeto arquitetónico da edificação encontram-se especificadas no Anexo 3, tendo alguns pormenores de maior relevância destacados ao longo deste capítulo.

É importante ressaltar que este projeto foi desenvolvido em concordância com o Decreto-Lei 118/2013 de Portugal (que transpõe a Diretiva Europeia n.º 2010/31/EU) estando de acordo com os requisitos legais de eficiência energética exigidos pelo REH. Destaca-se ainda que a descrição do objeto irá levar em consideração os grupos de avaliação apresentados anteriormente no capítulo 2.

4.4.1 *Condicionantes naturais*

É necessário inicialmente caracterizar o local onde a edificação está inserida, pois a partir das condicionantes impostas pelo meio natural é que as decisões conceptuais e construtivas serão determinadas e justificadas.

Tendo as características de verão e inverno para a cidade de Bragança já estabelecidas, se faz necessário conhecer o comportamento da trajetória solar (e suas variações ao longo das estações) no local. A carta solar representada na Figura 4.4 mostra as informações necessárias para a total compreensão deste parâmetro.

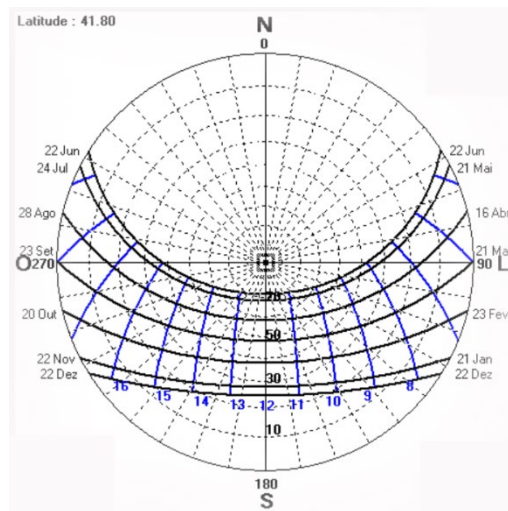


Figura 4.4: Carta solar para a cidade de Bragança – Latitude 41,80° N.
 FONTE: (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações)

É possível observar que as linhas na cor preta representam a trajetória do sol durante o ano (que variam de 22 de junho a 22 de dezembro), entre os solstícios de verão e inverno. As linhas em azul representam os horários do dia, enquanto as linhas tracejadas representam a inclinação do sol em relação ao plano horizontal, em graus (sendo o centro da carta correspondente a 90°, ou perpendicular ao solo, e a extremidade da carta correspondente a 0°, ou coincidindo com o plano solo). A carta solar aplicada à edificação encontra-se apresentada na Figura 4.5. As informações extraídas dessa carta são relevantes para determinar a maneira com que o sol irá atingir a edificação, principalmente através dos vãos envidraçados, gerando calor durante o período de inverno e iluminação natural ao longo do ano inteiro.

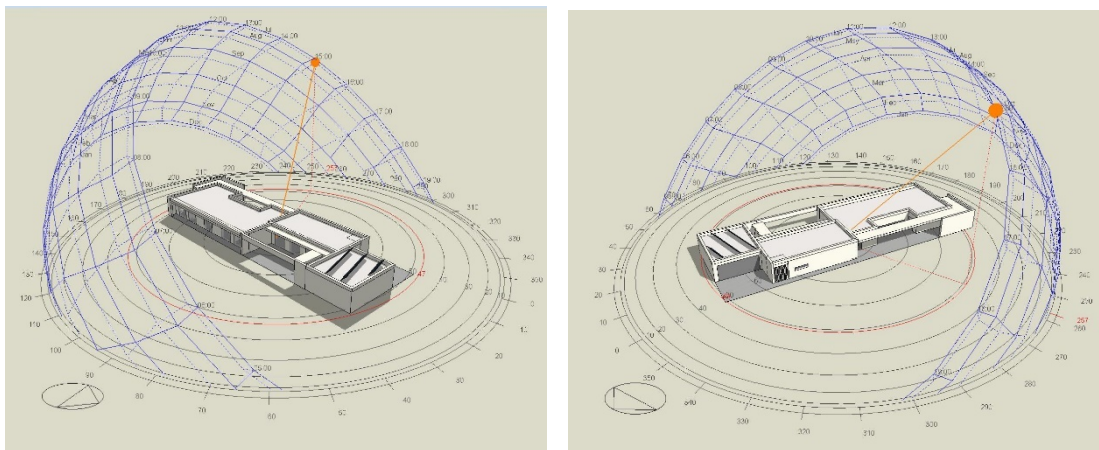


Figura 4.5: Carta solar aplicada à edificação.
 FONTE: Imagem obtida no *DesignBuilder*®.

De forma complementar à carta solar, a Tabela 4.7 apresenta o valor acumulado (médio) de horas de sol em cada mês. Esses valores tornam possível o planejamento de estratégias que possam se aproveitar da luz ou calor solar como fonte de energia (AQS, painéis FV, e até mesmo iluminação, por exemplo).

Tabela 4.7: Dados de horas de sol acumuladas na cidade de Bragança, no período de Janeiro 2000 a Outubro de 2019.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Horas de sol acumuladas [h]	113,3	156,4	192,5	207,3	248,9	293,1	323,3	301,8	255,1	175,7	125,6	103,5
Disponibilidade dos dados [%]	95	96	95	95	94	96	96	94	96	96	97	91

FONTE: (WeatherOnline, 2019).

Outro parâmetro que pode ser determinante nas decisões conceituais é o regime de ventos. Conhecer a origem da ventilação poderá nortear o posicionamento das aberturas nos locais onde se deseja maior número de renovações de ar, e também servirá para determinar os pontos onde se faz necessário o uso de barreiras onde o vento é indesejado (principalmente no inverno, onde as trocas de ar excessivas poderão provocar perdas térmicas). A Figura 4.6 apresenta os percentuais de tempo em que os ventos são provenientes de determinado ponto cardinal. É notável que as direções que recebem destaque são a Oeste, Norte e Sul, enquanto as menos frequentes são a Leste e Sudoeste.

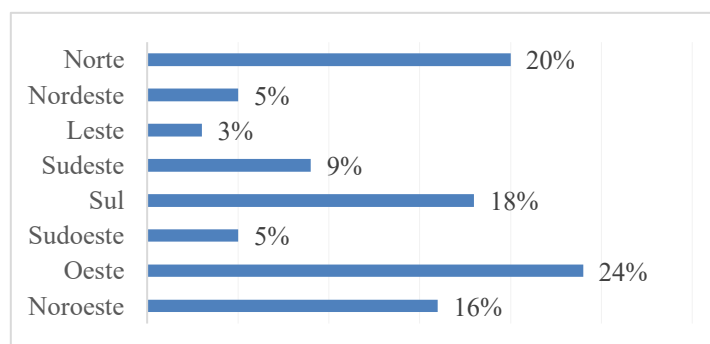


Figura 4.6: Direção predominante dos ventos em Bragança.
 FONTE: (WeatherOnline, 2019).

4.4.2 Localização e orientação

A residência está localizada no limite exterior da área urbana da cidade de Bragança. Por ser uma cidade pequena, algumas opções de comércio e serviço situam-se nas proximidades da edificação, sendo possível o deslocamento até estes pontos através de meios de transporte alternativos, como bicicletas ou trotinete elétrica.

Relativo à topografia do terreno, a declividade apresentada é muito pequena (entre dois e três metros na parte frontal do lote) quando comparada com o seu perímetro. Esse fator contribui para a implantação da residência em apenas um pavimento, exigindo poucas modificações no perfil natural. Na Figura 4.7 observa-se além das curvas de níveis que caracterizam essa declividade, que também há o incentivo ao plantio de árvores em vários pontos do terreno, seja para compor o paisagismo ou como elemento de sombreamento na residência.

A residência possui a fachada frontal orientada para o Sul, e se insere em uma cota intermediária (785 metros) permitindo que o perfil do terreno possa ser mantido muito próximo do original. Essa informação pode ser confirmada através da análise dos cortes e detalhamentos presentes no Anexo 3.

A vegetação proposta ao Norte, além de auxiliar na criação de um microclima agradável no entorno da residência, também serve como uma barreira ou filtro para os ventos provenientes dessa direção, diminuindo a intensidade com que atingem a edificação.

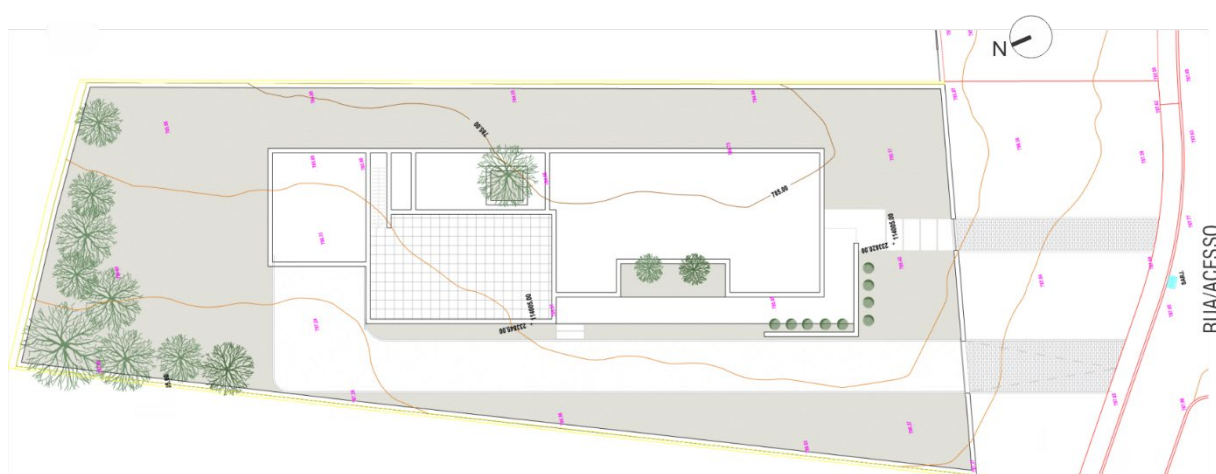


Figura 4.7: Implantação da edificação - curvas de nível e proposta de vegetação.
FONTE: Arquivo do arquiteto.

4.4.3 Forma, distribuição dos ambientes internos e aberturas

A distribuição dos ambientes internos foi feita para aproveitar ao máximo as condicionantes naturais impostas pela localização. Isso quer dizer que a residência possui a sua forma arquitetônica decorrente da função dos ambientes internos, priorizando a setorização adequada e que atendesse a todas as necessidades dos futuros moradores. A planta arquitetônica, que pode ser observada na Figura 4.8, apresenta essa divisão. Maiores detalhes também podem ser observados no Anexo 3.

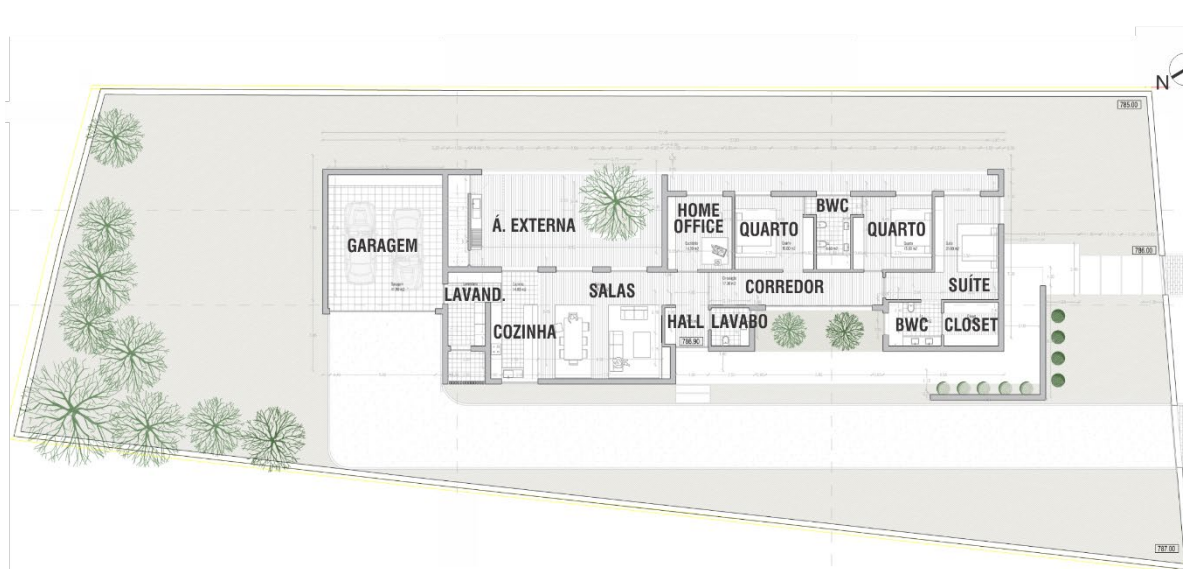


Figura 4.8: Planta arquitetônica da residência em LSF.
FONTE: Acervo do arquiteto.

Observando a figura, percebe-se que o acesso, tanto de pedestres, quanto de veículos acontece pela parte Sul. O acesso de pedestres leva à entrada principal da residência, passando por uma circulação coberta que conta com elementos de sombreamento e paisagismo. O setor social, que conta com hall de entrada, lavabo, salas de estar e jantar integradas e cozinha situam-se na parte central. A área de serviços, da qual fazem parte a lavanderia e a garagem, posicionam-se na orientação Norte, enquanto a parte íntima da residência, onde ficam os quartos e as instalações sanitárias, foram posicionados na parte Sul.

Nota-se que os quartos e *home office* e suas respectivas aberturas estão orientados aos locais que recebem a insolação considerada mais adequada, sendo eles Sul (sol durante a maior parte do dia) e Leste (sol na parte da manhã) (Lamberts, Dutra, & Pereira, 1997). Esse setor está representado na Figura 4.9 na cor amarela, com as aberturas destacadas em azul.

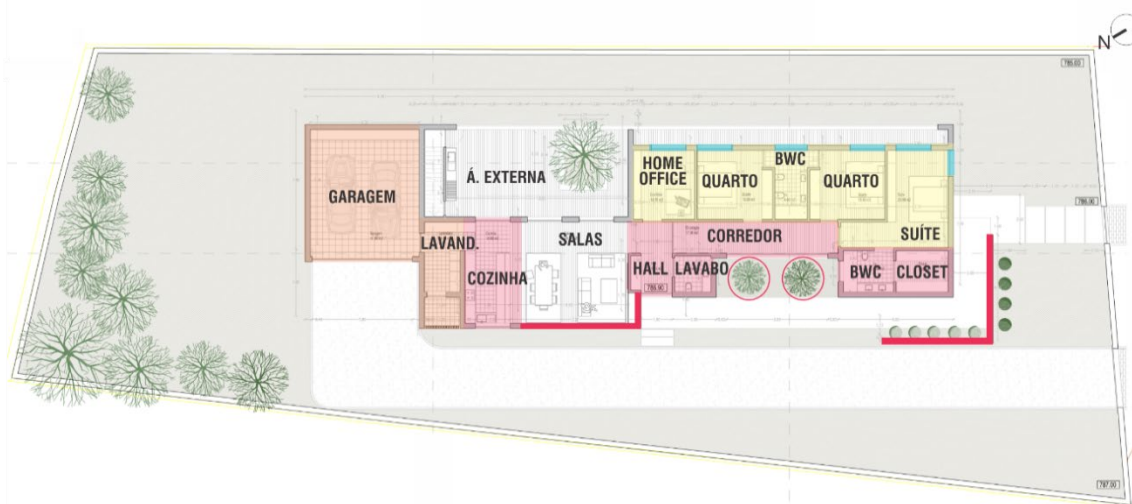


Figura 4.9: Setorização da residência.
FONTE: Arquivo do arquiteto, adaptado.

Na lateral Oeste, que irá receber o sol mais quente e intenso durante a tarde, principalmente no verão, foram posicionadas as áreas molhadas (instalações sanitárias e cozinha) e área de circulação, sendo áreas com menor tempo de permanência e onde a presença do sol poderá diminuir os teores de humidade. Também houve a preocupação em utilizar elementos de sombreamento nessa fachada, como a barreira ao lado da circulação externa e a vegetação em frente à janela do corredor. Também não foram posicionadas aberturas orientadas ao Oeste nas salas para evitar ganhos térmicos excessivos e indesejados no verão. Na Figura 4.9 os ambientes com orientação Oeste estão representados na cor vermelha, tendo as barreiras citadas destacadas nessa mesma cor.

Por fim, a lavanderia e a garagem, destacadas na cor laranja, foram posicionadas na parte posterior propositalmente, pois a lateral Norte não recebe insolação suficiente para que seja ocupada por ambientes de estadia prolongada, sendo ideal para posicionamento dos ambientes propostos. De acordo com o Decreto-Lei nº 80/2006, a lavanderia e a garagem são considerados espaços não úteis, pois são locais fechados (fortemente

ventilados ou não) que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes, e, portanto, não é necessário que sejam climatizados.

A altura do pé direito útil da residência, considerando a medida da laje do pavimento acabado até a parte inferior do teto falso (em gesso cartonado) será de 2,55 metros.

4.4.4 *Materiais de construção*

Os materiais de construção utilizados para a residência estão divididos em estrutura, paredes internas, externas, cobertura e laje do pavimento. Mais detalhes sobre as configurações, organização e espessuras das camadas dos materiais para as simulações dinâmicas realizadas no *software* serão abordados no Capítulo 5. As respectivas fichas técnicas dos materiais utilizados na composição dos elementos de vedação estão contidas no Anexo 4.

Estrutura: toda a estrutura da residência será executada em LSF, conforme as informações e descrições apresentadas no Capítulo 3. Placas de OSB (Anexo 4(a)) fixadas no LSF também auxiliarão a manter a estrutura estável. A laje do pavimento da residência será executada em betão armado.

Materiais das paredes exteriores: as paredes exteriores dividem os ambientes internos da residência dos externos. Na face exterior dessas paredes será utilizado o sistema de isolamento ETICS, que também tem o papel de revestimento. Outra vantagem apresentada, é que se tratando de um isolante que irá envolver toda a face externa das paredes, também irá mitigar a influência das pontes térmicas (elementos que afetam a direção do fluxo de calor e originam fluxos de calor bidimensionais ou tridimensionais nas envolventes).

O sistema ETICS é composto por diversas camadas de fixação e revestimentos, tendo como material isolante o EPS (poliestireno expandido - Anexo 4(b)), podendo ter variadas espessuras de acordo com a necessidade. A Figura 3.7 apresentada anteriormente no Capítulo 3 representa as camadas que compõe o ETICS, sendo essa a configuração aplicada à habitação em estudo, sendo fixada sobre a chapa de OSB. O revestimento externo que faz parte do sistema será feito em cor clara.

No interior da estrutura LSF será utilizada uma camada isolante de lã de rocha (Anexo 4(c)), e como revestimento interno será utilizada uma placa de gesso cartonado

(Anexo 4(d)). De acordo com Ferreira (2014), além de ser um bom isolante térmico, o preenchimento da cavidade interna dos perfis com a lã de rocha é uma forma de limitar a propagação do som, fazendo com que o conjunto também tenha um bom comportamento acústico.

As camadas de EPS e lã de rocha nas paredes exteriores serão simuladas com diferentes espessuras (as espessuras de EPS serão 100, 120, 140 e 150mm e as espessuras de lã de rocha serão 80, 100, 120 e 150mm), considerando também a utilização de uma caixa de ar entre os isolantes, visando obter a espessura com mais eficiência, conforme o esquema apresentado na Figura 4.10. Os demais componentes das paredes exteriores não sofrerão alterações na sua espessura.

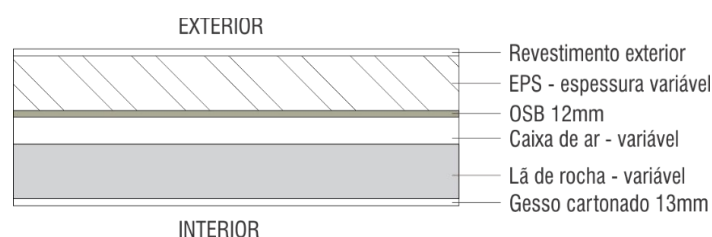


Figura 4.10: Detalhe esquemático das camadas utilizadas nas paredes exteriores.

De acordo com a classificação apresentada por Martins et al, (2017) descrita no item 3.4, será uma estrutura do tipo híbrida considerando a posição dos materiais de isolamento. É importante ressaltar que a mesma configuração das paredes exteriores será utilizada para as paredes que separam áreas não úteis (lavandaria e garagem) dos ambientes internos, pois os espaços não úteis não serão climatizados.

Materiais das divisórias interiores: as paredes internas serão compostas de duas placas de gesso cartonado como revestimento, e internamente será totalmente preenchido com uma camada isolante de lã de rocha, como apresenta a Figura 4.11. Essas paredes serão importantes pois terão um desempenho fundamental no isolamento acústico dos ambientes.



Figura 4.11: Detalhe esquemático das camadas utilizadas nas divisórias interiores.

Materiais da cobertura: A cobertura da habitação será plana e composta por uma camada de isolante exterior em EPS com espessura fixa de 100 mm, com revestimento externo de PVC de cor clara. Esse sistema é fixado sobre uma chapa de OSB com 18mm, que por sua vez é fixa na estrutura de LSF. No interior da estrutura será utilizada uma caixa de ar, uma camada de lã de rocha que irá ser variável dependendo da simulação (serão feitas simulações com 100 e 200mm) e por fim uma placa de gesso cartonado com 13mm como revestimento interior, como indicado na Figura 4.12. Para as simulações, serão variadas as espessuras da lã de rocha e da caixa de ar, mantendo as demais configurações.

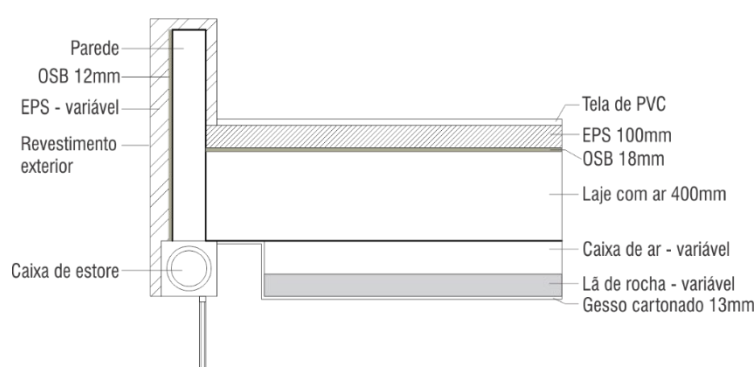


Figura 4.12: Detalhe esquemático das camadas utilizadas na cobertura

Materiais da laje de pavimento: A laje do pavimento será estruturada por uma laje de betão armado posicionada sobre o solo compactado. Acima da laje será fixada uma camada de isolamento em EPS com 100m. E essa camada será importante pois sobre ela será instalado o sistema do piso aquecido. Portanto, o isolamento em EPS tem a função de impedir que o calor do piso radiante acabe sendo dissipado pela laje, concentrando-o somente nos ambientes internos. Ainda sobre o piso aquecido será feita uma camada de regularização com argamassa de betão, e por fim o acabamento em material vinílico, como se observa na Figura 4.13.

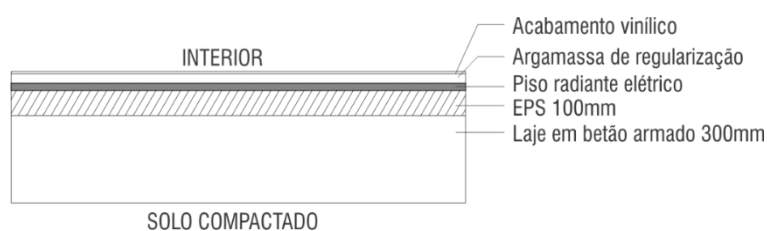


Figura 4.13: Detalhe esquemático das camadas utilizadas na configuração da laje de pavimento.

4.4.5 Requisitos normativos

De acordo com a legislação portuguesa, a Portaria 379-A/2015 define os valores mínimos e de referência para os coeficientes transferência de calor (U_{ref}) para cada elemento da edificação. A Tabela 4.8, retirada do texto da Portaria, apresenta esses valores que dependem da zona climática e da posição do elemento na edificação.

Portanto, os valores de referência (máximos) utilizados para que a residência atenda aos requisitos normativos, são:

- Paredes exteriores: $U_{ref} = 0,35 [W/m^2\text{°C}]$;
- Cobertura: $U_{ref} = 0,30 [W/m^2\text{°C}]$;
- Laje do pavimento: $U_{ref} = 0,50 [W/m^2\text{°C}]$;
- Vãos envidraçados: $U_{ref} = 2,20 [W/m^2\text{°C}]$.

Os coeficientes de transmissão térmica dos elementos formados por diversas camadas serão calculados juntamente com as simulações, e os valores reais de cada configuração serão apresentados nos resultados.

Tabela 4.8: Coeficientes de transmissão térmica de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados.

$U_{ref} [W/(m^2 \cdot \text{°C})]$		Zona Climática					
		Portugal Continental					
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			A partir de 1 de janeiro de 2016		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,40	0,35	0,30
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,60	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

4.4.6 Questões ambientais no isolamento exterior

Os materiais de isolamento aplicados nas vedações exteriores, de diferentes tipos, densidades e espessuras, são fundamentais para a obtenção do conforto térmico nos ambientes internos. São também utilizados para atingir os valores de condutibilidade térmica adequados e que cumpram com os requisitos normativos.

Devido a diversidade de opções existentes no mercado em relação aos materiais de isolamento, quando se trata de edifícios sustentáveis é necessário conhecer as propriedades dos materiais e as características do seu ciclo de vida. Dessa forma, é possível garantir que a eficiência obtida no quesito térmico esteja alinhada com os conceitos da sustentabilidade.

De acordo com o LNEC, (2010) o tipo de isolamento mais utilizado em Portugal é o EPS, porém tendo grande expressividade a utilização do XPS e do ICB. Utilizam-se também painéis rígidos de lã de rocha, principalmente quando se pretende melhorias na performance acústica e maior resistência ao fogo. Todos os materiais citados são adequados para a composição do sistema ETICS, e, portanto, foram estes os materiais inicialmente considerados para aplicação na residência. Antes de definir quais fariam parte efetivamente das simulações, foram observados alguns dados relevantes referentes a questões ambientais envolvendo cada um deles, bem como a sua eficiência térmica e acústica. Os valores são apresentados na Tabela 4.9.

Quanto à classificação, é possível afirmar empiricamente que os materiais orgânicos e naturais são os que geram menor impacto ambiental. Porém se faz necessário avaliar os itens relacionados ao potencial de aquecimento global e energia não renovável empregada em cada um.

Tabela 4.9: Parâmetros considerados para avaliação de sustentabilidade de materiais.

Material	Classificação	Potencial de Aquecimento Global [kg CO ₂ /kg]	Energia primária não renovável [MJ/kg]	Coefficiente de transmissão térmica (U*) [W/m ² °C]	Densidade [Kg/m ³]
Lã de rocha	Inorgânico – sintético	1,16	12,90	0,75	20 - 35
EPS	Orgânico – sintético	2,16	83,00	0,62	20
XPS	Orgânico – sintético	21,97	110,20	0,62	25 - 40
ICB	Orgânico – natural	-1,46	7,19	0,75	90 - 140

* Valores de U correspondendo a uma espessura de 60mm.

