



**Politécnico  
de Viseu**

Escola Superior  
de Tecnologia  
e Gestão de Viseu

# **Simulação energética com recurso a ferramentas BIM: análise da interoperabilidade**

Jhon Alex de Oliveira Braganhol

## **Relatório de Estágio**

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida  
Professor Doutor Eduardo Leite Kruger

Junho de 2024



**Politécnico  
de Viseu**

Escola Superior  
de Tecnologia  
e Gestão de Viseu

# **Simulação energética com recurso a ferramentas BIM: análise da interoperabilidade**

Jhon Alex de Oliveira Braganhol

## **Relatório de Estágio**

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida  
Professor Doutor Eduardo Leite Kruger

Junho de 2024

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão a todas as pessoas e instituições que tornaram possível a conclusão desta tese.

Primeiramente, quero agradecer aos meus orientadores, Professores Prof. Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida e Prof. Doutor Eduardo Leite Krüger, pela orientação valiosa e apoio contínuo ao longo deste percurso acadêmico.

Às instituições de ensino, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e Instituto Politécnico de Viseu (IPV), agradeço por proporcionarem um ambiente de aprendizado enriquecedor e por investirem no desenvolvimento dos alunos. As experiências adquiridas nessas instituições foram essenciais para minha formação.

Não posso deixar de expressar minha gratidão à empresa Riportico por me conceder a oportunidade de realizar o estágio curricular. O aprendizado prático que obtive durante esse estágio contribuiu significativamente para minha compreensão das aplicações do conhecimento teórico adquirido ao longo do curso.

A minha família e amigos, meu sincero agradecimento por estarem sempre ao meu lado, me incentivando e oferecendo seu apoio incondicional. Suas palavras de encorajamento foram um grande impulso nos momentos desafiadores.

## RESUMO

O crescente interesse pela eficiência energética dos edifícios tem origem na preocupação global com o consumo de energia em excesso, a escassez de recursos e o impacto ambiental para a produção da mesma. Em edifícios já construídos, o desafio da eficiência energética é, muitas vezes, ainda mais complexo. Por outro lado, as ferramentas de simulação térmica e energética permitem analisar o impacto de diferentes soluções e perspectivar o potencial de poupança energética. Ao conceito de *Building Information Modeling* (BIM) está associado um modelo do edifício, sistemático e parametrizado, de forma que as informações inseridas no modelo podem impactar diretamente nos resultados das simulações. Assim, é possível beneficiar de um modelo BIM detalhado para a análise da sua eficiência energética. Este estudo propõe avaliar a interoperabilidade entre os *softwares Autodesk Revit e Cype*, no contexto da simulação do desempenho energético. O trabalho foi desenvolvido com utilização do edifício sede da empresa Riportico como estudo de caso. Apesar da agilidade na troca de informações parametrizadas, ocorreram limitações na interoperabilidade entre Revit e CYPE, requerendo retrabalho na adaptação dos elementos para análise energética. A execução do trabalho revelou a funcionalidade das ferramentas BIM em diferentes softwares, avaliando a compatibilidade de formatos de arquivos e o nível de informação mantido na interoperabilidade.

**Palavras-chave:** Interoperabilidade; Eficiência energética; BIM; Revit; Cype.

## **ABSTRACT**

The growing interest in the energy efficiency of buildings originates from global concerns about excessive energy consumption, resource scarcity, and the environmental impact of energy production. In already constructed buildings, the challenge of energy efficiency is often even more complex. On the other hand, thermal and energy simulation tools allow for analyzing the impact of different solutions and assessing the potential for energy savings. The concept of Building Information Modeling (BIM) is associated with a systematic and parameterized model of the building, allowing the information inputted into the model to directly impact the results of simulations. Therefore, it is possible to benefit from a detailed BIM model to analyze its energy efficiency. This study aims to evaluate the interoperability between Autodesk Revit and Cype software in the context of simulating energy performance simulation. The research was conducted using the Riportico company headquarters as a case study. Despite the agility in the exchange of parametric information, limitations in interoperability between Revit and CYPE occurred, requiring rework in adapting elements for energy analysis. The execution of the work revealed the functionality of BIM tools in different software, assessing the compatibility of file formats and the level of information maintained in interoperability.

**Keywords:** Interoperability; Energy efficiency, BIM; Revit; Cype.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.</b>	<b>Enquadramento .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.</b>	<b>Objetivos da investigação.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.</b>	<b>Abordagem metodológica .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4.</b>	<b>Estrutura da dissertação .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.</b>	<b>Produção e Utilização da energia .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.</b>	<b>Eficiência Energética e Sustentabilidade.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.</b>	<b>Indicadores da Eficiência Energética .....</b>	<b>6</b>
2.3.1.	Indicadores de Consumo e Intensidade Energética .....	6
<b>2.4.</b>	<b>Certificações Energéticas para edificações.....</b>	<b>7</b>
2.4.1.	Leadership in Energy and Environmental Design (Leed) – EUA.....	8
2.4.2.	Haute Qualité Environnementale (HQE).....	9
2.4.3.	Alta Qualidade Ambiental (Aqua) – Brasil .....	9
2.4.4.	Outras Certificações .....	10
<b>2.5.</b>	<b>Dados de Produção e Consumo .....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.</b>	<b>Implementação de sistemas BIM.....</b>	<b>12</b>
<b>2.7.</b>	<b>Interoperabilidade .....</b>	<b>13</b>
2.7.1.	Modelos IFC .....	14
<b>2.8.</b>	<b>Estágios de Maturidade BIM.....</b>	<b>15</b>
<b>2.9.</b>	<b>Estudos sobre Interoperabilidade .....</b>	<b>16</b>
<b>2.10.</b>	<b>Programas BIM .....</b>	<b>17</b>
2.10.1.	Autodesk REVIT .....	17
2.10.2.	CYPE.....	18
<b>2.11.</b>	<b>Características Térmicas dos Materiais .....</b>	<b>18</b>

<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.</b>	<b>Caracterização do ambiente de estudo .....</b>	<b>23</b>
3.1.1.	Sobre o estudo .....	23
3.1.2.	Localização do edifício do estudo de caso .....	23
3.1.3.	Clima da região.....	24
3.1.4.	Edifício do estudo de caso.....	27
<b>3.2.</b>	<b>Desenvolvimento do projeto BIM .....</b>	<b>31</b>
3.2.1.	Fases do projeto .....	32
<b>3.3.</b>	<b>Descrição dos modelos.....</b>	<b>33</b>
3.3.1.	Descrição construtiva dos modelos .....	33
3.3.2.	Ganhos Internos e Ventilação.....	41
3.3.3.	Clima exterior.....	42
3.3.4.	Análise energética no Revit.....	43
3.3.5.	Sincronização de documentos pelo OpenBIM .....	45
3.3.6.	Análise energética no CYPETHERM LOADS .....	46
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultados dos modelos BIM 1 e 2 no Revit.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.</b>	<b>Resultados da fase 3 obtidos no Revit.....</b>	<b>52</b>
4.2.1.	Resultados obtidos no Autodesk Insight .....	54
4.2.2.	Resultados obtidos no Autodesk Green Building Studio .....	57
<b>4.3.</b>	<b>Resultados da fase 3 obtidos no CYPE .....</b>	<b>58</b>
4.3.1.	Resultados obtidos no CYPETHERM LOADS .....	58
<b>4.4.</b>	<b>Resultados obtidos no local.....</b>	<b>62</b>
<b>4.5.</b>	<b>Comparativo dos Resultados e da Interoperabilidade.....</b>	<b>64</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusão Geral.....</b>	<b>67</b>

<b>5.2.</b>	<b>Trabalhos Futuros .....</b>	<b>68</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS .....</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE A - DADOS DO LEVANTAMENTO DE CARGAS NO EDÍFÍCIO .</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXO A - PLANTAS DO EDIFÍCIO BASE PARA O TRABALHO .....</b>	<b>76</b>

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 - Propriedades analíticas das estruturas envidraçadas no REVIT .....	37
Tabela 2 - Resultado Anual do Uso Final da Energia no Revit .....	53
Tabela 3 - Resumo do consumo anual estimado no local .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide de indicadores energéticos .....	6
Figura 2 - Certificações internacionais pelo mundo.....	8
Figura 3 - Exemplo de ficha de certificação Leed .....	9
Figura 4 - Processo colaborativo simultâneo no BIM.....	14
Figura 5 - Estágios de maturidade BIM .....	16
Figura 6 - Resistência térmica em elemento com alto grau de ventilação .....	20
Figura 7 - Resistência Térmica de espaço de ar com pouca ventilação .....	21
Figura 8 - Localização em Portugal .....	24
Figura 9 - Distância de Viseu ao edifício .....	24
Figura 10 - Climas em Portugal Continental.....	25
Figura 11 - Localização de Viseu.....	25
Figura 12 - Temperatura média Anual - Portugal Continental.....	26
Figura 13 - Evolução anual da temperatura média - Portugal continental .....	26
Figura 14 - Temperatura média Anual - Viseu .....	26
Figura 15 - Evolução anual da temperatura média - Viseu .....	26
Figura 16 - Temperatura Mínima - Viseu .....	27
Figura 17 - Temperatura Máxima - Viseu.....	27
Figura 18 - Dados gerais do clima anual em Viseu.....	27
Figura 19 - Fachada externa do edifício .....	28
Figura 20 - Receção e ambientes anexos .....	30
Figura 21 - Equipamento de ar-condicionado na receção .....	30
Figura 22 - Redução do espaço interno para tratamento térmico da parede da fachada .....	31
Figura 23 - Fluxograma do desenvolvimento do estudo .....	33
Figura 24 - Planta do Rés de Chão .....	34
Figura 25 - Planta do primeiro andar .....	34

Figura 26 - Planta do segundo andar .....	35
Figura 27 – REVIT - modelo BIM 1 – Geometria inicial .....	36
Figura 28 - Parede genérica do primeiro modelo BIM .....	36
Figura 29 - Parede de granito e gesso detalhada .....	37
Figura 30 – REVIT - Modelo BIM 1 – Geometria parcial.....	38
Figura 31 – REVIT - Modelo BIM 2 .....	38
Figura 32 - Detalhes das paredes do segundo modelo BIM.....	39
Figura 33 - Piso do modelo BIM 2.....	39
Figura 34 - REVIT - Modelo BIM 3 .....	40
Figura 35 - Detalhe do telhado no modelo 3 do Revit .....	40
Figura 36 - Parede com aplicação do ETICS .....	41
Figura 37 - Paredes de gesso .....	41
Figura 38 - Indicação de local do projeto no Revit .....	43
Figura 39 - Exemplo de criação de modelo misto.....	44
Figura 40 - Espaços analíticos gerados no Revit.....	45
Figura 41 - página do BIMserver.center .....	46
Figura 42 - Modelo BIM importado para o CYPETHERM LOADS .....	47
Figura 43 - Campo de edição do modelo térmico da edificação .....	47
Figura 44 - Edição de camadas de materiais .....	48
Figura 45 - Exemplo de parede com camadas definidas .....	49
Figura 46 - Caracterização dos elementos no CYPETHERM LOADS .....	50
Figura 47 - Definição de encontro entre elementos para Pontes Térmicas .....	50
Figura 48 - Processamento das arestas .....	51
Figura 49 - Resultados gerados pelo CYPETHERM LOADS.....	51
Figura 50 - Consumo Mensal de Energia no Revit .....	53
Figura 51 - Consumo mensal para resfriamento no Revit.....	54

Figura 52 - Consumo mensal para aquecimento no Revit .....	54
Figura 53 - Modelo BIM gerado pelo Autodesk Insight .....	55
Figura 54 - Consumo Energético Anual do Edifício .....	55
Figura 55 - Orientação do Edifício .....	56
Figura 56 - Esquadrias das janelas .....	56
Figura 57 - Sombras nas janelas .....	56
Figura 58 - Resultados da Análise no GBS .....	57
Figura 59 - Resumo de Cargas de Arrefecimento .....	59
Figura 60 - Instalação Sanitária .....	60
Figura 61 - Carga Máxima Simultânea de arrefecimento .....	61
Figura 62 - Evolução Horária da carga máxima de arrefecimento .....	61
Figura 63 - Evolução anual da carga máxima simultânea de arrefecimento .....	62

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Índices de consumo de energia .....	7
Quadro 2 - Resistências térmicas superficiais.....	19
Quadro 3 - Resistência térmica de espaços de ar não ventilados .....	20
Quadro 4 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para paredes .....	22
Quadro 5 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para pavimentos e coberturas....	22
Quadro 6 - Divisão dos ambientes internos da edificação .....	28

## **LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS**

ADENE – Agência para Energia

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*

COP – *Coefficient Of Performance*

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

DOE - *Department of Energy*

EER – *Energy Efficiency Ratio*

EUI – *Energy Use Intensity*

ETICS – *External Thermal Insulation Composite System*

IAI – *International Alliance Interoperability*

IEA – *International Energy Agency*

IFC – *Industry Foundation Classes*

LOD – *Level Of Development/ Detail*

OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

O crescente interesse pela eficiência energética dos edifícios tem origem na preocupação global com o excesso de consumo de energia, a escassez de recursos e o impacto ambiental para a sua produção. À medida que as cidades crescem e as tecnologias avançam, a melhoria do desempenho do edificado existente torna-se um campo de estudo importante para verificar quais são as adequações necessárias para a sua adaptação aos padrões e exigências atuais de utilização, minimizando o nível de consumo de energia.

Em novas obras, entende-se que o conceito de eficiência energética deve ser aplicado desde a ideia conceitual até à execução. Entretanto, em edifícios já construídos, a aplicação desses conceitos é, por vezes, mais complexa, pois é preciso adaptar um espaço planeado de uma forma no passado, mas que hoje já não se adequa aos parâmetros de conforto e de consumo desejados. Algumas dessas adequações têm como base a utilização de fontes renováveis de energia que permitam diminuir o consumo de energia elétrica da rede de distribuição. A instalação de painéis fotovoltaicos é um bom exemplo desta prática. No entanto, para entender quais são as melhores estratégias para a aplicação destas práticas, outros detalhes precisam de ser analisados, como o nível de incidência solar na construção, a melhoria construtiva da envolvente, o sistema de ventilação, entre outros aspectos importantes para obter um resultado coerente. Por outro lado, as ferramentas de simulação térmica e energética permitem analisar o impacto de diferentes soluções e perspetivar o potencial de poupança energética.

O conceito de *Building Information Modeling* (BIM) permite gerar um modelo de um edifício de maneira sistemática e parametrizada, de forma que as informações inseridas no modelo podem ser úteis também na sua simulação energética. Assim, é possível beneficiar de um modelo BIM detalhado, com informação específica quer ao nível das propriedades dos materiais, quer dos usos dos diferentes espaços do edifício, para a análise da sua eficiência energética.

A modelação BIM pode ser criada em diversos softwares que trabalham com esta tecnologia e muitos possuem ferramentas similares para o desenvolvimento de simulações térmicas e energéticas. O Autodesk Revit permite a criação de um modelo específico dentro do modelo global que pode ser exportado para simulação energética com a utilização do algoritmo do *EnergyPlus*. O programa *Cype* apresenta características e funcionalidades idênticas.

Uma das dificuldades apontadas a estas ferramentas prende-se com a transferência da informação entre elas, que por vezes conduz a falhas com impacto significativo, obrigando, por vezes, a refazer o modelo. Nesse sentido, este estudo propõe avaliar a interoperabilidade entre os softwares Autodesk Revit e Cype, no contexto da simulação do desempenho energético. O trabalho foi desenvolvido em parceria com a empresa Riportico, tendo o edifício sede da empresa sido selecionado como caso de estudo.

## **1.2. Objetivos da investigação**

Este trabalho tem como objetivo principal testar a interoperabilidade entre softwares BIM especificamente no contexto de simulação do comportamento térmico e desempenho energético de um edifício.

Para concluir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos parciais:

- a) Revisão bibliográfica sobre o tema da modelação BIM e da eficiência energética de edifícios;
- b) Estudo dos softwares Autodesk Revit, e Cype;
- c) Modelação BIM do edifício do caso de estudo;
- d) Simulações térmicas e energética nos dois programas;
- e) Comparação entre os dados obtidos nas simulações;
- f) Teste à interoperabilidade entre os softwares.

## **1.3. Abordagem metodológica**

O estudo em questão utilizou como base, o edifício da empresa responsável pelo desenvolvimento do estágio curricular do autor, a partir de plantas disponibilizadas digitalmente e com verificações *in loco*.

O modelo do edifício foi gerado em formato BIM no programa Revit e, posteriormente, foi exportado para outros softwares - *Autodesk Insight*, *Autodesk Green Building* e *CYPETHERM LOADS* – para verificar suas potencialidades em termos de análises e comparar os resultados obtidos, procurando-se contribuir para a melhoria da eficiência energética do objeto de estudo.

## **1.4. Estrutura da dissertação**

Esta dissertação em questão está dividida em cinco capítulos de acordo com a seguinte descrição:

- Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo, são descritas as problemáticas iniciais em torno do tema da pesquisa, assim como as questões a serem abordadas e os objetivos propostos, os quais serão abordados ao longo do trabalho.

– Capítulo 2 - Revisão da Literatura

Nesse capítulo, são abordados os documentos disponíveis na literatura e suas contribuições para o trabalho, com base em informações técnicas de autores e pesquisadores já envolvidos no tema da pesquisa.

– Capítulo 3 – Metodologia

Nesse capítulo, descreve-se como foi desenvolvida a pesquisa e os métodos para obtenção dos resultados.

– Capítulo 4 – Análise dos Resultados

Nesse capítulo, concentram-se os dados obtidos na pesquisa, as comparações entre os valores e meios de obtenção destes, assim como uma análise crítica dos resultados.

– Capítulo 5 – Conclusão

Nesse capítulo, são descritos os principais pontos da pesquisa, seus resultados, se os objetivos foram alcançados e comentários pertinentes do autor sobre o assunto após a conclusão dos trabalhos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Produção e Utilização da energia**

A geração da energia e sua aplicação final afetam significativamente como o tema de eficiência dos processos intermediários devem ser verificados. Uma abordagem com foco na parte da produção pode reduzir a quantidade de perdas da mesma forma que uma verificação dos processos intermediários pode corrigir diversos fatores também tão importantes num aumento na eficiência quanto a primeira.

Para compreender essa questão, é preciso entender os processos, saber qual o objetivo principal e quais são os pontos a serem abordados prioritariamente. “O propósito fundamental do uso da energia é assistir na satisfação das necessidades e desejo do ser humano” (Roméro & Reis, 2012).

A energia é o catalizador de uma transformação ou de procedimentos os quais geram um resultado, sendo este algo tangível ou não. Além disso, o item obtido pode ser relacionado à quantidade de energia utilizada durante sua geração e este fato pode ser mensurado por índices de controle. Assim, os valores encontrados nesse processo podem ser compreendidos e a eficiência pode então ser medida para que os processos tenham referências de melhora a partir da diminuição do consumo com a obtenção do mesmo resultado final (Barros et al., 2015).

Os tipos de energia presentes e utilizados constantemente são, geralmente, em forma térmica, luminosa, de eletricidade e de combustível. Conforme a aplicação final da energia, é possível classificar os consumidores em setores econômicos diversos (Roméro & Reis, 2012).

Uma fonte de energia renovável é aquela, a qual permite a geração a partir de recursos naturais inesgotáveis repostos pelo meio ambiente. A energia hidráulica consiste na criação de represas de acumulação de água onde o desnível provocado gera uma diferença de energia potencial no curso do rio. A passagem de água pelas turbinas gera a transformação dessa em energia cinética e, posteriormente, é transformada em energia elétrica (Barros et al., 2015).

Apesar de ser uma energia renovável, esse tipo de produção acarreta grandes impactos ambientais quando vindo de grandes Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE), tais como o alagamento de grandes áreas de vegetação, o alto consumo de materiais, a remoção de grande parte da fauna nativa da região como também da população que mora próximo do local da construção.

Outro tipo de fonte renovável de energia é a biomassa, a qual consiste em qualquer material não fóssil possível de converter em energia e sua maior vantagem é a variedade de opções disponíveis para a produção, a exemplo de óleo vegetal, lixos orgânicos e a cana-de-açúcar, os quais podem gerar biodiesel, biogás e etanol, respectivamente. A maior parte da biomassa serve para gerar energia térmica a partir da queima e o calor gerado é utilizado para aquecimento de água e em outros processos (Barros et al., 2015).