FONTE: Adaptado de (Augusto, Bragança, & Almeida, 2016) e ITE 50 (Santos & Matias, 2006).

O valor atribuído ao Potencial de Aquecimento Global é relativo à emissão de gases causadores do efeito estufa em um horizonte temporal de 100 anos, em quilogramas de Dióxido de carbono equivalente por quilograma de emissão liberada para a atmosfera [kgCO₂/kg]. A Energia Primária Não-Renovável incorporada representa o consumo de energia não-renovável (petróleo, gás natural, carvão e nuclear) associado à fase de produção do material (Perdigão, 2013). Ambos esses valores são essenciais para classificar os materiais quanto aos impactos ambientais causados.

A contribuição do material de isolamento para o desempenho térmico do sistema é quantificada através do coeficiente de transmissão térmica, e o desempenho acústico está correlacionado com a densidade apresentada pelo material. Esses parâmetros se enquadram na esfera social que deve ser cumprida para atender aos requisitos de sustentabilidade.

Ao analisar a Tabela 4.9, é notável que o XPS possui elevados valores de emissões ambientais e alto consumo de energias não renováveis, enquanto que a eficiência térmica e acústica é muito semelhante às dos demais. Sendo assim, será descartado o uso do XPS nas simulações e será dada prioridade aos materiais com menor impacto ambiental.

Como a lã de rocha possui qualidade acústica elevada, além do bom desempenho térmico, será utilizada para preencher (internamente) as paredes estruturadas em *Light Steel Framing*. Para a composição do sistema ETICS, serão realizadas as simulações com o EPS pois o ICB acaba apresentando algumas restrições econômicas (preço do ICB encontra-se em torno de €12,21 por m² enquanto o EPS tem custo de aproximadamente €3,98 por m² e o da lã de rocha €11,28 por m² (Augusto, Bragança, & Almeida, 2016)).

Para estabelecer uma comparação eficaz da sustentabilidade entre o ICB e o EPS, as simulações consideradas mais eficientes com o uso do EPS serão também simuladas substituindo o material pelo ICB, possibilitando uma comparação em relação às emissões de dióxido de carbono de cada um.

4.4.7 Propriedades dos materiais de construção

As propriedades físicas de cada material irão influenciar diretamente em seu comportamento térmico dentro da edificação. Esses valores podem influenciar a

quantidade de calor que atravessa a espessura do material, a quantidade de calor absorvida, e também a velocidade com que esses fenômenos ocorrem.

A condutibilidade térmica (λ) de cada material irá influenciar na sua resistência térmica (R), dependendo da espessura (d) utilizada:

$$R [m^2\text{°C}/W] = \frac{d [m]}{\lambda [W/m\text{°C}]}$$

Dessa equação pode-se concluir que uma elevada resistência térmica (dificuldade em transmitir calor através do elemento considerado) pode ser resultado de espessuras elevadas e/ou de condutibilidades térmicas baixas.

Por sua vez, a resistência térmica irá definir o coeficiente de transferência de calor (U) através de uma relação inversamente proporcional:

$$U [W/m^2\text{°C}] = \frac{1}{R [m^2\text{°C}/W]}$$

Portanto, quanto menor a resistência térmica do material, maior será a quantidade de calor transmitida através do elemento.

Para elementos estruturais compostos por mais de uma camada com diferentes propriedades térmicas (como as paredes, cobertura e piso da residência), o coeficiente de transferência de calor global do elemento será determinado através da soma da resistência térmica de cada elemento individualmente.

A Tabela 4.10 apresenta as propriedades de cada material utilizado na composição dos elementos construtivos da habitação. Esses valores serviram como base de dados para a configuração dos materiais no *DesignBuilder*®.

Como as paredes e cobertura terão variação nas espessuras dos materiais isolantes, os respectivos U 's para cada situação serão apresentados juntamente com os demais resultados.

Tabela 4.10: Propriedades dos materiais que compõe os elementos da habitação.

Material / Camada	Elemento construtivo	Densidade ρ [kg/m ³]	Resistência Térmica R [m ² °C/W]
Caixa de ar fluxo horizontal	Paredes	1,23	0,18
Caixa de ar fluxo vertical	Cobertura	1,23	0,16
Material / Camada	Elemento construtivo	Densidade ρ [kg/m ³]	Condutividade Térmica λ [W/m°C]
Argamassa de betão	Laje do pavimento	1800 - 2000	1,300
Lã de rocha	Paredes e cobertura	20 – 35	0,045
Laje de betão	Laje do pavimento	2000 – 2300	1,650
Placas de gesso cartonado	Paredes e cobertura	1000	0,400
Poliestireno expandido (EPS)	Paredes	20	0,037
Polyvinyl Chloride (PVC)	Cobertura	1200	0,140
Oriented Strandboard (OSB)	Paredes e cobertura	650	0,130
Revestimento externo	Paredes	1800 – 2000	1,300

FONTE: ITE 50 (Santos & Matias, 2006).

4.4.8 Aberturas e vãos envidraçados

Portas opacas (internas e externas): as portas internas e a porta de acesso serão em madeira densa, com espessura de 50mm.

Vãos envidraçados: os envidraçados (janelas e portas) terão caixilharia de PVC de cor clara. Serão empregados dois panos de vidro com caixa de ar de 16mm entre eles, sendo que o vidro interior será incolor com 4 milímetros de espessura e o pano exterior será refrescante incolor com 6 milímetros de espessura. As aberturas das janelas e das portas serão na forma oscilo batente, e a permeabilidade ao ar dos envidraçados utilizados será Classe 4. O coeficiente de transferência de calor será:

$$U_{janelas} = 1,50 [W/m^2°C]$$

De acordo com o fabricante, esse tipo de envidraçado possui um fator solar normal a superfície ($g_{\perp,vi}$) de 0,78. O dispositivo de proteção solar (que será detalhado no tópico seguinte) possui fator solar (g_{Tvc}) de 0,04, segundo o Despacho 15793-K/2013. Para determinar o fator solar global (g_T) de um vão envidraçado, é necessário considerar algumas situações em que as proteções solares estarão totalmente ativadas. Através das fórmulas de cálculo descritas na legislação, tem-se que o g_T da habitação será de 0,0416.

O Despacho ainda apresenta as diferenças a serem consideradas durante a estação de aquecimento e arrefecimento: na estação de aquecimento considera-se os dispositivos de proteção solar móveis abertos para melhor aproveitamento da luz solar, enquanto na estação de arrefecimento considera-se que esses dispositivos estão ativos durante apenas uma fração do tempo que irá depender da orientação do vão e da incidência da luz solar sobre ele. São considerados também elementos de sombreamento que irão influenciar (da própria edificação ou proveniente de edifícios adjacentes, vegetação próxima, entre outros). Todas essas informações não serão especificadas neste trabalho, pois o *DesignBuilder*® irá calculá-las de acordo com a legislação portuguesa e com os parâmetros inseridos no modelo (Portugal, 2013, p. 72).

Elementos de proteção solar: a forma mais eficaz de minimizar os ganhos térmicos nos vãos envidraçados, é bloqueando a radiação solar antes que atinja o elemento envidraçado. Por esse motivo, serão posicionadas caixas de estore sobre todas as portas e janelas em vidro, com dimensões de 250 x 250 mm. O estore será do tipo rolo com lâminas de PVC a 90° (vertical), na cor clara, e será posicionado pelo exterior do envidraçado, assim como é representado na Figura 4.14.



Figura 4.14: Detalhe da caixa de estore posicionada sobre os envidraçados.
FONTE: (Simar, 2020).

Os estores, além de limitar os ganhos térmicos solares, também são capazes de controlar a luminosidade admitida no interior dos espaços e de garantir a privacidade dos ocupantes quando totalmente fechados.

As caixas de estore, considerados elementos de pontes térmicas planas, devem possuir parâmetros de acordo com especificações normativas. A Portaria 349-B/2013 apresenta que os U_s desses elementos deve ser: (1) inferior a duas vezes o valor do U das paredes na qual estão inseridos, e (2) deve ser inferior ao valor de $U_{máx}$ estabelecido pela mesma Portaria. Essas verificações não são necessárias quando o U da caixa de estore for igual ou inferior a $0,9 [W/m^2°C]$. Visando a utilização de um modelo com alta eficiência, o valor utilizado para as simulações no *DesignBuilder*® será de $0,9 [W/m^2°C]$. As caixas de estore também serão revestidas exteriormente pelo sistema ETICS, procurando minimizar a influência das pontes térmicas.

Como forma de obter resultados concisos e próximos ao funcionamento real dos dispositivos de proteção solar, as simulações serão feitas com a proteção ativa durante o período da noite (auxilia no desempenho térmico dos envidraçados) e durante o dia, nos momentos em que os ganhos solares através das janelas são mais intensos. Os valores registados pelas simulações são benéficos na estação de aquecimento, mas prejudiciais na estação de arrefecimento.

4.4.9 Iluminação natural e artificial

Todos os ambientes da residência contam com amplas aberturas envidraçadas, sendo elas portas ou janelas. A Figura 4.15 representa o posicionamento dos vãos envidraçados na planta, destacados na cor azul, enquanto a Figura 4.16 apresenta o detalhe das esquadrias em corte. Observa-se que as portas-janelas presentes nos quartos e *home office* ocupam toda a extensão do pé direito (do piso ao teto), tornando máxima a entrada da luz natural nesses ambientes. O mesmo ocorre com as aberturas da sala e cozinha que dão acesso a área externa.

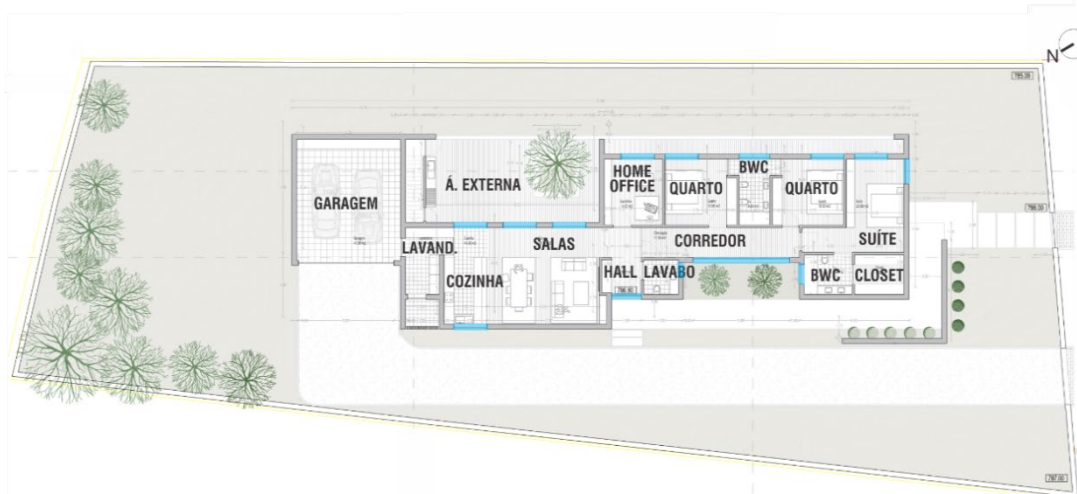


Figura 4.15: Posicionamento dos vãos envidraçados na planta.
FONTE: Arquivo do arquiteto, adaptado.

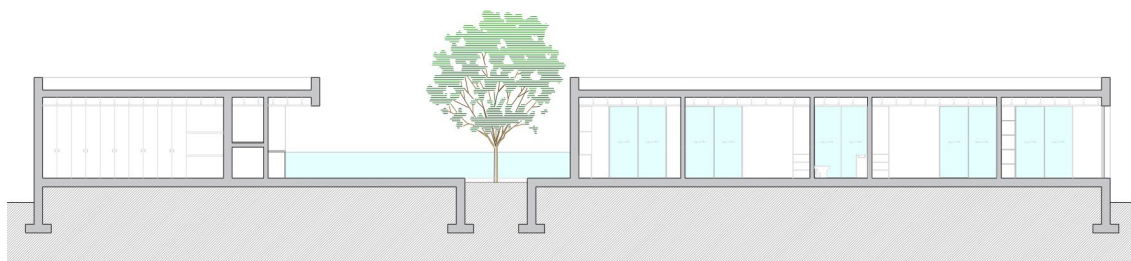


Figura 4.16: Corte esquemático - representação das portas-janelas na fachada leste.
FONTE: Arquivo do arquiteto, adaptado.

A utilização dos vidros incolores, conforme descrito nos materiais de construção, permite que a luz solar penetre nos ambientes de forma eficaz. Nos momentos em que essa iluminação não é desejada ou é desejada com menor intensidade, podem ser utilizados os estores externos como elemento de sombreamento.

Segundo Costa (2013), a entrada da iluminação natural em um ambiente é proporcional ao tamanho da abertura. Estudos mostram que a luz natural é capaz de atingir uma profundidade de 1,5 a duas vezes a altura da abertura. Considerando que as portas janelas possuem uma altura h de 2,55 metros [m] (detalhamento contido no Anexo 3) é possível concluir que a iluminação natural terá um alcance variando de 3,7 até 5,0 metros nos ambientes internos (para os envidraçados que não possuam a proteção solar da

varanda), sendo uma quantidade de luz considerada razoável para os ambientes internos de uma residência (Costa, 2013).

Para suprir a necessidade de iluminação quando a luz natural não for suficiente, ou durante o período da noite, serão utilizadas lâmpadas do tipo *Light Emitting Diode*, ou LED, em todos os ambientes da residência como forma de iluminação artificial. A quantidade de iluminação utilizada nas simulações foi 300 [lux], considerada ideal para ambientes residenciais (Costa, 2013) com uma densidade de potência de 2,5 [W/m²] a cada 100 [lux].

4.4.10 Climatização / ventilação

A cidade de Bragança possui a estação de aquecimento com uma duração maior que a de arrefecimento. Por esse motivo, é de grande importância que sejam propostas estratégias para manter os ambientes internos termicamente confortáveis durante os períodos mais frios, através do uso de sistemas de aquecimento.

Na residência que está sendo estudada serão utilizados dois sistemas de climatização para aquecimento, sendo eles uma lareira a *pellets* (biomassa) localizada na sala de estar, e o piso radiante elétrico. A lareira possui potência de aquecimento que pode variar de 6 a 8 [kW], dependendo do modelo e do fabricante, e possui rendimento superior a 85%.

O piso radiante possui como princípio de operação uma vasta área de distribuição de calor, com temperaturas não tão elevadas. Segundo as configurações do *DesignBuilder*®, o piso radiante não deve ter uma temperatura superior a 29 [°C] em áreas ocupadas. O piso radiante deve ficar sob uma camada de argamassa, pois esse material possui alta inércia térmica e é capaz de absorver o calor e posteriormente irradiá-lo para o interior dos ambientes. Também deve existir uma camada de material isolante sob a instalação do piso radiante, que no caso desta edificação será utilizada uma camada de 100 [mm] de EPS. Na habitação, esse sistema está disposto por todos os ambientes da residência com a densidade de aproximadamente 85 [W/m²]. As potências referentes ao piso radiante em cada ambiente da edificação podem ser observadas na Tabela 4.11, e o valor da sua eficiência será de 1,0, pois se trata de um sistema que utiliza como base a eletricidade (Portaria 329-A/2015).

Tabela 4.11: Potência do piso radiante por ambiente da residência.

Ambiente	Área [m²]	Potência [W]
Hall de entrada	9,1	820
Sala de estar	20,6	1750
Sala de jantar	20,6	1750
Cozinha	8,0	820
Lavabo	4,4	425
Escritório	12,4	1025
Circulação	17,3	1500
Quarto 01	15,0	1220
BWC	7,2	725
Quarto 02	15,0	1220
<i>Suíte</i>	21,6	1750

Para as simulações do *software*, o calendário de funcionamento dos sistemas de aquecimento foi definido de acordo com uma ocupação residencial típica, buscando que os ambientes internos se mantenham a uma temperatura de 18,5[°C] nos quartos e de 20[°C] no restante da edificação. Ou seja, considera-se que sempre que a temperatura exterior estiver abaixo desse valor, os sistemas serão ativados (esse sistema funciona apenas para aquecer a residência até a temperatura configurada, e não para arrefecimento). Para este edifício também foi configurada uma temperatura padrão para os períodos em que não há ocupação. Essa temperatura chamada de “set-back temperature” evita que a residência fique muito fria e evita gastos desnecessários para a inicialização dos equipamentos toda vez que a residência volta a receber ocupação. Esse valor foi definido em 18 [°C] para todos os ambientes internos.

Para arrefecimento, não serão utilizados sistemas mecânicos. As aberturas das janelas juntamente com as estratégias de sombreamento serão consideradas os principais dispositivos de arrefecimento e trocas de ar durante o verão, e a habitação irá contar com um dispositivo de grelha presente nas caixas de estore para garantir a ventilação mínima estabelecida pela legislação (Portaria nº 349-B/2013), que é de 0,4 renovações por hora.

4.4.11 Sistema de AQS

As necessidades de AQS são definidas com base na tipologia da habitação (T3), pressupondo que será ocupada por quatro moradores (3+1). De acordo com o Despacho nº15793-I/2013, é estipulado o consumo mínimo de 40 litros por dia por habitante,

totalizando 160 litros por dia, e a água será aquecida a uma temperatura de 50[°C]. Para que as simulações encontrem-se próximas da realidade, o consumo de AQS ficou distribuído da seguinte forma: 55 litros para a cozinha, 5 litros para o lavabo, 40 litros para a instalação sanitária da *suite* e 40 litros para a instalação sanitária dos quartos.

O sistema utilizado para preparação das AQS será através de uma bomba de calor instalada no interior da habitação, um sistema que utiliza maioritariamente energia renovável para o seu funcionamento e apresenta rendimento inicial elevado. Segundo os Parâmetros normativos apresentados pela Portaria 349-B/2013, as bombas de calor utilizadas para preparação de AQS devem apresentar CoP mínimo de 2,3.

O modelo utilizado será uma bomba do tipo ar-água com recurso elétrico, e capacidade de armazenamento de 240 litros. O CoP do modelo possui variações mensais de acordo com a temperatura média exterior da localidade, conforme as informações apresentadas na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Informações referentes a bomba de calor utilizada para preparação de AQS.

	Dias	Temperatura ambiente [°C]	CoP	Necessidades* [kWh]	Energia renovável fornecida [kWh]
Jan	31	5,5	2,6	201,9	123,6
Fev	28	7,1	2,6	182,4	113,4
Mar	31	9,6	2,7	201,9	128,4
Abr	30	11,4	2,8	195,4	126,2
Mai	31	15,1	3,0	201,9	134,0
Jun	30	19,9	3,2	195,4	133,8
Jul	31	23,3	3,3	201,9	141,0
Ago	31	23,1	3,3	201,9	140,8
Set	30	19,9	3,2	195,4	133,9
Out	31	14,4	2,9	201,9	133,4
Nov	30	9,4	2,7	195,4	124,1
Dez	31	6,8	2,6	201,9	125,1
ANUAL	365	13,8	2,9	2377,30	1557,59

*Valor calculado com base no Despacho nº 14985/2015. – Dados do fabricante.

Como simplificação, serão utilizados os valores médios anuais para as simulações do *DesignBuilder*®. Mais informações e detalhes do modelo que será utilizado na habitação podem ser observados no Anexo 5(a).

4.4.12 *Geração de energia local*

Para suprir as necessidades energéticas da habitação, será instalada sobre a cobertura uma configuração de painéis fotovoltaicos como geração de energia local e proveniente de fonte renovável. Esse sistema, que será composto por 10 módulos FV com 275 [Wp], terá capacidade de geração de aproximadamente 2750 [Wp] e eficiência de 16,8%. Informações adicionais sobre os painéis FV podem ser observadas no Anexo 5(b).

É importante salientar que as recomendações para a instalação de sistemas que utilizem energia solar, no hemisfério Norte, devem ter as placas orientadas a Sul com inclinação suficiente para que fique o mais perpendicular possível aos raios solares. Neste caso, deve-se utilizar a inclinação correspondente ao valor da latitude local, mais ou menos 10° para maximizar a geração de energia (CEPEL - CRESESB, 2014). Os painéis foram configurados na direção Sul com ângulo de 35° em relação ao plano horizontal.

A eletricidade gerada pelo conjunto de placas FV é em corrente contínua. Porém, a energia consumida pela residência é em corrente alternada (CA), em 230[V] e 50[Hz]. Para que essa eletricidade gerada possa ser efetivamente consumida é necessária a instalação de um inversor de potência, que irá alterar a tensão de entrada (CC) para uma tensão de saída compatível (CA). O inversor utilizado possui potência de entrada (CC) de 3300[W] e de 3000[W] de saída (CA). Mais informações sobre o modelo do inversor podem ser observadas no Anexo 5(c) (Futureng, 2019).

Como forma de otimizar a geração de energia e evitar que ocorram desperdícios na eletricidade produzida, também será utilizada uma bateria como forma de armazenamento. O modelo proposto é uma bateria de lítio com capacidade nominal de armazenamento de 3,3 [kWh]. Mais informações sobre o modelo utilizado podem ser encontradas no Anexo 5(d).

4.4.13 *Gestão de resíduos*

A coleta dos resíduos sólidos será realizada através do serviço municipal, que dispõe de coleta de resíduos recicláveis (seletivos) e indiferenciados. Em relação a este ponto, é de grande importância que os moradores tenham a consciência e pratiquem diariamente a separação de seus resíduos, buscando destiná-los corretamente.

Os resíduos recicláveis devem ser depositados nos ecopontos e ecocentros que se espalham pela cidade, tendo especial atenção para o tipo de material. Cada resíduo deve ser depositado no coletor respetivo a sua natureza. Os coletores são divididos em plástico e metal, vidro, papel e cartão. “Depois de depositados seletivamente nos ecopontos e ecocentros os resíduos são encaminhados para a Estação de Triagem, onde são separados com maior rigor. Depois de devidamente separados são enviados para as respetivas Unidades de Reciclagem.” (Resíduos do Nordeste, 2019)

Já na recolha indiferenciada, os resíduos devem ser depositados em contentores genéricos, sem diferenciação de tipo e material. Posteriormente a coleta, esses resíduos serão encaminhados para o aterro sanitário. Em relação ao esgoto doméstico, será destinado para a estação de tratamento de esgoto da cidade de Bragança.

Capítulo 5.

Simulações no *software DesignBuilder*[®]

Por padrão, o *software* realiza algumas simulações que consistem em: análise de verão (ou *design* de arrefecimento), análise de inverno (ou *design* de aquecimento) e simulações por períodos específicos. No último caso, o projetista pode especificar critérios específicos, ou pode realizar a simulação com informações do intervalo de um ano inteiro. As análises aqui descritas foram feitas com a análise anual, pois dessa forma é possível obter o panorama geral de comportamento da edificação, sendo possível estabelecer comparações entre as variações climáticas e as características do próprio edifício.

Para as simulações anuais o *DesignBuilder*[®] considera o perfil horário de temperatura do local configurado. Com todas as demais informações corretamente inseridas e configuradas, os resultados obtidos são referentes ao consumo energético, ao balanço térmico e as emissões de CO₂.

Dentro da simulação anual, no período de aquecimento (inverno) o *software* considera que os espaços internos (úteis) são constantemente aquecidos até que atinjam a temperatura de base configurada (*set-back temperature*). Nessa residência o valor definido foi de 18[°C]. O *DesignBuilder*[®] calcula os sistemas de aquecimento majorando em 20% o consumo energético. Essa taxa considera os casos em que os sistemas se encontrem completamente desligados por um longo período de tempo, sendo necessário um consumo mais elevado para o início do aquecimento até a residência atingir os níveis desejados de temperatura. Para a situação de verão, a residência não terá previsão de arrefecimento mecânico (apenas ventilação natural).

Para calcular o balanço térmico ao longo do ano, serão incluídos os ganhos solares através das janelas, a ventilação natural, os ganhos internos através da ocupação (iluminação, equipamentos, atividade dos utilizadores) além de considerar a condução e

a convecção de calor entre as superfícies. Esses valores serão comparados com a temperatura do ar exterior, possibilitando identificar o perfil de consumo energético e as necessidades de consumo com aquecimento na edificação. Para fins estatísticos e de comparação, as simulações são referentes a 8760 horas (365 dias).

5.1 Parâmetros utilizados nas simulações

Aqui estão apresentados os parâmetros inseridos no modelo, para realizar as simulações. Será descrito os procedimentos usados desde a configuração da compartimentação dos espaços interiores, do modelo tridimensional, até a configuração dos materiais da envolvente e dos critérios de ocupação estabelecidos pelos utilizadores.

5.1.1 Modelação 3D da edificação

O *software* utiliza para a realização das simulações, modelos 3D onde todos os parâmetros construtivos e de ocupação são inseridos, buscando descrever de forma próxima à realidade o comportamento da edificação frente ao consumo energético.

A Figura 5.1 representa a modelação 3D feita no *DesignBuilder*[®]. O modelo 3D deve considerar todos os elementos construtivos presentes no projeto arquitetónico (incluindo os elementos de sombreamento), aberturas envidraçadas ou opacas, o solo, e demais elementos relevantes, como os painéis fotovoltaicos que serão posicionados na cobertura.

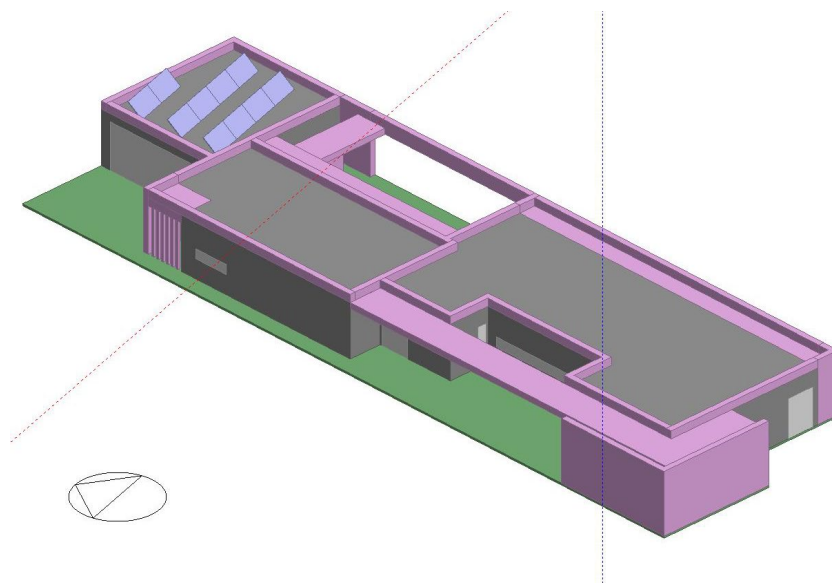


Figura 5.1: Modelagem 3D da residência no *DesignBuilder*[®].

Outro parâmetro essencial para o desenvolvimento das análises é em relação a localização do terreno e a orientação da residência. As configurações foram realizadas com base nos dados relativos à cidade de Bragança, e a orientação também pode ser observada na Figura 5.1, onde a seta no canto inferior esquerdo representa a posição do Norte.

5.1.2 Ocupação dos ambientes

A divisão interna dos ambientes deve ser modelada conforme o detalhamento apresentado pelo projeto arquitetônico. Esse procedimento é importante pois os ambientes internos possuem parâmetros de ocupação variáveis, assim como os equipamentos utilizados se diferenciam de local para local. A Figura 5.2 mostra a divisão interna realizada pelo *software*. Nessa divisão são considerados os parâmetros gerais de ocupação, sendo que alguns ambientes podem apresentar parâmetros semelhantes (conforme indicação na legenda).

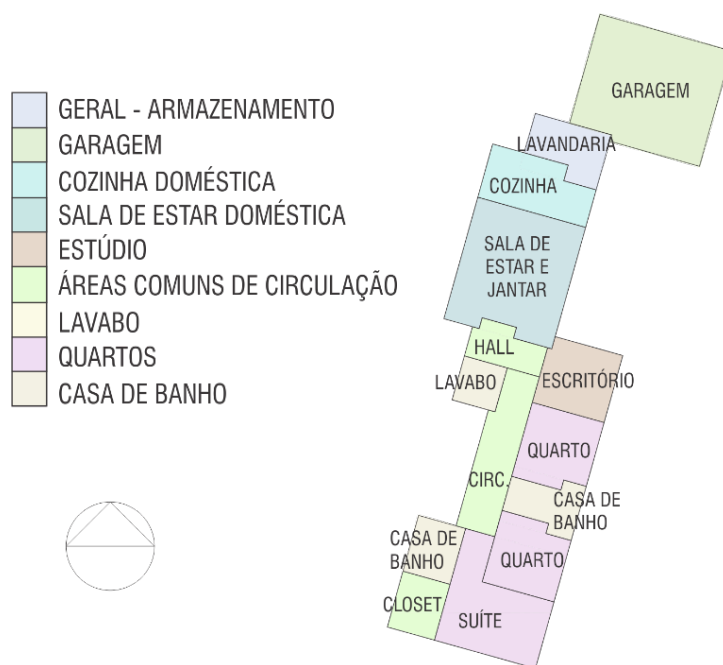


Figura 5.2: Modelagem das divisões internas e inserção dos parâmetros de ocupação no *DesignBuilder*[®].

Para as configurações do *DesignBuilder*[®], os parâmetros de ocupação dos ambientes internos são feitos considerando três variáveis: (1) a ocupação do local propriamente dita (considerando o tempo de ocupação e número de ocupantes de determinado local por

determinado período), necessária para o cálculo dos períodos em que a climatização é requerida; (2) uso dos equipamentos que demandam eletricidade, que irão depender do ambiente em questão; e (3) a iluminação, que varia de acordo com o horário do dia. Durante a noite a iluminação artificial é mais solicitada, enquanto durante o dia se aproveita a iluminação natural. Também existem diferenças nos padrões de ocupação considerando os dias da semana, pois considera-se que os ocupantes da residência possuam rotina de trabalho durante as manhãs e tardes no período de segunda à sexta-feira, e aos finais de semana considera-se que permanecem na residência por mais tempo.

5.1.3 *Configurações de elementos construtivos*

A área da habitação que possui maior exposição solar é a cobertura. As paredes também recebem insolação direta, porém podem ter maior ou menor intensidade ao longo do dia, dependendo da trajetória solar. Esse fato faz com que os ganhos térmicos através dos elementos de cobertura sejam superiores aos ganhos das paredes na situação de verão. Por outro lado, durante a situação de inverno, tem-se os ambientes internos aquecidos com o uso do piso radiante ou da lareira a *pellets*. Devido ao fenômeno de convecção, o ar quente, por ser menos denso, tende a subir, fazendo com que o calor seja transmitido para o exterior através da cobertura em quantidade superior do que é transmitido através das paredes.

Por esses dois motivos, é imprescindível que o isolamento na cobertura seja eficiente. Dessa forma, buscando aumentar a eficiência do modelo, as simulações realizadas consideram apenas configurações em que a espessura de isolamento da cobertura seja igual ou superior a das paredes. Maiores espessuras nas paredes acabariam por gerar consumo de material desnecessário, sem maiores benefícios em questões térmicas e eficiência energética.

A Tabela 5.1 descreve as espessuras de cada componente das paredes e da cobertura utilizadas em cada uma das simulações. Para computar a espessura efetiva de material isolante (onde a espessura da cobertura deve ser maior ou igual a das paredes) são somadas as espessuras de EPS + lã de rocha.

Tabela 5.1: Resumo das simulações – descrição das espessuras de isolamento utilizadas nas paredes e cobertura.

ELEMENTO	EPS (ETICS) [mm]	Lã de Rocha [mm]	Caixa de ar [mm]	Espessura total [mm]
<i>Wall*-01</i>	100	80	70	250
<i>Wall-02</i>	100	100	50	250
<i>Wall-03</i>	100	120	30	250
<i>Wall-04</i>	100	150	0	250
<i>Wall-05</i>	120	80	70	270
<i>Wall-06</i>	120	100	50	270
<i>Wall-07</i>	120	120	30	270
<i>Wall-08</i>	120	150	0	270
<i>Wall-09</i>	140	80	70	290
<i>Wall-10</i>	140	100	50	290
<i>Wall-11</i>	140	120	30	290
<i>Wall-12</i>	140	150	0	290
<i>Wall-13</i>	150	80	70	300
<i>Wall-14</i>	150	100	50	300
<i>Wall-15</i>	150	120	30	300
<i>Wall-16</i>	150	150	0	300
<i>Roof**-01</i>	100	100	300	500
<i>Roof-02</i>	100	200	200	500

**Wall* – são referentes às paredes

***Roof* – são referentes às coberturas

Observando os valores que correspondem a cada camada apresentados na Tabela 5.1, obedecendo ao critério de isolamento das paredes e cobertura, as simulações realizadas terão as seguintes combinações, conforme a Figura 5.3.

Sendo assim, serão analisadas 19 simulações, considerando todos os parâmetros citados neste Capítulo. Os demais parâmetros utilizados, que serão constantes em todas as simulações (portas, envidraçados, laje do pavimento, que não sofrem alterações), ressaltar que os principais valores obtidos com as simulações se encontram descritos no Anexo 6.

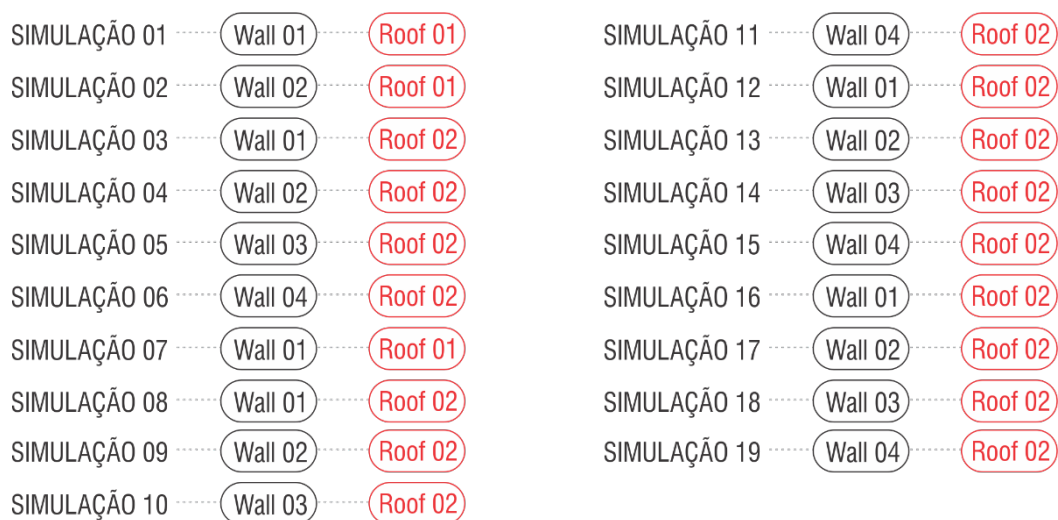


Figura 5.3: Combinações de paredes e coberturas realizadas nas simulações.

5.2 Apresentação dos resultados

5.2.1 Consumo de eletricidade (equipamentos e iluminação)

Foram configurados alguns aparelhos de consumo significativo e de fundamental importância para o cotidiano dos moradores da residência. Para fins de simulação, esses elementos foram posicionados nos ambientes com o seu devido consumo em quilowatt hora [kWh]. Sendo assim, tem-se o perfil de consumo apresentado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Consumo de energia elétrica devido ao uso de equipamentos.

Ambiente	Equipamentos	Consumo total [kWh]
Lavandaria	Máquina de lavar roupas	163,80
Cozinha	Frigorífico e fogão	1476,00
Sala de estar	Televisor	86,23
Escritório	Computador	44,74
TOTAL		1770,78

Fonte: Resultados obtidos no DesignBuilder®.

O valor em [kWh] é o parâmetro utilizado pelas concessionárias de energia elétrica para detalhamento da fatura e para fins de tributação. Dessa forma, serão apresentados os valores nessa mesma unidade devido à facilidade de compreensão e para que seja possível estabelecer comparações com situações reais.

Já para a iluminação, foi definido um perfil de utilização dos ambientes pelos moradores. Com isso pode-se estabelecer uma quantidade de horas em que as lâmpadas

permanecem acesas. O *software* não computa a utilização da iluminação artificial durante o dia, pois considera que a iluminação natural é suficiente para atender a este ambiente residencial. O perfil de consumo relativo à cada ambiente encontra-se especificado na Tabela 5.3.

Considerando que serão instaladas lâmpadas LED, a potência utilizada em cada ambiente será definida de acordo com a área, buscando manter uma luminância (lux) adequada para a realização das atividades. A quantidade de horas em que as lâmpadas encontram-se acesas são calculadas (padrão do *software*) em uma média semanal, e esse valor é convertido em consumo anual de [kWh] para cada ambiente.

Somando-se os gastos com equipamentos e iluminação, tem-se o consumo anual com energia elétrica igual a 1.833,79 [kWh].

Tabela 5.3: Consumo de energia elétrica devido ao uso de iluminação artificial.

Ambiente	Densidade de iluminação [W/m ²]	Área [m ²]	Potência total [W]	Horas de funcionamento por semana [hr]	Consumo total anual [kWh]
Cozinha	1,2708	15,74	20,00	13,17	13,73
Sala de estar	0,7368	40,71	30,00	15,75	24,64
Escritório	1,3909	14,38	20,00	7,53	7,85
Quarto 01	0,6052	16,52	10,00	2,45	1,28
Quarto 02	0,6286	15,91	10,00	2,45	1,28
Suíte	0,6181	24,27	15,00	2,45	1,92
Closet	2,0312	7,38	15,00	7,00	5,48
Lavandaria	1,4827	10,12	15,00	1,05	0,82
Garagem	0,8636	46,32	40,00	1,05	2,19
Corredor	1,1152	17,93	20,00	1,05	1,09
Hall	1,2372	8,08	10,00	1,05	0,55
Lavabo	2,0636	4,85	10,00	1,05	0,55
Inst. sanitária (quartos)	1,7205	8,72	15,00	1,05	0,82
Inst. sanitária (suíte)	1,9662	7,63	15,00	1,05	0,82
TOTAL	1,0270	238,56	245,00		63,01

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

5.2.2 Águas Quentes Sanitárias

Os pontos de consumo de AQS foram identificados nas configurações das simulações. O *software* converte os 160 litros diários de água quente utilizados em metros cúbicos, afim de estabelecer o perfil de consumo anual. Os pontos de utilização considerados bem como a energia consumida com o aquecimento da água estão descritos na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Consumo de energia devido a preparação de AQS.

Ambiente	Volume de água anual [m ³]	Consumo total [kWh]
Cozinha	21,08	856,72
Lavabo	2,03	82,66
Instalação sanitária dos quartos	22,98	933,72
Instalação sanitária da <i>suíte</i>	15,93	647,28
TOTAL		2.520,38

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

Como a AQS será obtida através de uma bomba de calor, a energia consumida é considerada predominantemente renovável. Dessa forma, apesar de uma quantidade significativa de quilowatt horas serem requeridas para este fim, a energia elétrica efetivamente consumida será mínima, aumentando a eficiência energética do conjunto.

As informações fornecidas pelo fabricante da bomba de calor, assim como já descrito na Tabela 4.12, no Capítulo 4, estima-se que a necessidade real para a residência será de 2377,30 [kWh]. E desse valor, 1557,59 [kWh] serão provenientes de energia renovável relativa ao seu CoP. Portanto apenas 34,5% ou aproximadamente 819,71 [kWh] da energia consumida pela bomba de calor será proveniente de recurso elétrico (que na realidade poderá ser considerada com origem na energia fotovoltaica). Portanto, toda a energia necessária para a bomba de calor pode-se considerar renovável.

5.2.3 Necessidades de aquecimento

Para o cálculo das necessidades de aquecimento, o *software* analisa alguns parâmetros importantes para determinar o consumo em quilowatt hora (para essa finalidade): o perfil da temperatura externa da cidade, a temperatura configurada para o interior dos ambientes da residência (18[°C]) e os períodos de ocupação da residência.

Também leva em consideração os materiais da envolvente para que sejam incluídos nos cálculos os ganhos e perdas de calor por infiltração de ar externo e por condução nas superfícies envidraçadas e opacas.

As necessidades de aquecimento são apresentadas separadamente para cada ambiente, pois de acordo com os parâmetros de ocupação bem como a incidência da radiação solar, cada um possuirá necessidades específicas. Essas necessidades serão supridas pelos sistemas de aquecimento instalados na residência: lareira à *pellets* (biomassa) e piso radiante elétrico. Devido ao fato de existir dois sistemas para aquecimento, também teremos duas situações de consumo de energia elétrica.

A primeira situação considera que toda a área útil será aquecida apenas com o piso radiante, dessa forma, toda a energia consumida para aquecimento será proveniente de fonte elétrica. Na segunda situação, tem-se a área social da habitação (sala de estar, sala de jantar e cozinha) sendo aquecida pela lareira à *pellets*. Nesta situação, a demanda de aquecimento deste espaço especificamente não será proveniente de energia elétrica, e sim de energia biomassa, que também é um sistema de energia renovável e sustentável.

A Figura 5.4 apresenta os valores obtidos em [kWh] necessários para o aquecimento da residência, com base em todos os parâmetros configurados no *software* para cada simulação.

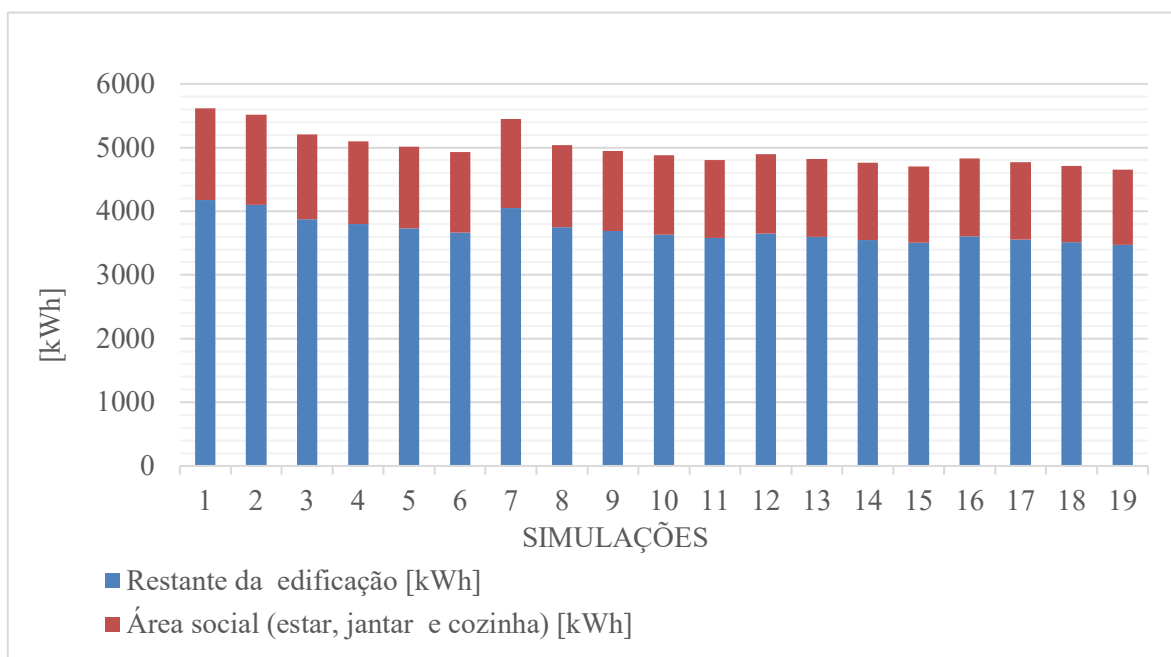


Figura 5.4: Necessidades de aquecimento para a residência de acordo com os parâmetros de cada simulação.

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

Na figura encontra-se destacado o consumo específico da área social, pois quando a lareira estiver ativa, essa porção do consumo não será proveniente de fonte elétrica.

Para estabelecer uma relação concreta entre as configurações das envoltentes e as necessidades de aquecimento, as análises deverão ser realizadas considerando as diferentes espessuras de EPS e lã de rocha, bem como a eficiência obtida em cada combinação. A Tabela 5.5 apresenta os valores numéricos obtidos nas simulações, sendo que nesta etapa será analisada a energia total consumida para aquecimento.

Tabela 5.5: Necessidades de aquecimento para a residência de acordo com os parâmetros de cada simulação.

SIMULAÇÃO	Área social (estar, jantar e cozinha) [kWh]	Restante da edificação [kWh]	TOTAL [kWh]
01	1444,27	4175,05	5619,32
02	1416,91	4096,79	5513,70
03	1328,80	3874,81	5203,61
04	1301,84	3796,86	5098,70
05	1278,91	3730,72	5009,63
06	1257,41	3668,66	4926,07
07	1398,76	4051,39	5450,15
08	1283,94	3751,89	5035,83
09	1262,12	3688,25	4950,37
10	1243,04	3633,39	4876,43
11	1225,25	3581,8	4807,05
12	1246,08	3649,8	4895,88
13	1228,00	3596,89	4824,89
14	1212,25	3551,26	4763,51
15	1196,82	3506,23	4703,05
16	1228,80	3603,83	4832,63
17	1212,82	3556,62	4769,44
18	1197,96	3513,14	4711,10
19	1183,77	3471,59	4655,36

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

Especificando o comportamento térmico de cada um dos elementos da envoltente, tem-se inicialmente as informações referentes à primeira configuração de cobertura. A cobertura *Roof 01*, por possuir espessura total de 200 mm (100 mm de lã de rocha + 100 mm de EPS) será combinada com apenas três configurações de paredes, *Wall 01*, *Wall 02* e *Wall 07* (simulações 01, 02 e 07), pois a espessura de isolamento das paredes deve ser igual ou inferior à da cobertura. As necessidades de aquecimento que representam essas

combinações encontram-se descritas na Figura 5.5. A cor vermelha representa a espessura de lã de rocha com 80mm e a cor laranja, com 100mm.

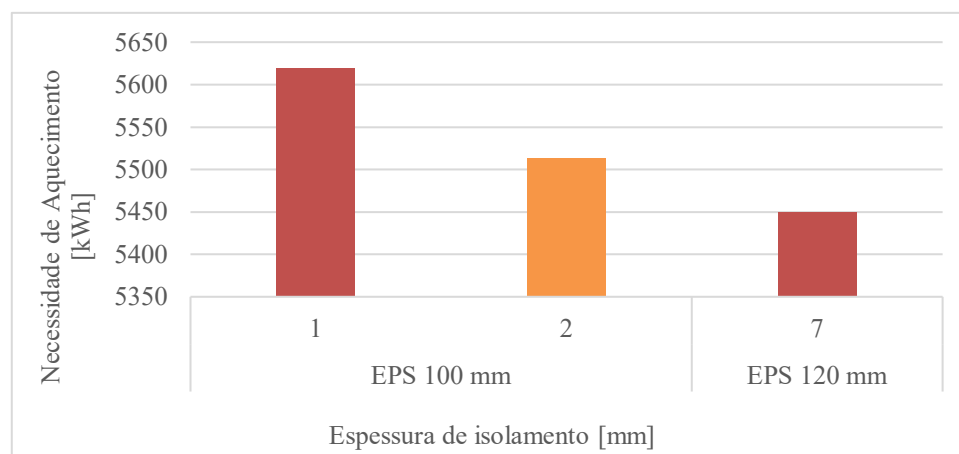


Figura 5.5: Simulações utilizando a cobertura *Roof 01*.
 Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

A avaliação das situações configuradas com a cobertura *Roof 2* apresenta maior número de simulações, pois as espessuras de isolamento nas paredes deveriam ficar menores ou iguais a 300 mm (espessura de isolamento do *Roof 02*). Os resultados das simulações 03 a 06, e 08 a 19 encontram-se descritas na Figura 5.6.

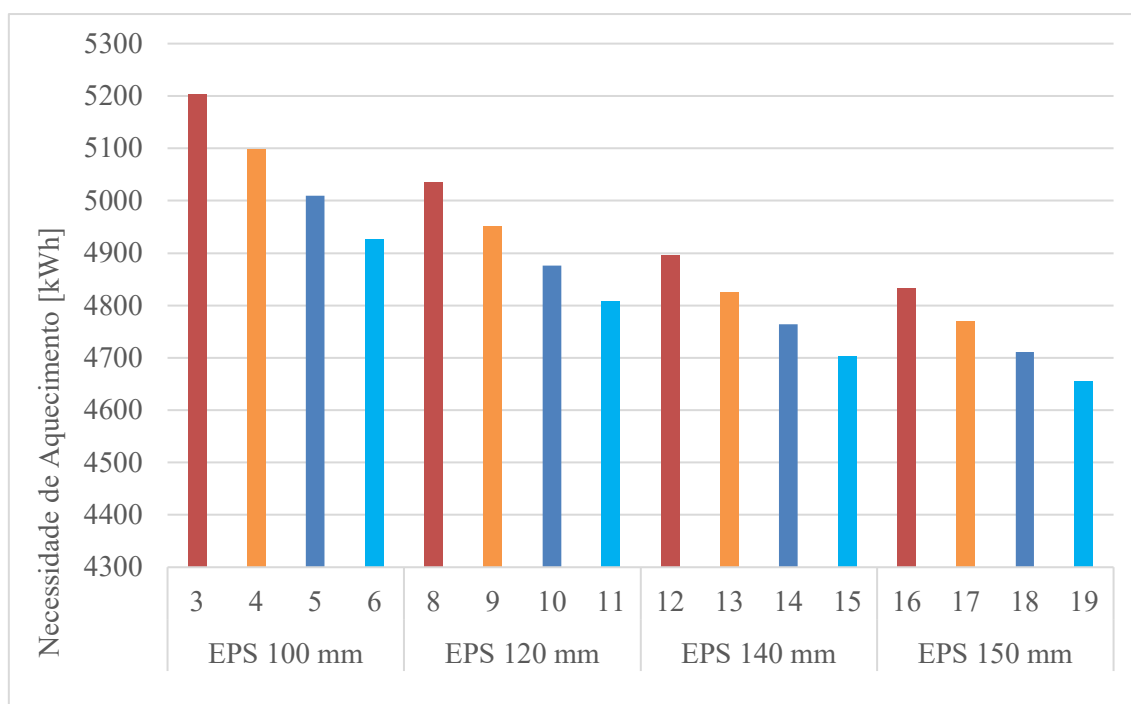


Figura 5.6: Simulações utilizando a cobertura *Roof 02*.
 Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

Na figura a cor vermelha representa as situações em que a espessura de lã de rocha é de 80 mm, a cor laranja, lã de rocha com 100 mm, a cor azul escura, lã de rocha com 120mm e a cor azul clara, lã de rocha com 150 mm.

A fim de confirmar se a situação se repete para todas as simulações realizadas, a Tabela 5.6 e a Tabela 5.7 apresentam o aumento da eficiência de acordo com o aumento da espessura da lã de rocha, e aumento da eficiência de acordo com o aumento da espessura de EPS, respetivamente. É importante ressaltar que nas tabelas a eficiência é determinada em relação a pior situação da categoria: no caso a Tabela 5.6 os valores que correspondem às simulações com 100 mm de EPS tem a eficiência baseada na simulação que combina 100 mm de EPS com 80 mm de lã de rocha. A situação se repete para todos os casos em ambas as tabelas.

Tabela 5.6: Aumento da eficiência em relação ao aumento das camadas de lã de rocha.

Espessura de EPS [mm]	Espessura de lã de rocha [mm]	Acréscimo na espessura de isolamento [mm]	Acréscimo na Eficiência [%]	Acréscimo na eficiência por un. de espessura [%/mm]
100	80	0	referência	-
	100	20	2,02%	0,101 %/mm
	120	40	3,73%	0,093 %/mm
	150	70	5,33%	0,076 %/mm
120	80	0	referência	-
	100	20	1,70%	0,085 %/mm
	120	40	3,17%	0,079 %/mm
	150	70	4,54%	0,065 %/mm
140	80	0	referência	-
	100	20	1,45%	0,073 %/mm
	120	40	2,70%	0,068 %/mm
	150	70	3,94%	0,056 %/mm
150	80	0	referência	-
	100	20	1,31%	0,066 %/mm
	120	40	2,51%	0,063 %/mm
	150	70	3,67%	0,052 %/mm

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

Tabela 5.7: Aumento da eficiência em relação ao aumento da camada de EPS.

Espessura de lâ de rocha [mm]	Espessura de EPS [mm]	Acréscimo na espessura de isolamento [mm]	Acréscimo na Eficiência [%]	Acréscimo na eficiência por un. de espessura [%/mm]
80	100	0	referência	-
	120	20	3,22%	0,161 %/mm
	140	40	5,91%	0,148 %/mm
	150	50	7,13%	0,143 %/mm
100	100	0	referência	-
	120	20	2,91%	0,146 %/mm
	140	40	5,37%	0,134 %/mm
	150	50	6,46%	0,129 %/mm
120	100	0	referência	-
	120	20	2,66%	0,133 %/mm
	140	40	4,91%	0,123 %/mm
	150	50	5,96%	0,119 %/mm
150	100	0	referência	-
	120	20	2,42%	0,121 %/mm
	140	40	4,53%	0,113 %/mm
	150	50	5,50%	0,110 %/mm

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

5.2.4 Geração de energia fotovoltaica

Para que a residência se torne efetivamente NZEB, e consiga suprir a demanda energética através da geração local, os 10 painéis fotovoltaicos sobre a cobertura da garagem também foram configurados no *DesignBuilder*[®] para que sua geração fosse considerada nas simulações. O resumo apresentando os dados de geração e as perdas que ocorrem devido a conversão e armazenamento estão descritos na Tabela 5.8 a seguir:

Tabela 5.8: Resumo das cargas geradas pelo sistema fotovoltaico instalado.