A energia eólica também é exemplo de produção de energia por meios sustentáveis, gerada a partir da energia cinética dos ventos, os quais produzem o movimento de rotação nas hélices conectadas a uma turbina que aciona o gerador elétrico.

Mais uma forma de produção de energia sustentável é a aplicação de painéis solares que utilizam o sol como fonte. O produto final obtido desse insumo pode ser a energia elétrica como também a térmica, a partir do aquecimento de água. No primeiro caso, são instaladas placas fotovoltaicas as quais captam as ondas eletromagnéticas do sol e as convertem em energia elétrica na forma de corrente elétrica contínua a qual é modificada, através de um inversor de frequência, para corrente alternada, formato na qual a rede de distribuição utiliza. Já no aquecimento, a água é colocada em tubos externos expostos aos raios do sol e estes esquentam o sistema. Em seguida, essa água retorna para a distribuição da edificação e pode ser utilizada em banheiros, piscinas e em outras funções disponíveis (Barros et al., 2015).

## **2.2. Eficiência Energética e Sustentabilidade**

Um conceito de sustentabilidade utilizado é aquele em que a exploração de recursos e o desenvolvimento tecnológico da geração atual não comprometa a geração futura, como também o planeta (Romero & Reis, 2012).

O modelo de eficiência energética integrado ao conceito de sustentabilidade aplicado ao contexto atual deve contemplar tanto as questões econômicas quanto sociais, políticas, tecnológicas e ambientais nas discussões e soluções propostas para o tema, algo que não foi pensado desde o início, mas que foram sendo integrados às discussões ao longo do tempo (Romero & Reis, 2012).

No contexto social, a problemática é criada em torno da distribuição da energia de forma universal, de forma a atender todos os indivíduos em função das necessidades básicas. A carência desse aspecto é um dos fatores que mantém diretamente a pobreza com a falta de alimentos, tratamento médico e moradia, tratados pelos autores como um problema de equidade (Romero & Reis, 2012).

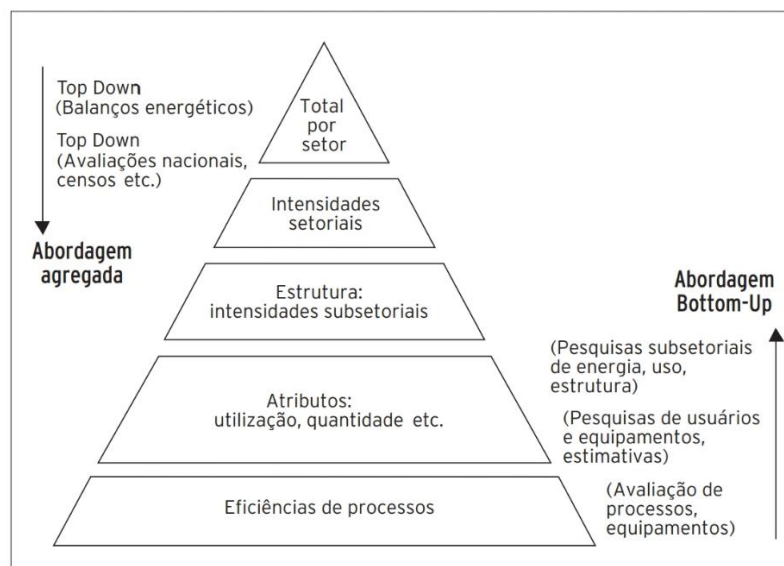
Na questão ambiental, podem ser citados os seguintes aspectos importantes para a discussão, como a produção, utilização e descarte dos materiais, tendo em conta a população e seu consumo, as particularidades do local, além da questão cultural existente no ambiente. É preciso entender que a sustentabilidade é algo dinâmico e deve ser reavaliado de acordo com a situação a qual encontra-se (Roméro & Reis, 2012).

### 2.3. Indicadores da Eficiência Energética

O estudo da eficiência energética de um sistema pode ser feito a partir da obtenção de índices universais os quais comparam os resultados obtidos com a bibliografia existente. Como essa área de estudo possui diversos órgãos, governamentais ou não, também foram criados diversos métodos de análise do consumo energético. Os indicadores devem ser possíveis de serem interpretados e comparados entre os diversos segmentos da sociedade, sendo necessário somente uma utilização de dados compatíveis (Roméro & Reis, 2012).

Além disso, o estudo pode ser iniciado por macro ou microanálises, conforme a necessidade da pesquisa, indicadas na Figura 1. A primeira (abordagem *Top Down*) tem o princípio de verificar o consumo energético por setores e por fim pode chegar aos processos individuais. Em contrapartida, a segunda (abordagem *Bottom-up*) avalia inicialmente a eficiência de processos específicos e segue para uma verificação global no fim da pesquisa (Roméro & Reis, 2012).

Figura 1 - Pirâmide de indicadores energéticos



Fonte: OECD/IEA (1997), citado por Roméro & Reis (2012)

#### 2.3.1. Indicadores de Consumo e Intensidade Energética

Os indicadores, conforme indicados no Quadro 1, são aplicados para realizar análises comparativas, determinar quantitativamente e qualitativamente a eficiência energética o objeto de estudo. Além disso, proporciona a comparação de objetos de mesma função, de etapas de execução, o que permite avaliar qual dos itens possui melhor valor econômico e de desempenho entre diferentes procedimentos (Roméro & Reis, 2012).

**Quadro 1 - Índices de consumo de energia**

<b>EDIFICAÇÕES</b>	<b>ÍNDICE</b>
Consumo mensal <sup>(1)</sup>	kWh/mês — kWh/m <sup>2</sup> .mês
Consumo anual <sup>(2)</sup>	kWh/ano — kWh/m <sup>2</sup> .ano
Potência instalada	W/m <sup>2</sup>
<b>PRODUÇÃO DE BENS DE CONSUMO OU SERVIÇOS</b>	
Consumo de energia	MWh/mês - MWh/ano
Equipamentos em geral	kWh/mês — kWh/ano
Aparelhos de ar-condicionado	EER - Btu/h/W - kWh/m <sup>2</sup> — kWh/m <sup>3</sup>
Refrigeradores	kWh/ano/L
Lâmpadas	lm/W
Atividade humana	Gcal/ano

(1). Indicador mais utilizado em publicações nacionais.

(2). Indicador utilizado em publicações internacionais.

Fonte: Adaptado de Reis & Silveira (2002), citado por Roméro & Reis (2012).

Os indicadores de intensidade energética permitem avaliar a eficiência energética a partir de uma macroanálise na qual pode ser verificada a aplicação da energia no setor social, econômico ou mesmo em um país. Com os indicadores em questão, é possível traçar linhas de projeção e tendências de consumo futuro, como também a demanda e o comportamento do mercado (Roméro & Reis, 2012).

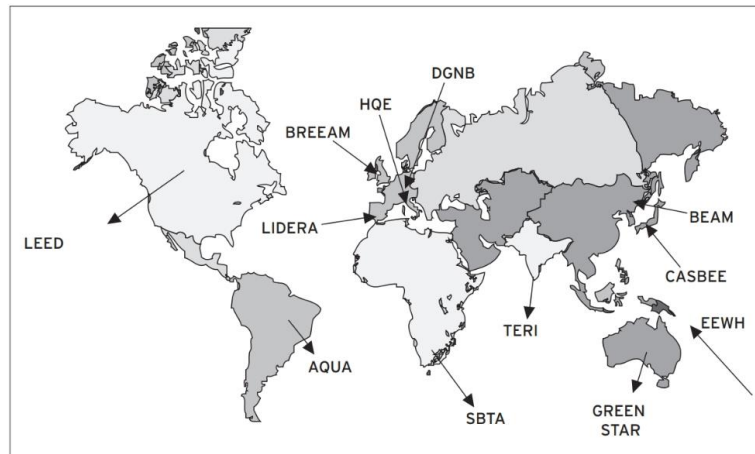
#### **2.4. Certificações Energéticas para edificações**

As certificações energéticas surgiram com o objetivo de avaliar a edificação em diferentes contextos de consumo durante a etapa construtiva e de utilização após sua conclusão. Os temas avaliados nessas certificações podem ser resumidos em: local, água, energia, matérias e qualidade do ambiente interior. Porém, alguns itens relevantes não são tratados em certas certificações, como a qualidade sonora, aspectos sociais e o impacto urbano imediato (Roméro & Reis, 2012).

A adequação de um empreendimento para a certificação é feita pela parte interessada, como o proprietário e o construtor, enquanto a auditoria é conduzida por uma entidade externa independente, a qual analisa a situação da envolvente e atribui notas para critérios de avaliação exigidos. A certificação ocorre ao atingir os requisitos mínimos, quando a estrutura é

considerada de baixo impacto ambiental. Na Figura 2, estão indicados as principais certificações utilizadas no planeta (Barros et al., 2015).

**Figura 2 - Certificações internacionais pelo mundo**



Fonte: Roméro & Reis (2012).

#### 2.4.1. Leadership in Energy and Environmental Design (Leed) – EUA

*Leadership in Energy and Environmental Design (Leed)* é uma certificação criada nos Estados Unidos no ano de 1993 por três indivíduos, Rick Fedrizzi, David Gottfried e Mike Italiano, os quais reuniram representantes de 60 escritórios e algumas organizações sem fins lucrativos para discutir as questões da indústria da construção com a responsabilidade ambiental a partir de um sistema de avaliação. Esse sistema foi desenvolvido e testado em 1998 e em março de 2000 foi lançado para o público em geral (U.S. Green Building Council, 2023).

No ano de 2023, o Leed encontra-se na versão 4.1 e sua aplicação é feita a partir da classificação do empreendimento em um dos 4 níveis de acordo com a pontuação obtida. O primeiro nível é o *Certified* (40-49 pontos), o segundo é o *Silver* (50-59 pontos), o terceiro é o *Gold* (60-79 pontos) e o mais alto, como também, o mais difícil de atingir é o *Platinum* (80+ pontos) (U.S. Green Building Council, 2023).

A certificação Leed avalia os elementos críticos do empreendimento de maneira global para gerar o melhor resultado nos parâmetros de qualidade de vida dos habitantes, na proteção do ecossistema, na proteção dos recursos hídricos, na sustentabilidade e utilização de materiais recicláveis, além da redução na contribuição para as mudanças climáticas (U.S. Green Building Council, 2023).

Os empreendimentos compreendidos nessa certificação podem ser edifícios novos, grandes reabilitações, projetos de interiores (design ou reforma), manutenção e operações

menores, desenvolvimento de bairros, casas e até mesmo cidades (U.S. Green Building Council, 2023).

**Figura 3 - Exemplo de ficha de certificação Leed**

Pontuação Leed	
Escritório Central - Conselho dos Edifícios Verdes dos Estados Unidos Washington, DC	
Leed para interiores de edifícios comerciais Certificação obtida em 10 de julho de 2009	
<b>Platina</b>	<b>94*</b>
Sítio sustentável	19/21
Eficiência no uso da água	11/11
Energia e atmosfera	36/37
Materiais e fontes	8/14
Qualidade do ambiente interior	11/17
Inovação e projeto	6/6
Créditos regionais	3/4
*Pontuação máxima 110	

Fonte: U.S. Green Building Council (2023), citado por Barros et al. (2015).

#### 2.4.2. Haute Qualité Environnementale (HQE)

A certificação *Haute Qualité Environnementale* (HQE) foi criada no ano de 1996 a partir da criação de 14 metas para um desenvolvimento sustentável no setor da construção civil na França. Ao longo do tempo, também foram criados quatro pilares de ideias que servem de base para o desenvolvimento sustentável, sendo estes, o pilar ambiental, o pilar social, o pilar econômico e o pilar da governança (Alliance HQE-GBC, 2023).

#### 2.4.3. Alta Qualidade Ambiental (Aqua) – Brasil

A certificação Alta Qualidade Ambiental (Aqua) foi criada no ano de 2007 com base nos documentos da norma francesa HQE pela fundação Vanzolini, os quais tiveram sua adaptação para a realidade brasileira. A análise do empreendimento é feita em 14 categorias divididas em 4 blocos principais (Barros et al., 2015).

O primeiro bloco é o de ecoconstrução e contém as seguintes categorias: Relação do edifício com seu entorno; Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos; canteiro de obras de baixo impacto ambiental (Barros et al., 2015).

O segundo bloco é a ecogestão e contém os seguintes itens: Gestão da energia; Gestão da água; Gestão de resíduos de uso e operação do edifício; Manutenção – permanência do desempenho ambiental (Barros et al., 2015).

O terceiro bloco abrange a área do conforto e têm as seguintes categorias incluídas neste: Conforto higrotérmico; Conforto acústico; Conforto visual; Conforto Olfativo (Barros et al., 2015).

O quarto bloco contém os itens de saúde, os quais são: Qualidade sanitária dos ambientes; Qualidade sanitária do ar; Qualidade sanitária da água (Barros et al., 2015).

Todas as categorias são verificadas nas etapas de pré-projeto, projeto e execução com notas divididas entre “Base”, “Boas Práticas” ou “Melhores Práticas” e para obter o certificado, é necessário atingir ao menos 7 categorias na primeira nota, 4 na segunda e 3 na terceira, sendo esta, a mais alta (Barros et al., 2015).

A Gestão de Energia é citada no segundo bloco e tem a maior relação com a parte da eficiência energética. Nesse item, são avaliados os critérios de redução de consumo de energia a partir da arquitetura do edifício, redução de consumo de energia primária e redução das emissões de poluentes na atmosfera (Barros et al., 2015).

#### 2.4.4. Outras Certificações

Além das certificações indicadas anteriormente, existem outras as quais são utilizadas ao redor do mundo. Algumas delas são destacadas a seguir (Barros et al., 2015):

- Sustainable Building Assessment Tool (SBAT) - África do Sul
- Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Bream) – Reino Unido
- Green Star – Austrália
- The Building Environmental Assessment Method (Beam) (1996) – Hong Kong
- Assessment System (EEWH) (1999) – Taiwan
- Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (Casbee) (2001) – Japão
- The Energy and Resources Institute - Green Rating for Integrated Habitat Assessment (Teri-Griha) – Índia
- German Sustainable Building Council (DGNB) (2007) – Alemanha
- Sistema Voluntário para a Avaliação da Construção Sustentável (Lidera) (2005) - Portugal

#### 2.5. Dados de Produção e Consumo

Uma das maiores economias do mundo, a União Europeia (UE) é composta por 27 países membros os quais colaboram em questões políticas, econômicas e sociais. Conforme a interação dos países ocorreu ao longo do tempo, a necessidade de cuidado com o bem-estar social da população cresceu e discussões sobre a qualidade do ambiente onde vive-se ganharam

força. O tema da eficiência energética em edifícios é aplicado nesse aspecto devido à interação desta com as áreas as quais a UE trata e suas aplicações acarretam resultados concretos os quais beneficiam diversos setores da sociedade.

Devido à preocupação da UE com as questões anteriores, esta comprometeu-se em reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aumentar a produção de energia renovável. Em 2021, a energia renovável representou 21,8% do consumo anual total de energia. Isso representa um aumento significativo em relação a 2004, quando a energia renovável representava apenas 9,6% do uso total de energia (Eurostat, 2023). Além disso, a UE também espera alcançar uma participação de 40% de energia renovável em sua mistura energética até 2030 (Ciucci, 2022b).

Além disso, a UE estabeleceu metas ambiciosas de redução de consumo de energia, com o objetivo de reduzir o consumo em 20% até 2020 e em 32,5% até 2030 (Ciucci, 2022a). O documento também descreve os instrumentos regulatórios e econômicos utilizados para incentivar a eficiência energética na UE, sendo estes, instrumentos os quais incluem regulamentações para edifícios, etiquetagem energética de produtos, padrões para equipamentos e veículos, bem como incentivos financeiros, como subsídios e impostos sobre o carbono (Ciucci, 2022a). Esses instrumentos são essenciais para incentivar a adoção de tecnologias mais eficientes e reduzir o consumo de energia em todos os setores.

## **2.6. Implementação de sistemas BIM**

De acordo com Amorim (2018), há uma queda na produtividade do trabalho na construção civil em relação à outras áreas da indústria. Uma das justificativas indicadas, é a dificuldade de encontrar indicadores econômicos equivalentes com outros setores devido à heterogeneidade na área da construção, com subsetores mais sistematizados, enquanto outros empregam a maior parte do serviço à mão-de-obra em campo.

Amorim (2018) também cita que a diferença entre setores da economia não pode ser muito alta para não gerar baixa atratividade de investimentos nos menos favoráveis. De acordo com o autor, as indústrias aeronáutica e automobilística automatizaram processos com aplicação de banco de dados, o qual contém parâmetros da concepção e produção de forma simultânea, enquanto a agropecuária também utilizou tecnologias de georreferenciamento e gerenciamento de rebanhos de forma integrada, o que gerou o aumento dos ganhos no setor.

O BIM, de acordo com Amorim (2018), é a referência para aumentar a produtividade na indústria da construção, similar a outros setores da economia, pois é um sistema integrado de concepção, produção e aplicação prática no setor em questão.

Para Amorim (2018), a utilização do sistema BIM tem sido impulsionada pelos Estados tanto para aumentar a competitividade do setor como também devido aos benefícios trazidos por esse. Países como Estados Unidos, Reino Unido, Cingapura, além dos países nórdicos, já tem o sistema mais difundido, enquanto Japão, Chile e França já possuem planos de implantação obrigatória de processos BIM em obras de cunho público.

As principais vantagens obtidas na adoção dos processos em BIM são o aumento da produtividade entre 25% a 50% quando a equipe já tem o domínio do sistema, maior rentabilidade por interventor no projeto, diminuição dos prazos em 25%, sendo as etapas finais as mais impactadas, menor número de revisões (até 90% menos) devido principalmente à diminuição de retrabalho e acréscimo de novos itens passíveis de execução integrada, a exemplos de quantitativos precisos, animações adicionais e realidades virtuais inclusas, o que aumentam a posição da empresa perante o mercado com um produto mais competitivo, como também, garante um maior faturamento a esta (Amorim, 2018).

De acordo com Freire & Amorim (2011), a execução de projetos de arquitetura com foco em cidades não contempla uma análise do desempenho térmico e não existem justificativas de adequação para essa área de estudo nos documentos, seja por falta de interesse ou mesmo por desconhecimento sobre o assunto. Para os autores, a tecnologia BIM pode melhorar a

execução de projetos a partir da concepção de um modelo parametrizado com vistas tridimensionais que auxiliam no estudo da incidência solar, materiais aplicados e variáveis do conforto ambiental.

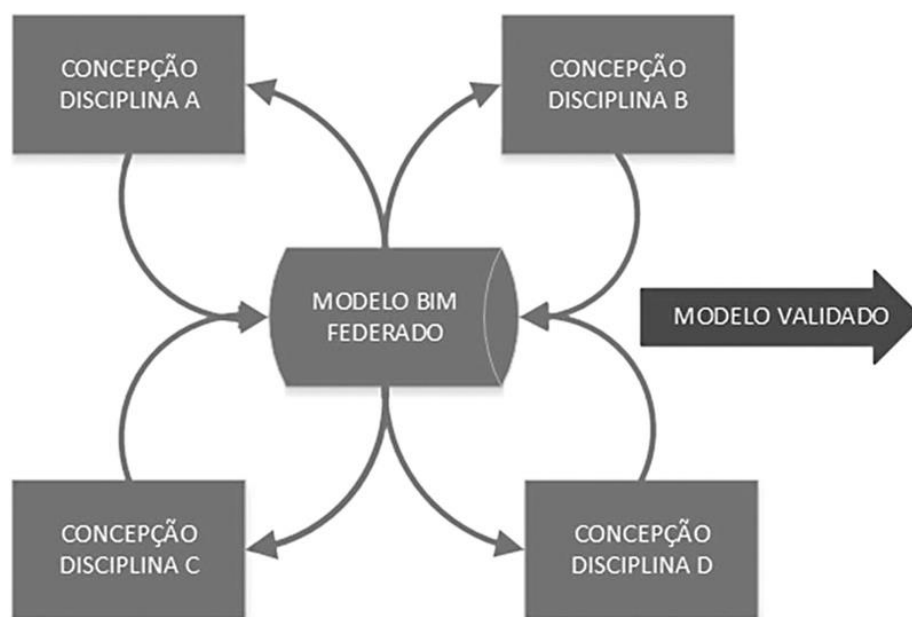
Freire & Amorim (2011) também citam que os softwares de simulação estão distantes dos escritórios de arquitetura e quem os utilizam são especialistas os quais acabam por obter avaliações de forma isolada, sem estarem integradas efetivamente ao projeto. Assim, a falta de integração e o número de variáveis necessárias para obter a simulação cria uma barreira para a utilização dessas ferramentas.