Geração dos painéis FV	Eletricidade [kWh]
Energia fotovoltaica gerada	4.433,56
Conversão de potência	-103,69
Redução líquida no armazenamento no local	-112,95
Geração total no local	4.216,92

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

Estabelecendo uma comparação entre a energia gerada e a energia demandada pela residência, algumas observações importantes devem ser feitas. Primeiramente, quando se

considera o aquecimento apenas com a utilização de piso radiante, as variações no consumo são entre 4655,36 [kWh] (simulação 19, a mais econômica) e 5619,32 [kWh] (simulação 01, a menos econômica). Ambos os consumos poderão ser parcialmente supridos através da geração local. Dessa forma, a energia utilizada para aquecimento interno que seria proveniente de energia elétrica, passaria a ser majoritariamente de fonte solar. A eletricidade serviria apenas para suprir o excedente de aquecimento, o consumo relativo aos equipamentos e iluminação artificial.

Nas situações em que parte da energia de aquecimento é proveniente da lareira a *pellets*, as variações no consumo são entre 3471,05 [kWh] (simulação 19, a mais econômica) e 4175,05 [kWh] (simulação 01, a menos econômica). Nessas situações 100% da energia de aquecimento poderá ser suprida através da fonte solar. Além disso, a energia excedente é utilizada para compensar parte do consumo com iluminação e equipamentos, minimizando cada vez mais o consumo energético da residência.

5.2.5 Emissões de dióxido de carbono (CO₂)

A fim de verificar os benefícios ambientais apresentados pelas simulações em que a camada de EPS é mais significativa na composição das paredes, serão apresentados os resultados referentes às emissões de dióxido de carbono para algumas das simulações realizadas. As simulações 12, 13, 14, que contam com 140mm de EPS, assim como as simulações 16, 17 e 18, com 150mm de EPS terão o material substituído por outro com menores emissões de carbono. Será estabelecida uma comparação relativa aos benefícios ambientais substituindo as camadas de EPS de todos os elementos construtivos, por camadas de igual espessura de ICB.

A utilização do ICB possui diversos benefícios em relação ao conforto ambiental e principalmente em relação à sustentabilidade. Segundo a Amorim Cork Insulation, (2020), além do material ser 100% reciclável e reutilizável em outras aplicações, também possui baixa energia incorporada e emissões negativas de carbono (ou seja, realiza o sequestro de carbono). Segundo dados e relatórios da própria fabricante, “quando é considerada a capacidade de retenção de carbono da floresta de sobro, associada à produção de cortiça, o resultado é [...] um total de -73342 kg CO₂ por tonelada de produto” (Amorim Cork, 2018, p. 125).

Em relação aos benefícios térmicos o ICB apresenta características semelhantes referentes ao coeficiente de transmissão térmica como apresentado na Tabela 4.9. Por outro lado, apresenta maior inércia térmica, e conseqüentemente o atraso térmico proporcionado pelo ICB é superior ao de soluções que utilizam EPS como isolante pelo exterior (Amorim Cork Insulation, 2020). Com essa informação, seria possível utilizar espessuras inferiores de ICB a fim de obter o mesmo desempenho térmico. Porém, como se almeja estabelecer uma comparação equivalente em relação à emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) serão realizadas simulações de ICB com as mesmas espessuras do que foi utilizado com o EPS.

Os valores de emissões de Dióxido de Carbono encontram-se especificados na Tabela 5.9, salientando as emissões específicas para cada material e o total gerado pela simulação. Enfatiza-se que todos os elementos construtivos que possuem EPS na composição das suas camadas (paredes exteriores, laje do pavimento e laje da cobertura) tiveram o material substituído por uma camada equivalente de ICB na segunda etapa da simulação.

Tabela 5.9: Emissões anuais de carbono por material para cada simulação considerada [kgCO₂].

SIMULAÇÃO	12	13	14	16	17	18
LÃ DE ROCHA	2840,2	2997,0	3154,1	2840,2	2997	3154,1
EPS	3795,8	3795,8	3795,8	3920,6	3920,6	3920,6
TOTAL	6636,0	6792,8	6949,9	6760,8	6917,6	7074,7
LÃ DE ROCHA	2840,2	2997,0	3154,1	2840,2	2997,0	3154,1
ICB	-9975,3	-9975,3	-9975,3	-10303,2	-10303,2	-10303,2
TOTAL	-7135,1	-6978,3	-6821,2	-7463,0	-7306,2	-7149,1

Fonte: Resultados obtidos no *DesignBuilder*[®].

Na tabela, as emissões geradas são decorrentes do volume de material utilizado em cada situação. Com o aumento de espessura das camadas, aumenta-se também o valor de CO₂ emitido. Os valores são baseados nas emissões nominais que foram apresentadas na Tabela 4.9.

Nas simulações que utilizam o EPS nota-se que a lã de rocha possui valores inferiores de emissões. Isso ocorre devido às diferentes matérias primas utilizadas e nos diferentes processos de fabricação empregados para cada material (as emissões englobam também o processo de produção). Isso mostra que o potencial sustentável da lã de rocha é muito

superior ao do EPS, pois o seu volume empregado também é consideravelmente superior. Nas simulações, aplica-se a lã de rocha em todas as envoltentes exteriores e também nas divisórias internas da residência, enquanto o EPS é aplicado apenas nas envoltentes.

Avaliando a substituição do EPS pelo ICB na composição do ETICS destaca-se os valores negativos de emissões de CO₂ do material. A cortiça, matéria prima do ICB, é derivada de uma árvore, que ao longo da sua vida irá aprisionar uma quantidade considerável de carbono. Dessa forma, realizando uma comparação entre o carbono emitido pelo processo de produção do ICB, e o carbono sequestrado pela vegetação ao longo da sua vida, o valor retirado da atmosfera é muito superior aos valores emitidos. Portanto, na análise global do ciclo de vida do ICB considera-se emissões negativas, fazendo com que o potencial sustentável do material seja consideravelmente superior ao EPS.

As simulações tidas como mais adequadas do ponto de vista ambiental são as que apresentam maiores espessuras de camada isolante no ETICS. São elas as simulações que contém 150mm de EPS em sua composição.

5.3 Avaliação da sustentabilidade do modelo

Como forma de compilar e relacionar os requisitos sustentáveis englobados no projeto da habitação com os grupos de avaliação descritos no Capítulo 2, a Tabela 5.10 foi elaborada, procurando sintetizar todas as informações descritas nos tópicos dos Capítulos 4 e 5.

Tabela 5.10: Relação entre as estratégias utilizadas na residência com o respectivo grupo de sustentabilidade

GRUPO	ESTRATÉGIA
1. Planeamento sustentável do local	<ul style="list-style-type: none"> - Análise da trajetória solar; - Análise da ventilação natural; - Análise da topografia do terreno; - Localização em ambiente urbano; - Distribuição dos espaços em coerência com as condicionantes analisadas;
2. Proteção ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Pouca modificação na topografia original do terreno; - Incentivo ao plantio de vegetação para sombreamento e paisagismo; - Vegetação para criação do microclima local;
3. Qualidade dos ambientes internos	<ul style="list-style-type: none"> - Estímulo a iluminação natural – janelas e portas envidraçadas; - Posicionamento das aberturas coerentes com a iluminação e ganhos térmicos provenientes de cada orientação; - Elementos de proteção solar para limitar ganhos térmicos no verão (estores venezianos, vegetação como proteção solar, varanda, muro de proteção solar na face oeste); - Ventilação natural através de janelas oscilobatentes com 0,4 rph; - Climatização (aquecimento) através de piso radiante e lareira à biomassa; - Conforto térmico e acústico atingido devido a utilização de lã de rocha nas paredes;
4. Materiais e recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura em LSF possui alto potencial de reciclagem; - Controle de qualidade da estrutura através do uso do LSF; - Estrutura leve, versátil e resistente; - Aplicação de materiais isolantes para aumento da inércia térmica e para evitar perdas/ganhos de calor indesejados; - Utilização do ETICS como revestimento exterior para isolamento e para mitigar o efeito das pontes térmicas; - Utilização da combinação de EPS (no sistema ETICS) e lã de rocha (no interior das paredes) para isolamento térmico; - Revestimentos internos com placas de gesso cartonado, o que resulta em maior flexibilidade e leveza na estrutura; - Vãos envidraçados com vidros duplos e vidro exterior reflectante; - Vãos envidraçados com classe de permeabilidade ao ar 4; - Isolamento térmico em EPS aplicado na cobertura e na laje do pavimento – evitar que o calor do interior atravesse a estrutura; - Espessura ideal para as camadas de isolamento serão obtidas através de análises no <i>DesignBuilder</i>[®].

5. Eficiência da água	- Preparação de AQS compatível com o número de moradores da residência.
6. Eficiência energética	- Preparação de AQS através de bomba de calor; - Previsão de painéis fotovoltaicos – utilização de energias renováveis; - Maximização da iluminação natural; - Iluminação artificial utilizando LED; - Climatização através de uso de energias renováveis (biomassa e ventilação natural). - Energia total necessária para aquecimento e arrefecimento será obtida através das análises no <i>DesignBuilder</i> [®] .
7. Gestão de resíduos	- Coleta seletiva de resíduos sólidos; - Resíduos destinados para reciclagem pela companhia municipal; - Esgoto residencial será destinado para a estação de tratamento de esgoto municipal.
8. Gestão e manutenção	- Facilidade de manutenção dos sistemas e subsistemas devido à estrutura em LSF.
9. Emissão de poluentes	- Utilização de materiais de isolamento com baixa emissão de dióxido de carbono (CO ₂); - Proposta de substituição de material com emissão de CO ₂ (EPS) por um material que sequestra carbono (ICB).
10. Inovações	-

Capítulo 6.

Discussões e Conclusões

6.1 Discussão de resultados

Em relação aos resultados obtidos nas simulações, algumas observações e apontamentos são necessários para algumas das situações descritas no capítulo 5. Serão aqui discutidos com maior ênfase os assuntos relativos às necessidades de aquecimento, por ser o fator que gerou maior consumo de energia.

Nos primeiros dados que representaram as necessidades totais de aquecimento em cada configuração, nota-se que entre elas, os maiores consumos são identificados nas simulações 01, 02 e 07. São as simulações que possuem o tipo de cobertura com menor espessura de isolamento (*Roof 01*). Já as simulações com menor consumo, a 15 e a 19, são as que apresentam cobertura e paredes com maior espessura de material de isolamento (*Roof 02, Wall 12 e Wall 16*).

Como esperado, as necessidades totais de aquecimento decrescem à medida que a espessura de isolamento aumenta. O aumento do isolamento térmico proporciona uma diminuição do coeficiente de transmissão térmica, mas por outro lado aumenta o atraso térmico, ou seja, as necessidades de aquecimento são inversamente proporcionais à espessura de material isolante (Amorim Cork Insulation, 2020). Porém isso não significa, necessariamente, que a situação ideal para a instalação na residência seja a que apresente maior espessura nas paredes e na cobertura (simulação 19), necessitando que sejam avaliados também o consumo de material e seu impacto ambiental.

Para fins comparativos entre todas as simulações feitas, a Figura 6.1 apresenta um gráfico mostrando as diferenças encontradas para necessidades de aquecimento e a sua relação com as respectivas espessuras de materiais. Com essa figura é possível observar as diferenças entre o consumo de materiais que possuem a mesma espessura total de isolamento, mesmo que as espessura de lã de rocha e de EPS não sejam constantes.

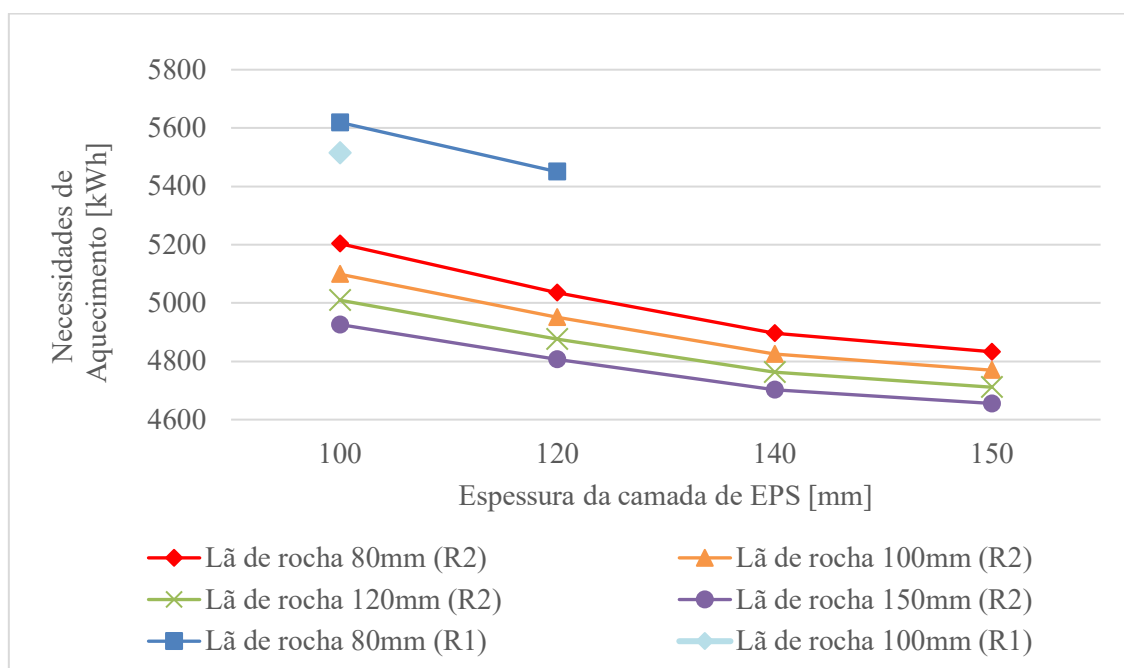


Figura 6.1: Resultados obtidos para as necessidades de aquecimentos em todas as simulações.

Nesta Figura tem-se a opção com menor consumo de material sendo a simulação 01. Consequentemente, é a simulação que possui o maior consumo energético. A segunda situação, que conta com um acréscimo na espessura de lâ de rocha, tem um aumento de 20 mm na espessura e aumento na eficiência de aproximadamente 1,88%, enquanto a opção em que o aumento ocorre na espessura do EPS, a eficiência sofre um acréscimo de 3,01%. Nota-se que a espessura final de isolamento das simulações 02 e 07 são a mesma: 200mm. Porém a redução no consumo energético acaba sendo mais significativa com o aumento da espessura do EPS.

Retornando à análise da figura, tem-se as simulações menos econômicas, as que utilizam a cobertura *Roof01* (simulações 01, 02 e 07). Para as demais simulações (com *Roof02*) adota-se como referência a simulação que caracteriza o pior consumo (simulação 03, 100mm de EPS e 80 mm de lâ de rocha). É possível compará-la com duas situações: onde ocorre um aumento de 20mm na camada de lâ de rocha (simulação 04), e onde ocorre um aumento de 20mm na camada de EPS (simulação 08). Em ambas situações o acréscimo no isolamento foi o mesmo e a espessura total somando os dois materiais também é a mesma. Porém o aumento na eficiência quando se acrescenta lâ de rocha é em torno de 2,02%, e com o acréscimo do EPS, aumenta em 3,22%.

A situação se repete quando a comparação é feita baseando-se na simulação 08 (pior situação com 120mm de EPS), e comparando-a com as simulações 09 e 12, onde ocorre o aumento de 20mm na lã de rocha e no EPS, respetivamente. Tem-se a simulação 09 1,70% mais eficiente que a 08, enquanto na simulação 12 esse aumento muda para 2,78%. Na figura também observa-se que nas primeiras simulações, com espessuras menores de EPS, a eficiência não tem aumento significativo conforme as espessuras da lã de rocha vão aumentando. A simulação 08 acaba sendo mais eficiente que a simulação 04 e também possui eficiência muito próxima da simulação 05. Da mesma forma a simulação 12 é superior à simulação 09 e possui eficiência próxima a da simulação 10.

Ambos os factos também afirmam que o aumento na espessura do EPS tem influência mais significativa do que o aumento da lã de rocha. Essa verificação na observação do gráfico é menos intuitiva nas simulações com 150 mm de EPS, pois em relação a espessura anterior, o acréscimo foi de 10 mm, enquanto anteriormente teria sido de 20 mm.

Fixando a espessura de um dos isolamentos e variando a espessura do outro, nota-se que o aumento percentual da eficiência ocorre de forma mais significativa com a variação de espessura do EPS para todas as situações, confirmando a suspeita levantada anteriormente com as análises da Figura 5.5 e da Figura 5.6. A confirmação desses dados também pode ser observada quando se analisa o aumento da eficiência por unidade de espessura acrescido em ambos os materiais.

Procurando estabelecer algumas espessuras ideais para a utilização na edificação, algumas simulações podem ser excluídas. Dessa forma, com as simulações selecionadas uma análise financeira poderá ser elaborada a fim de apresentar aos moradores quais os custos e benefícios que cada situação poderá apresentar a médio e longo prazo.

Inicialmente serão desclassificadas as simulações com a composição de cobertura *Roof 01*, pois as três situações apresentaram um consumo com aquecimento muito elevado.

Considerando que a espessura de EPS é mais influente que a espessura de lã de rocha, serão também desclassificadas as simulações com menores espessuras de EPS: com 100 mm e 120 mm. Por esse mesmo fato, também serão desconsideradas as simulações que contem a maior espessura de lã de rocha (150mm). O aumento na eficiência não é tão significativo e o consumo de material aumenta consideravelmente, fazendo com que os

benefícios gerados por essa espessura elevada de lã de rocha não seja tão impactante para a vida dos futuros utilizadores.

O fato de o aumento da espessura de EPS ser mais influente que o aumento da lã de rocha, se deve ao facto de os valores da condutibilidade térmica da lã de rocha serem ligeiramente superiores à do EPS (para valores iguais, tal diferença não seria verificada). Alguns fabricantes de lã de rocha já começam a apresentar materiais com valores semelhantes para elementos de igual espessura, nomeadamente para lã de rocha com valores de densidade de 40 [kg/m³]. Nesta situação, o critério de escolha seria puramente económico (se o fator acústico não for preponderante).

As simulações consideradas adequadas são: simulações 12, 13, 14, 16, 17 e 18. Estabelecendo-se uma comparação entre elas, é possível afirmar que a eficiência da simulação 16 é semelhante a da simulação 13. O mesmo ocorre entre as simulações 17 e 14. Devido ao fato das simulações 13 e 14 apresentarem esse comportamento, porém utilizando uma camada mais espessa de lã de rocha, também serão desclassificadas. A simulação 12, por apresentar o pior rendimento entre as citadas, também será desclassificada.

As situações mais indicadas, em termos térmicos, para a utilização na habitação, então, são:

- Simulação 16: 150 mm de EPS + 80 mm de lã de rocha
- Simulação 17: 150 mm de EPS + 100 mm de lã de rocha
- Simulação 18: 150 mm de EPS + 120 mm de lã de rocha

No entanto estes valores de redução do consumo energético são acompanhados de um custo adicional da construção por aumento da espessura de isolamento. Os valores percentuais de redução simulados apresentam-se muito baixos, com redução máximas da ordem dos 7,13%.

A analisarmos a figura 6.1 nota-se uma tendência assintótica nos valores das simulações. Sendo o declive perceptível nas simulações de menores espessuras. Esta tendência denota que os valores de utilizados, se encontram muito próximos, ou mesmo dentro, do intervalo ótimo de espessura. O estudo económico seria necessário, a fim de avaliar com precisão o rácio custo-redução energética. Podemos acrescentar que uma grande parte das necessidades energéticas da habitação, são obtidas de fontes renováveis

de origem fotovoltaica, tendo um custo específico de [kWh] para cada instalação-localização.

Fica, então, a critério dos moradores a escolha da situação que mais condiz com as suas necessidades, seu estilo de vida e com os seus recursos financeiros. No entanto os valores de referencia permitem aferir que as melhorias nos consumos finais, com o aumento das espessuras, não serão de magnitude significativa. Destaca-se também, que quando substituído o EPS por ICB, os maiores benefícios também são alcançados com materiais de espessuras mais significativas, como as de 150mm. No entanto os custos desta solução são claramente superiores aos da solução de EPS com 150 [mm].

6.2 Conclusões

A procura por edificações residenciais em todo o mundo é bastante significativa. Se todas as novas habitações forem planeadas e edificadas tendo o pensamento voltado para a sustentabilidade, irá gerar um grande alívio para o planeta em relação ao consumo de materiais e consumo de energias não renováveis. O pensamento do setor da construção civil voltado para a economia circular (planejar produtos que possam ser reciclados ou reutilizados ao fim da sua vida útil) é de extrema necessidade, pois a geração de resíduos provenientes das edificações, em todas as etapas do seu ciclo de vida, é um fato que deve ser considerado.

Com a análise das certificações ambientais de edificios ao redor do mundo foi possível perceber que cada país procura inserir parâmetros relacionados às suas particularidades, porém todas as certificações tem como objetivo comum o atendimento das necessidades dos utilizadores, aliados com a eficiência e desempenho do ambiente construído.

A caracterização e descrição do sistema LSF tornou possível a análise de alguns fatores relevantes para a sustentabilidade, como por exemplo a flexibilidade e facilidade de readequação dos espaços internos, a leveza da estrutura, a capacidade de reciclagem do aço (matéria prima da estrutura), entre outros. Para a inserção do sistema na cidade de Bragança, o ponto negativo observado foi em relação a sua baixa inércia térmica. O fato de o aço e os materiais do envelope mais usuais (OSB e gesso cartonado) apresentarem uma baixa inércia térmica (devido às espessuras pequenas em comparação com a

construção mais tradicional de alvenaria e betão) é um problema que pode facilmente ser solucionado com a utilização de grandes espessuras nos materiais de isolamento. Os valores tradicionais em utilização e por imposição legislativa requerem para a alvenaria, espessuras de EPS de 80 a 100 [mm]. Porém não necessariamente essas são as espessuras ideais para aplicação no sistema de aço leve. Entre os materiais existentes no mercado, optou-se por analisar mais a fundo o EPS e a lã de rocha, sendo este último necessário na tipologia LSF por considerações acústicas. Uma nota que pode ser relevante na escolha de materiais será a de considerar a melhoria da performance acústica nos aumentos das espessuras da lã de rocha como um acréscimo no conforto em locais de maior intensidade de ruído aéreo.

Todas as análises relacionadas à sustentabilidade (identificadas nas análises das ferramentas de certificação ambiental de edifícios) foram aplicadas em um caso de estudo de uma habitação na cidade de Bragança, em Portugal. Foi possível especificar e analisar quais os itens relacionados à sustentabilidade presentes em casa grupo de análise, sendo também possível verificar as relações de interdependência entre elas.

Para verificar a eficiência dos materiais de isolamento em relação às necessidades de aquecimento, as simulações feitas através do *DesignBuilder*[®] demonstraram resultados já esperados, porém que possibilitaram uma análise interessante relacionando consumo de material e eficiência. As simulações apresentaram que quanto maior a espessura de isolamento, mais eficiente a composição do elemento construtivo (paredes e cobertura). Porém a influência da espessura do EPS é mais significativa que a influência da lã de rocha. Esse fato acontece devido às propriedades físicas de cada material: a lã de rocha apresenta um coeficiente de transmissão térmica superior à do EPS, portanto o calor atravessa a lã de rocha com uma ligeira facilidade, em comparação com o EPS equivalente.

Em relação às emissões de CO₂ também foi possível observar que quanto maior a espessura do material, maiores as emissões de dióxido de carbono. Porém, quando substituído o EPS por ICB, em vez de emissões de carbono o resultado obtido foi de sequestro de carbono. Ou seja, a matéria prima do ICB absorve mais carbono durante o seu ciclo de vida, do que emite posteriormente quando é transformada em material isolante. Como o custo associado à implementação de ICB por ETICS é muito elevado, não se justifica esta escolha. Quando da implementação futura de requisitos ambientais

que serão incorporados nas construções novas e grandes reabilitações, com a imposição de materiais com baixa emissão de CO₂ (ou mesmo negativa) o paradigma da construção será renovado. Um possível caminho, de forma a baixar os valores de CO₂ sem um aumento considerável nos custos, seria a aplicação de uma camada de ICB sobre a laje de piso, mesmo com a utilização de EPS. Essa aplicação também traria benefícios térmicos e conseqüente redução no consumo energético.

Com essas análises foi possível estabelecer algumas situações desejáveis para aplicação na residência estudada, ficando melhor balizados os critérios para construtores e moradores definirem quais são as suas necessidades e prioridades, para por fim definir quais as espessuras de materiais isolantes a serem aplicadas tanto na cobertura quanto nas paredes da habitação.

6.3 Perspetivas futuras

Para a escolha adequada da espessura de isolamento que contemple todas as premissas básicas da sustentabilidade (pilar ambiental, social e económico), como sugestão para uma continuação deste trabalho seria relacionado ao levantamento dos recursos financeiros necessários para a consolidação de cada uma das propostas. Com os custos definidos, será possível determinar e apresentar aos futuros moradores da edificação qual é a configuração adequada que irá lhes proporcionar, além de conforto, eficiência e sustentabilidade, também a economia de recursos financeiros.

Este trabalho procurou encontrar a relação da eficiência do EPS e da lã de rocha, porém existem diversos materiais isolantes no mercado, cada um com suas características e com as suas indicações e restrições de uso. Outros trabalhos poderiam se desenvolver buscando avaliar o desempenho de outros materiais.

Considerando que os estudos desenvolvidos ao longo deste trabalho foram aplicados em um modelo arquitetónico que se encontra em fase de projeto, algumas sugestões para trabalhos futuros podem ser propostas em relação ao acompanhamento do ciclo de vida da habitação, para a verificação da sustentabilidade durante as etapas construtivas e de ocupação. Eventualmente poderia ser proposto um trabalho para realização de uma avaliação de pós-ocupação no local. Essa ferramenta poderia auxiliar a identificar qual a percepção dos utilizadores em relação ao conforto e eficiência, e também quais são as

críticas e sugestões apontadas para que possíveis melhorias possam ser propostas e aplicadas em projetos futuros.

Como trabalho futuro sugere-se também uma análise de estudo por modelos de otimização, onde a componente de geração de energia renovável seja contemplada em comparação como o custo da energia do provedor.

Depois de concluída a edificação, outra sugestão de trabalho seria referente à verificação e validação *in loco* dos dados obtidos através das simulações com o *software DesignBuilder*[®], estabelecendo uma análise comparativa entre o que foi proposto durante a etapa conceptual e o que realmente ocorre na prática.

Referências bibliográficas

- AFNOR Normalisation. (29 de 10 de 2019). *CEN/TC 350*. Obtido de CEN/TC 350 Sustainability of construction works: http://portailgroupe.afnor.fr/public_espacenormalisation/CENTC350/index.html
- ADENE. (31 de 10 de 2019). *Legislação*. Obtido de SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios: <https://www.sce.pt/legislacao/>
- Amorim Cork Insulation. (22 de 04 de 2020). *Vantagens*. Obtido de INÉRCIA TÉRMICA. COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS DE MERCADO.: <https://www.amorimcorkinsulation.com/vantagens/inercia-termica/>
- Asian European Engineering. (23 de 10 de 2019). *News - Sustainability Pyramid*. Obtido de Sustainability, Energy Efficiency, MEP Design: <http://www.aee-ltd.com/services/sustainability/sustainability-pyramid/>
- Augusto, C., Bragança, L., & Almeida, M. (2016). *Materiais de isolamento térmico de edifícios para além da energia operacional*. Braga: Universidade do Minho.
- Baiona, R. (2014). *NZEB - Um desafio para a engenharia civil*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Bauer, M., Möhle, P., & Schwatz, M. (2007). *Green Building - Guidebook for sustainable architecture* (Vol. 1). Stuttgart, Germany: Springer. doi:10.1007/978-3-642-00635-7
- Bragança, L., Mateus, R., & Gouveia, M. (2011). Construção sustentável: o novo paradigma do setor da construção. *Paredes divisórias: passado, presente e futuro*, 67-82. Obtido em 27 de 04 de 2019, de http://www.hms.civil.uminho.pt/events/paredes2011/67_82.pdf
- BREEAM. (2016). *BREEAM International New Construction 2016: Technical Manual*. London: bre.
- BREEAM ES. (2015). *BREEAM ES NUEVA CONSTRUCCIÓN 2015*. bre.
- BREEAM NL. (2014). *BREEAM NL 2014: Label for sustainable real state*. Rotterdam: bre.

- BREEAM NOR. (2016). *BREEAM NOR: New Construction 2016*. bre.
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environmental and Development: Our Common Future*. Oslo.
- Burszlyn, M. A., & Burszlyn, M. (22 de 02 de 2006). Desenvolvimento sustentável: biografia de um conceito. *Economia, meio ambiente e comunicação*, pp. 54-67.
- CEPEL - CRESESEB. (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2016). *Referencial CASA Colômbia para el diseño y construcción de soluciones habitacionales sostenibles*. Bogotá: CCCS.
- Consoli, I., Andrade, C., & Tabalipa, N. (2019). Análise dos indicadores de Qualidade do Ambiente Interno nas ferramentas de certificação ambiental de edifícios. *CIEEMAT 19*. Portalegre, Portugal.
- Costa, L. (2013). *A luz como modeladora do espaço na Arquitetura*. Covilhã, Portugal: Universidade da Beira Interior.
- Davini, G. (2016). *Construção sustentável: comparativo entre Brasil e Portugal*. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Design Builder Software. (2019). *Design Builder 6.1.2.009*. Stroud, UK.
- DGNB system. (2018). *DGNB System: criteria set new construction building*. DGNB GmbH.
- Duarte, R. (2014). *Reabilitação de edifícios com novas tendências NZEB - Caso de Estudo - Edifício de Serviços em Setúbal*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- European Commission. (29 de 10 de 2019). *Energy performance of buildings directive*. Obtido de Energy: <https://ec.europa.eu/energy/en>
- Fernandes, J., & Mateus, R. (2011). Arquitetura vernacular: uma lição de sustentabilidade. *Sustentabilidade na reabilitação urbana: o novo paradigma do mercado da construção*, pp. 205-216. Obtido em 27 de 04 de 2019, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/15423/1/arquitectura%20vernacular.pdf>
- Ferreira, M. S. (2014). *O sistema construtivo com estrutura leve em aço*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- GBC Brasil. (2019). *Certificação Green Building Council Brasil - CASA*.

- GBC Italia. (2018). *GBC home Edifici Residenziali*.
- GBC South Africa. (2017). *Green Star Sustainable Precincts: Local context report for RSA*.
- GBI. (2012). *GBI assessment criteria for residential new construction V3*.
- Gervasio, H., & Dimova, S. (2018). *Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings*. (P. O. Union, Ed.) European Union: EUR 29123 EN.
doi:10.2760/10016
- Gomes, A. P. (2007). *Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em Light Steel Framing*. Ouro Preto, MG, Brasil: Universidade Federal de Ouro Preto.
- Gonçalves, H., & Graça, J. (2004). *Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal*. Lisboa, Portugal.
- GREEN BUILDING COUNCIL INDONESIA. (2014). *GREENSHIP HOMES Version 1.0*. GBCI.
- Heywood, H. (2012). *101 Regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético*. Barcelona, Espanha: G Gili.
- Hong Kong GBC. (2012). *BEAM Plus New Buildings Version 1.2*. Hong King.
- HQE. (2014). *HQE echeme: environmental performance of residential building*. Paris: Cerway.
- Indian Green Building Concil. (2012). *IGBC Green Homes Rating System Version 2.0*. Hyderabad: IGBC.
- IPMA. (25 de 09 de 2019). *Normais Climatológicas - 1971-2000 - Temperatura do ar Bragança*. Obtido de Instituto Português do Mar e Atmosfera:
<https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/#575>
- Japan Sustainable Building Consortium & Institute for Building Environment and Energy Conservation. (2014). *CASBEE foir building (New Constructions): Technical Manual*.
- Korean Green Building Council. (2011). *Green Buildings and Green Growth: Approaches to Encouraging a Positive Green Building Climate*. Singapore: APEC.
- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. (s.d.). *SOL-AR 6.2*. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina .

- Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. O. (1997). *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo, SP: PW Editores.
- Lebanon GBC. (s.d.). *ARZ Green Building Rating System*.
- Lima, R. (2013). *Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo Light Steel Frame*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.
- LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. (2010). *Regras para a concessão de uma Aprovação Técnica Europeia (ETA) ou de um Documento de Homologação (DH) a Sistemas Compósitos de Isolamento pelo Exterior (ETICS)*. . Lisboa: Departamento de Edifícios - Núcleo de Revestimentos e Isolamentos.
- LNEC. (2017). *Avaliação Técnica Europeia - ISOLPRO*. Lisboa, Portugal: LNEC. Obtido em 22 de 04 de 2020, de http://livraria.lnec.pt/fichs/p_eta150462_pt_linha_1ed.pdf
- LNEG. (2014). *Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica - versão 1.05 (13 de fevereiro de 2014)*.
- Magnesiopan. (22 de 04 de 2020). *Magnesian Boards*. Obtido de Magnesian Boards: <https://www.magnesiopan.com/>
- Martins, C., Rosa, N., Santos, P., & Silva, L. (2017). Edifícios com estrutura leve em aço enformado a frio (LSF): Vantagens e desvantagens do sistema. *XI Congresso de construção metálica e mista*. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra.
- Moura, V. S. (2007). *Certificação ambiental de edificações: modelos de conformidade e processos de implantação*.
- NZGBC. (2016). *Green Star Technical Manual V3.1*. NZGBC.
- NZGBC. (2018). *Homestar v4 Technical Manual*. NZGBC.
- Perdigão, M. N. (2013). *Análise de Ciclo de Vida de duas soluções de ETICS*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Philippine GBC. (2018). *BERDE GBRS - New Construction Version 2.2.0*.
- Pinheiro, M. D. (2006). *Ambiente e construção sustentável*. Amadora, Portugal: Instituto do Ambiente.

- Pinheiro, M. D. (2011). *LiderA: Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos*. Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Portugal. (2013). *Despacho 15793-K*.
- Portugal. (3 de dezembro de 2013). Despacho nº 15793-F/2013. nº 234, 35088(26) - 35088(31).
- Rego, D. (2012). *Estruturas de edifício em light steel framing*. Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.
- Resíduos do Nordeste. (11 de 12 de 2019). *Resíduos e tipos de resíduos*. Obtido de Resíduos Nordeste:
<https://www.residuosdonordeste.pt/residuosETiposDeResiduos/>
- Ribeiro, N. A. (2013). *Sistemas de isolamento térmico pelo exterior - condições de aplicação e utilização na reabilitação térmica dos edifícios*. Covilhã: Universidade da Beira Interior.
- Santiago, A., Freitas, A., & Crasto, R. (2012). *Steel Framing: Arquitetura* (2a ed.). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Instituto aço Brasil/CBCA.
- Santo, H. M. (2010). Procedimentos para uma certificação da construção sustentável.
- Santos, C., & Matias, L. (2006). *ITE 50 - Coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente dos edifícios*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
- Simar. (22 de 04 de 2020). *Simar - Fabricantes de janelas PVC e Alumínio*. Obtido de Simar : <https://simar.pt/sistema-de-estores/>
- Sousa, P., & Amado, M. P. (2012). Construção sustentável - contributo para a construção de sistema de certificação. *Congresso Inovação na Construção Sustentável 2012* (pp. 1-13). Aveiro: Edições Plataforma para Construção Sustentável.
- Swiss Krono. (22 de 04 de 2020). *Swiss Krono*. Obtido de Swiss Krono:
<https://www.swisskrono.com/ch-pt/produtos/building-materials/osb/#/>
- Szokolay, S. V. (2004). *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*. Oxford, UK: Elsevier.
- Towell, B. (2015). *Quality assurance guide for green building rating tools*. WGBC.

- UNILIN. (22 de 04 de 2020). *UNILIN*. Obtido de UNILIN:
<http://www.unilin.com/en/panels>
- University of Florida. (28 de 04 de 2019). *Charles J. Kibert*. Obtido de UF College of design, construction & planning: <https://dcp.ufl.edu/faculty/kibert-charles-j/>
- USG. (22 de 04 de 2020). *USG*. Obtido de USG:
<https://www.usg.com/content/usgcom/en.html>
- USGBC. (2009). *LEED Green Associate Study Guide*. U.S. Green Building Council.
- Vieira, R. S. (jan-abr de 2012). Rio +20 - Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: contexto, principais temas e expectativas em relação ao novo "direito da sustentabilidade:.. *Revista NEJ*, 17(1), 48-69. Obtido em 25 de 04 de 2019, de www.univali.br/periodicos
- Vivan, A. (2011). *Projetos para produção de residências unifamiliares em Light Steel Framing*. São Carlos - SP, Brasil: Universidade Federal de São Carlos.
- WeatherOnline. (14 de 11 de 2019). *Bragança (692m)*. Obtido de WeatherOnline:
https://www.weatheronline.pt/weather/maps/city?LANG=pt&PLZ=____&PLZ N=____&WMO=08575&CONT=ptpt&R=0&LEVEL=162®ION=0005&LAND=PO&MOD=tab&ART=SOS&NOREGION=0&FMM=1&FYY=2000&LMM=10&LYY=2019
- Weber . (22 de 04 de 2020). *Weber Saint-Gobain*. Obtido de Weber Saint-Gobain :
<https://www.pt.weber/>
- WGBC. (08 de 05 de 2019). *About Green Building*. Obtido em 08 de 05 de 2019, de World Green Building Council: <https://www.worldgbc.org>

Anexos

Anexo 1

Categorias de avaliação, pontuação e níveis de sustentabilidade das ferramentas de certificação ambiental

CERTIFICAÇÃO	CATEGORIAS	CLASSIFICAÇÃO	REFERÊNCIA
ARZ Rating System LÍBANO	Performance energética	Ouro	135 pts
	Energia térmica	Prata	120 pts
	Energia elétrica	Bronze	100 pts
	Envoltório do edifício	Certificado	80 pts
	Materiais	Não - certificado	<80 pts
	Qualidade interna do ar		
	Operações e administração		
	Conservação da água		
	Bônus		
BEAM Plus HONG KONG	Aspectos locais	Platinum	75 pts
	Materiais	Gold	65 pts
	Uso de energia elétrica	Silver	55 pts
	Uso de água	Bronze	40 pts
	Qualidade interna do ar		
	Inovações		
BERDE FILIPINAS	Conservação de energia e eficiência energética		
	Conservação da água		
	Gestão de resíduos		
	Gestão e administração		
	Uso do solo e ecologia	---	
	Materiais verdes		
	Transporte		
	Qualidade interna do ar		
	Emissão de poluentes		
BREEAM INGLATERRA	Gestão e administração	Outstanding	85 pts
	Saúde e bem-estar	Excellent	70 pts
	Energia	Very good	55 pts
	Transporte	Good	45 pts
	Água	Pass	30 pts
	Materiais	Unclassified	<30 pts
	Resíduos		
	Uso do solo e ecologia		
	Emissão de poluentes		
	Inovações		

(Lebanon GBC)

(Hong Kong GBC, 2012)

(Philippine GBC, 2018)

(BREEAM, 2016)

BREEAM – ES ESPANHA	Gestão e administração	Outstanding	85 pts	(BREEAM ES, 2015)
	Saúde e bem-estar	Excellent	70 pts	
	Energia	Very good	55 pts	
	Transporte	Good	45 pts	
	Água	Pass	30 pts	
	Materiais	Unclassified	<30 pts	
	Resíduos			
	Uso do solo e ecologia			
	Emissão de poluentes			
BREEAM - NL HOLANDA	Gestão e administração	Outstanding	85 pts	(BREEAM NL, 2014)
	Saúde e bem-estar	Excellent	70 pts	
	Energia	Very good	55 pts	
	Transporte	Good	45 pts	
	Água	Pass	30 pts	
	Materiais	Unclassified	<30 pts	
	Resíduos			
	Uso do solo e ecologia			
	Emissão de poluentes			
BREEAM - NOR NORUEGA	Gestão e administração	Outstanding	85 pts	(BREEAM NOR, 2016)
	Saúde e bem-estar	Excellent	70 pts	
	Energia	Very good	55 pts	
	Transporte	Good	45 pts	
	Água	Pass	30 pts	
	Materiais	Unclassified	<30 pts	
	Resíduos			
	Uso do solo e ecologia			
	Emissão de poluentes			
CASA COLÔMBIA	Sustentabilidade do entorno	Excepcional	85 pts	(Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2016)
	Sustentabilidade da obra	Excelente	75 pts	
	Eficiência da água	Sustentável	50 pts	
	Eficiência energética			
	Eficiência dos materiais			
	Bem-estar			
	Responsabilidade social			
CASBEE JAPÃO	Qualidade do ambiente interno	S - Excellent	05 pts	(Japan Sustainable Building Consortium & Institute for
	Qualidade dos serviços	A - Very good	04 pts	
	Preservação do ambiente externo	B+ - Good	03 pts	
	Redução no consumo de energia	B- - Fairy Poor	02 pts	

	Redução no consumo de recursos e materiais	C - Poor	01 pts	Building Environment and Energy Conservation, 2014)
	Consideração do ambiente externo			
DGNB ALEMANHA	Qualidade do ambiente	Platina	80 pts	(DGNB system, 2018)
	Qualidade econômica	Ouro	65 pts	
	Qualidade funcional e sociocultural	Prata	50 pts	
	Qualidade técnica	Bronze	35 pts	
	Qualidade dos processos			
	Qualidade do local			
EDGE INTERNACIONAL	Eficiência energética			
	Eficiência da água			
	Eficiência dos materiais			
GBC Brasil CASA BRASIL	Implantação	Platina	80 pts	(GBC Brasil, 2019)
	Uso eficiente da água	Ouro	60 pts	
	Energia e atmosfera	Prata	50 pts	
	Materiais e recursos	Verde	40 pts	
	Qualidade no ambiente interno			
	Requisitos sociais			
	Inovação e projeto			
	Créditos regionais			
GBC Home ITÁLIA	Sustentabilidade do local	Platina	80 pts	(GBC Italia, 2018)
	Gestão da água	Ouro	60 pts	
	Energia e atmosfera	Prata	50 pts	
	Materiais e recursos	Base	40 pts	
	Qualidade no ambiente interno			
	Inovação e projeto			
	Prioridade regional			
GBC SA ÁFRICA DO SUL	Administração			(GBC South Africa, 2017)
	Habitabilidade			
	Prosperidade econômica	---		
	Meio ambiente			
	Inovação e projeto			
Green Building Index MALÁSIA	Eficiência energética	Platina	86 pts	(GBI, 2012)
	Qualidade no ambiente interno	Ouro	76 pts	
	Planeamento sustentável do território	Prata	66 pts	
	Materiais e recursos	Certificado	50 pts	
	Eficiência da água			
	Inovação			
Greenship INDONÉSIA	Sustentabilidade do local	Platina	73 pts	(GREEN BUILDING COUNCIL)
	Eficiência energética	Ouro	57 pts	
	Conservação da água	Prata	46 pts	

	Materiais e recursos	Bronze	35 pts	INDONESIA, 2014)
	Conforto interno e salubridade			
	Gestão e administração			
Green Star AUSTRÁLIA / NOVA ZELÂNDIA	<i>Administração</i>			(NZGBC, 2016)
	Qualidade no ambiente interno			
	Energia			
	Transporte			
	Água	---		
	Materiais			
	Uso do solo e ecologia			
	Emissão de poluentes			
	Inovação			
Home Performance Index IRLANDA	Meio ambiente	Ouro	70%	
	Saúde e bem-estar	Prata	50%	
	Economia	Certificado	35%	
	Qualidade dos espaços			
	Localização sustentável			
Homestar NOVA ZELÂNDIA	Densidade e recursos eficientes	10 estrelas	100 pts	(NZGBC, 2018)
	Energia, saúde e conforto	9 estrelas	90 pts	
	Água	8 estrelas	80 pts	
	Resíduos	7 estrelas	70 pts	
	Gestão e administração	6 estrelas	60 pts	
	Materiais			
	Localização sustentável			
	Inovação			
HQE FRANÇA	Localização	HQE Excepcional		(HQE, 2014)
	Componentes	HQE Excelente		
	Local de trabalho	HQE Muito bom		
	Energia	HQE Bom		
	Água	HQE Certificado		
	Resíduos			
	Manutenção			
	Conforto higrotérmico			
	Conforto acústico			
	Conforto visual			
	Conforto olfativo			
	Qualidade dos espaços			
	Qualidade do ar			
Qualidade da água				
IGBC ÍNDIA	Arquitetura e design sustentável	Platina	75 pts	(Indian Green Building Council, 2012)
	Planeamento sustentável do território	Ouro	60 pts	
	Conservação da água	Prata	50 pts	

	Eficiência energética	Certificado	40 pts	
	Materiais e recursos			
	Qualidade no ambiente interno			
	Inovação			
Korean Green Building Certification CORÉIA	Uso do solo			
	Transporte			
	Energia			
	Materiais e recursos			(Korean Green Building Certification, 2011)
	Água	---		
	Poluição			
	Manutenção			
	Ecologia			
	Qualidade no ambiente interno			
LEED ESTADOS UNIDOS	Localização e transporte	Platina	80 pts	
	Sustentabilidade do local	Ouro	60 pts	
	Eficiência da água	Prata	50 pts	
	Energia e atmosfera	Certificado	40 pts	(USGBC, 2009)
	Materiais e recursos			
	Qualidade no ambiente interno			
	Inovação			
	Prioridade regional			
LiderA PORTUGAL	Localização e integração			
	Recursos			
	Cargas ambientais			
	Ambiente interior	---		(Pinheiro, 2011)
	Durabilidade e acessibilidade			
	Gestão ambiental e inovação			
SITES ESTADOS UNIDOS	Localização	Platina	135 pts	
	Avaliação prévia e projeto	Ouro	100 pts	
	Água	Prata	85 pts	
	Solo e vegetação	Certificado	70 pts	
	Seleção dos materiais			
	Saúde e bem-estar			
	Construção			
	Operação e manutenção			
	Educação e monitoramento da performance			
	Inovação			

FONTE: Baseado nos manuais das ferramentas de certificação ambiental citados nas referências das tabelas.

Anexo 2

Legislação em vigor na área de edifícios no âmbito do SCE, REH e RECS.

FONTE: ADENE – Agência para a Energia (2019)

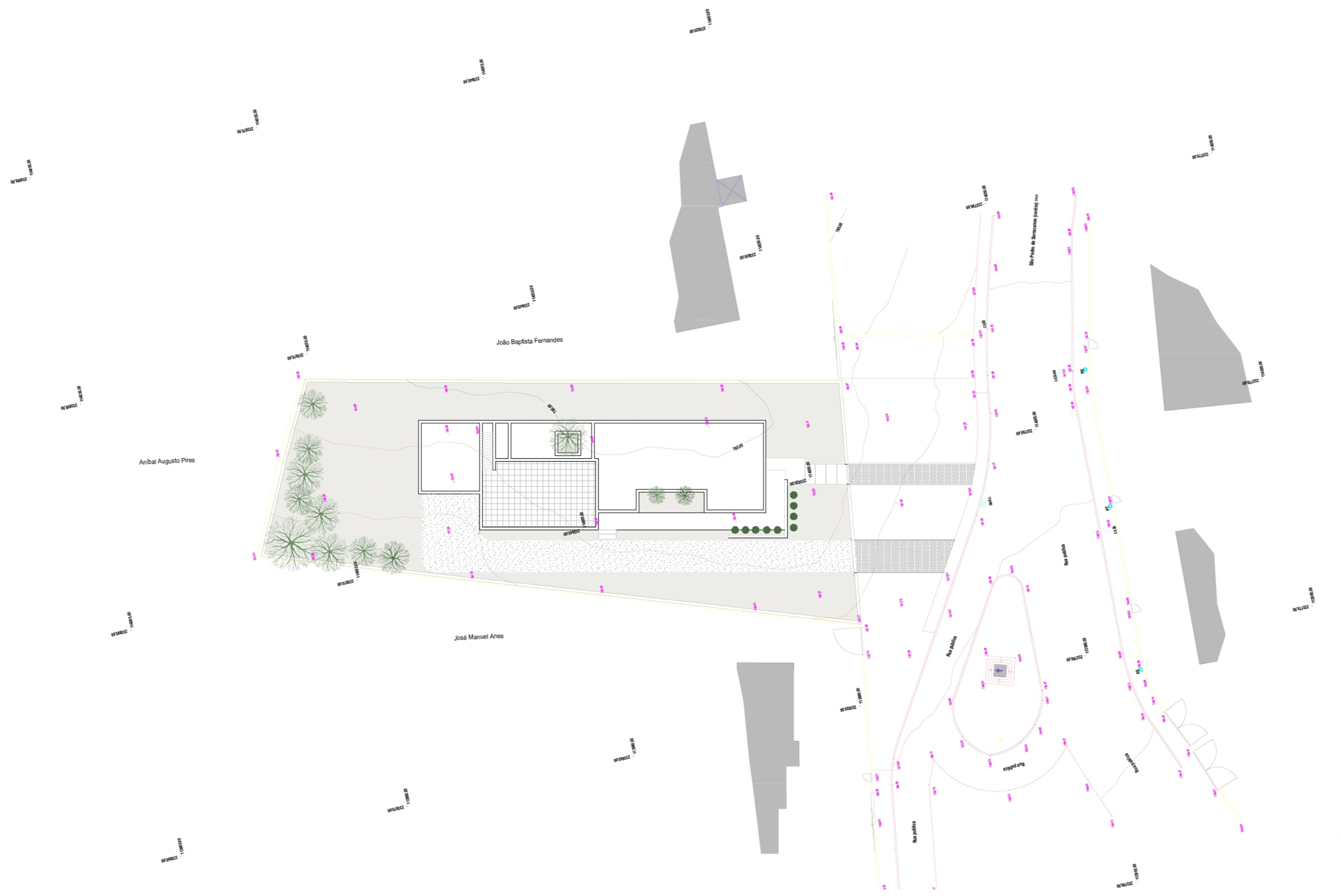
- **Lei nº 58/2013** – estabelece os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos peritos qualificados para a certificação energética (PQ) e Técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas (TIM);
- **Decretos-Lei 118/2013** – transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios;
- **Portaria nº 349-A/2013** – determina as competências da entidade gestora do SCE, regulamenta as atividades dos técnicos, estabelece as categorias de edifícios para efeitos de certificação energética;
- **Portaria nº 349-B/2013** – define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético, requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios;
- **Portaria nº 349-C/2013** – estabelece elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação;
- **Portaria nº 349-D/2013** – apresenta requisitos de concepção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios;
- **Portaria nº 353-A/2013** – define valores mínimos de caudal de ar novo por espaço;
- **Portaria nº 66/2014** – confere o sistema de avaliação dos técnicos do SCE;
- **Despacho nº 15793-C/2013** - modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do SCE;
- **Despacho nº 15793-D/2013** - fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária;
- **Despacho nº 15793-E/2013** - regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções;

-
- **Despacho nº 15793-F/2013** - parâmetros para o zoneamento climático e respetivos dados;
 - **Despacho nº 15793-G/2013** - elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção.
 - **Despacho nº 15793-H/2013** - quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis;
 - **Despacho nº 15793-I/2013** - metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente;
 - **Despacho nº 15793-J/2013** - regras de determinação da classe energética;
 - **Despacho nº 15793-K/2013** - parâmetros térmicos para cálculo;
 - **Despacho nº 15793-L/2013** - metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética;
 - **Despacho nº 7113/2015** - critérios de seleção da verificação da qualidade dos processos e metodologias de verificação da qualidade dos processos de certificação;
 - **Despacho nº 8892/2015** - metodologia de classificação a adotar para os ascensores, tapetes rolantes e escadas mecânicas a instalar em edifícios de comércio e serviços;
 - **Despacho nº 14985/2015** - metodologia de cálculo da contribuição da energia renovável obtida a partir de bombas de calor;
 - **Despacho n.º 6469/2016** - Aferição da evolução do desempenho energético dos edifícios dos modelos do SCE;
 - **Despacho n.º 6470/2016** - Definição dos requisitos associados à elaboração dos planos de racionalização energética;
 - **Despacho n.º 4343/2019** - Define o fator de conversão para redes urbanas de frio e calor alimentadas por sistemas de cogeração ou de trigeração;
 - **Portaria n.º 303/2019** - Fixa os custos-padrão que permitem quantificar o custo das intervenções para operações de reabilitação.

Anexo 3

Projeto arquitetônico da habitação.

FONTE: Acervo do arquiteto.