A simulação em computadores representa a realidade simplificada, a partir de variáveis específicas. Por consequência, os resultados são tão precisos de acordo com a quantidade de parâmetros adotados. Entretanto, ao ser possível executar uma simulação simplificada, cria-se a possibilidade de comparações entre as opções disponíveis, o que ajuda em decisões do projeto (Freire & Amorim, 2011).

## **2.7. Interoperabilidade**

A compatibilização de projetos, conforme indica Amorim (2018), nada mais é do que um retrabalho para correção de erros e inconsistências. Essa atividade pode ser feita por mais de uma vez, conforme os critérios de avaliação e a efetividade das soluções propostas, além de se repetir em cada etapa de desenvolvimento do projeto devido às dependências anteriores, o que cria uma sequência da produção. Consequentemente, aumenta-se o tempo para finalizar o projeto. Esse tipo de análise é identificado em trabalhos executados com ferramentas CAD (*Computer Aided Design*). Já em processos BIM, a execução e sincronia das atividades é feita de forma bilateral com a utilização do banco de dados unificado, sendo a representação do fluxo, indicada na Figura 4.

**Figura 4 - Processo colaborativo simultâneo no BIM**



Fonte: Amorim (2018)

Para Freire & Amorim (2011), a interoperabilidade é a possibilidade de estabelecer troca de informações e trabalhar em diversas estações e programas, empregando linguagens e protocolos compartilhados. No contexto da avaliação do desempenho térmico, confrontam-se desafios como a ausência de padronização nas nomenclaturas dos elementos construtivos, incompatibilidades nos formatos de arquivos e a falta de coesão entre as simulações. Para os autores, ao longo do tempo, certos setores definiram seus padrões de controle internos, os quais não foram devidamente disseminados ou adotados uniformemente pela indústria da Construção Civil, e até mesmo apresentam conflitos. Corrigir essa situação torna-se imperativo para assegurar a coerência na troca de dados referentes aos elementos construtivos.

### 2.7.1. Modelos IFC

A busca pela livre troca de documentos entre diversos integrantes de empreendimentos foi a base para a criação da IAI (*International Alliance Interoperability*) em 1996, transformada em 2008 para *BuildingSMART Alliance*. Essa organização reuniu diversos fornecedores de softwares, os quais buscaram criar esse padrão de troca de informações e o primeiro a surgir foi o IFC (*Industry Foundation Classes*), liberado no ano 2000. Atualmente, este formato de arquivo (.ifc) é referência no compartilhamento de informações BIM e diversos programas certificam-se como compatíveis a este tipo de documento (Amorim, 2018).

O modelo IFC se tornou referência também na questão do *open BIM*, já que os arquivos nesse formato podem transitar entre diversos softwares de maneira compatível e o domínio é

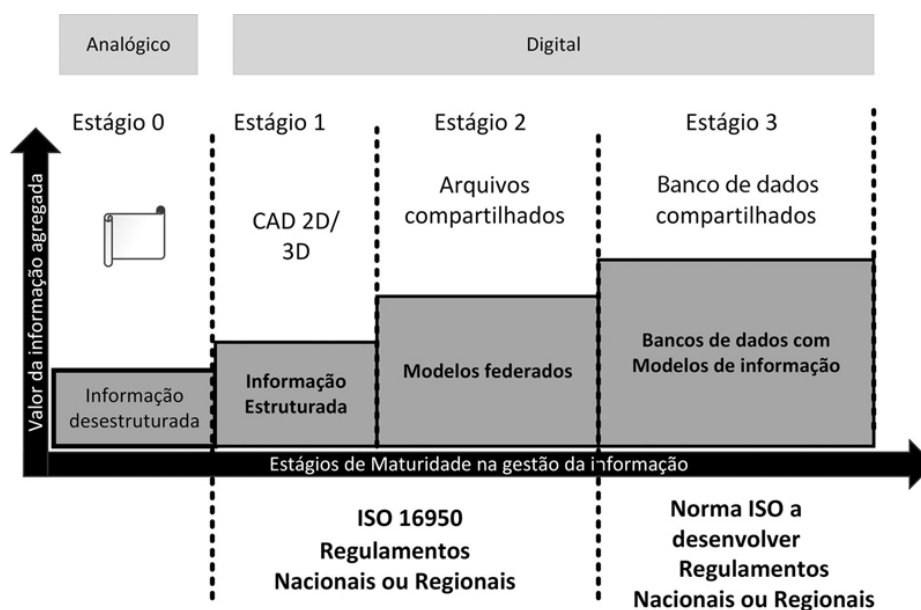
neutro e de código aberto. Além disso, a utilização do modelo garante um registro em cada etapa de modificação do projeto, pois em cada nova aplicação do documento em um novo software, é registrado no novo arquivo, o qual pode ter o mesmo nome, as informações de data de criação e autoria de quem o modificou. Garante-se então, a autenticidade de projetos e a segurança de identificar as alterações e autores em diferentes etapas, além de suas respectivas responsabilidades técnicas (Amorim, 2018).

De acordo com Pinho (2015), o formato IFC tem como principais objetivos, a coordenação entre diversas áreas com as informações das edificações, a troca dessas entre programas, assim como a reutilização nas etapas seguintes do projeto. Também é suposto a melhoria na comunicação, produção, prazos, valores e qualidade ao longo da vida útil da construção. Por último, o formato permite a troca de dados entre os interessados pelo projeto sem depender de softwares específicos, ou seja, cada um pode escolher o programa desejado.

## **2.8. Estágios de Maturidade BIM**

A caracterização do processo BIM pode ser dividida em estágios, conforme o nível de maturidade, o qual a empresa está inserida. O primeiro nível (estágio zero) é aquele em que a informação não está concentrada e não há previsibilidade de processos, como tão pouco, o controle. A empresa somente reage às ocorrências aparentes. No segundo nível (estágio um), a informação do projeto está estruturada, porém, a organização ainda é reativa. Já no terceiro (estágio dois), as informações estão organizadas, os documentos são compartilhados e existe uma proatividade da equipe. Por fim, o último nível (estágio três) é aquele em que busca-se a melhoria dos processos com o acompanhamento das etapas e ajustes pontuais, a partir do banco de dados já criado (Amorim, 2018). A Figura 5 contém as divisões dos estágios de maturidade BIM.

**Figura 5 - Estágios de maturidade BIM**



Fonte: Adaptado de ISO/DIS 19650 (s.d.), citado por Amorim (2018)

## 2.9. Estudos sobre Interoperabilidade

O estudo realizado por Carmo (2022) avaliou o estudo da eficiência energética da família de softwares Autodesk integrados ao Revit, como o Autodesk Vasari, Insight e o Green Building Studio. A análise foi feita com base em três modelos de configurações de energia: Conceitual, Esquemática e Elementos Construtivos. Os resultados obtidos pela autora evidenciaram a confusão existente entre os programas devido à falta de organização das versões de softwares disponibilizadas, o que dificulta a divulgação do uso das ferramentas entre os acadêmicos e profissionais. Em relação às análises, a autora comenta que o Insight obteve o melhor resultado em relação a projetos arquitetônico por conta dos resultados obtidos com baixa necessidade de informação em comparação a outras ferramentas comparadas.

Em outro caso analisado, Coelho (2020) gerou uma simulação de um edifício genérico de 20m x 40m em formato retangular e distância entre pisos de 3,75m, com 10 pavimentos no total. As simulações geradas foram feitas considerando três regiões climáticas diferentes no Brasil. Foram utilizados no estudo, o software Autodesk Revit, com a utilização do Autodesk Insight e Green Building Studio como ferramentas complementares de análise energética. Da mesma forma, foram gerados modelos em BIM nos softwares *SketchUp* e o *OpenStudio* para analisar o modelo energético e realizar as comparações entre as simulações do Revit. De acordo com a autora, a diferença mais significativa entre essas simulações é a configuração do sistema AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado), sendo este mais detalhado no

*OpenStudio* do que no Revit. Porém, a autora destaca que ferramentas simplificadas auxiliam os projetistas nas tomadas de decisões iniciais dos projetos. Em relação à análise da interoperabilidade, a transferência de informações entre os softwares BIM resultou em perdas de informações de localização, geometria, materiais, tipos de espaço, cargas térmicas, tabelas de operação e zonas AVAC. Os únicos itens a não terem alterações ao longo da transição de dados foram os espaços e as zonas térmicas, de acordo com a autora.

## **2.10. Programas BIM**

De acordo com Freire & Amorim (2011), os programas de análise de incidência solar são intuitivos e fornecem a visualização dos efeitos estudados de forma clara. Os dados fornecidos são as coordenadas onde a estrutura se encontra, a latitude e a orientação, além de época do ano e horário do dia. Ao final, são fornecidos os resultados da influência da edificação nos ambientes internos como também ao seu redor, em função da incidência solar, o que auxilia na tomada de decisões na etapa do projeto.

Já a análise termoenergética, de acordo com Freire & Amorim (2011), não é simples de compreender os resultados, como também não é tão precisa, tendo em vista a dificuldade de obtenção dos dados climáticos, das características dos materiais aplicados e dos componentes utilizados na edificação. Os resultados são dispostos em gráficos e tabelas, algo menos visual em comparação à incidência solar.

Para a simulação do desempenho térmico, Freire & Amorim (2011) citam o *Software EnergyPlus* como uma ferramenta adequada, pois é aceita por grande parte dos especialistas e permite o estudo das cargas térmicas de edificações com diferentes tipologias tendo em conta o ambiente em que essa está inserida.

### **2.10.1. Autodesk REVIT**

O Revit é uma ferramenta BIM que permite a execução de projetos ricos em informações tanto locais como globais dos empreendimentos e disponibiliza meios para executar simulações energéticas a partir de ferramentas integradas ao sistema. Os mecanismos utilizados para esse tipo de simulação são o DOE 2.2 e o *EnergyPlus* (Autodesk, 2023b).

O Autodesk Insight é a ferramenta disponibilizada para calcular os parâmetros desejados em nuvem (nos servidores da empresa) e os dados podem ser consultados pela internet. O enfoque dessa ferramenta, segundo Coelho (2020), é a análise prévia dos diversos cenários gerados pela simulação para o modelo estudado. Dessa forma, é possível trabalhar com as

melhores opções na edificação estudada. A ferramenta também é pouco exigente em relação aos parâmetros de cálculos iniciais devido às predefinições indicadas pelo software.

Outra ferramenta para a interpretação dos dados de simulação energética do Revit é o Autodesk Green Building Studio (GBS). O programa é acessível pela internet com a mesma conta da Autodesk para o Revit e o Insight (Autodesk, 2023a).

### 2.10.2. CYPE

A CYPE é uma empresa de criação de softwares focados nas áreas de engenharia, arquitetura e construção com uma lista de produtos que atendem a diversos profissionais e acadêmicos conforme a necessidade. Alguns desses produtos são: CYPECAD, focado em análise estrutural; CYPE *Architecture*, focado em modelações 3D; IFC *Builder*, o qual permite o desenvolvimento de projetos no formato IFC; CYPETHERM *EPlus*, o qual permite a criação e simulação de edifícios com o *Energy Plus*, CYPETHERM BRIDGES, o qual permite simular a ponte de calor entre diversos tipos de encontros de paredes e pisos conforme os materiais aplicados (CYPE Ingenieros, [s.d.]).

Todos os programas citados anteriormente fazem parte da modelação BIM disponibilizada pela empresa através da ferramenta BIMserver.center, a qual reúne os projetos executados dentro de qualquer um dos softwares da empresa e que podem ser visualizados online e integrados a outros softwares de análise pertencentes ou não pela empresa.

## 2.11. Características Térmicas dos Materiais

Para analisar a edificação em função das trocas térmicas e manutenção de temperatura do ambiente, é necessário caracterizar a estrutura com os materiais existentes e suas resistências térmicas. A equação 1 é aplicada para a obtenção da resistência térmica total em estruturas com condição fronteira exterior (DGEG & ADENE, 2021).

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C/W)] \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

$R_{tot}$  — Resistência térmica total [(m<sup>2</sup>.°C)/W];

$R_{si}$  — Resistência térmica superficial interior [(m<sup>2</sup>.°C)/W];

$R_{se}$  — Resistência térmica superficial exterior [(m<sup>2</sup>.°C)/W];

$R_j$  — Resistência térmica da camada j [(m<sup>2</sup>.°C)/W].

Para a condição de fronteira interior entre os materiais, a resistência térmica superficial também será interna e a equação 2 deverá ser utilizada para obter a resistência térmica total (DGEG & ADENE, 2021).

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C/W)] \quad (\text{Eq. 2})$$

A resistência térmica de materiais homogêneos, elementos com propriedades térmicas constantes e dimensões uniformes, pode ser obtida a partir da equação 3 (DGEG & ADENE, 2021).

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C/W)] \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

$R_j$  — Resistência térmica total  $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$ ;

$d_j$  — Espessura da camada  $j$  [m];

$\lambda_j$  — Condutibilidade térmica da camada  $j$   $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$ .

A resistência térmica superficial dos elementos da edificação varia conforme a localização do material e o sentido do fluxo de calor (DGEG & ADENE, 2021). Os valores dessa resistência podem ser obtidos no Quadro 2.

**Quadro 2 - Resistências térmicas superficiais**

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial [[m <sup>2</sup> .°C)/W]	
	Interior (R <sub>si</sub> )	Exterior (R <sub>se</sub> )
Horizontal <sup>(1)</sup>	0,13	0,04
Ascendente	0,10	
Descendente	0,17	

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

Fonte: DGEG & ADENE (2021)

Para obter a resistência térmica do ar na estrutura, é necessário verificar qual é o grau de circulação do mesmo para o exterior, o sentido do fluxo de calor e a espessura da camada do espaço reservado para o ar (DGEG & ADENE, 2021). Os valores da resistência térmica do espaço de ar não ventilados podem ser consultados no Quadro 3.

**Quadro 3 - Resistência térmica de espaços de ar não ventilados**

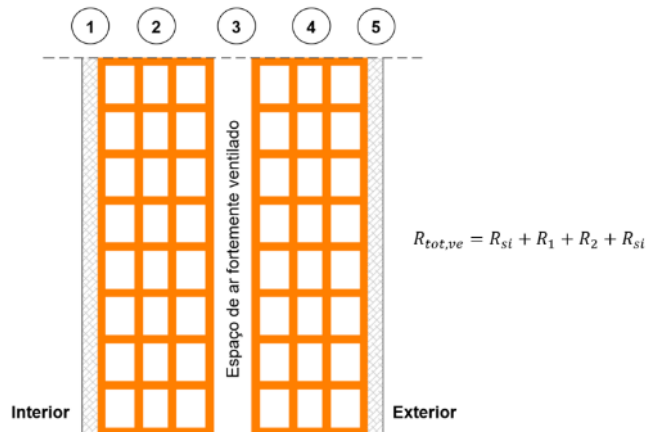
Espessura média [cm]	$R_{ar} [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$		
	Fluxo horizontal <sup>(1)</sup>	Fluxo ascendente	Fluxo descendente
< 0,5	0,00		
0,5	0,11		
0,7	0,13		
1	0,15		
1,5	0,17	0,16	0,17
2,5	0,18		0,19
5			0,21
10			0,22
30			0,23

(1) Inclinação entre 0° e ± 30°

Fonte: DGEG & ADENE (2021)

Se houver um espaço de ar com alto grau de ventilação no elemento analisado, o Manual SCE (DGEG & ADENE, 2021) indica que a determinação da resistência térmica total deve levar em consideração apenas as camadas do interior até esse espaço de ar, ignorando-o junto com as outras camadas restantes. Nessas situações, é necessário incluir resistências térmicas superficiais interiores em ambas as faces, como exemplificado na Figura 6.

**Figura 6 - Resistência térmica em elemento com alto grau de ventilação**

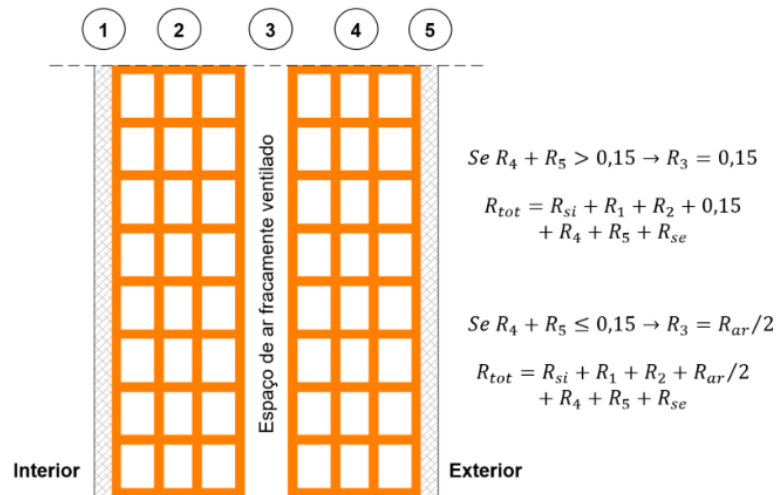


Fonte: DGEG & ADENE (2021)

Para determinar a resistência térmica do espaço de ar fracamente ventilado, é necessário avaliar as estruturas internas e externas ao mesmo, de modo que se a resistência dos elementos na face exterior tiverem resistência superior a 0,15 (m<sup>2</sup>.°C)/W, considera-se a resistência térmica do espaço de ar igual a este valor. Entretanto, se a se o valor obtido da verificação anterior forem menor ou igual a 0,15 (m<sup>2</sup>.°C)/W, o espaço de ar tem a resistência térmica

determinada como metade do valor obtido no Quadro 3 (DGEG & ADENE, 2021). A Figura 7 contém o método de avaliação do elemento para obter a resistência térmica do espaço de ar pouco ventilado.

**Figura 7 - Resistência Térmica de espaço de ar com pouca ventilação**



Fonte: DGEG & ADENE (2021)

A transmissão térmica, em regime permanente, de um elemento constituído por um ou diversos materiais é medida pelo coeficiente de transmissão térmica (U). Seu valor pode ser obtido a partir da equação 4 (DGEG & ADENE, 2021).

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W})] \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

U — Coeficiente de transmissão térmica  $[(\text{m}^2 \cdot \text{°C})/\text{W}]$ ;

$R_{tot}$  — Resistência térmica total  $[(\text{m}^2 \cdot \text{°C})/\text{W}]$ .

De acordo com o Manual SCE (DGEG & ADENE, 2021), quando há a impossibilidade de obter os valores de U, podem ser utilizados os valores estimados no Quadro 4, para paredes, e no Quadro 5, para pisos e coberturas, conforme a característica do elemento analisado.

**Quadro 4 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para paredes**

Descrição da solução	Espessura	U	Massa Vol.
	[cm]	[W/(m <sup>2</sup> .°C)]	[kg/m <sup>3</sup> ]
Paredes simples de cantaria e de alvenaria aparelhada	20	3,70	2600
	40	2,90	
	60	2,40	
	80	2,10	
	100	1,8	
Parede simples rebocada anterior a 1960 (inclui-se alvenaria ordinária composta de tijolo, maciço ou perfurado, de tabique e de taipa ou adobe)	10	3,80	1000 <sup>(1)</sup>
	30	2,40	
	60	1,80	1700 <sup>(2)</sup>
	90	1,40	
	120	1,20	
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	11 a 17	2,20	1000 <sup>(3)</sup>
	18 a 22	1,70	
	23 a 29	1,30	750 <sup>(4)</sup>
	30	1,10	
	35	0,96	

(1) Solução em tijolo furado

(2) Solução em tijolo maciço

(3) Parede simples

(4) Parede dupla

Fonte: DGEG & ADENE (2021)

**Quadro 5 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para pavimentos e coberturas**

Descrição da solução	U	Massa Vol.
	[W/(m <sup>2</sup> .°C)]	[kg/m <sup>3</sup> ]
<b>Pavimentos (fluxo descendente)</b>		
Pavimento leve <sup>(1)</sup>	2,20	1700
Pavimento pesado <sup>(2)</sup>	3,10	2000
<b>Coberturas (fluxo ascendente)</b>		
Cobertura leve inclinada <sup>(3)</sup>	3,80	850
Cobertura leve horizontal <sup>(4)</sup>	4,50	1000
Cobertura pesada inclinada <sup>(2)</sup>	3,40	2000
Cobertura pesada horizontal <sup>(2)</sup>	2,60	2000

(1) Pavimento de madeira do tipo barrotes e soalho

(2) Betão ou laje aligeirada

(3) Cobertura de madeira

(4) Cobertura de madeira ou gesso cartonado

Fonte: DGEG & ADENE (2021)

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Caracterização do ambiente de estudo**

##### **3.1.1. Sobre o estudo**

A tese em questão é realizada com base no estágio curricular desenvolvido pelo autor na empresa Riportico a partir da utilização do edifício sede desta como estudo de caso.