Anibal Augusto Pires

João Baptista Fernandes

José Manuel Anes

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

Rua Pública

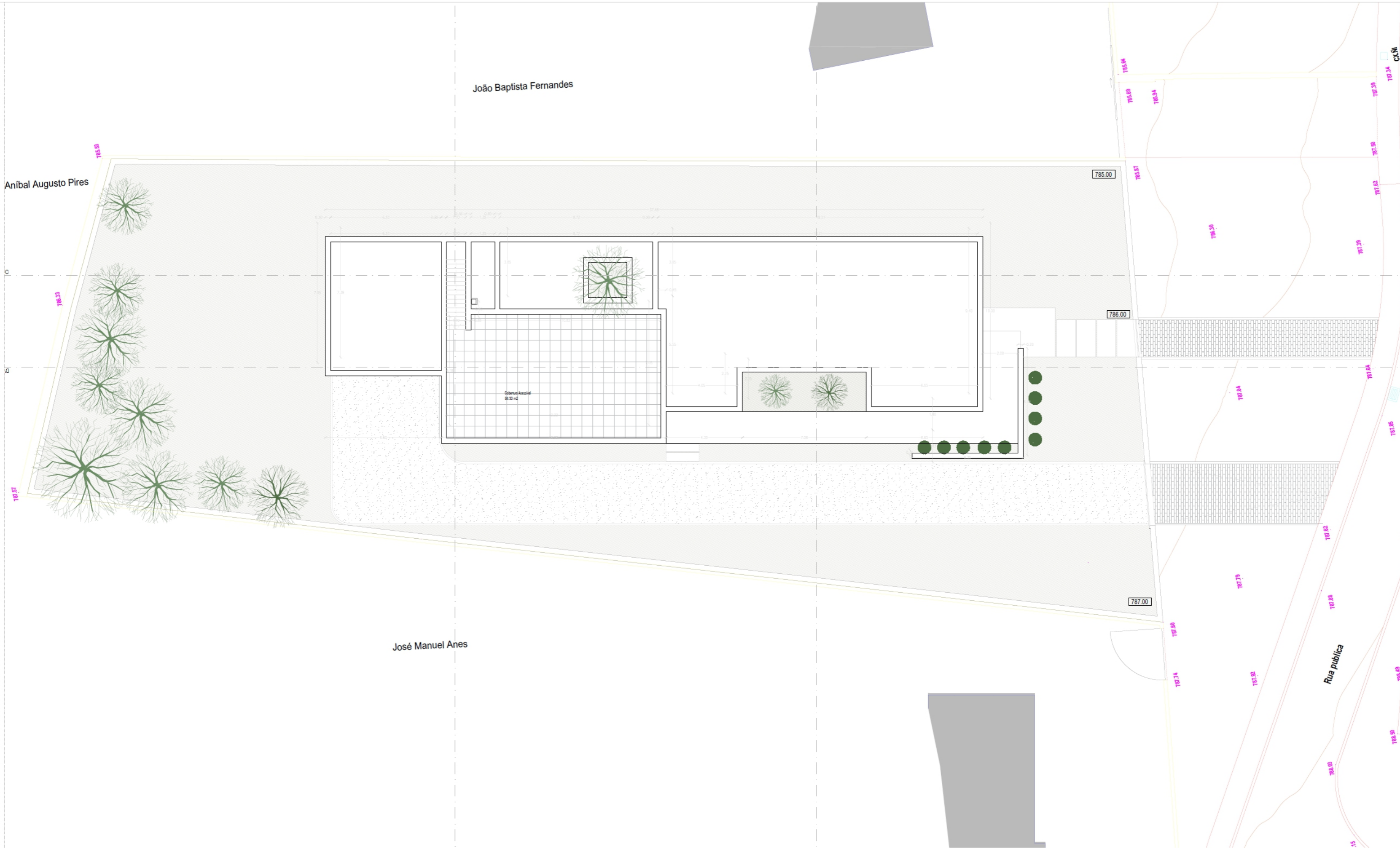
Rua Pública

Rua Pública

João Baptista Fernandes

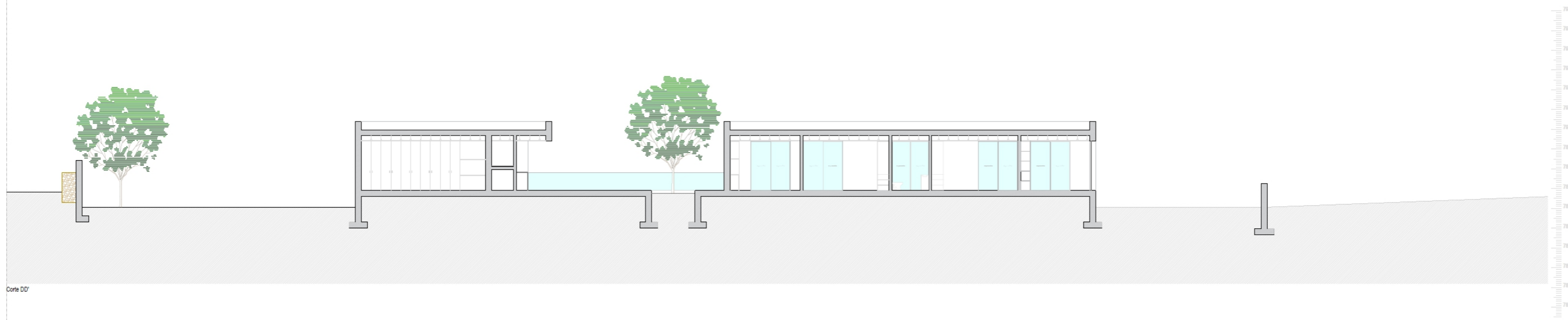
Anibal Augusto Pires

José Manuel Anes

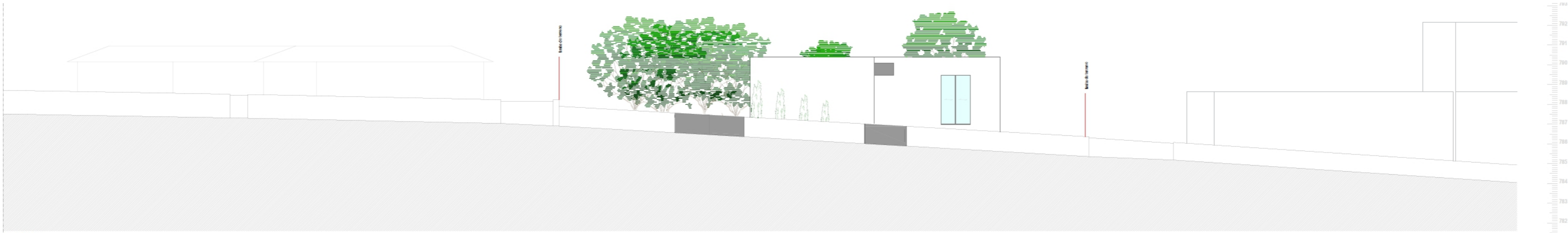




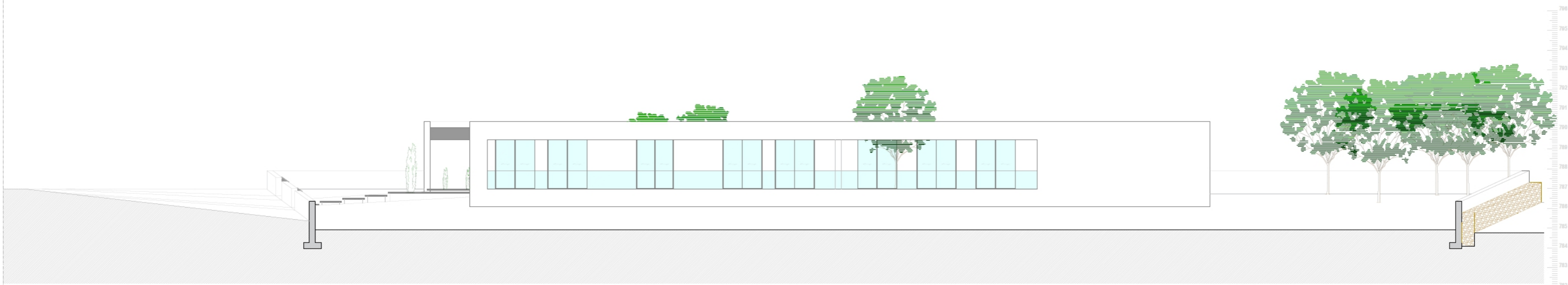
Corte CC



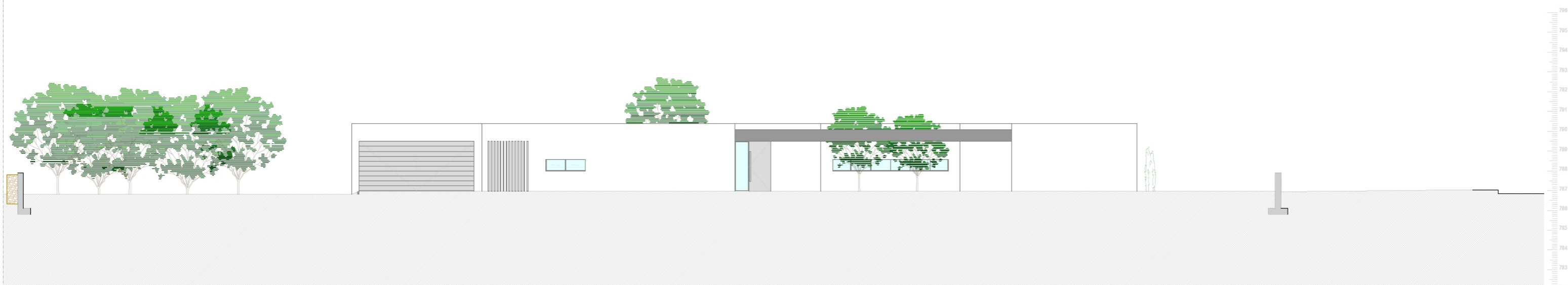
Corte DD



Alçado Sul_Rua



Alçado Nascente



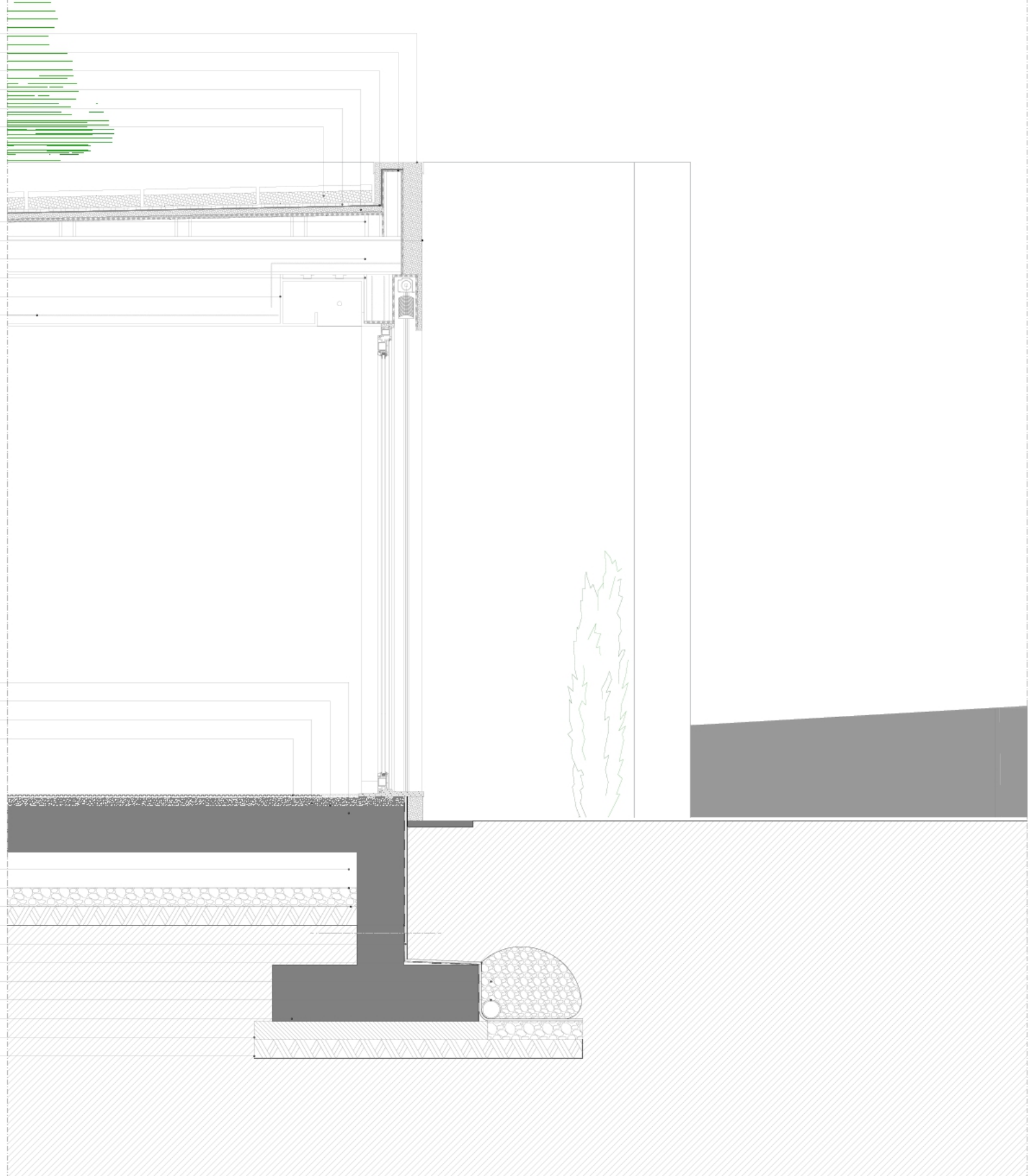
Alçado Poente

Rufo: chapa galvanizada (antracite)
Placa OSB de 18mm
Impermeabilização: duas telas em PVC
Isolamento térmico: poliestireno extrudido
Tela drenante
Lajeta Térmica

Estrutura em aço Leve para criação de pendente (LSF)
Sistema cappotto espess. 10cm (branco)
Lã de Rocha
Viga aço Leve (LSF)
Acabamento final de tecto: placas de gesso cartonado pintadas (branco)
Lã de Rocha

Laje de Betão
Tela impermeabilizante
Betonilha de regularização
Deck

Caixa de ar
Filtragem: caixa de brita
Terra compactada
Impermeabilização: tela asfáltica sobre pintura betuminosa
Drenagem: polietileno rígido de alta densidade
Filtragem: feltro geotêxtil
Drenagem: brita
Drenagem: tubo em pvc
Elemento estrutural: betão armado
Betão de limpeza
Terra compactada



Anexo 4

Fichas técnicas dos materiais que compõe os elementos da envoltória.

Anexo 4(a) – Ficha técnica do OSB – marca Jular.**OSB 3****FICHA TÉCNICA****1. Descrição do produto**

O OSB 3 é um painel resistente, durável e dimensionalmente estável, ideal para utilização estrutural e em condições de humidade.

As excelentes características do OSB resultam da especificidade do seu processo de fabrico. É um painel composto por partículas de madeira longas, dispostas em camadas orientadas de forma diferente, maximizando a resistência e a estabilidade do painel. É depois submetido a pressão e elevada temperatura, resultando num painel de grande precisão, estruturalmente denso, muito resistente, dimensionalmente estável e muito durável.

Especialmente adequado para obras de reabilitação e renovação.

**2. Vantagens**

- ❖ Resistência mecânica elevada;
- ❖ Grande rigidez e resistência à deformação, à ruptura e à delaminação;
- ❖ Excelente relação resistência/peso;
- ❖ Sem defeitos estruturais, sem nós, poros ou descontinuidades;
- ❖ Fácil de utilizar: pode ser serrado, aparafusado junto ao bordo (não racha), colado, pintado, etc.;
- ❖ Impacto ambiental reduzido: o fabrico do OSB utiliza madeira de pequena dimensão, e o painel final é totalmente reciclável;
- ❖ Disponível com acabamento em cantos rectos ou macho-fêmea.

3. Dados técnicos

Propriedades	Un./Ref.	Especificação
Densidade	Kg./m ³	620/640 ± 5%
Desvio comprimento/largura	mm	+0 a -2
Desvio espessura - não afagado	mm	± 0.8
Desvio espessura - afagado	mm	± 0.3
Rectangularidade (tolerância)	mm/m	3
Planura	mm/m	0.6
Expansão linear (65-85% humidade relativa)	%	0.15
Conductividade térmica (valor "k")	W/(m.k)	0.13
Reacção ao fogo (EN 13501-1)		Classe D

O OSB 3 apresenta uma muito baixa emissão de formaldeído = E1, de acordo com os requisitos da norma EN 13986:2004, ou Classe 1 da norma EN 300.

OSB 3

FICHA TÉCNICA

4. Dimensões

Comprimento	Largura	Espessura	Acabamento
2500 mm	1250 mm	12 mm	cantos rectos
2500 mm	1250 mm	15 mm	cantos rectos
2500 mm	1250 mm	18 mm	cantos rectos
2500 mm	675 mm	18 mm	macho-fêmea

5. Fixação

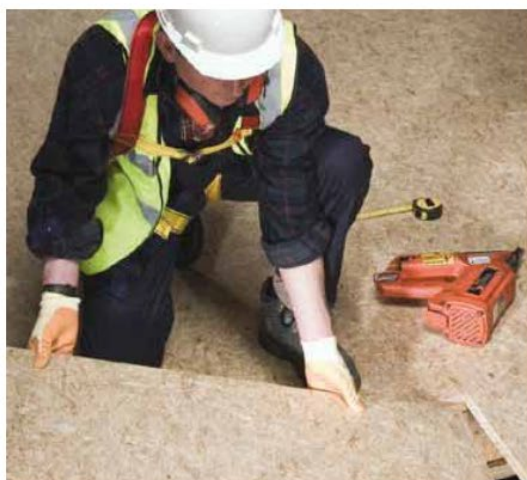
Devem ser observadas as seguintes indicações para a fixação dos painéis O OSB 3:

- Os painéis devem ser colocados com os cantos mais compridos a 90° dos suportes, e os cantos mais curtos devem ser alternados.
- Todos os cantos curtos devem ser colocados sobre vigas ou barroses.
- Os cantos do painel devem aproximar-se cerca de 18 mm sobre as vigas.
- Os pregos devem ser colocados a uma distância mínima de 8 mm do rebordo do painel.
- Todas as juntas macho-fêmea devem ser coladas com uma cola apropriada.
- Os painéis devem ser fixados com pregos de cabeça plana ou parafusos de 3 mm, com um comprimento 2,5 vezes a espessura do painel (para pavimentos), ou com um comprimento de 50 mm (para coberturas).
- Embora não seja essencial, a colagem dos painéis às vigas aumenta a robustez e a força da estrutura. Adicionalmente, a cola pode ajudar a reduzir o ranger e o chiar da madeira.

6. Juntas de dilatação

OSB 3 cantos rectos - deve ser assegurado uma junta de dilatação de 3 mm entre os painéis e os cantos.

OSB 3 macho-fêmea - este painel inclui uma junta de dilatação no encaixe macho-fêmea. Deve ser considerada uma junta de dilatação de 10 mm, ou um total de 2 mm por metro de painel (o que for maior), no perímetro da instalação, tanto para painéis de cantos rectos como macho-fêmea.



Anexo 4(b) – Ficha técnica do EPS – marca Tecnovite.**FICHA TÉCNICA**

TECNOVITE – INDÚSTRIA DE ESFEROVITE, LDA
AREIAS - COLMEIAS
2420-193 COLMEIAS - LEIRIA

Declara para os devidos efeitos que as placas para isolamento em poliestireno expandido (EPS), produzidas em Leiria (Portugal) denominadas:

EPS 100

E com o código: **EPS 100 – EN13163-T1-L1-W1-S1-P1-BS 150-CS (10) 100-DS (N)5**

Ao qual se refere esta declaração, está conforme as seguintes normas técnicas:

NP EN 13163:2012 – Anexo ZA

PRODUTOS DE ISOLAMENTO TÉRMICO PARA APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS. PRODUTOS MANUFACTURADOS EM POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS). ESPECIFICAÇÃO.

Deste modo, cumprem os requisitos essenciais da directiva comunitária sobre materiais de construção. O produto é comercializado com os seguintes níveis declarados:

Espessura Nominal (mm)	Resistência Térmica (m ² .°C/W)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência à Compressão a 10% de deformação (KPa)	Classificação ao Fogo
10	0.25	0.038	100	E
20	0.50	0.038		
30	0.80	0.037		
40	1.10	0.036		
50	1.35	0.036		
60	1.65	0.036		
70	1.90	0.036		
80	2.20	0.036		
90	2.50	0.036		
100	2.75	0.036		
120	3.30	0.036		
150	4.15	0.036		
200	5.55	0.036		

Outras características do material:

- Massa Volúmica aparente – 20 Kg/m³ (Pode ter variações de +/- 10%)
- Absorção de Água por Imersão - < 2% de Volume
- Factor de Difusão do Vapor de Água – 30-70 μ
- Coeficiente de Dilatação Térmica Linear - $5.7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Estabilidade de Forma à temperatura – 85 °C
- A Estabilidade Dimensional em condições normais de laboratório (23°C, 50% de Humidade Relativa), o nível obtido é inferior a 5%: DS(TH).
- Classificação da reacção ao fogo pela EN 13501-1 - (Euroclasse): **E**
- Classificação da reacção ao fogo pela Especificação LNEC E365: **M1** (não inflamável)

Leiria, 12 de Janeiro de 2016

A Gerência
(Valter Silva)

Laboratórios Certificados e Acreditados:

- LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Anexo 4(c) – Ficha técnica da lã de rocha – marca Rockwool.**DECLARACIÓN DE PRESTACIONES****Nº: CPR-DoP-FR-023****1. Código de identificación único del producto tipo:**

MW - EN13162-T1-DS(70,90)-WS-AFr5

2. Identificación del producto de construcción, conforme al artículo 11, párrafo 4 del Reglamento nº305/2011:**ROULROCK KRAFT**

(Ver la etiqueta del producto)

3. Uso o usos previstos del producto de construcción, conforme a la norma armonizada aplicable, previsto por el fabricante:

Aislamiento térmico de edificios (ThIB)

4. Nombre, razón social o marca registrada y dirección del fabricante, conforme al artículo 11, párrafo 5 del Reglamento nº305/2011:ROCKWOOL Peninsular, S.A.U.
Pol. Industrial de Caparrosa, Crta de Zaragoza, Km 53,5-31080-Caparrosa (Navarra)**5. Nombre y dirección de contacto del representante autorizado:**

No aplicable

6. Sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones del producto de construcción, según el Anexo V del Reglamento nº305/2011:

AVCP Sistema 3 para otras características

7. Declaración de prestaciones de un producto de la construcción cubierto por la norma armonizada:

LNE (Organismo notificado nº 0071) ha realizado la determinación del producto tipo sobre la base de ensayos iniciales tipo, por el sistema 3. Ha emitido los informes de ensayo correspondientes.

8. Declaración de prestaciones de un producto de construcción por el cual se ha emitido una evaluación técnica:

No aplicable

9. Prestaciones declaradas:

Características esenciales	Prestaciones				Especificaciones técnicas armonizadas
Resistencia Térmica	Resistencia térmica (m ² .K/W)	Espesor	Resistencia Térmica	Espesor	Resistencia Térmica
		80	2.0	150	3.75
		100	2.5	160	4.0
		110	2.75	170	4.25
		120	3.0	180	4.5
		130	3.25	190	4.75
	140	3.5	200	5.10	
	Conductividad térmica W/(m.K)	0,040 0.039 (Espesor 200 mm)			
	Espesor	T1			
Reacción al fuego	Reacción al fuego	NPD			
Durabilidad de la reacción al fuego ante calor, condiciones climáticas, envejecimiento/degradación	Características de durabilidad	(a)			
Durabilidad de la resistencia térmica ante calor, condiciones climáticas, envejecimiento/degradación	Resistencia térmica y conductividad térmica	(b)			
	Características de durabilidad	(c) DS(70,90)			
Resistencia a la compresión	Resistencia a compresión	NPD			
	Carga puntual	NPD			
Resistencia a la tracción/flexión	Resistencia a la tracción perpendicular a las caras (d)	NPD			
Durabilidad de la resistencia a compresión ante el envejecimiento/degradación	Fluencia a compresión	NPD			
Permeabilidad al agua	Absorción de agua a corto plazo	WS			
	Absorción de agua a largo plazo	NPD			
Permeabilidad al vapor de agua	Transmisión de vapor de agua	NPD			
	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	NPD			
Índice de transmisión del ruido de impacto (para suelos)	Rígidez Dinámica	NPD			
	Espesor, dL	NPD			
	Compresibilidad, c	NPD			
	Resistencia al flujo del aire	NPD			
Índice de absorción acústica	Absorción acústica	NPD			
Índice de aislamiento acústico al ruido aéreo directo	Resistencia al flujo de aire	AFr5			

EN 13162:2012+A1 : 2015

Emisión de sustancias peligrosas al ambiente interior	Emisión de sustancias peligrosas	(e)	
Incandescencia continua	Incandescencia continua	(e)	
<p>(a) <i>No presentan cambios las propiedades de reacción al fuego de los productos de lana mineral. El comportamiento al fuego de la lana mineral no varía con el tiempo. La clasificación de las Euroclases del producto está relacionada con el contenido en materia orgánica, que no puede incrementarse con el tiempo.</i></p> <p>(b) <i>La conductividad térmica de los productos de lana mineral no varía con el tiempo, la experiencia demuestra que la estructura fibrosa es estable y la porosidad no contiene gases distintos al aire atmosférico.</i></p> <p>(c) <i>Sólo estabilidad dimensional para espesores</i></p> <p>(d) <i>Esta característica también cubre la manipulación y la instalación</i></p> <p>(e) <i>Los productos de aislamiento térmico no deben superar los niveles máximos admisibles de sustancias peligrosas, especificados en la normativa europea o nacional. Se están desarrollando métodos de ensayo Europeo.</i></p>			

10. Las prestaciones del producto identificado en el punto 1 y 2 son conformes con las prestaciones declaradas en el punto 9.

Esta declaración de prestaciones se emite bajo la exclusiva responsabilidad del fabricante descrito en el punto 4.

Firmado por el fabricante, y en su nombre por:



Pedro Luís Fernández Cano
Bussines Unit Director

Barcelona, 28 de noviembre de 2017

ROCKWOOL Peninsular S.A.U.
Ctra. Zaragoza, Km. 53,5 N121.
31380 Caparrosa, Navarra, Spain
T (+34) 902 430 430
www.rockwool.es

Anexo 4(d) – Ficha técnica do gesso cartonado– marca Gyptec Ibérica.

DOC 04.01-002 REV00


**Placa A
(Standard)**
Ficha Técnica

Placa A – EN 520 (Standard)

Placa de gesso laminado formada por duas lâminas de papel com gesso de alta qualidade no interior.

Áreas de aplicação:


Todo o tipo de obra seca em interiores, tais como: divisórias interiores, revestimento interior de paredes exteriores, tectos falsos, sancas de iluminação e outros elementos de decoração.

Dados técnicos:

<i>Classificação da placa:</i>	Tipo A (EN 520)	<i>Bordo longitudinal:</i>	Afinado (BA)
<i>Papel na face:</i>	Branco	<i>Profundidade:</i>	1,5 mm [0,6-2,5 mm]
<i>Papel no verso:</i>	Castanho	<i>Largura:</i>	60 mm [40-80 mm]
<i>Res. ao vapor de água placa (μ):</i>	10 (EN 12524)	<i>Bordo transversal:</i>	Quadrado (BQ)
<i>Reação ao fogo da placa:</i>	A2-s1, d0	<i>Largura (+0/-4 mm):</i>	1200 mm

Espeçura ($\pm 0,5$ mm)	9.5	12.5	15	18 ($\pm 0,7$ mm)
Comprimento (+0/-5 mm)	2000 - 3000	2000 - 3000	2000 - 3000	2000 - 3000
Peso aproximado ($\pm 5\%$ kg/m ²)	6,9	7,1	9,1	13,0
Densidade volumétrica (kg/m ³)	726	568	607	722
Rotura à flexão (N) \geq Longitudinal/ Transversal	400 / 160	550 / 210	650 / 250	774 / 303
Condutibilidade térmica da placa W/m.°C (23°C/ seco)	0,115	0,100	0,105	0,115
Condutibilidade térmica da placa W/m.°C (23°C/ 50%)	0,200	0,175	0,185	0,200

Normas aplicáveis:

- EN 520;
- Marcação CE segundo a norma EN 520;
-  AENOR.

Armazenagem e utilização:

Manter as placas protegidas da humidade e do sol.

Utilizar os garfos do empilhador com a abertura máxima.

Armazenar o material sobre superfícies planas e com o número de calços de origem.

Gyptec IBÉRICA – Gessos Técnicos, S.A.

Parque Ind. e Emp. da F. da Foz, Lote 3 – S. Pedro, 3090-380 Figueira da Foz, PORTUGAL
T (+351) 233 403 050 F (+351) 233 430 126 E geral@gyptec.eu W www.gyptec.eu



ANEXO 5

Detalhamento técnico dos equipamentos utilizados para AQS e geração de energia FV na habitação.

Anexo 5(a) – Cálculos e descrição do modelo de bomba de calor utilizado para AQS.