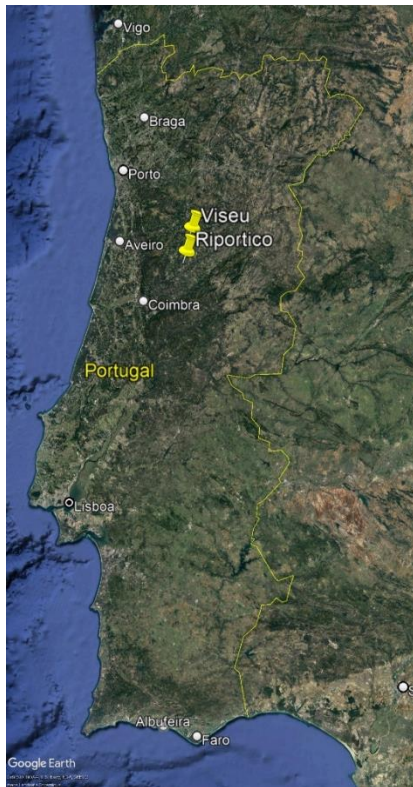
A Riportico foi fundada em 2004 e atua em obras de engenharia no setor público e privado, com foco nas áreas de transportes, hidráulica, edificações, ambiente, energia, controle de qualidade, eficiência energética e indústria. A empresa tem cerca de 200 funcionários e também possui sede em diversos países (Portugal, Brasil, Moçambique, Bulgária, Cabo Verde e Serra Leoa) (Riportico, 2023). No ano de 2023, foi integrada ao grupo ©Applus+, o qual informa ser uma liderança global nos campos de testes, inspeção e certificação (Applus+, 2023).

A execução dos estudos foi feita na sede da empresa em Cabanas de Viriato com o apoio da equipe em relação ao fornecimento de dados técnicos e informativos sobre o ambiente de trabalho. Os principais responsáveis pela coordenação do estágio na empresa foram o engenheiro designado como supervisor e a equipe de RH, além de outros colaboradores disponíveis durante o convívio no local.

##### **3.1.2. Localização do edifício do estudo de caso**

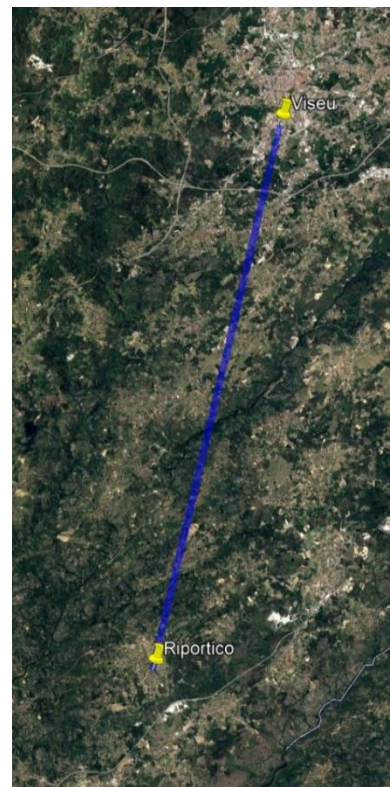
O edifício escolhido para o estudo em questão localiza-se na Rua Viriato, nº 161, Freguesia de Cabanas de Viriato, município de Carregal do Sal, em Portugal, com coordenadas UTM aproximadas: E = 587016,00 m; N = 4480574,00 m; zona 29T (Google, 2023). O município em questão é pertencente ao distrito de Viseu como também à região de Viseu Dão Lafões (CIMVDL, 2023) e encontra-se aproximadamente a 20km do município de Viseu (Google, 2023). As figuras 8 e 9 contêm os mapas com as indicações do local da empresa.

**Figura 8 - Localização em Portugal**



Fonte: *Google Earth* (2023)

**Figura 9 - Distância de Viséu ao edifício**



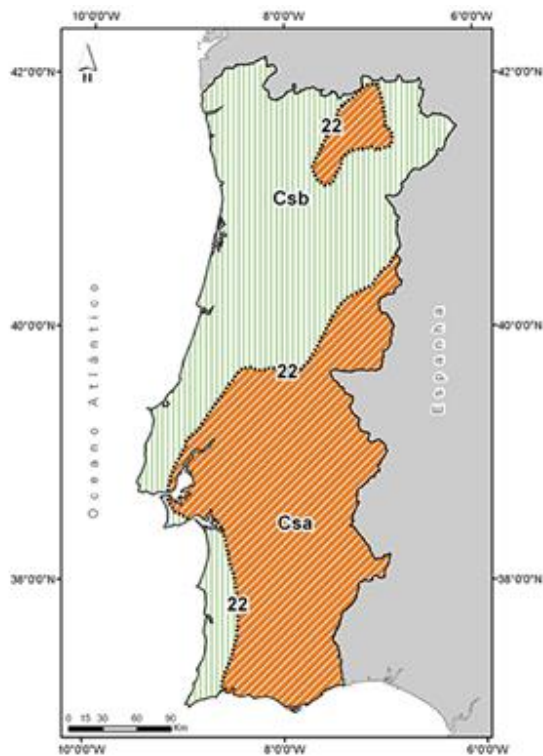
Fonte: *Google Earth* (2023)

### 3.1.3. Clima da região

O clima de Portugal Continental pode ser dividido em dois, conforme a classificação de Köppen (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2023). o método utiliza como principal parâmetro as temperaturas médias de cada região, com exceção do clima seco, o qual utiliza a evapotranspiração e a precipitação como dados de classificação. O primeiro tipo de clima no país é o Temperado com inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa) e o segundo é o Temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (Csb) (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2023).

A Figura 10 contém o mapa do país com a indicação das regiões onde os dois climas são predominantes.

**Figura 10 - Climas em Portugal Continental**



Fonte: *Instituto Português do Mar e da Atmosfera* (2023)

**Figura 11 - Localização de Viseu**

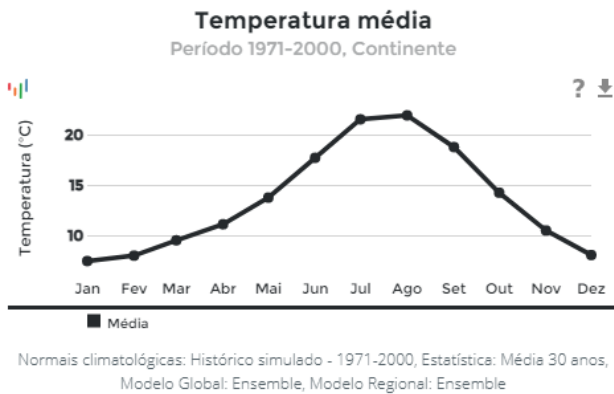


Fonte: *Google Earth* (2023)

Com base na localização geográfica da cidade de Viseu (Figura 11), é possível verificar a predominância do clima Csb na região.

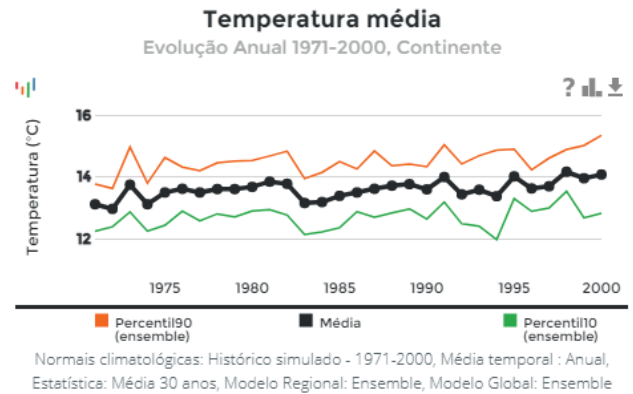
Ademais, pode-se comparar as temperaturas médias anuais no período de 1971 a 2000 entre Portugal e região de Viseu Dão-Lafões. As figuras 12 e 13 são gráficos com as temperaturas médias anuais do país enquanto as figuras 14 e 15 contêm as informações de temperatura da região de **Viseu Dão-Lafões**.

**Figura 12 - Temperatura média Anual - Portugal Continental**



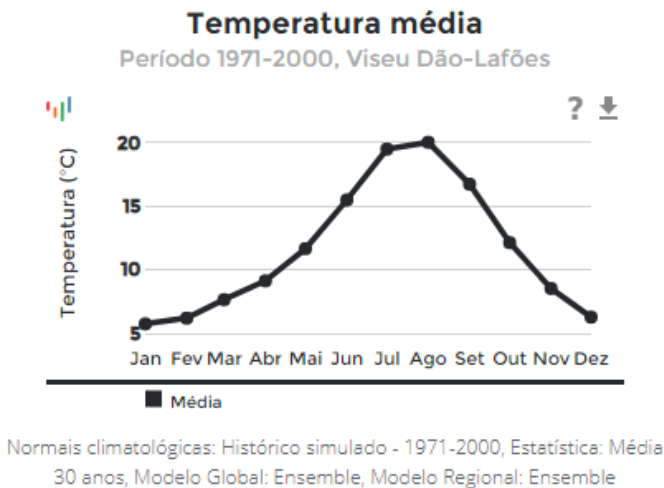
Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2023)

**Figura 13 - Evolução anual da temperatura média - Portugal continental**



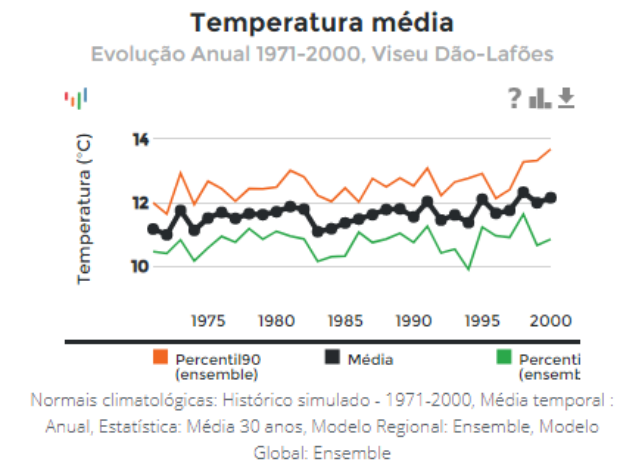
Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2023)

**Figura 14 - Temperatura média Anual - Viseu**



Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2023)

**Figura 15 - Evolução anual da temperatura média - Viseu**

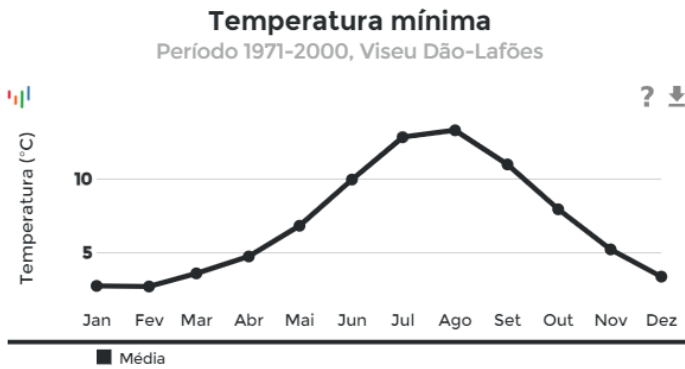


Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2023)

Conforme os gráficos das figuras 12 e 14, é possível inferir que as temperaturas médias máximas em 1 ano não ultrapassam os 20°C em Viseu, o que é abaixo da média nacional. Além disso, as temperaturas médias ao longo dos anos na região também são menores à média nacional. Com isso, verifica-se que o local é mais frio que a média geral portuguesa.

Em relação às temperaturas mínimas e máximas ao longo dos meses, a região de Viseu possui uma variação térmica elevada. No inverno, as temperaturas mínimas se mantêm abaixo dos 5°C, conforme a Figura 16, e ficam bem próximas dos 10°C nas máximas, conforme a Figura 17, mantendo uma amplitude térmica baixa se comparar os valores no verão, onde as temperaturas mínimas se mantêm abaixo dos 15°C, mas atingem máximas acima dos 25°C entre os meses de junho a agosto, uma diferença de até 14°C em média.

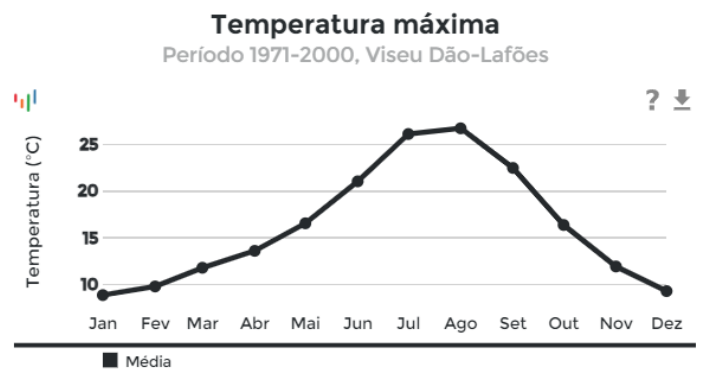
**Figura 16 - Temperatura Mínima - Viseu**



Normais climatológicas: Histórico simulado - 1971-2000, Estatística: Média 30 anos, Modelo Global: Ensemble, Modelo Regional: Ensemble

Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2023)

**Figura 17 - Temperatura Máxima - Viseu**

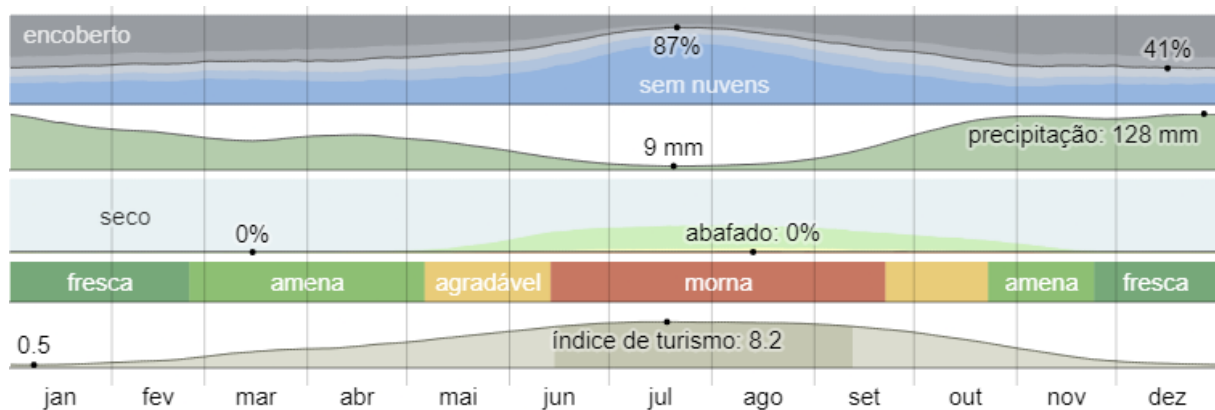


Normais climatológicas: Histórico simulado - 1971-2000, Estatística: Média 30 anos, Modelo Global: Ensemble, Modelo Regional: Ensemble

Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2023)

Ainda sobre o clima, a Figura 18 contém um resumo de informações extras sobre o clima da cidade, desde a quantidade de nuvens, nível de precipitação, temperaturas e outros itens, de acordo com o mês do ano.

**Figura 18 - Dados gerais do clima anual em Viseu**



Fonte: Weather Spark (2023)

A informação mais relevante é a de precipitação nos meses de outubro a maio, período de fim do outono e fim da primavera, ou seja, o período mais frio do ano.

### 3.1.4. Edifício do estudo de caso

A sede da empresa é composta por dois edifícios com características distintas, mas que são utilizados de forma conjunta. O primeiro é mais antigo e é composto por granito nas paredes externas e nos pisos inferiores, enquanto o segundo é mais novo e foi construído para a ampliação do escritório com base em métodos construtivos mais modernos, como o ETICS

(*External Thermal Insulation Composite System* – Sistema de Isolamento Térmico pelo Exterior).

A área construtiva do terreno é de 347m<sup>2</sup> e a edificação é composta por 3 níveis: Rés de Chão, 1º piso e 2º piso. A arquitetura aplicada manteve o aspecto original da edificação e, ao mesmo tempo, integrou aspectos modernos ao interior dos ambientes.

A fachada do edifício (Figura 19) contém o aspecto dessa divisão, onde a parte esquerda é formada por rochas de granito, enquanto a área da direita é constituída pelo revestimento com ETICS.

**Figura 19 - Fachada externa do edifício**



Fonte: Autoria Própria (2023)

A divisão dos ambientes dentro do edifício, inserida no Quadro 6, foi obtida a partir da medição da planta em CAD fornecida pela empresa e dos registros internos realizados pelo autor.

**Quadro 6 - Divisão dos ambientes internos da edificação**

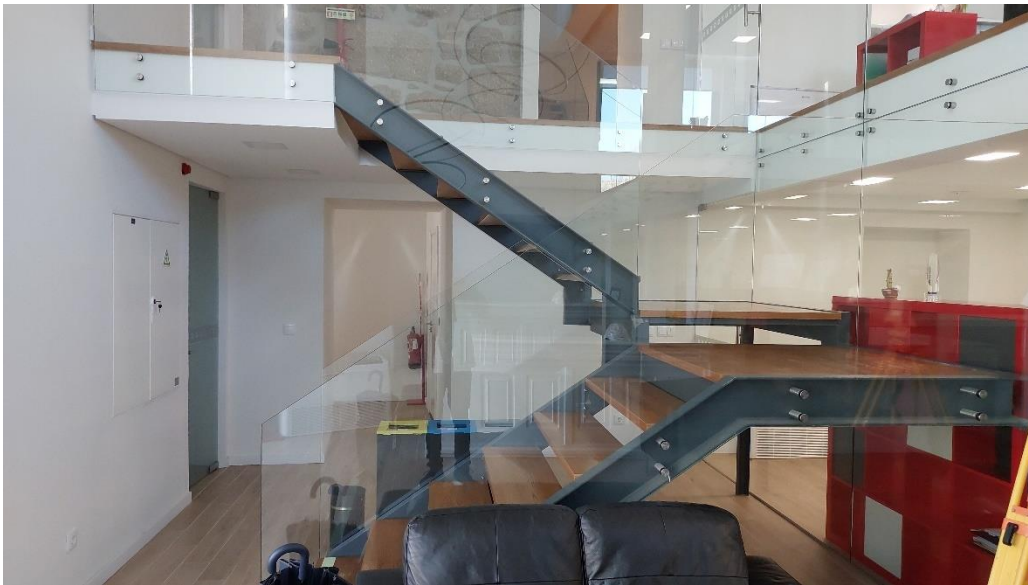
Item	Piso	Ambiente	área (m <sup>2</sup> )
01	Rés de Chão	Recepção	31.40
02		Escritório (Esp. de arquivo)	32.32
03		Arrumo (Arquivos Riportico)	30.35

<b>Item</b>	<b>Piso</b>	<b>Ambiente</b>	<b>área (m<sup>2</sup>)</b>	
04		Arrumos	6.26	
05		Sala de Reunião	30.00	
06		Instalação sanitária feminina + PCD	4.11	
07		Instalação sanitária masculina	3.10	
08		Corredor	7.50	
09		1º piso	Alpendre	2.80
10			Espaço de trabalho 1	27.30
11			Circulação 1	4.50
12	Circulação 2		15.70	
13	Arrumos		6.26	
14	Espaço de trabalho 2		49.00	
15	Espaço de trabalho 3		32.70	
16	Copa		34.90	
17	Instalação Sanitária		2.60	
18	2º piso	Circulação	14.43	
19		Gabinete 1	9.47	
20		Gabinete 2	26.03	
21		Gabinete 3	18.00	
22		Gabinete 4 (RH)	12.80	
23		Gabinete 5	13.40	
24		Gabinete 6	16.70	
25		Instalação Sanitária	2.60	
26		Arrumos	22.30	
27		Alpendre	7.26	
28		Espaço de trabalho	8.20	

Fonte: Autoria Própria (2023)

A recepção (Figura 20), bem como os escritórios anexos a este ambiente, é composta por divisões envidraçadas, pisos de madeira e paredes brancas. A iluminação é otimizada devido a esta configuração. Porém, a troca de calor entre os ambientes não é eficiente e dedica-se a cada um destes, um equipamento de ar-condicionado para o controle da temperatura, conforme o exemplo da Figura 21.