Estudo de Energia Aerotérmica / 3

CÁLCULOS E JUSTIFICAÇÃO

DADOS INICIAIS

Pais	Portugal
Dados climáticos	LNEG
Distrito	Bragança
Concelho	Bragança
Tipo de habitação	Residência

Decreto de Lei nº 118/2013 (REH)

Cálculo segundo a ADENE

SPF *	2.93
Q _{usable} **	2377.29

Dados SCE.ER

Cobertura Solar Térmico %	59.00
Eren Solar Colector Padrão kWh	1399

NECESSIDADE DE A.Q.S.

Número de quartos	3
Números de consumos TOTAL	4
Fluxo mínimo [l/dia-ocupante]	40
Temperatura de AQS [°C]	50
Necessidade total [l/dia] a T= 50°C	160
Temperatura de consumo [°C]	45
Consumo de água [l/dia] M(AQS)*** a 45°	187

Modelo selecionado	NUOS PRIMO 240	com temperatura máx B.C	55
Número de equipamentos	1		
Quantidade água (l) a 45°C	320		

**considera-se que o NUOS PRIMO 240 pode executar três ciclos diários de aquecimento

RESULTADOS: Para poder calcular a poupança, deve-se calcular previamente um COP mensal aproximado em função das temperaturas ambiente médias exteriores da localidade.

	Dias	Temperatura Ambiente °C	SPF(COP) **** EN 16147:2011	NECESSIDADES** kWh	Energia renovável fornecida kWh	Cobertura Aerotermia teórica %
JAN	31	5.5	2.6	201.9	123.6	61.2%
FEV	28	7.1	2.6	182.4	113.4	62.2%
MAR	31	9.6	2.7	201.9	128.4	63.6%
ABR	30	11.4	2.8	195.4	126.2	64.6%
MAI	31	15.1	3.0	201.9	134.0	66.4%
JUN	30	19.9	3.2	195.4	133.8	68.5%
JUL	31	23.3	3.3	201.9	141.0	69.8%
AGO	31	23.1	3.3	201.9	140.8	69.8%
SET	30	19.9	3.2	195.4	133.9	68.5%
OUT	31	14.4	2.9	201.9	133.4	66.1%
NOV	30	9.4	2.7	195.4	124.1	63.5%
DEZ	31	6.8	2.6	201.9	125.1	62.0%
ANO	365	13.8	2.9	2,377.3	1,557.59	65.5%

Como SPF=2.92 > 1,15x(1/h) o equipamento é considerado renovável segundo a Directiva 2009/28/CE*****

*Resultado de ensaio a 14 °C

**Qusable solar

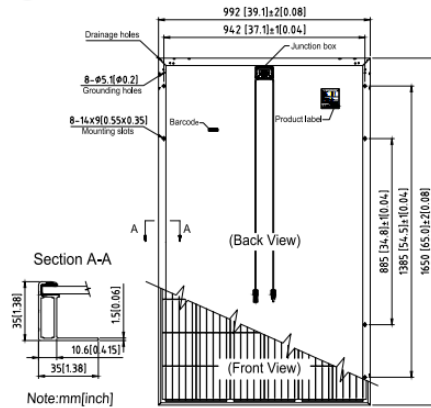
***calculado pela fórmula definida no despacho (extrato) n.º 15793-I/2013 ponto 3.4

****SPF estimado segundo curva de rendimento deste modelo NUOS segundo condições de teste EN 16147:2011

*****Qusable calculado com base no referido no Despacho n.º 14985/2015

*****Ver anexo certificado SPF>2,5 uma vez que segundo Directiva 2009/28/CE h=0,455

Anexo 5(b) – Descrição do modelo de painel Fotovoltaico utilizado para geração de energia local.



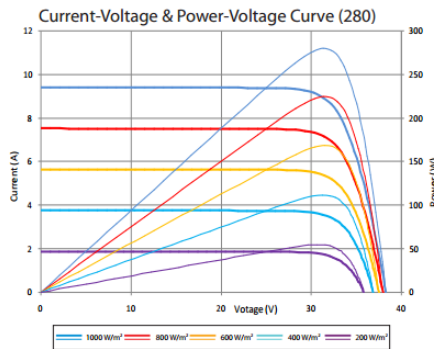
Electrical Characteristics

STC	STP280-20/Wfw	STP275-20/Wfw	STP270-20/Wfw
Maximum Power at STC (Pmax)	280 W	275 W	270 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	31.3 V	31.2 V	31.1 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.95 A	8.82 A	8.69 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.3 V	38.1 V	37.9 V
Short Circuit Current (Isc)	9.41 A	9.27 A	9.15 A
Module Efficiency	17.1%	16.8%	16.5%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 W		

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5; Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

NOCT	STP280-20/Wfw	STP275-20/Wfw	STP270-20/Wfw
Maximum Power at NOCT (Pmax)	206.3 W	200.6 W	198 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	28.8 V	28.7 V	28.4 V
Optimum Operating Current (Imp)	7.17 A	7.06 A	6.97 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35.2 V	35.0 V	34.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.63 A	7.52 A	7.42 A

NOCT: Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s; Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%



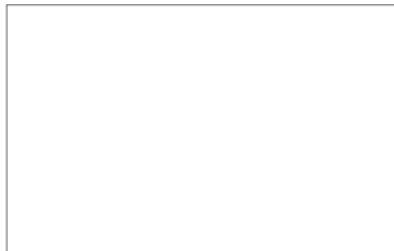
Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.33 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.067 %/°C

Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon 6 inches
No. of Cells	60 (6 × 10)
Dimensions	1650 × 992 × 35mm (64.96 × 39.1 × 1.4 inches)
Weight	18.3 kgs (40.3 lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm ² (0.006 inches ²), symmetrical lengths (-) 1000mm (39.4 inches) and (+) 1000 mm (39.4 inches)
Connectors	MC4 compatible

Dealer information



Packing Configuration

Container	20' GP	40' HC
Pieces per pallet	30	30
Pallets per container	6	28
Pieces per container	180	840

Information on how to install and operate this product is available in the installation instruction. All values indicated in this data sheet are subject to change without prior announcement. The specifications may vary slightly. All specifications are in accordance with standard EN 50380. Color differences of the modules relative to the figures as well as discolorations on/in the modules which do not impair their proper functioning are possible and do not constitute a deviation from the specification.

E-mail: sales@suntech-power.com

www.suntech-power.com

IEC-STP-Wfw-NO3.01-Rev 2018

Anexo 5(c) – Descrição do modelo de Inversor utilizado no sistema de geração de energia local.

TECHNICAL DATA X-HYBRID			
MODEL	SK-SU3000E	SK-SU3700E	SK-SU5000E
INPUT DC			
Max. recommended DC Power [W]	3300	4000	5000
Max. DC Voltage [V]		550	
Nominal DC operating voltage [V]		360	
MPPT voltage range [V]		125-530	
Max. input current [A]		12/12	
Max. short circuit current [A]		15/15	
No. of MPP trackers		2	
Strings per MPP tracker		1	
OUTPUT AC			
AC Nominal Power (W)	3000	3680	4600
Nominal AC Voltage; Range (V)		230VAC 50/60 Hz 180~270VAC	
AC Nominal Current (A)	13	16	20
Max. AC Current (A)	14.4	16	22.1
Total Harmonic Distortion (THD)		<3%	
Power Factor (Rated Power)		1	
EFFICIENCY			
MPPT Efficiency		99.9%	
Euro-Efficiency		97.0%	
Max. Efficiency		97.6%	
Charge Efficiency		94%	
Discharge Efficiency		94%	
Standby Losses		<7W	
CHARGER (BMU)			
Nominal Voltage [V]		48	
Voltage Range [V]		40-60	
Battery Type		Lithium (LFP)	
Max. Charging Current		50	
Over Current Protection		Yes	
Over Temperature Protection		Yes	
CHARGE & DISCHARGE			
Max. Charge Power [W]		2500	
Max. Charge Current [A]		50	
Max. Charge Efficiency		94%	
Max. Discharge Power [W]		2500	
Max. Discharge Charge Current [A]		50	
Max. Discharge Charge Efficiency		94%	
Depth of Discharge		80% (adjustable)	
OTHERS			
Operating Temperature Range [°C]		-10~+50 (derating at 40)	
Storage Stability Range [°C]		-20~+60	
Altitude Limit [m]		<2000	
Cooling Concept		Forced airflow	
Display		LCD (16*4)	
Communications		Ethernet/WiFi	
Noise Emission (typical) [dB]		40	
Humidity [%]		0~95 (non-condensing)	
Protection		IP20 (indoor use)	
EMC Standard		IEC61000-6-1/2/3/4	
Topology		Transformerless	
Warranty		Standard 5 years	
Dimensions W x H x D [mm]		490 x 595 x 167	
Weight [kg]		23.5	
EPS (with internal charger)			
EPS Rated Power [A]		2000	
EPS rated Voltage, Frequency		230VAC, 50/60Hz	
EPS Rated Current [A]		9	
EPS Peak Power [A]		1.5xRP, 10s	
Total Harmonic Distortion (THD)		<3%	
Switch Time		<5s	

Anexo 5(d) – Descrição do modelo de bateria utilizado para armazenamento da energia gerada pelo sistema FV.

METERBOOST

BATTERY FOR LIFE

Modelo	METERBOOST-48-LTO6-3.3
Tipo	lões de lítio
Profundidade descarga máxima (DoD %)	95%
Tensão Nominal [V]	48 V
Tensão Max [V]	58.4 V
Tensão Min [V]	32.0
Capacidade Nominal Armazenamento [KWh]	3.3
Carregamento Normal [A]	30
Carregamento Max [A]	60
Temperaturas Carregamento	0 - 45°
Temperaturas Descargas	-20° - 60°
Peso [Kg]	17
Medidas [mm]	430*360*76
Ciclos	> 6500
BMS	Integrado
Vida útil estimada	> 17 anos

* Nota: A vida útil estimada tem em consideração a temperatura max 25° C

Anexo 6

Resultados das simulações gerados pelo *DesignBuilder®*.

SIMULAÇÃO 01			
	Tipo	$U [W/m^2\cdot C]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_01	0,209	180
COBERTURA	Roof_01	0,189	200

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5619.32	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2520.38	62.02
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	8139.70	62.02

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	346.637	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	32.183	13.735	1476.001	1629.476	0.000	0.000	0.001	0.000	-415.18	0.000	-966.05	-2116.80
BLOCK1:SALADEESTAR	1097.635	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	222.708	24.638	86.231	2729.100	0.000	0.009	0.000	-622.63	0.000	-2150.62	-1387.07	-1387.07
BLOCK1:ESCRITORIO	538.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.438	7.850	44.745	1683.373	0.000	0.000	0.000	0.000	-320.07	0.000	-817.02	-1167.44
BLOCK1:XUARTO1	298.093	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	198.422	1.278	0.000	1704.119	0.000	0.000	0.000	0.000	-328.93	0.000	-942.38	-930.60
BLOCK1:XUARTO2	273.449	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	195.630	1.278	0.000	1694.901	0.000	0.000	0.000	0.000	-337.86	0.000	-931.82	-895.57
BLOCK1:SUITE	347.801	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	393.144	1.916	0.000	3580.649	0.000	0.000	0.000	0.000	-607.04	0.000	-1439.53	-2276.94
BLOCK1:CLOSET	448.756	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.383	5.475	0.000	0.000	0.000	8.746	0.007	0.000	0.000	0.000	-321.05	-206.31
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	16.442	83.733	0.000	0.000	0.000	-264.80	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	112.232	939.094	0.000	0.000	0.000	-1053.52	0.000
BLOCK1:CORREDOR	841.942	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	824.172	0.000	0.861	0.002	0.000	-239.28	0.000	-910.24	-518.55
BLOCK1:HALL	373.189	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.542	31.742	0.000	0.000	0.000	-406.02	-0.00
BLOCK1:IS	277.240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	194.085	0.000	1.914	0.003	0.000	-37.59	0.000	-223.49	-212.71
BLOCK1:ISQUARTOS	394.516	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1651.188	0.000	0.000	0.004	0.000	-368.40	0.000	-574.96	-1013.16
BLOCK1:ISSUITE	457.540	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	220.974	0.000	3.423	0.000	0.000	-170.15	0.000	-342.99	-169.62
Total Facility	5604.929	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1136.909	63.012	1770.778	15912.036	0.000	144.169	1054.604	0.000	-3447.15	0.000	-11344.47	-10894.78

SIMULAÇÃO 02

	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_02	0,191	200
COBERTURA	Roof_01	0,189	200

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5513.70	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2520.38	62.02
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	8034.08	62.02

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface [kWh]	HVAC Input Cooled Surface [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	339.732	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	32.079	13.735	1476.001	1628.232	0.000	0.000	0.015	0.000	-416.25	0.000	-968.64	-2104.89
BLOCK1:SALADESTAR	1077.176	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	222.378	24.638	86.231	2727.236	0.000	0.007	0.005	0.000	-624.16	0.000	-2156.17	-1357.33
BLOCK1:ESCRITORIO	527.216	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.338	7.850	44.745	1682.029	0.000	0.000	0.000	0.000	-321.38	0.000	-820.24	-1150.56
BLOCK1:QUARTO1	294.318	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	198.189	1.278	0.000	1703.490	0.000	0.000	0.000	0.000	-329.61	0.000	-944.32	-923.35
BLOCK1:QUARTO2	270.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	195.392	1.278	0.000	1694.273	0.000	0.000	0.000	0.000	-338.56	0.000	-933.72	-888.67
BLOCK1:SUITE	339.915	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	392.489	1.916	0.000	3578.971	0.000	0.000	0.000	0.000	-608.81	0.000	-1443.75	-2260.73
BLOCK1:CLOSET	434.825	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.280	5.475	0.000	0.000	0.000	8.605	0.000	0.000	0.000	0.000	-321.75	-191.43
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.303	85.881	0.000	0.000	0.000	-266.81	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	112.964	940.484	0.000	0.000	0.000	-1055.64	0.000
BLOCK1:CORREDOR	829.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	823.681	0.000	0.827	0.017	0.000	-239.73	0.000	-912.12	-503.04
BLOCK1:HALL	369.326	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.520	36.462	0.000	0.000	0.000	-406.86	-0.00
BLOCK1:IS	268.995	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.981	0.000	1.878	0.002	0.000	-37.69	0.000	-224.00	-203.72
BLOCK1:ISQUARTOS	301.481	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1650.502	0.000	0.000	0.002	0.000	-369.12	0.000	-576.10	-1067.58
BLOCK1:ISSUITE	447.199	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	220.479	0.000	3.340	0.011	0.000	-170.67	0.000	-343.83	-157.35
Total Facility	5499.481	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1135.144	63.012	1770.778	15902.874	0.000	144.445	1062.878	0.000	-3455.98	0.000	-11373.93	-10748.65

SIMULAÇÃO 03			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_1	0,209	180
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5203.61	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2520.38	62.02
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7724.00	62.02

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	318.415	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.861	13.735	1476.001	1626.164	0.000	0.000	0.012	0.000	-418.41	0.000	-972.71	-2075.05
BLOCK1:SALADEESTAR	1010.390	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	222.136	24.638	86.231	2723.769	0.000	0.006	0.033	0.000	-627.49	0.000	-2164.65	-1275.03
BLOCK1:ESCRITORIO	504.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.328	7.850	44.745	1680.448	0.000	0.000	0.000	0.000	-322.64	0.000	-822.84	-1121.91
BLOCK1:QUARTO1	267.992	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	197.764	1.278	0.000	1700.723	0.000	0.000	0.000	0.000	-332.24	0.000	-950.92	-884.59
BLOCK1:QUARTO2	244.807	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	194.818	1.278	0.000	1691.258	0.000	0.000	0.000	0.000	-341.67	0.000	-941.22	-849.27
BLOCK1:SUITE	309.753	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	391.408	1.916	0.000	3574.659	0.000	0.000	0.000	0.000	-614.28	0.000	-1454.43	-2209.03
BLOCK1:CLOSET	423.538	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.376	5.475	0.000	0.000	0.000	8.979	0.013	0.000	0.000	0.000	-321.06	-181.31
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.731	86.290	0.000	0.000	0.000	-267.64	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	114.174	942.960	0.000	0.000	0.000	-1059.32	0.000
BLOCK1:CORREDOR	787.252	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	822.912	0.000	0.812	0.011	0.000	-240.67	0.000	-914.42	-456.98
BLOCK1:HALL	346.871	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.548	0.000	0.000	0.000	0.522	60.200	0.000	0.000	0.000	-408.14	-0.00
BLOCK1:IS	260.715	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.951	0.000	1.917	0.008	0.000	-37.74	0.000	-224.11	-195.28
BLOCK1:ISQUARTOS	283.322	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1647.617	0.000	0.000	0.006	0.000	-371.86	0.000	-580.15	-979.74
BLOCK1:ISSUITE	432.739	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	220.514	0.000	3.500	0.003	0.000	-170.71	0.000	-343.47	-143.39
Total Facility	5189.809	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1132.691	63.012	1770.778	15882.015	0.000	146.641	1089.536	0.000	-3477.73	0.000	-11425.09	-10371.58

SIMULAÇÃO 04

	Tipo	U [$W/m^2\text{°C}$]	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_2	0,191	200
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5098.70	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2520.38	62.02
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7619.09	62.02

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	311.564	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.749	13.735	1476.001	1624.860	0.000	0.000	0.012	0.000	-419.56	0.000	-975.47	-2062.88
BLOCK1:SALADEESTAR	990.278	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	221.783	24.638	86.231	2721.806	0.000	0.005	0.009	0.000	-629.15	0.000	-2170.56	-1245.03
BLOCK1:ESCRITORIO	493.157	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.222	7.850	44.745	1679.042	0.000	0.000	0.000	0.000	-324.02	0.000	-826.24	-1104.76
BLOCK1:XUARTO1	264.296	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	197.515	1.278	0.000	1700.054	0.000	0.000	0.000	0.000	-332.98	0.000	-953.00	-877.16
BLOCK1:XUARTO2	241.445	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	194.562	1.278	0.000	1690.589	0.000	0.000	0.000	0.000	-342.43	0.000	-943.26	-842.19
BLOCK1:SUITE	302.162	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	390.704	1.916	0.000	3572.882	0.000	0.000	0.000	0.000	-616.17	0.000	-1458.95	-2192.55
BLOCK1:CLOSET	409.573	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.261	5.475	0.000	0.000	0.000	8.833	0.011	0.000	0.000	0.000	-321.81	-166.33
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.590	88.521	0.000	0.000	0.000	-269.73	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	114.925	944.375	0.000	0.000	0.000	-1061.49	0.000
BLOCK1:CORREDOR	774.534	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	822.391	0.000	0.778	0.009	0.000	-241.16	0.000	-916.44	-441.21
BLOCK1:HALL	342.926	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.501	65.065	0.000	0.000	0.000	-409.04	-0.00
BLOCK1:IS	252.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.841	0.000	1.878	0.003	0.000	-37.85	0.000	-224.66	-186.23
BLOCK1:ISQUARTOS	280.299	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1646.894	0.000	0.000	0.006	0.000	-372.63	0.000	-581.37	-974.02
BLOCK1:ISSUITE	422.374	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	219.996	0.000	3.414	0.002	0.000	-171.25	0.000	-344.36	-131.00
Total Facility	5085.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1130.795	63.012	1770.778	15872.355	0.000	146.923	1098.012	0.000	-3487.18	0.000	-11456.38	-10223.35

SIMULAÇÃO 05			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_3	0,176	220
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5009.63	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2520.38	62.02
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7530.01	62.02

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	305.853	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.653	13.735	1475.001	1623.761	0.000	0.000	0.008	0.000	-420.57	0.000	-977.85	-2052.58
BLOCK1:SALADEESTAR	973.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	221.464	24.638	86.231	2720.149	0.000	0.004	0.019	0.000	-630.61	0.000	-2175.67	-1219.27
BLOCK1:ESCRITORIO	483.927	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.128	7.850	44.745	1677.854	0.000	0.000	0.000	0.000	-325.24	0.000	-829.16	-1090.10
BLOCK1:XUARTO1	261.157	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	197.299	1.278	0.000	1699.484	0.000	0.000	0.000	0.000	-333.62	0.000	-954.79	-870.81
BLOCK1:XUARTO2	238.592	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	194.339	1.278	0.000	1690.021	0.000	0.000	0.000	0.000	-343.09	0.000	-945.01	-836.13
BLOCK1:SUITE	295.747	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	390.087	1.916	0.000	3571.369	0.000	0.000	0.000	0.000	-617.82	0.000	-1462.86	-2178.44
BLOCK1:CLOSET	397.678	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.160	5.475	0.000	0.000	0.000	8.701	0.009	0.000	0.000	0.000	-322.48	-153.54
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.463	90.454	0.000	0.000	0.000	-271.54	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	115.550	945.589	0.000	0.000	0.000	-1063.33	0.000
BLOCK1:CORREDOR	763.763	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	821.943	0.000	0.750	0.005	0.000	-241.57	0.000	-918.19	-427.79
BLOCK1:HALL	339.543	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.484	69.243	0.000	0.000	0.000	-409.82	-0.00
BLOCK1:IS	245.530	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.743	0.000	1.844	0.009	0.000	-37.93	0.000	-225.15	-178.58
BLOCK1:ISSQUARTOS	277.732	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1646.286	0.000	0.000	0.005	0.000	-373.29	0.000	-582.42	-969.13
BLOCK1:ISSUITE	413.584	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	219.546	0.000	3.340	0.012	0.000	-171.72	0.000	-345.14	-120.43
Total Facility	4996.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1129.131	63.012	1770.778	15864.156	0.000	147.135	1105.352	0.000	-3495.47	0.000	-11483.40	-10096.79

SIMULAÇÃO 06

	Tipo	U [$W/m^2\text{°C}$]	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_4	0,162	250
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4926.07	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2520.38	62.02
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7446.45	62.02

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzons Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzons Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1-COZINHA	300.428	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.561	13.735	1476.001	1622.729	0.000	0.000	0.005	0.000	-421.52	0.000	-980.09	-2042.84
BLOCK1-SALADEESTAR	956.978	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	221.164	24.638	86.231	2718.587	0.000	0.003	0.030	0.000	-632.00	0.000	-2180.50	-1195.10
BLOCK1-ESCRITORIO	475.233	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.038	7.850	44.745	1676.737	0.000	0.000	0.000	0.000	-326.41	0.000	-831.94	-1076.26
BLOCK1:XUARTO1	258.201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	197.093	1.278	0.000	1698.946	0.000	0.000	0.000	0.000	-334.22	0.000	-956.47	-864.82
BLOCK1:XUARTO2	235.907	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	194.127	1.278	0.000	1689.483	0.000	0.000	0.000	0.000	-343.71	0.000	-946.67	-830.42
BLOCK1-SUITE	289.707	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	389.495	1.916	0.000	3569.938	0.000	0.000	0.000	0.000	-619.38	0.000	-1466.57	-2165.11
BLOCK1-CLOSET	386.555	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.067	5.475	0.000	0.000	0.000	8.575	0.007	0.000	0.000	0.000	-323.12	-141.56
BLOCK1-LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.341	92.294	0.000	0.000	0.000	-273.26	0.000
BLOCK1-GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	116.150	946.740	0.000	0.000	0.000	-1065.08	0.000
BLOCK1-CORREDOR	753.664	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	821.513	0.000	0.724	0.002	0.000	-241.97	0.000	-919.87	-415.16
BLOCK1-HALL	336.348	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.468	73.194	0.000	0.000	0.000	-410.56	-0.00
BLOCK1:IS	239.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.647	0.000	1.810	0.003	0.000	-38.02	0.000	-225.63	-171.43
BLOCK1:ISSQUARTOS	275.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1645.715	0.000	0.000	0.003	0.000	-373.92	0.000	-583.40	-964.53
BLOCK1:ISSUITE	405.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	219.115	0.000	3.272	0.010	0.000	-172.17	0.000	-345.90	-110.47
Total Facility	4912.746	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1127.545	63.012	1770.778	15856.412	0.000	147.344	1112.287	0.000	-3503.32	0.000	-11509.04	-9977.70

SIMULAÇÃO 07			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_5	0,188	200
COBERTURA	Roof_1	0,189	200

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5450.15	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2496.51	61.43
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7946.66	61.43

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	334.709	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	32.001	13.735	1476.001	1627.704	0.000	0.000	0.002	0.000	-416.94	0.000	-962.20	-2105.01
BLOCK1:SALADEESTAR	1064.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	222.171	24.638	86.231	2726.469	0.000	0.007	0.000	0.000	-625.02	0.000	-2143.60	-1354.94
BLOCK1:ESCRITORIO	520.379	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.278	7.850	44.745	1681.519	0.000	0.000	0.000	0.000	-322.01	0.000	-813.34	-1149.42
BLOCK1:QUARTO1	291.742	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	198.013	1.278	0.000	1703.142	0.000	0.000	0.000	0.000	-329.98	0.000	-941.26	-922.94
BLOCK1:QUARTO2	267.655	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	195.215	1.278	0.000	1693.928	0.000	0.000	0.000	0.000	-338.94	0.000	-930.62	-888.52
BLOCK1:SUITE	334.755	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	392.028	1.916	0.000	3573.515	0.000	0.000	0.000	0.000	-608.91	0.000	-1434.75	-2258.56
BLOCK1:CLOSET	428.148	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.212	5.475	0.000	0.000	0.000	8.427	0.003	0.000	0.000	0.000	-317.35	-188.91
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.003	83.804	0.000	0.000	0.000	-264.43	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	112.097	931.984	0.000	0.000	0.000	-1046.27	0.000
BLOCK1:CORREDOR	822.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	823.418	0.000	0.804	0.021	0.000	-239.94	0.000	-906.29	-501.24
BLOCK1:HALL	367.221	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.000	0.510	37.352	0.000	0.000	0.000	-405.63	-0.00
BLOCK1:IS	264.640	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.928	0.000	1.823	0.003	0.000	-37.73	0.000	-220.51	-202.69
BLOCK1:ISQUARTOS	299.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1650.119	0.000	0.000	0.005	0.000	-369.54	0.000	-572.73	-1007.68
BLOCK1:ISSUITE	441.697	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	220.285	0.000	3.270	0.000	0.000	-170.85	0.000	-339.70	-155.52
Total Facility	5436.163	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1133.917	63.012	1770.778	15894.028	0.000	142.942	1053.174	0.000	-3459.85	0.000	-11298.69	-10735.44

SIMULAÇÃO 08

	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_5	0,188	200
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5035.83	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2496.51	61.43
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7532.34	61.43