**Figura 20 - Recepção e ambientes anexos**



Fonte: Autoria Própria (2023)

**Figura 21 - Equipamento de ar-condicionado na recepção**



Fonte: Autoria Própria (2023)

A parede externa de granito é revestida internamente por uma lã de rocha e uma camada de gesso para melhoria do isolamento térmico. O granito tem grande espessura ao longo de toda a parede externa e por esse motivo, o espaço interno dos ambientes teve de ser reduzido para adequar o ambiente ao isolamento térmico mais adequado. Na Figura 22, é possível notar a espessura da parede interna em função da parede externa de granito, sendo a primeira mais comprida.

**Figura 22 - Redução do espaço interno para tratamento térmico da parede da fachada**



Fonte: Autorial Própria (2023)

### **3.2. Desenvolvimento do projeto BIM**

Para estudo de caso, primeiramente, foram feitas visitas semanais ao local do estudo para identificar as características construtivas da construção. Ao mesmo tempo, foi construído um documento em BIM com a geometria inicial do edifício, considerando um nível de desenvolvimento do projeto básico. Este projeto teve como base, o arquivo CAD disponibilizado pela empresa com informações sobre a geometria em plantas e cortes em 2D com algumas informações relevantes e outras defasadas sobre o edifício.

O projeto em BIM foi criado no software Autodesk REVIT com uma licença educacional, a partir de um trabalho colaborativo para gerar o modelo de forma simultânea em dois computadores distintos. Para isso, utilizou-se a ferramenta “Colaborar” existente no software, assim como ajustes de sincronia de documentos em programas externos. O Onedrive foi o segundo software aplicado para atualizar os documentos necessários em tempo real em nuvem. Para o trabalho síncrono, foi necessário criar um arquivo central armazenado em um caminho único do diretório nos dois computadores e depois, o documento foi duplicado para cada um dos colaboradores do projeto em seus respectivos computadores. Cada indivíduo passou a trabalhar em seu arquivo e, ao final das atividades, sincronizava as modificações com o arquivo central. Ao iniciar uma nova rotina de trabalho, bastava sincronizar as atualizações do arquivo central ao documento individual.

Outras configurações foram testadas para auxiliar no trabalho, como a separação dos *Worksets*, classificações exclusivas para projetos de colaboração em que cada item pode ser

filtrado e controlado de forma individual, alterando permissões de edição para cada colaborador. Entretanto, preferiu-se manter todos os objetos num mesmo *workset* devido aos conflitos de compatibilidade encontrados.

### 3.2.1. Fases do projeto

O desenvolvimento do modelo BIM aconteceu em 3 etapas principais, conforme a relação de erros e melhorias ao longo do processo.

O primeiro modelo executado (REVIT – Modelo BIM 1) seguiu as diretrizes da planta base do edifício. O modelo arquitetônico foi replicado de sua base CAD (2D) para o Revit (3D) com as dimensões originais respeitadas. Os materiais aplicados foram genéricos para identificar inicialmente se o software já emitiria algum resultado. Também foi feita a tentativa de sincronização deste modelo com os softwares CYPE. Porém, devido ao conflito de geometria, sendo esta complexa, além de erros de configurações, determinaram a criação de um segundo modelo para buscar soluções faltantes nesta etapa.

O segundo modelo (REVIT – Modelo BIM 2) foi criado devido aos erros de simulação do primeiro. Definiu-se então, o regresso aos passos iniciais da simulação, com o uso de uma edificação genérica para avaliar os erros obtidos e as possíveis soluções para serem implementadas ao próximo passo.

O terceiro modelo (REVIT – Modelo BIM 3) teve como base o primeiro, com a melhoria de geometria, materiais aplicados e configurações de dados para a simulação energética. As correções e ajustes gerais tiveram influência direta do segundo modelo.

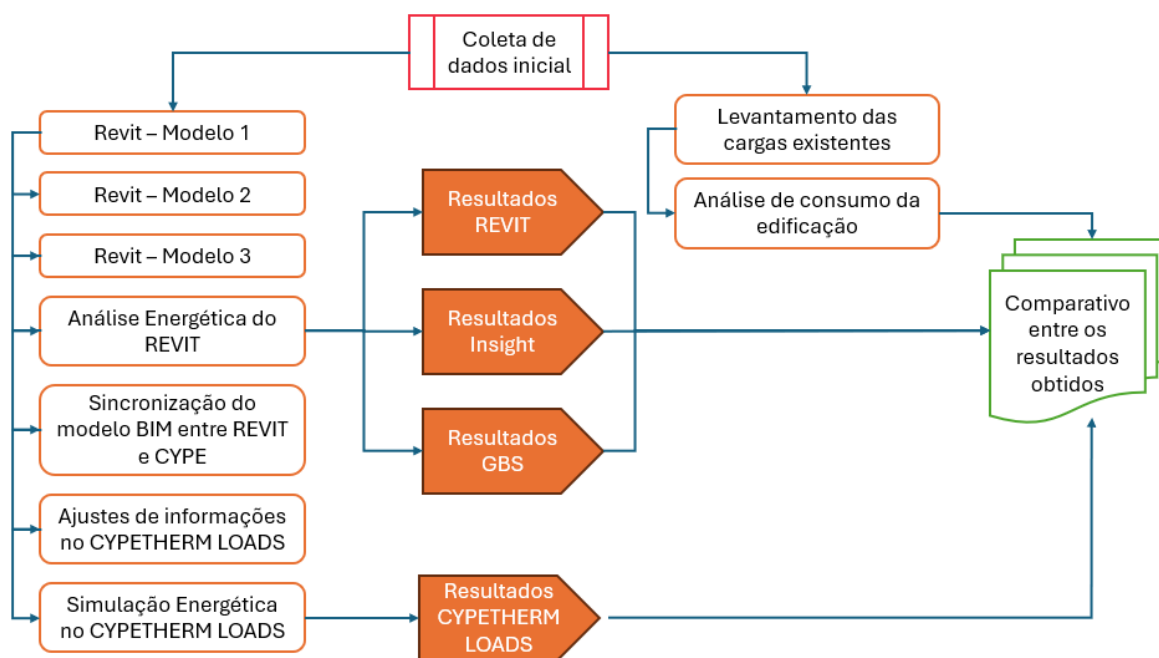
Após a execução da simulação sem erros no Revit, foram gerados relatórios sobre a análise energética da edificação no próprio software, como também em semelhantes, como no Green Building Studio e o Autodesk Insight.

Em seguida, os testes de interoperabilidade entre o Revit e o CYPE foram retomados, com ajustes finos durante a sincronização realizada pelo sistema openBIM.

Com o modelo importado para o CYPETHERM LOADS, os detalhes solicitados foram adicionados, a exemplo de pontes térmicas e zonas de análise. Na sequência, o modelo energético atualizado gerou uma série de novos resultados os quais foram comparados ao final do estudo, em conjunto com outros obtidos pelo Revit e complementos.

Para melhor compreensão do estudo, o fluxograma da Figura 23 tem detalhadas, as etapas de evolução do processo da análise energética entre os softwares.

Figura 23 - Fluxograma do desenvolvimento do estudo



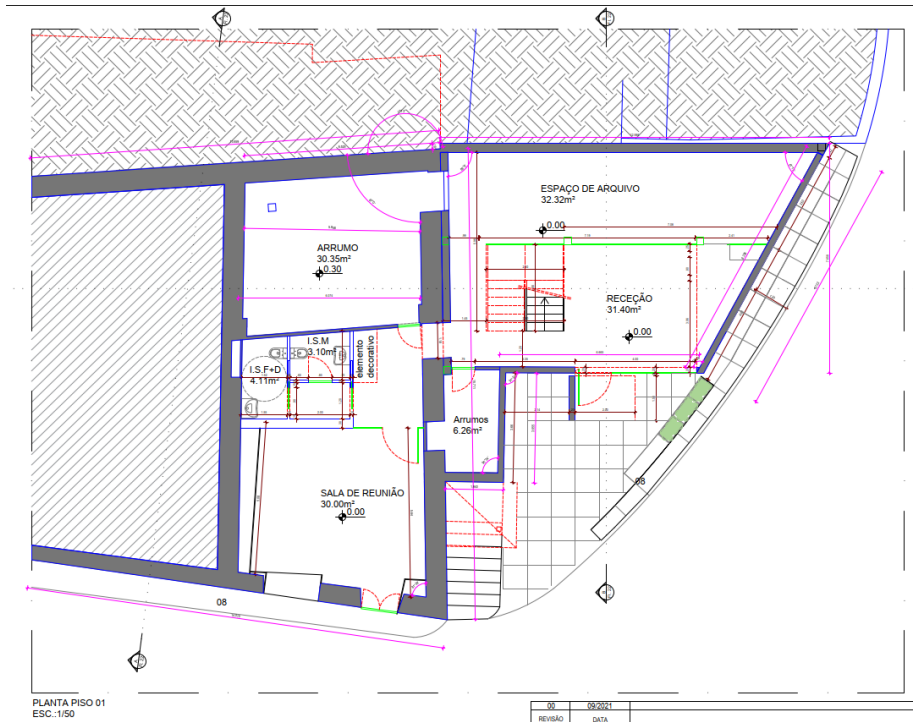
Fonte: Autoria Própria (2024)

### 3.3. Descrição dos modelos

#### 3.3.1. Descrição construtiva dos modelos

No projeto do modelo BIM 1, foram importadas as plantas baixas dos 3 andares fornecidas no formato CAD pela Riportico (figuras 24, 25 e 26). A sequência da execução foi do rés de chão até o telhado e, após a geometria inicial, foram adicionadas as características individuais de cada item do projeto.

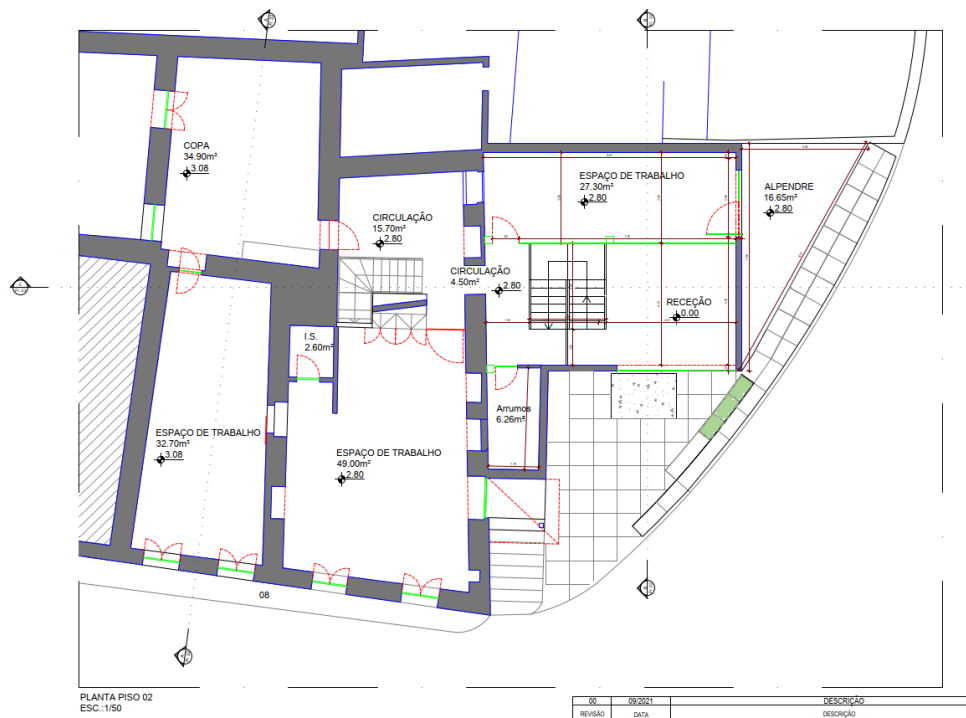
**Figura 24 - Planta do Rés de Chão**



Fonte: Riportico (2023)

A partir da planta baixa do Rés de Chão na Figura 24, é possível notar novamente que a parte mais antiga do edifício possui paredes mais espessas, conforme comentado na Figura 22, devido às rochas de granito.

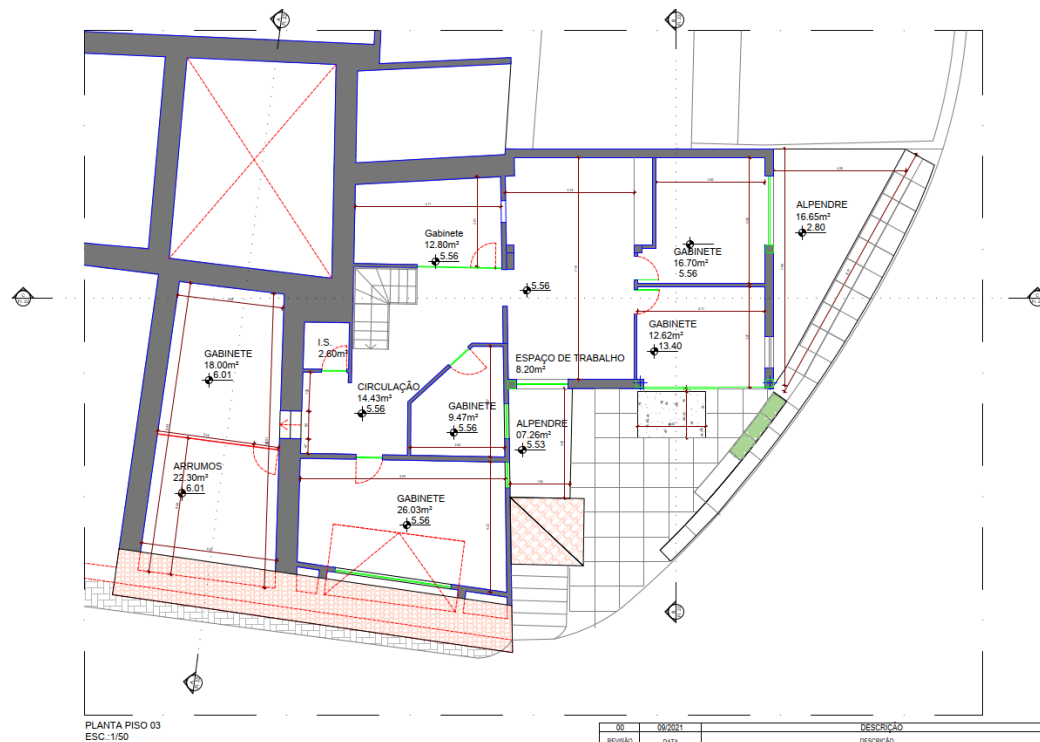
**Figura 25 - Planta do primeiro andar**



Fonte: Riportico (2023)

Na Figura 25, nota-se a mesma situação em relação às paredes, como também, uma pequena diferença de altura de dois ambientes, a Copa e o Espaço de Trabalho ao lado, com altura do piso a 3,08m em relação ao solo, diferente dos outros pisos que estão a 2,80m.

**Figura 26 - Planta do segundo andar**

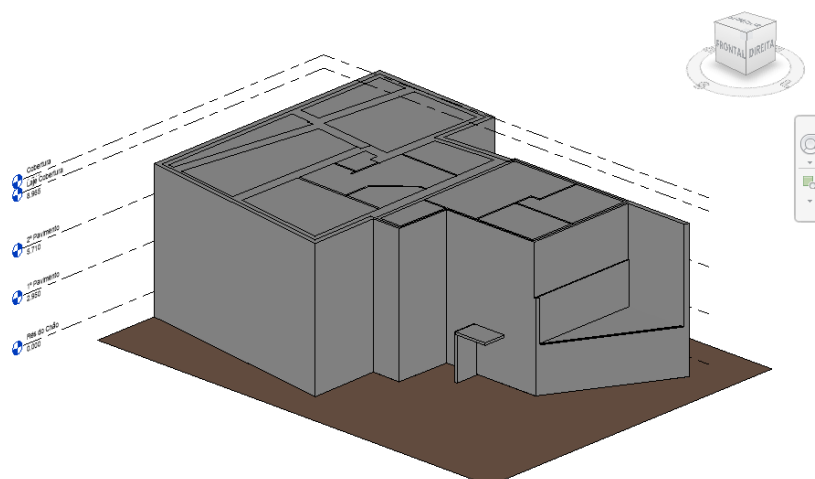


Fonte: Riportico (2023)

No último andar (Figura 26), verifica-se novamente a diferença de altura final do piso em alguns ambientes.

Com uma análise geral do edifício em função das plantas baixas fornecidas, foram geradas as paredes no REVIT para verificar o encontro dos objetos em 3D e para dar sequência aos detalhamentos necessários. A Figura 27 contém este passo inicial e a primeira visualização de como seria o modelo a ser trabalhado durante o estudo.

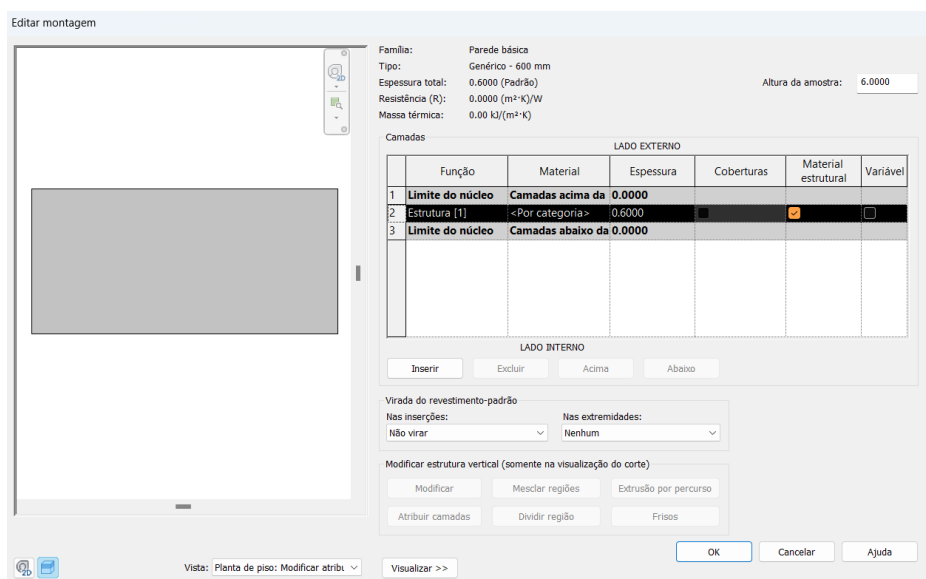
**Figura 27 – REVIT - modelo BIM 1 – Geometria inicial**



Fonte: Autoria Própria (2023)

No início dessa abordagem, os materiais utilizados foram genéricos e a metodologia utilizada consistiu em respeitar a geometria da estrutura. Portanto, as espessuras de paredes e pisos foram respeitadas, mas os insumos existentes não foram definidos nesta etapa inicial. A Figura 28 contém um exemplo de materiais utilizados neste modelo.

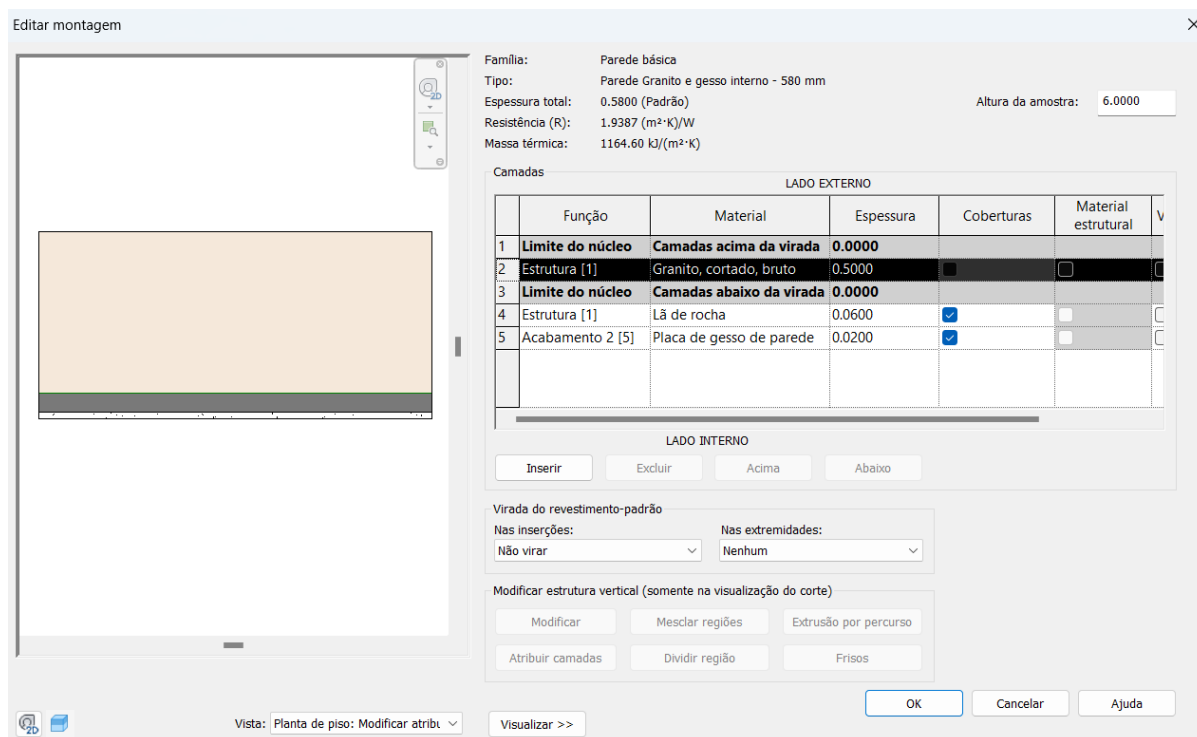
**Figura 28 - Parede genérica do primeiro modelo BIM**



Fonte: Autoria Própria (2023)

Ainda neste primeiro modelo, iniciou-se o detalhamento dos materiais, com início pelas paredes. A parede da fachada externa teve a aplicação de uma camada de granito, uma de lâ de rocha e uma de placa de gesso (placo) conforme o estudo no local. As características térmicas dos elementos foram selecionadas a partir do próprio software e não sofreram alterações nos elementos existentes no programa. Os demais detalhes estão contidos na Figura 29.

**Figura 29 - Parede de granito e gesso detalhada**



Fonte: Autoria Própria (2023)

As estruturas envidraçadas utilizadas também pertencem ao Revit e as características térmicas indicadas pelo programa foram respeitadas da mesma forma. A Tabela 1 contém os valores das propriedades térmicas para as estruturas as quais contêm vidro em suas composições.

**Tabela 1 - Propriedades analíticas das estruturas envidraçadas no REVIT**

Transmissão de luz visual	0,9000
Resistência térmica (R)	0.2711 (m².K)/W
Coefficiente de ganho de calor solar	0,7800
Coefficiente de transferência de calor (U)	3.6886 W/(m².K)

Fonte: Autodesk Revit (2023)

Os pisos e telhados não tiveram o tratamento de composição de materiais e mantiveram a característica genérica no modelo BIM 1, sem a atribuição de características térmicas no Revit.

Devido à geometria complexa da edificação, ao longo do desenvolvimento do projeto, diversos pontos tiveram incompatibilidades e resultaram em erros ao longo das simulações. A assimetria de ambientes e a heterogeneidade de materiais resultou em um trabalho complexo

de ser analisado pelo software, o que gerou inúmeros casos de ajustes e revisões. A Figura 30 representa o resultado parcial obtido da primeira tentativa de modelação do edifício.

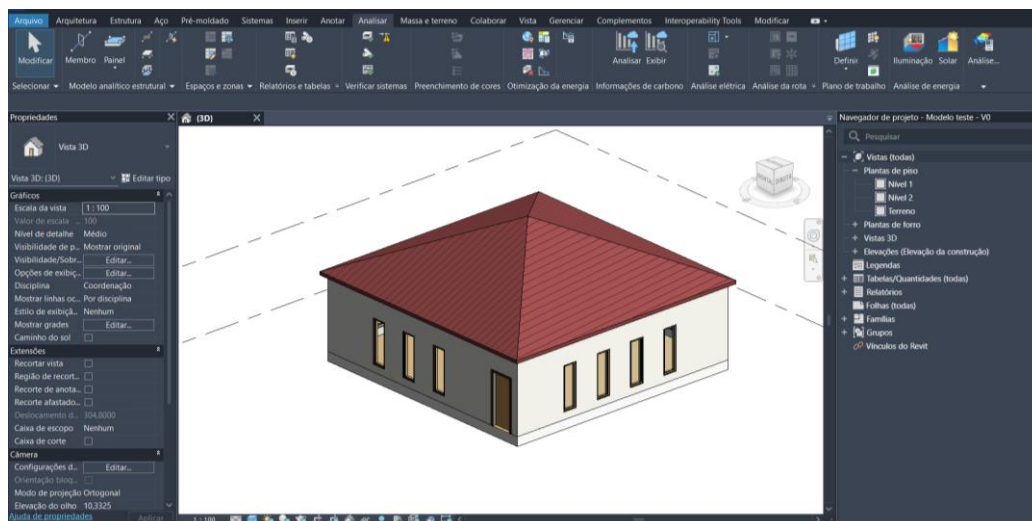
**Figura 30 – REVIT - Modelo BIM 1 – Geometria parcial**



Fonte: Autoria Própria (2023)

Por isso, o desenvolvimento do projeto foi feito em etapas, com a criação de estruturas mais simples para entender o funcionamento do software e suas limitações, conforme o modelo da Figura 31. Neste, foram inseridas somente 4 paredes, 1 porta e 15 janelas distribuídas em torno da edificação. Também foi inserido um telhado genérico para completar a estrutura e seguir com a análise energética.

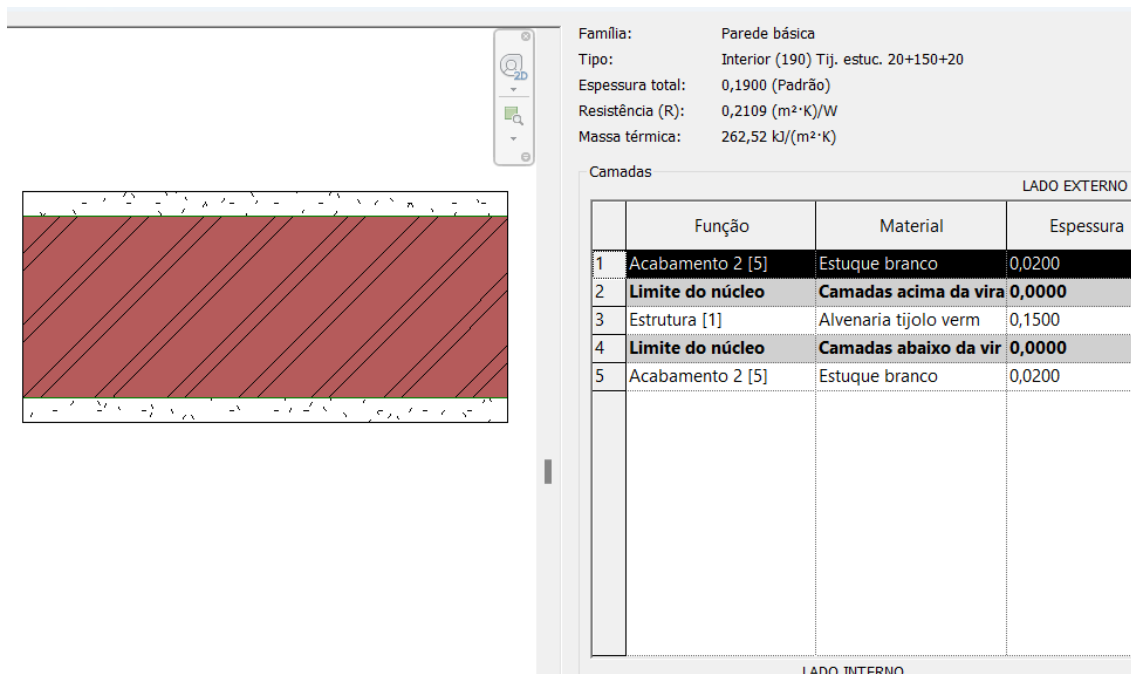
**Figura 31 – REVIT - Modelo BIM 2**



Fonte: Autoria Própria (2023)

Para as paredes desse modelo, foram inseridas 3 camadas, sendo estas, estuque branco, alvenaria de tijolo e estuque novamente, da face exterior para a interior, respectivamente, conforme detalhes contidos na Figura 32.

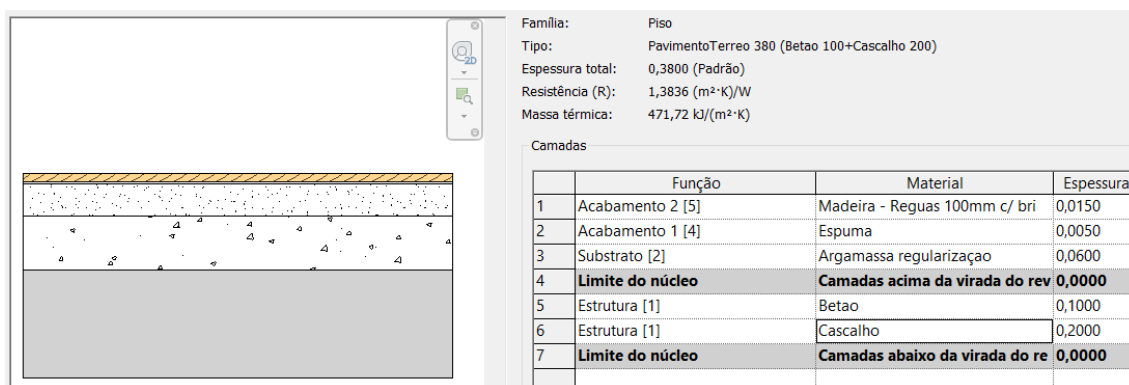
**Figura 32 - Detalhes das paredes do segundo modelo BIM**



Fonte: Autoria Própria (2023)

Para a definição do piso, foram adicionados os materiais contidos na Figura 33.

**Figura 33 - Piso do modelo BIM 2**



Fonte: Autoria Própria (2023)

As janelas desse modelo tiveram as mesmas propriedades térmicas utilizadas no modelo BIM 1, conforme indicado na Tabela 1.

Por fim, com a evolução nos estudos das duas estruturas anteriores, foi possível gerar o terceiro modelo BIM no REVIT (Figura 34), este já teve as inconsistências de geometria melhoradas e o detalhamento dos materiais determinado.

Figura 34 - REVIT - Modelo BIM 3



Fonte: Autoria Própria (2023)

Neste novo modelo, o telhado recebeu o parâmetro de resistência térmica, conforme a Figura 35.

Figura 35 - Detalhe do telhado no modelo 3 do Revit

A screenshot of the Revit software interface showing the properties of a roof element. The left side shows a 3D view of a red roof. The right side shows the properties panel with the following data:

Família: Telhado básico  
Tipo: Genérico - 0787 mm  
Espessura total: 0.0780 (Padrão)  
Resistência (R): 0.0929 (m<sup>2</sup>·K)/W  
Massa térmica: 118.56 kJ/(m<sup>2</sup>·K)

Camadas

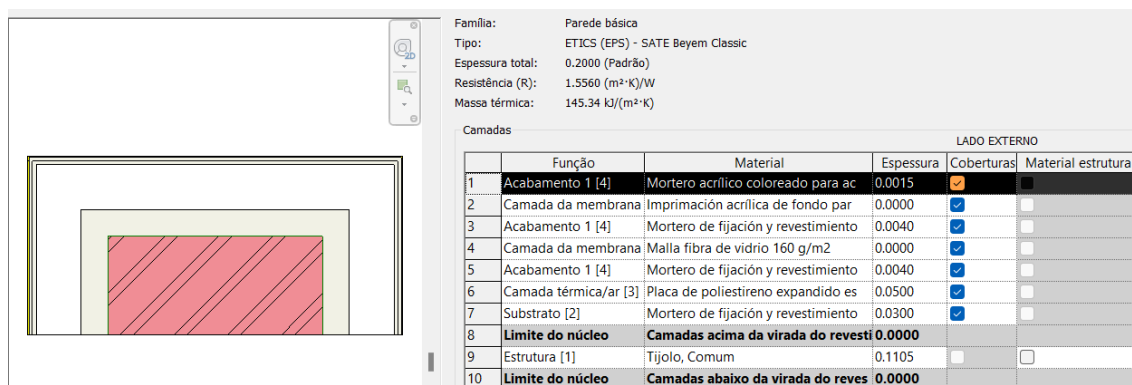
	Função	Material	Espessura
1	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0.0000
2	Estrutura [1]	Telha	0.0780
3	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0.0000

Fonte: Autoria Própria (2023)

A parede de ETICS também teve as características determinadas a partir de um catálogo comercial e de um modelo BIM disponibilizado pela empresa Rodacal (2023). O motivo para a utilização deste material origina da falta de informações sobre o ETICS utilizado pela Riportico. Então foi escolhido um material similar disponibilizado por uma fabricante a qual

também permite a utilização de seus produtos no formato BIM. Os detalhes desse material estão contidos na Figura 36.

**Figura 36 - Parede com aplicação do ETICS**

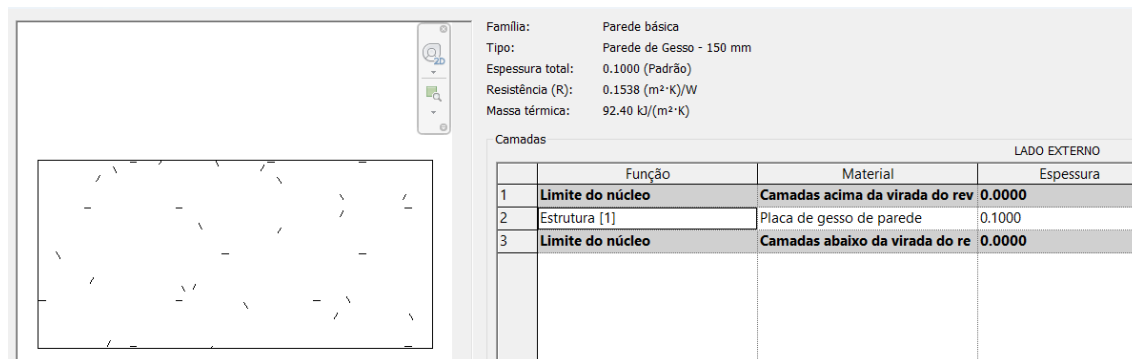


Camadas					LADO EXTERNO	
	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural	
1	Acabamento 1 [4]	Mortero acrílico coloreado para ac	0.0015	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Camada da membrana	Imprimación acrílica de fondo par	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Acabamento 1 [4]	Mortero de fijación y revestimiento	0.0040	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Camada da membrana	Malla fibra de vidrio 160 g/m2	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Acabamento 1 [4]	Mortero de fijación y revestimiento	0.0040	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Camada térmica/ar [3]	Placa de poliestireno expandido es	0.0500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Substrato [2]	Mortero de fijación y revestimiento	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada do revesti</b>	<b>0.0000</b>			
9	Estrutura [1]	Tijolo, Comum	0.1105	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada do reves</b>	<b>0.0000</b>			

Fonte: Autoria Própria (2023)

As paredes internas as quais delimitam os ambientes foram determinadas com paredes de gesso modelo *drywall*. Na Figura 37 está destacado um exemplo de uma parede com 10 cm de espessura feita desse material. As outras paredes similares mudam em espessura, mas seguem a mesma lógica desta.

**Figura 37 - Paredes de gesso**



Camadas			LADO EXTERNO	
	Função	Material	Espessura	
1	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada do rev</b>	<b>0.0000</b>	
2	Estrutura [1]	Placa de gesso de parede	0.1000	
3	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada do re</b>	<b>0.0000</b>	

Fonte: Autoria Própria (2023)

Os pisos de todos os andares foram considerados como lajes de concreto, com a variação da espessura entre 15 cm e 20 cm de acordo com o ambiente e os detalhes disponibilizados nas plantas originais do edifício.

As paredes externas de granito foram reaproveitadas do primeiro modelo e tem as mesmas características da Figura 29. Além disso, as áreas envidraçadas também respeitam os valores contidos na Tabela 1.

### 3.3.2. Ganhos Internos e Ventilação

No Revit, ao simular características energéticas de um edifício, a divisão dos sistemas e a ventilação natural são escolhas pré-definidas que podem ser alteradas pelo usuário. Nas simulações desse estudo, foram mantidas as configurações padrões mais adequadas para o ambiente de escritório ao qual se encontra o edifício.

Sistemas divididos com ventilação natural podem melhorar a eficiência energética ao permitir a circulação de ar fresco e reduzir a dependência de sistemas mecânicos. No entanto, é crucial configurar corretamente os parâmetros de ventilação e infiltração para obter resultados precisos. A opção "Nenhuma", definida no Revit, exclui a infiltração do cálculo de cargas, o que significa que qualquer perda de calor ou ganho de calor não intencional através de aberturas ou fendas não será considerado no modelo energético, potencialmente subestimando as necessidades de aquecimento e resfriamento.

Para um edifício do tipo escritório, como especificado, as operações padrão de construção desempenham um papel significativo na simulação energética. O edifício foi considerado com uma operação diária de 9 horas, de segunda a sexta-feira, o que deve ser refletido na tabela de operações. Essa configuração garante que os cálculos de carga térmica e consumo energético considerem os horários reais de ocupação, ajudando a prever com maior precisão o desempenho energético do edifício e identificar oportunidades de economia de energia durante os períodos de operação.

O sistema AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado) escolhido para o edifício na simulação do Revit inclui ventilação e ar-condicionado central, aquecimento por água quente (HW), resfriador com um coeficiente de desempenho (COP) de 5,96 e caldeiras com eficiência de 84,5%. O COP do resfriador e a eficiência das caldeiras determinam o consumo energético necessário para manter as condições internas confortáveis, enquanto a configuração centralizada dos sistemas AVAC pode oferecer vantagens em termos de controle e manutenção.

No caso deste escritório, a taxa de ventilação externa foi mantida como 8 litros por segundo (L/s) por pessoa. Esta taxa de ventilação garante que a qualidade do ar interno seja mantida dentro dos padrões aceitáveis, proporcionando um ambiente saudável para os ocupantes. A consideração desses parâmetros permite que o Revit calcule corretamente as cargas de ventilação, que impactam tanto no consumo de energia quanto no conforto térmico do edifício.

### 3.3.3. Clima exterior

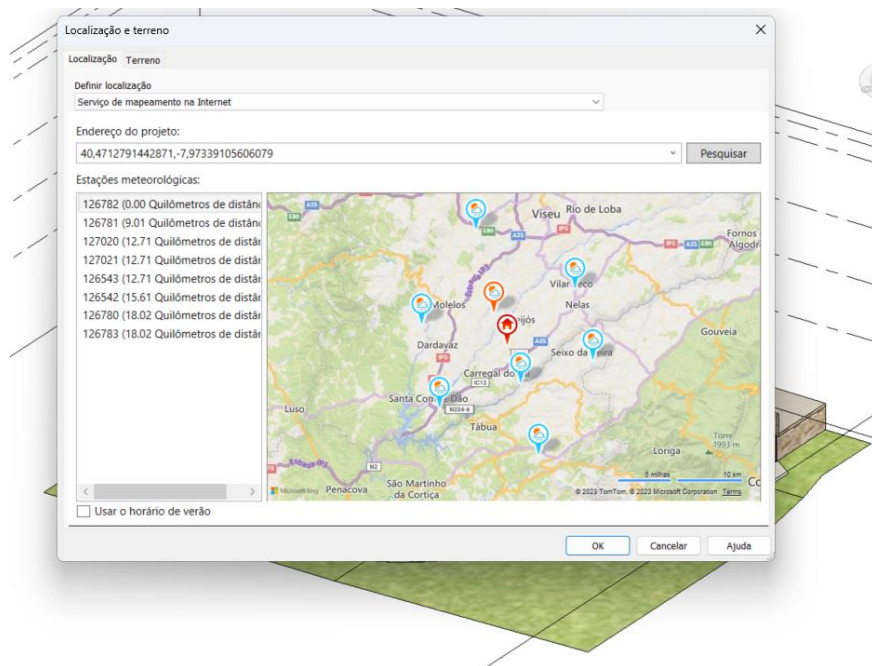
O clima indicado para os cálculos de eficiência energética da edificação foi de isolamento típico de clima temperado. Essa escolha decorre da informação do clima da região, obtida nas seções 3.1.2 e 3.1.3 deste documento.