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	306.631	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.668	13.735	1476.001	1624.305	0.000	0.000	0.001	0.000	-420.29	0.000	-969.06	-2062.99
BLOCK1:SALADEESTAR	977.306	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	221.562	24.638	86.231	2720.997	0.000	0.005	0.007	0.000	-630.07	0.000	-2158.08	-1242.59
BLOCK1:ESCRITORIO	486.370	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.158	7.850	44.745	1678.509	0.000	0.000	0.000	0.000	-324.69	0.000	-819.36	-1103.59
BLOCK1:XUARTO1	261.786	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	197.329	1.278	0.000	1699.688	0.000	0.000	0.000	0.000	-333.38	0.000	-949.97	-876.72
BLOCK1:XUARTO2	239.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	194.374	1.278	0.000	1690.225	0.000	0.000	0.000	0.000	-342.84	0.000	-940.18	-842.02
BLOCK1:SUITE	297.199	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	390.216	1.916	0.000	3567.392	0.000	0.000	0.000	0.000	-616.31	0.000	-1449.97	-2190.45
BLOCK1:CLOSET	402.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.190	5.475	0.000	0.000	0.000	8.651	0.000	0.000	0.000	0.000	-317.43	-163.76
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.286	86.449	0.000	0.000	0.000	-267.36	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	114.044	935.848	0.000	0.000	0.000	-1052.08	0.000
BLOCK1:CORREDOR	767.423	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	822.114	0.000	0.755	0.013	0.000	-241.38	0.000	-910.65	-439.36
BLOCK1:HALL	340.809	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.491	65.990	0.000	0.000	0.000	-407.84	-0.00
BLOCK1:IS	248.129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.785	0.000	1.822	0.005	0.000	-37.89	0.000	-221.19	-185.20
BLOCK1:ISQUARTOS	277.862	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1646.490	0.000	0.000	0.001	0.000	-373.08	0.000	-578.00	-974.10
BLOCK1:ISSUITE	416.871	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	219.795	0.000	3.342	0.005	0.000	-171.44	0.000	-340.25	-129.14
Total Facility	5022.429	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1129.497	63.012	1770.778	15863.300	0.000	145.396	1088.319	0.000	-3491.36	0.000	-11381.42	-10209.92

SIMULAÇÃO 09			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_6	0,173	120
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4950.37	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2496.51	61.43
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7446.88	61.43

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	301.249	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.573	13.735	1476.001	1623.169	0.000	0.000	0.012	0.000	-421.23	0.000	-971.39	-2053.10
BLOCK1:SALADEESTAR	960.872	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	221.253	24.638	86.231	2719.295	0.000	0.004	0.015	0.000	-631.44	0.000	-2163.09	-1217.76
BLOCK1:ESCRITORIO	477.586	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.069	7.850	44.745	1677.299	0.000	0.000	0.000	0.000	-325.84	0.000	-822.22	-1089.49
BLOCK1:XUARTO1	258.779	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	197.125	1.278	0.000	1699.119	0.000	0.000	0.000	0.000	-334.00	0.000	-951.72	-870.58
BLOCK1:XUARTO2	236.434	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	194.164	1.278	0.000	1689.658	0.000	0.000	0.000	0.000	-343.47	0.000	-941.90	-836.17
BLOCK1:SUITE	291.093	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	389.648	1.916	0.000	3565.859	0.000	0.000	0.000	0.000	-617.86	0.000	-1453.79	-2176.86
BLOCK1:CLOSET	391.379	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.092	5.475	0.000	0.000	0.000	8.524	0.011	0.000	0.000	0.000	-318.08	-151.39
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	0.000	16.165	88.316	0.000	0.000	0.000	-269.10	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	0.000	114.617	937.014	0.000	0.000	0.000	-1053.82	0.000
BLOCK1:CORREDOR	756.992	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	821.669	0.000	0.728	0.728	0.009	0.000	-241.79	0.000	-912.36	-426.34
BLOCK1:HALL	337.511	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.473	70.069	0.000	0.000	0.000	-408.60	-0.00
BLOCK1:IS	241.416	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.688	0.000	1.788	0.011	0.000	-37.98	0.000	-221.67	-177.79
BLOCK1:ISQUARTOS	275.434	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1645.874	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	-373.71	0.000	-579.02	-969.39
BLOCK1:ISSUITE	408.366	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	219.345	0.000	3.268	0.003	0.003	0.000	-171.90	0.000	-341.01	-118.89
Total Facility	4937.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1127.924	63.012	1770.778	15854.976	0.000	145.569	1095.467	0.000	-3499.22	0.000	-11407.78	-10087.77

SIMULAÇÃO 10			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_7	0,161	2403
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4876.43	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2496.51	61.43
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7372.94	61.43

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	296.502	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.491	13.735	1476.001	1622.216	0.000	0.000	0.009	0.000	-422.08	0.000	-973.41	-2044.45
BLOCK1:SALADEESTAR	946.539	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.972	24.638	86.231	2717.856	0.000	0.003	0.002	0.000	-632.67	0.000	-2167.47	-1196.10
BLOCK1:ESCRIITORIO	469.983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.990	7.850	44.745	1676.268	0.000	0.000	0.000	0.000	-326.88	0.000	-824.72	-1077.24
BLOCK1:XUARTO1	256.184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.945	1.278	0.000	1698.632	0.000	0.000	0.000	0.000	-334.54	0.000	-953.24	-865.26
BLOCK1:XUARTO2	234.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.978	1.278	0.000	1689.172	0.000	0.000	0.000	0.000	-344.03	0.000	-943.39	-831.09
BLOCK1:SUITE	285.871	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	389.141	1.916	0.000	3564.551	0.000	0.000	0.000	0.000	-619.26	0.000	-1457.12	-2165.10
BLOCK1:CLOSET	381.482	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.006	5.475	0.000	0.000	0.000	8.411	0.009	0.000	0.000	0.000	-318.66	-140.72
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	16.057	89.950	0.000	0.000	0.000	-270.63	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	115.104	938.034	0.000	0.000	0.000	-1055.33	0.000
BLOCK1:CORREDOR	748.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	821.283	0.000	0.705	0.005	0.000	-242.15	0.000	-913.87	-415.07
BLOCK1:HALL	334.650	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.459	0.459	73.615	0.000	0.000	0.000	-409.27	-0.00
BLOCK1:IS	235.631	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.601	0.000	1.758	0.094	0.000	0.000	-38.05	0.000	-222.10	-171.38
BLOCK1:ISQUARTOS	273.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1645.351	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	-374.28	0.000	-579.91	-965.32
BLOCK1:ISSUITE	401.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.953	0.000	3.206	0.001	0.000	-172.30	0.000	0.000	-341.69	-110.02
Total Facility	4863.313	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1126.522	63.012	1770.778	15847.881	0.000	145.703	1101.635	0.000	-3506.23	0.000	-11430.81	-9981.77

SIMULAÇÃO 11			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_8	0,149	270
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4807.05	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2496.51	61.43
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7303.56	61.43

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	292.088	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.416	13.735	1476.001	1621.347	0.000	0.000	0.004	0.000	-422.86	0.000	-975.27	-2036.46
BLOCK1:SALADEESTAR	933.161	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.720	24.638	86.231	2716.547	0.000	0.003	0.009	0.000	-633.82	0.000	-2171.44	-1176.05
BLOCK1:ESCRITORIO	462.793	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.917	7.850	44.745	1675.327	0.000	0.000	0.000	0.000	-327.85	0.000	-827.02	-1065.77
BLOCK1:XUARTO1	253.725	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.779	1.278	0.000	1698.188	0.000	0.000	0.000	0.000	-335.04	0.000	-954.62	-860.31
BLOCK1:XUARTO2	231.855	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.807	1.278	0.000	1688.728	0.000	0.000	0.000	0.000	-344.54	0.000	-944.75	-826.38
BLOCK1:SUITE	280.932	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	388.673	1.916	0.000	3563.354	0.000	0.000	0.000	0.000	-620.54	0.000	-1460.18	-2154.16
BLOCK1:CLOSET	372.211	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.928	5.475	0.000	0.000	0.000	8.313	0.007	0.000	0.000	0.000	-319.18	-130.74
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	15.967	91.441	0.000	0.000	0.000	-272.03	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	115.616	938.877	0.000	0.000	0.000	-1056.68	0.000
BLOCK1:CORREDOR	739.565	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	820.928	0.000	0.685	0.016	0.000	-242.47	0.000	-915.24	-404.57
BLOCK1:HALL	331.940	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.448	76.944	0.000	0.000	0.000	-409.88	-0.00
BLOCK1:IS	230.277	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.521	0.000	1.733	0.009	0.000	-38.12	0.000	-222.49	-165.47
BLOCK1:ISSQUARTOS	271.341	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1644.877	0.000	0.000	0.004	0.000	-374.80	0.000	-580.72	-961.52
BLOCK1:ISSUITE	394.169	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.596	0.000	3.153	0.009	0.000	-172.67	0.000	-342.31	-101.76
Total Facility	4794.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1125.241	63.012	1770.778	15841.413	0.000	145.918	1107.319	0.000	-3512.70	0.000	-11451.80	-9883.18

SIMULAÇÃO 12

	Tipo	U [$W/m^2\text{°C}$]	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_9	0,170	220
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4895.88	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2472.71	60.85
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7368.59	60.85

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	296.580	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.501	13.735	1476.001	1622.705	0.000	0.000	0.003	0.000	-422.00	0.000	-964.85	-2053.67
BLOCK1:SALADEESTAR	949.497	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	221.087	24.638	86.231	2718.764	0.000	0.004	0.012	0.000	-632.20	0.000	-2149.89	-1218.13
BLOCK1:ESCRITORIO	471.305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.008	7.850	44.745	1676.821	0.000	0.000	0.000	0.000	-326.48	0.000	-815.29	-1088.96
BLOCK1:XUARTO1	256.449	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.950	1.278	0.000	1698.787	0.000	0.000	0.000	0.000	-334.37	0.000	-948.58	-870.51
BLOCK1:XUARTO2	234.592	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	194.027	1.278	0.000	1689.412	0.000	0.000	0.000	0.000	-343.72	0.000	-938.42	-837.17
BLOCK1:SUITE	287.703	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	389.550	1.916	0.000	3539.036	0.000	0.000	0.000	0.000	-613.77	0.000	-1441.50	-2162.93
BLOCK1:CLOSET	385.746	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	64.039	5.475	0.000	0.000	0.000	8.375	0.002	0.000	0.000	0.000	-313.58	-150.05
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	15.872	86.105	0.000	0.000	0.000	-266.60	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	113.687	928.430	0.000	0.000	0.000	-1044.31	0.000
BLOCK1:CORREDOR	750.752	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	821.449	0.000	0.711	0.014	0.000	-241.96	0.000	-906.23	-425.81
BLOCK1:HALL	335.653	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.466	70.637	0.000	0.000	0.000	-407.30	-0.00
BLOCK1:IS	237.402	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.639	0.000	1.739	0.001	0.000	-38.02	0.000	-218.25	-177.05
BLOCK1:ISQUARTOS	273.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1645.518	0.000	0.000	0.003	0.000	-374.12	0.000	-575.56	-969.84
BLOCK1:ISSUITE	403.983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	219.235	0.000	3.222	0.006	0.000	-171.99	0.000	-336.80	-118.47
Total Facility	4882.842	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1127.162	63.012	1770.778	15825.366	0.000	144.076	1085.212	0.000	-3498.63	0.000	-11327.17	-10072.60

SIMULAÇÃO 13			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_10	0,158	240
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4824.89	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2472.71	60.85
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7297.59	60.85

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	292.193	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.421	13.735	1476.001	1621.709	0.000	0.000	0.013	0.000	-422.78	0.000	-966.84	-2045.43
BLOCK1:SALADEESTAR	935.807	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.814	24.638	86.231	2717.274	0.000	0.003	0.015	0.000	-633.35	0.000	-2154.19	-1197.23
BLOCK1:ESCRITORIO	464.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.932	7.850	44.745	1675.761	0.000	0.000	0.000	0.000	-327.45	0.000	-817.74	-1077.15
BLOCK1:XUARTO1	253.947	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.780	1.278	0.000	1698.298	0.000	0.000	0.000	0.000	-334.90	0.000	-950.07	-865.33
BLOCK1:XUARTO2	232.319	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.853	1.278	0.000	1688.926	0.000	0.000	0.000	0.000	-344.25	0.000	-939.88	-832.25
BLOCK1:SUITE	282.686	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	389.092	1.916	0.000	3537.707	0.000	0.000	0.000	0.000	-615.07	0.000	-1444.76	-2151.57
BLOCK1:CLOSET	376.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.952	5.475	0.000	0.000	0.000	8.266	0.011	0.000	0.000	0.000	-314.14	-139.68
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	0.000	15.768	87.686	0.000	0.000	0.000	-268.07	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	0.000	114.123	929.407	0.000	0.000	0.000	-1045.72	0.000
BLOCK1:CORREDOR	742.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	821.063	0.000	0.688	0.008	0.000	-242.31	0.000	-907.71	-414.88
BLOCK1:HALL	332.856	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.452	74.106	0.000	0.000	0.000	0.000	-407.96	-0.00
BLOCK1:IS	231.791	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.552	0.000	1.709	0.006	0.000	-38.10	0.000	-218.67	-170.83
BLOCK1:ISQUARTOS	271.214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	0.000	1644.984	0.000	0.000	0.001	0.000	-374.65	0.000	-576.43	-965.94
BLOCK1:ISSUITE	396.907	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.841	0.000	3.158	0.003	0.000	-172.38	0.000	-337.46	-109.89
Total Facility	4811.969	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1125.844	63.012	1770.778	15818.115	0.000	144.167	1091.255	0.000	-3505.25	0.000	-11349.66	-9970.18

SIMULAÇÃO 14

	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_11	0,148	260
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4763.51	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2472.71	60.85
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7236.22	60.85

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	288.374	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.352	13.735	1476.001	1620.898	0.000	0.000	0.006	0.000	-423.47	0.000	-968.52	-2038.36
BLOCK1:SALADEESTAR	923.876	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.578	24.638	86.231	2716.061	0.000	0.003	0.016	0.000	-634.35	0.000	-2157.78	-1179.26
BLOCK1:ESCRITORIO	457.769	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.865	7.850	44.745	1674.887	0.000	0.000	0.000	0.000	-328.31	0.000	-819.83	-1066.98
BLOCK1:XUARTO1	251.780	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.636	1.278	0.000	1697.893	0.000	0.000	0.000	0.000	-335.35	0.000	-951.33	-860.91
BLOCK1:XUARTO2	230.359	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.705	1.278	0.000	1688.522	0.000	0.000	0.000	0.000	-344.71	0.000	-941.11	-828.04
BLOCK1:SUITE	278.384	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	388.697	1.916	0.000	3536.613	0.000	0.000	0.000	0.000	-616.21	0.000	-1447.51	-2141.89
BLOCK1:CLOSET	367.885	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.879	5.475	0.000	0.000	0.000	8.178	0.008	0.000	0.000	0.000	-314.61	-130.80
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	15.689	89.008	0.000	0.000	0.000	-269.32	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	114.538	930.146	0.000	0.000	0.000	-1046.87	0.000
BLOCK1:CORREDOR	734.547	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	820.745	0.000	0.670	0.001	0.000	-242.61	0.000	-908.93	-405.52
BLOCK1:HALL	330.427	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.441	77.094	0.000	0.000	0.000	-408.51	-0.00
BLOCK1:IS	227.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.480	0.000	1.686	0.010	0.000	-38.16	0.000	-219.02	-165.57
BLOCK1:ISQUARTOS	269.485	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1644.547	0.000	0.000	0.006	0.000	-375.12	0.000	-577.16	-962.57
BLOCK1:ISSUITE	390.761	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.516	0.000	3.109	0.010	0.000	-172.71	0.000	-338.01	-102.50
Total Facility	4750.698	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1124.713	63.012	1770.778	15812.162	0.000	144.315	1096.305	0.000	-3511.01	0.000	-11368.51	-9882.41

SIMULAÇÃO 15

	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_12	0,138	290
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4703.05	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2472.71	60.85
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7175.76	60.85

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	284.591	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.282	13.735	1476.001	1620.074	0.000	0.000	0.012	0.000	-424.22	0.000	-970.28	-2031.18
BLOCK1:SALADEESTAR	912.231	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.315	24.638	86.231	2714.810	0.000	0.002	0.004	0.000	-635.44	0.000	-2161.62	-1161.16
BLOCK1:ESCRITORIO	451.575	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.792	7.850	44.745	1673.999	0.000	0.000	0.000	0.000	-329.22	0.000	-821.99	-1056.74
BLOCK1:XUARTO1	249.660	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.478	1.278	0.000	1697.470	0.000	0.000	0.000	0.000	-335.82	0.000	-952.65	-856.42
BLOCK1:XUARTO2	228.446	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.542	1.278	0.000	1688.101	0.000	0.000	0.000	0.000	-945.19	0.000	-942.40	-823.77
BLOCK1:SUITE	274.135	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	388.252	1.916	0.000	3535.477	0.000	0.000	0.000	0.000	-617.42	0.000	-1450.41	-2131.95
BLOCK1:CLOSET	359.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.801	5.475	0.000	0.000	0.000	8.071	0.004	0.000	0.000	0.000	-315.15	-121.94
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	15.584	90.436	0.000	0.000	0.000	-270.64	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	114.882	931.091	0.000	0.000	0.000	-1048.16	0.000
BLOCK1:CORREDOR	727.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	820.402	0.000	0.651	0.011	0.000	-242.92	0.000	-910.28	-396.08
BLOCK1:HALL	328.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.429	80.112	0.000	0.000	0.000	-409.11	-0.00
BLOCK1:IS	222.316	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.398	0.000	1.657	0.004	0.000	-38.23	0.000	-219.43	-160.26
BLOCK1:ISQUARTOS	267.757	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1644.098	0.000	0.000	0.003	0.000	-375.61	0.000	-577.92	-959.14
BLOCK1:ISSUITE	384.739	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.164	0.000	3.053	0.006	0.000	-173.08	0.000	-338.63	-95.07
Total Facility	4690.351	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1123.462	63.012	1770.778	15805.994	0.000	144.329	1101.686	0.000	-3517.16	0.000	-11388.68	-9793.73

SIMULAÇÃO 16

	Tipo	U [$W/m^2\text{°C}$]	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_13	0,163	230
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4832.63	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2460.84	60.55
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7293.47	60.55

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface [kWh]	HVAC Input Cooled Surface [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	292.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.424	13.735	1476.001	1621.974	0.000	0.000	0.010	0.000	-422.78	0.000	-962.57	-2049.79
BLOCK1:SALADEESTAR	936.790	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.864	24.638	86.231	2717.749	0.000	0.004	0.003	0.000	-633.18	0.000	-2145.46	-1207.63
BLOCK1:ESCRITORIO	464.496	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.938	7.850	44.745	1676.049	0.000	0.000	0.000	0.000	-327.30	0.000	-813.11	-1082.68
BLOCK1:XUARTO1	254.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.775	1.278	0.000	1698.375	0.000	0.000	0.000	0.000	-334.83	0.000	-947.82	-867.81
BLOCK1:XUARTO2	232.513	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.869	1.278	0.000	1689.043	0.000	0.000	0.000	0.000	-344.12	0.000	-937.42	-835.17
BLOCK1:SUITE	283.472	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	389.264	1.916	0.000	3524.991	0.000	0.000	0.000	0.000	-612.40	0.000	-1437.07	-2150.17
BLOCK1:W.CLOSET	378.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.967	5.475	0.000	0.000	0.000	8.249	0.008	0.000	0.000	0.000	-311.70	-144.12
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	0.000	15.675	85.787	0.000	0.000	0.000	-266.08	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	0.000	113.451	924.657	0.000	0.000	0.000	-1040.30	0.000
BLOCK1:CORREDOR	743.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	821.145	0.000	0.691	0.004	0.000	-242.23	0.000	-903.96	-420.00
BLOCK1:HALL	333.328	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.455	72.706	0.000	0.000	0.000	-407.04	-0.00
BLOCK1:IS	232.522	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.572	0.000	1.700	0.004	0.000	-38.09	0.000	-216.76	-173.50
BLOCK1:ISQUARTOS	271.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1645.067	0.000	0.000	0.000	0.000	-374.59	0.000	-574.21	-968.12
BLOCK1:ISSUITE	398.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.981	0.000	3.167	0.001	0.000	-172.24	0.000	-334.98	-113.91
Total Facility	4819.756	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1126.102	63.012	1770.778	15806.945	0.000	143.392	1083.181	0.000	-3501.76	0.000	-11298.48	-10012.90

SIMULAÇÃO 17			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_14	0,152	250
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4769.44	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2460.84	60.55
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7230.29	60.55

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	288.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.355	13.735	1476.001	1621.092	0.000	0.000	0.003	0.000	-423.45	0.000	-964.29	-2042.61
BLOCK1:SALADEESTAR	924.657	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.637	24.638	86.231	2716.438	0.000	0.003	0.004	0.000	-634.14	0.000	-2149.11	-1189.35
BLOCK1:ESCRITORIO	458.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.874	7.850	44.745	1675.107	0.000	0.000	0.000	0.000	-328.14	0.000	-815.25	-1072.24
BLOCK1:XUARTO1	251.788	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.636	1.278	0.000	1697.949	0.000	0.000	0.000	0.000	-335.28	0.000	-949.11	-863.26
BLOCK1:XUARTO2	230.484	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.725	1.278	0.000	1688.619	0.000	0.000	0.000	0.000	-344.58	0.000	-938.68	-830.85
BLOCK1:SUITE	279.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	388.898	1.916	0.000	3523.828	0.000	0.000	0.000	0.000	-613.49	0.000	-1439.87	-2140.30
BLOCK1:CLOSET	369.559	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.897	5.475	0.000	0.000	0.000	8.167	0.005	0.000	0.000	0.000	-312.16	-134.94
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	15.603	87.112	0.000	0.000	0.000	-267.34	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	113.893	925.343	0.000	0.000	0.000	-1041.43	0.000
BLOCK1:CORREDOR	735.462	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	820.817	0.000	0.673	0.014	0.000	-242.52	0.000	-905.19	-410.34
BLOCK1:HALL	330.812	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.444	75.785	0.000	0.000	0.000	-407.59	-0.00
BLOCK1:IS	227.568	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.499	0.000	1.679	0.009	0.000	-38.14	0.000	-217.09	-168.06
BLOCK1:ISQUARTOS	269.291	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1644.597	0.000	0.000	0.005	0.000	-375.06	0.000	-574.96	-964.69
BLOCK1:ISSUITE	391.826	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.646	0.000	3.117	0.008	0.000	-172.56	0.000	-335.52	-106.32
Total Facility	4756.675	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1125.023	63.012	1770.778	15800.590	0.000	143.580	1088.287	0.000	-3507.37	0.000	-11317.57	-9922.96

SIMULAÇÃO 18

	Tipo	U [$W/m^2\text{°C}$]	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_15	0,142	270
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4711.10	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2460.84	60.55
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7171.94	60.55

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	284.578	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.285	13.735	1476.001	1620.260	0.000	0.000	0.009	0.000	-424.17	0.000	-966.03	-2035.66
BLOCK1:SALADEESTAR	913.382	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.374	24.638	86.231	2715.188	0.000	0.003	0.005	0.000	-635.18	0.000	-2152.89	-1171.75
BLOCK1:ESCRITORIO	452.124	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.803	7.850	44.745	1674.221	0.000	0.000	0.000	0.000	-329.01	0.000	-817.37	-1062.36
BLOCK1:QUARTO1	249.739	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.485	1.278	0.000	1697.532	0.000	0.000	0.000	0.000	-335.74	0.000	-950.40	-858.89
BLOCK1:QUARTO2	228.633	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.570	1.278	0.000	1688.205	0.000	0.000	0.000	0.000	-345.05	0.000	-939.95	-826.69
BLOCK1:SUITE	274.959	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	388.481	1.916	0.000	3522.704	0.000	0.000	0.000	0.000	-614.66	0.000	-1442.71	-2130.69
BLOCK1:CLOSET	361.639	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.817	5.475	0.000	0.000	0.000	8.060	0.001	0.000	0.000	0.000	-312.68	-126.31
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.800	0.000	0.000	15.500	88.503	0.000	0.000	0.000	-268.62	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	114.188	926.276	0.000	0.000	0.000	-1042.65	0.000
BLOCK1:CORREDOR	728.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	820.482	0.000	0.654	0.007	0.000	-242.84	0.000	-906.51	-401.15
BLOCK1:HALL	328.462	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.432	78.733	0.000	0.000	0.000	-408.17	-0.00
BLOCK1:IS	223.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.419	0.000	1.649	0.002	0.000	-38.21	0.000	-217.49	-162.94
BLOCK1:ISQUARTOS	267.653	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1644.151	0.000	0.000	0.002	0.000	-375.53	0.000	-575.71	-961.39
BLOCK1:ISSUITE	385.984	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	218.300	0.000	3.060	0.004	0.000	-172.92	0.000	-336.12	-99.12
Total Facility	4698.431	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1123.815	63.012	1770.778	15794.462	0.000	143.545	1093.541	0.000	-3513.31	0.000	-11337.30	-9836.94

SIMULAÇÃO 19			
	Tipo	$U [W/m^2\text{°C}]$	Espessura de isolamento [mm]
PAREDE	Wall_16	0,133	300
COBERTURA	Roof_2	0,133	300

CONSUMO DE ENERGIA

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	4655.36	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	63.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2460.84	60.55
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1833.79	0.00	0.00	0.00	7116.20	60.55

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

BALANÇO TÉRMICO ANUAL NO EDIFÍCIO

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
BLOCK1:COZINHA	281.139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.218	13.735	1476.001	1619.488	0.000	0.000	0.002	0.000	-424.85	0.000	-967.67	-2029.06
BLOCK1:SALADESTAR	902.627	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	220.125	24.638	86.231	2714.023	0.000	0.002	0.007	0.000	-636.19	0.000	-2156.45	-1155.01
BLOCK1:ESCRITORIO	446.426	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.734	7.850	44.745	1673.392	0.000	0.000	0.000	0.000	-329.86	0.000	-819.38	-1052.91
BLOCK1:XUARTO1	247.787	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.340	1.278	0.000	1697.141	0.000	0.000	0.000	0.000	-336.18	0.000	-951.62	-854.74
BLOCK1:XUARTO2	226.861	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	193.421	1.278	0.000	1687.815	0.000	0.000	0.000	0.000	-345.49	0.000	-941.14	-822.74
BLOCK1:SUITE	271.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	388.077	1.916	0.000	3521.650	0.000	0.000	0.000	0.000	-615.77	0.000	-1445.40	-2121.52
BLOCK1:CLOSET	354.107	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.740	5.475	0.000	0.000	0.000	7.962	0.009	0.000	0.000	0.000	-313.19	-118.10
BLOCK1:LAVANDARIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	163.900	0.000	0.000	15.406	89.818	0.000	0.000	0.000	-269.85	0.000
BLOCK1:GARAGEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.190	0.000	0.000	0.000	114.501	927.129	0.000	0.000	0.000	-1043.82	0.000
BLOCK1:CORREDOR	721.436	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.095	0.000	820.165	0.000	0.636	0.000	0.000	-243.13	0.000	-907.75	-392.45
BLOCK1:HALL	326.231	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	0.000	0.000	0.421	81.527	0.000	0.000	0.000	-408.73	-0.00
BLOCK1:IS	218.671	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548	0.000	193.343	0.000	1.622	0.006	0.000	-38.28	0.000	-217.87	-158.04
BLOCK1:ISQUARTOS	266.066	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	1643.735	0.000	0.000	0.006	0.000	-375.99	0.000	-576.41	-958.22
BLOCK1:ISSUITE	380.396	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	0.000	217.973	0.000	3.008	0.010	0.000	-173.26	0.000	-336.69	-92.24
Total Facility	4642.791	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1122.656	63.012	1770.778	15788.726	0.000	143.558	1098.515	0.000	-3519.00	0.000	-11355.95	-9755.04