#### 3.3.4. Análise energética no Revit

O Revit permite realizar o estudo energético da edificação de diversas formas e o primeiro método utilizado foi a ferramenta “Otimização de energia”. Nesta, diversos campos de informações devem ser preenchidos com base na edificação projetada e, após todo o preenchimento dos dados, o programa calcula os valores energéticos da estrutura e informa diversos dados para serem analisados (Autodesk, 2023b).

A primeira informação preenchida foi a localização do edifício em questão. Com essa informação, o software indica diversas estações meteorológicas próximas ao local (Figura 38), para coletar os dados necessários à análise, como a posição do sol, tempo de exposição aos raios de luz ao longo do ano, temperaturas máximas, mínimas e médias, etc.

**Figura 38 - Indicação de local do projeto no Revit**



Fonte: Autoria Própria (2023)

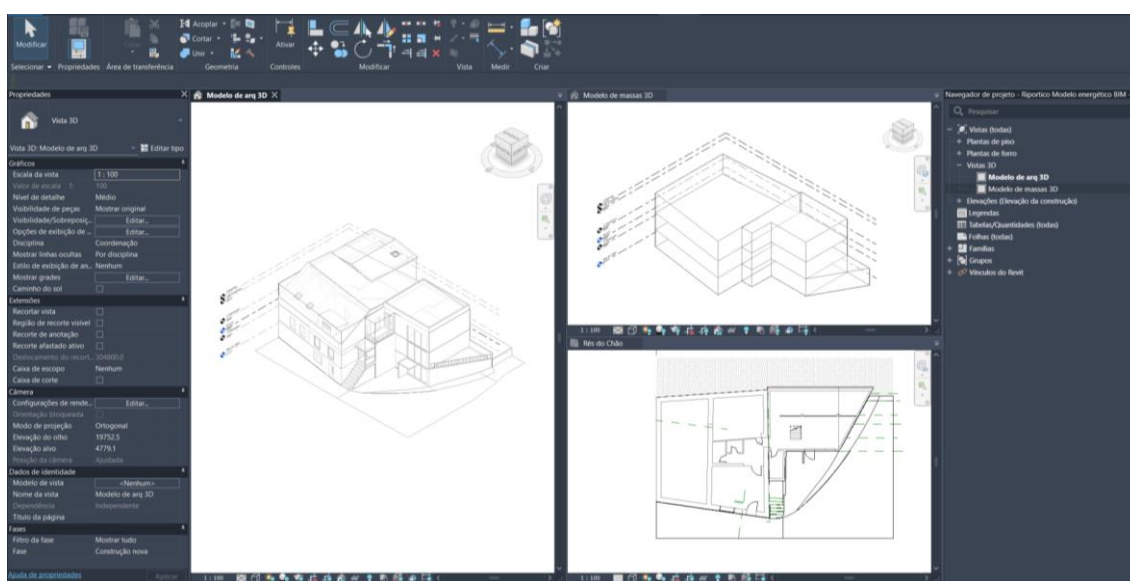
Na sequência, com o modelo arquitetônico do projeto pronto, é possível criar o modelo analítico de energia, de forma automática, a partir de três formas diferentes (Autodesk, 2023b):

- Modelo de massas
- Projeto Misto

- Modelo de arquitetura detalhado

O primeiro método é mais simples, porém, não menos importante para a análise energética. Seu uso é recomendado em etapas iniciais do projeto. O segundo permite a combinação do modelo simplificado com aplicações do modelo arquitetônico mais complexo em pontos específicos para verificação de melhorias e acompanhamento da evolução dos trabalhos (Figura 39). O terceiro gera o modelo analítico diretamente do modelo arquitetônico, o que aumenta o tempo de processamento dos dados e exige um cuidado com geometrias complexas (Autodesk, 2023b).

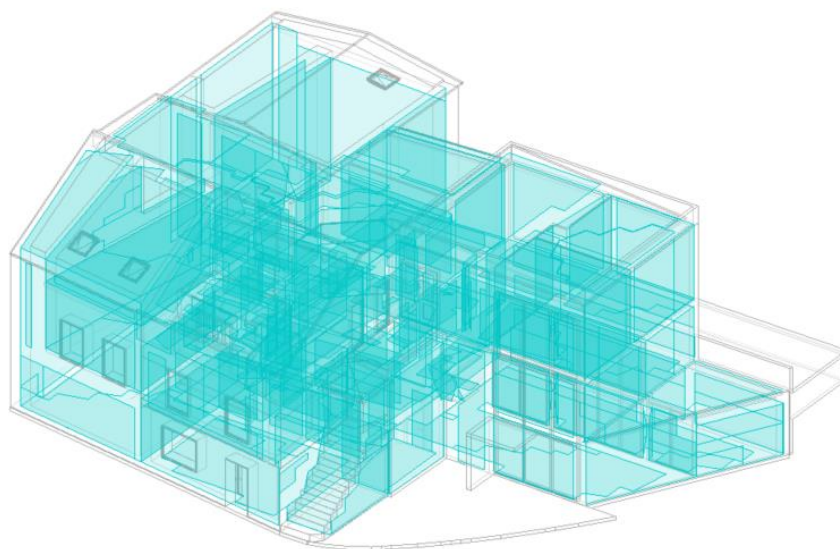
Figura 39 - Exemplo de criação de modelo misto



Fonte: Autoria Própria (2023)

No estudo em questão, foram realizadas as tentativas nos três métodos de análise, porém, após diversas tentativas e erros nos cálculos do programa, o modelo gerado sem erros foi o mais complexo (Figura 40).

**Figura 40 - Espaços analíticos gerados no Revit**



Fonte: Autoria Própria (2023)

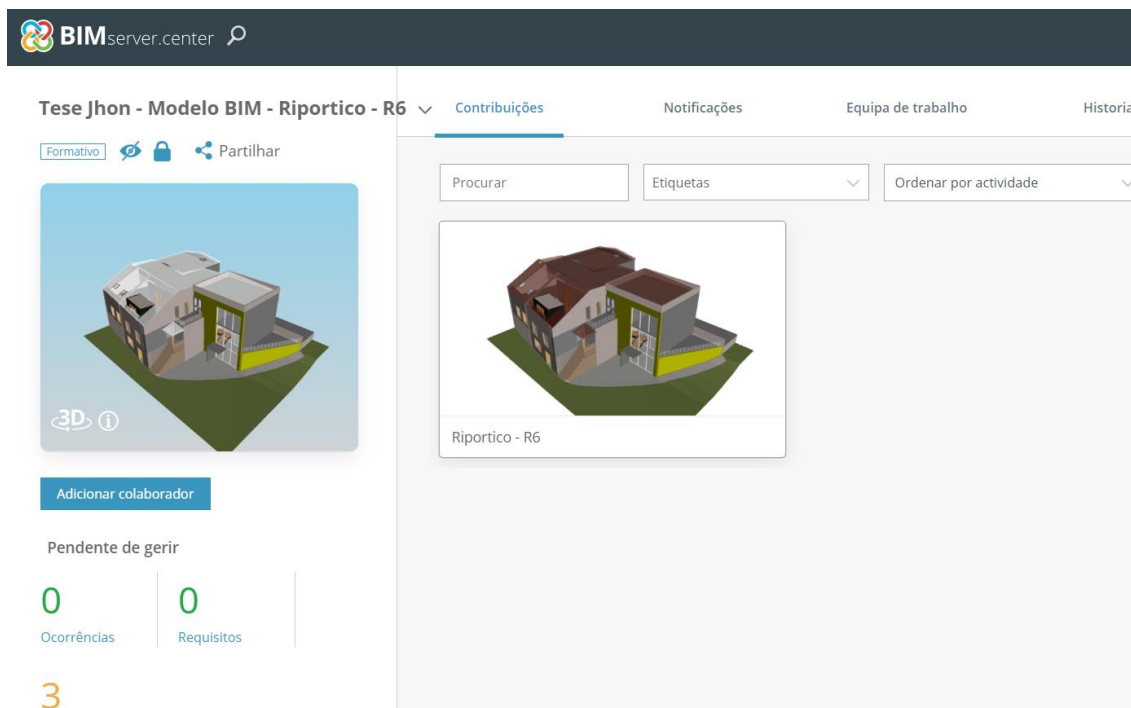
O erro mais comum era uma mensagem do Revit, na versão 2024, a solicitar para inserir os dados das coordenadas locais do projeto, quando este passo já havia sido feito no início. A solução para isso, foi encontrada na página de ajuda da Autodesk (Autodesk Support, 2023), em que o problema estava no símbolo de separação de casas decimais. A troca da vírgula (,) para o ponto (.) na separação de casas decimais no sistema operacional do computador corrigiu o erro, possivelmente, devido ao envio de coordenadas para o Autodesk Insight ser no padrão americano.

A partir do modelo analítico gerado, é possível consultar as informações de energia do edifício no Autodesk Insight disponível em nuvem.

### 3.3.5. Sincronização de documentos pelo OpenBIM

Para a sincronização do projeto BIM entre o Revit e os programas CYPE, é necessária a instalação do plugin “Open BIM”. Assim, o documento poderá ser convertido em diversos formatos BIM e, em seguida, é enviado para a nuvem no portal BIMserver.center (2023), onde o projeto poderá ser descarregado para qualquer software que possua permissão de acesso, além de ser possível visualizar o projeto em 3D de forma online e até mesmo no celular. Na Figura 41, o modelo BIM sincronizado é disponibilizado de forma online para visualização em 3D.

Figura 41 - página do BIMserver.center



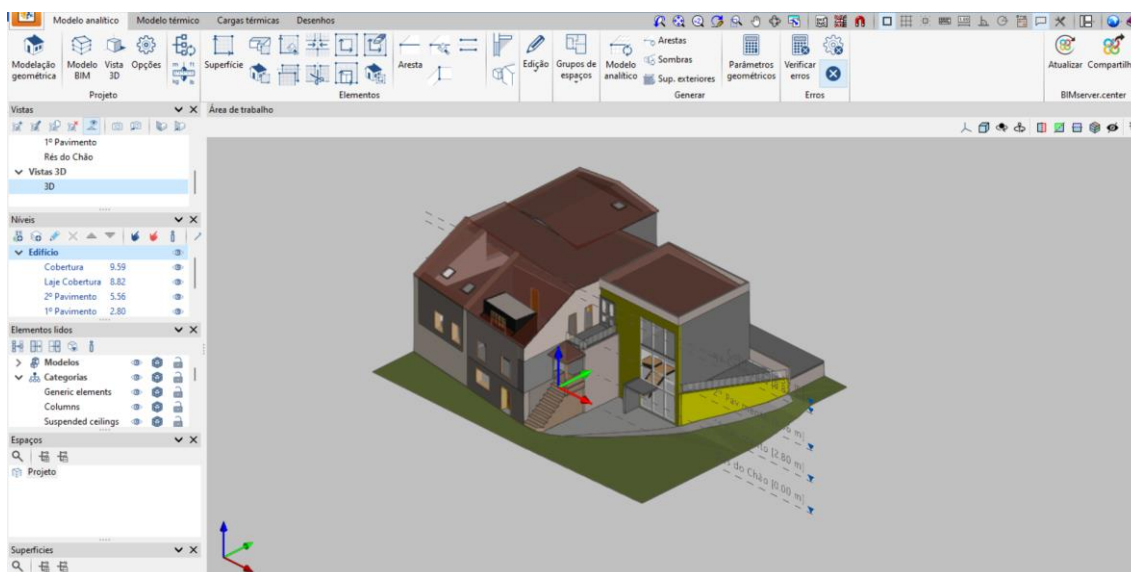
Fonte: Autoria Própria (2023)

### 3.3.6. Análise energética no CYPETHERM LOADS

O software CYPETHERM LOADS tem como principal aplicação, o cálculo das cargas térmicas do edifício simulado a partir do método de Séries Temporais Radioativas (RTS), indicado pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*) (CYPE Ingenieros, 2024).

A configuração do modelo BIM foi feita com a importação dos dados em nuvem do BIMserver.center, os quais foram obtidos do modelo Revit. Em seguida, foram ajustadas algumas informações iniciais, como a confirmação de localização e clima. Por fim, o modelo é carregado no programa (Figura 42) e a etapa dos ajustes pontuais é liberada.

**Figura 42 - Modelo BIM importado para o CYPETHERM LOADS**

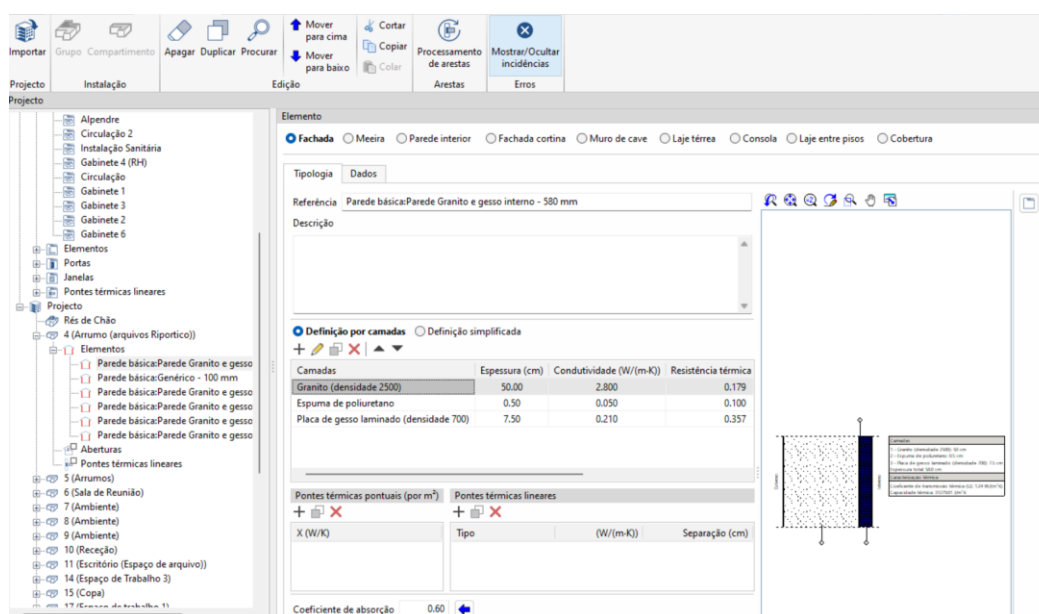


Fonte: Autoria Própria (2023)

Com os ajustes gerais configurados, o passo seguinte foi a caracterização dos elementos construtivos, desde os materiais aplicados, até a análise de pontes térmicas existentes. As configurações disponíveis variam de acordo com o detalhamento desejável, e as informações solicitadas são exemplificadas em formas de figuras e textos intuitivos de compreender.

A configuração dos materiais importados do Revit não foi mantida na maior parte das estruturas e teve de ser ajustada para a maioria dos elementos da edificação. Para isso, foi feito o reconhecimento dos materiais na aba de “Modelo térmico”, conforme indicado na Figura 43.

**Figura 43 - Campo de edição do modelo térmico da edificação**



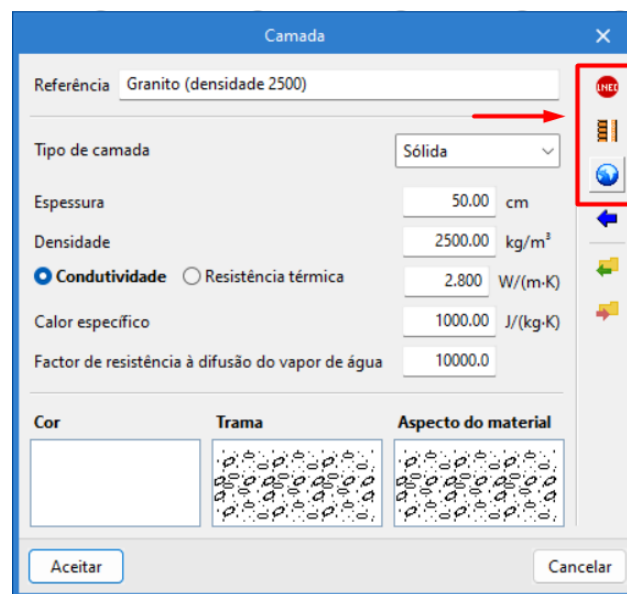
Fonte: Autoria Própria (2023)

A escolha dos materiais pode ser determinada por camadas ou de forma simplificada. Para o estudo em questão, considerou-se a primeira opção. Neste caso, são disponibilizadas algumas listas pré-definidas de insumos, sendo estas:

- Materiais da biblioteca LNEC
- Caixa de ar descrita na norma EN ISO 6946
- Materiais descritos na norma EN ISO 10456
- Materiais representativos

As listas estão destacadas no retângulo vermelho da Figura 44. Além dos materiais existentes na lista, também pode-se alterar os valores de espessura, densidade, condutividade ou resistência térmica, calor específico e fator de resistência à difusão do vapor de água. Os tipos de camada definidas nessa etapa são a tipo sólida, caixa de ar ou barreira de vapor, conforme a necessidade.

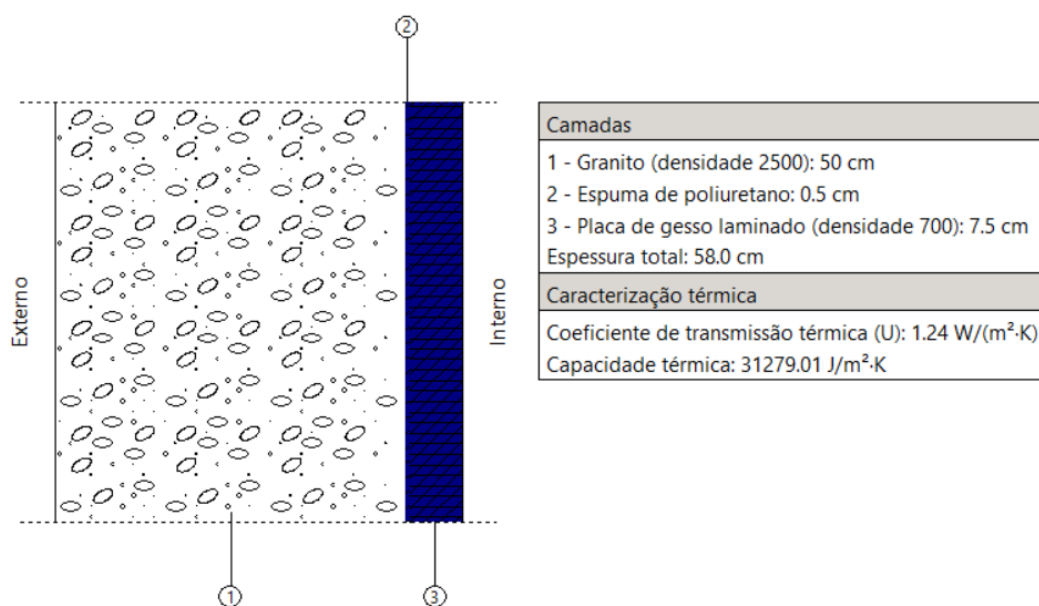
**Figura 44 - Edição de camadas de materiais**



Fonte: Autorial Própria (2023)

Ao fim da criação das camadas e suas características, o software insere um desenho esquemático (Figura 45) e as características do elemento final.

Figura 45 - Exemplo de parede com camadas definidas

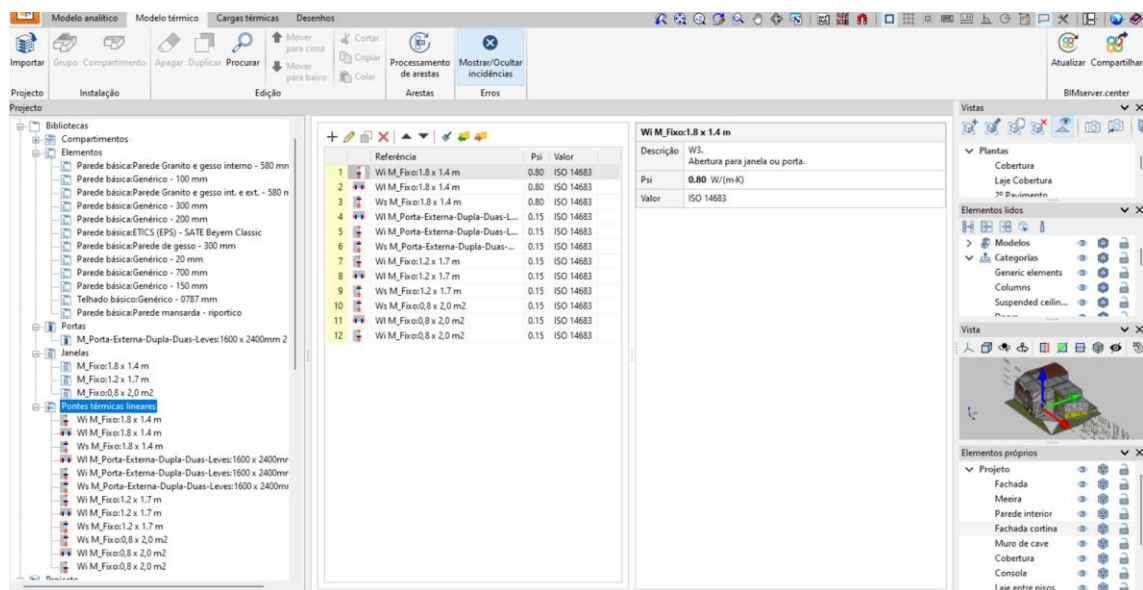


Fonte: Autoria Própria (2023)

Para prosseguir com a análise, é necessário gerar um modelo analítico e um modelo térmico que será a base para os cálculos. Ao gerar esse modelo, alguns avisos do sistema indicam se existem pontos a serem ajustados e, após todas as correções, as cargas térmicas podem ser obtidas. Os erros em questão são a falta de definição de transmissão térmica dos materiais, as pontes térmicas entre elementos, como também o perfil de utilização dos ambientes do estudo.

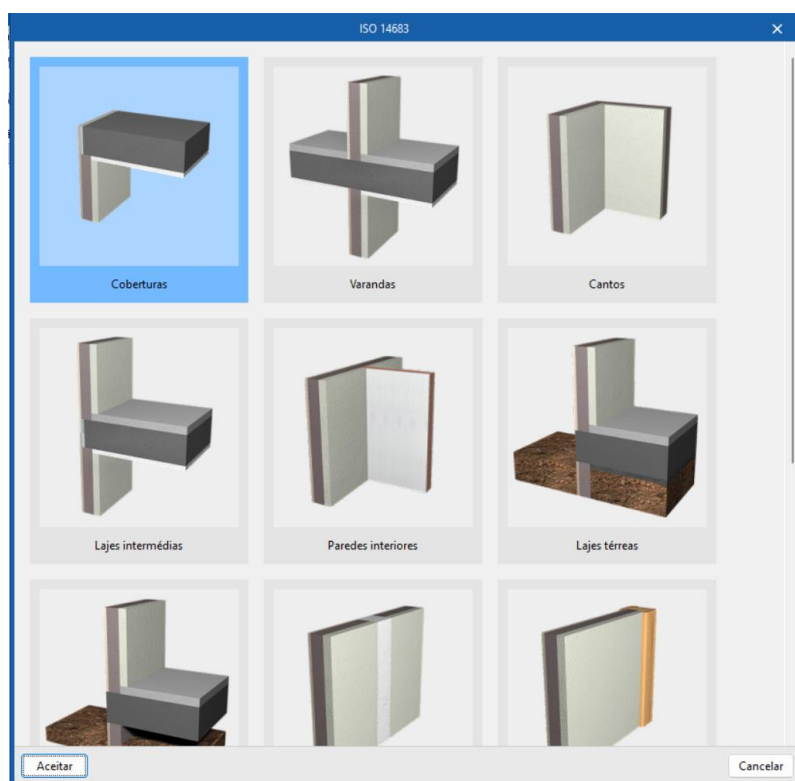
As figuras 46 e 47 contêm o exemplo de definição dos elementos em função das pontes térmicas existentes no edifício modelado.

Figura 46 - Caracterização dos elementos no CYPETHERM LOADS



Fonte: Autoria Própria (2023)

Figura 47 - Definição de encontro entre elementos para Pontes Térmicas

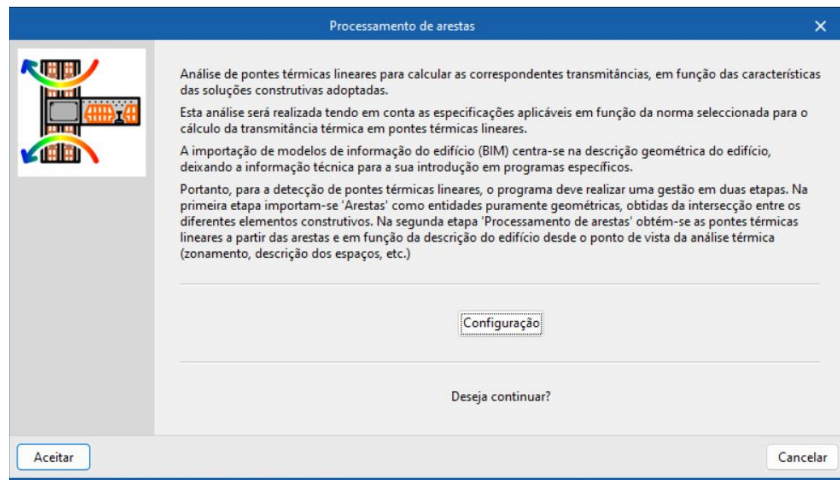


Fonte: CYPETHERM LOADS (2023)

No caso em que todos os elementos contêm as definições e propriedades dos materiais, o programa permite utilizar a ferramenta de processamento das arestas, onde o cálculo de pontes

térmicas é feito automaticamente, sem precisar definir esses detalhes de forma manual, conforme indicado na Figura 48.

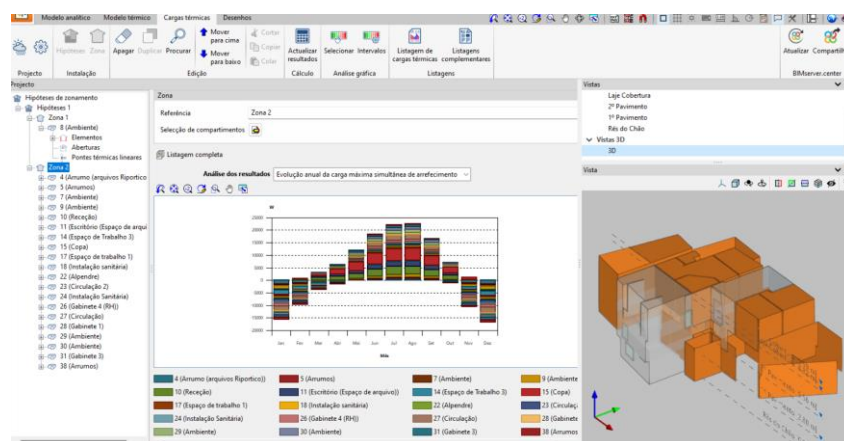
**Figura 48 - Processamento das arestas**



Fonte: CYPETHERM LOADS (2023)

Após todas as configurações de materiais, pontes térmicas e ajustes finos, é possível gerar hipóteses de zoneamento em que grupos de ambientes podem ser analisados em conjunto, conforme o estudo e necessidade. Os resultados gerados podem ser filtrados e conforme as escolhas, diferentes gráficos e dados são indicados em tela. Estes também podem ser emitidos em forma de documento para uma leitura de todo o resultado da simulação.

**Figura 49 - Resultados gerados pelo CYPETHERM LOADS**



Fonte: Autoria Própria (2023)

## **4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Os resultados obtidos em todos os programas analisados indicam como cada um deles expressam os dados das simulações e quais divergências ocorrem de acordo com a configuração e o método de análise utilizado para as simulações.

### **4.1. Resultados dos modelos BIM 1 e 2 no Revit**

O primeiro modelo teve como objetivo a identificação da forma geral do edifício na modelação e esperava-se no início que o mesmo seria o único modelo a ser criado. Porém, os erros encontrados durante sua criação, devido a problemas de geometria e de falta de informações parametrizadas, aquele teve de ser paralisado para que novos modelos pudessem consertar o trabalho inicial. Apesar disso, foi no primeiro modelo que foram definidas as geometrias e áreas utilizadas nos outros modelos baseados na estrutura física da empresa, visto que esse foi criado de forma fiel às plantas baixas fornecidas anteriormente. Além disso, a criação das camadas dos materiais e o início da análise energética, mesmo que com erros, foi o que permitiu a melhoria da análise nos modelos posteriores.

O segundo modelo também permitiu a localização dos problemas iniciais de configuração, principalmente na questão da ajustes de energia, onde foram definidas diversas opções ao longo dos testes e os erros eram descartados conforme a análise executada. Esse modelo foi o responsável por permitir o encontro do erro em função da diferença entre marcadores das casas decimais, citado no item 3.3.4. A partir desse ajuste nas análises, o trabalho pôde evoluir para o terceiro modelo.

### **4.2. Resultados da fase 3 obtidos no Revit**

O Revit possui mais de um meio de obtenção de valores de consumo em simulações de energia e o primeiro resultado obtido das simulações foi o relatório de análise energética, o qual estimou o consumo de energia com base no modelo analítico gerado no programa.

A Tabela 2 contém o primeiro resultado o qual indica as categorias de uso final da energia em todo o ano. O resfriamento dos ambientes foi o valor mais alto de consumo para essa simulação. Outros itens que não são listados na Tabela 2 não foram implementados no modelo BIM.

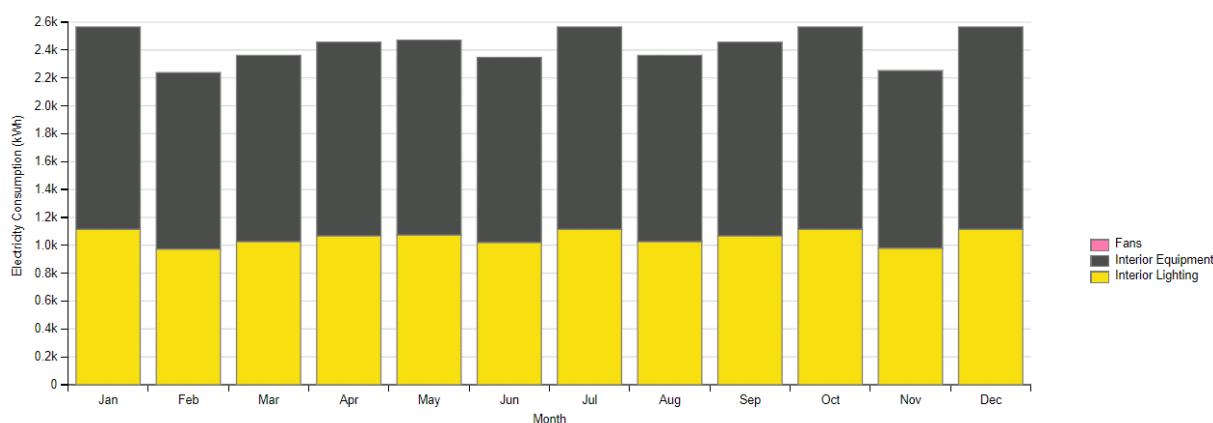
**Tabela 2 - Resultado Anual do Uso Final da Energia no Revit**

Uso final	Consumo (kWh)
Aquecimento	18,294
Resfriamento	43,622
Iluminação Interior	12,697
Equipamentos Internos	16,508

Fonte: Aatoria Própria (2023)

A variação do consumo ao longo dos meses também foi calculada pelo Revit e pode ser verificada na Figura 50. O consumo obtido variou pouco, mas os maiores consumos informados são dos meses de janeiro, julho, outubro e dezembro, o que não configura um padrão bem definido.

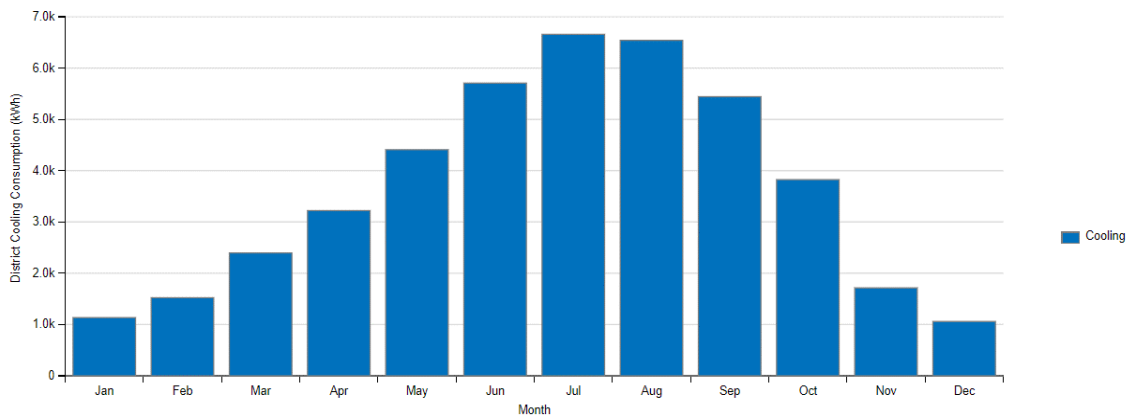
**Figura 50 - Consumo Mensal de Energia no Revit**



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Já na Figura 51, os dados de consumo mensal de arrefecimento de ambientes estão correlacionados com as temperaturas médias mensais da região. Nos meses de inverno, o consumo para resfriamento é menor, enquanto no verão, o consumo atinge seu pico.

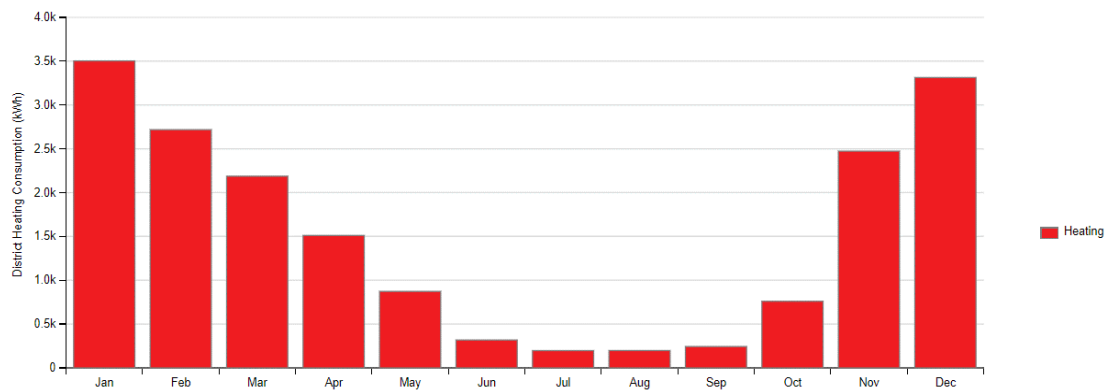
**Figura 51 - Consumo mensal para resfriamento no Revit**



Fonte: Autoria Própria (2023)

Com base na mesma lógica, a Figura 52 contém os dados de consumo simulados para o aquecimento dos ambientes do modelo BIM. Nos meses de maiores temperaturas, o consumo resultante foi baixo, enquanto no período mais frio, o consumo foi mais alto.

**Figura 52 - Consumo mensal para aquecimento no Revit**



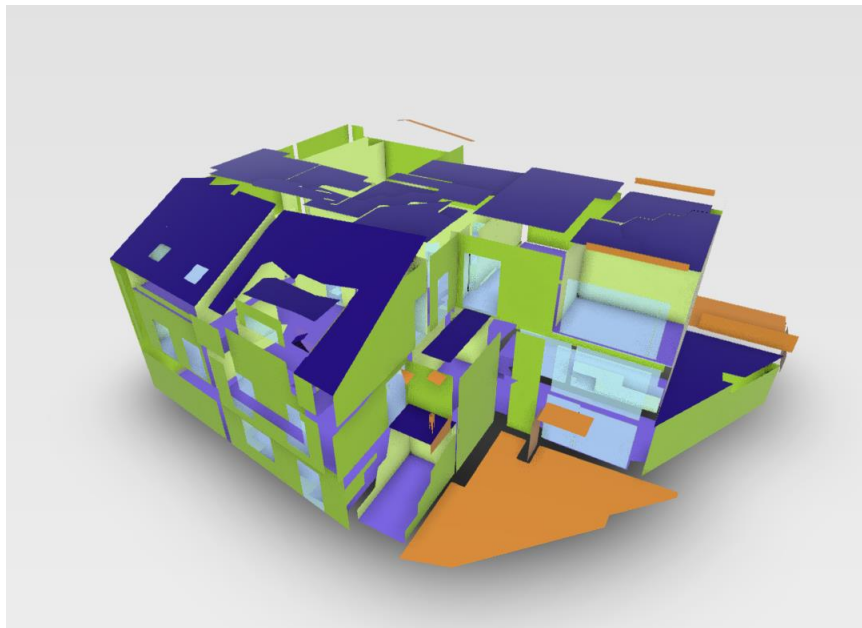
Fonte: Autoria Própria (2023)

O consumo anual de energia do edifício, de acordo com a simulação no Revit, foi de 1329,78 MJ/m<sup>2</sup>/ano ou 369,38 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

#### 4.2.1. Resultados obtidos no Autodesk Insight

Os resultados da simulação energética do Revit podem ser consultados no Autodesk Insight de forma online. A página com as informações contém uma visualização em 3D do edifício simulado (Figura 53), permite uma navegação pelo interior do projeto e outras interações intuitivas ao usuário.

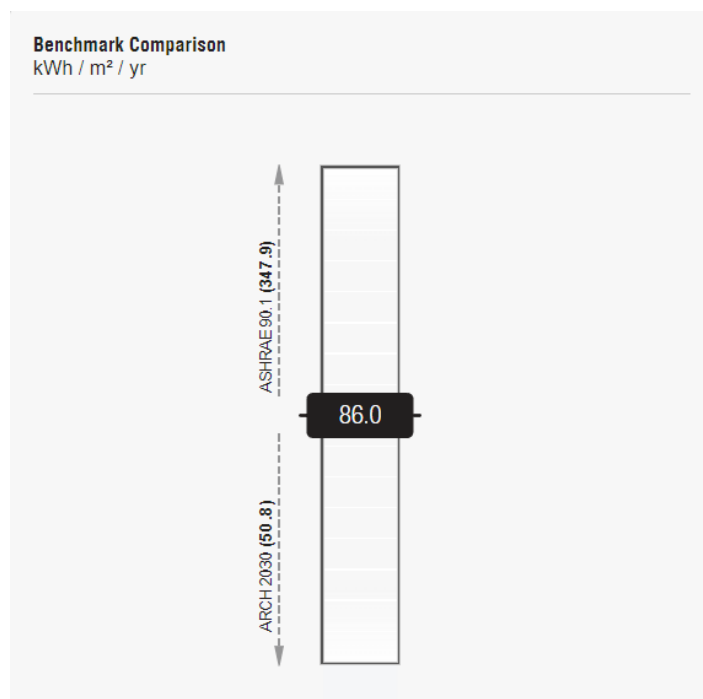
**Figura 53 - Modelo BIM gerado pelo Autodesk Insight**



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Sobre os resultados, a primeira informação indicada para o modelo BIM deste estudo é que seu consumo energético anual é de 86 kWh/m<sup>2</sup>/ano (Figura 54), valor mediano de acordo com os parâmetros do programa.

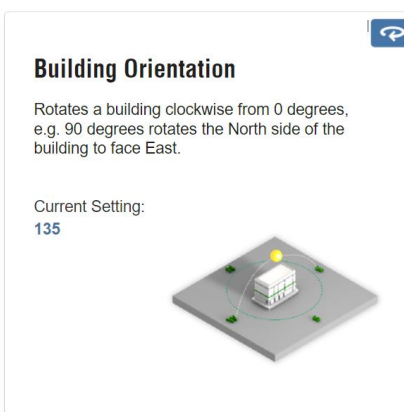
**Figura 54 - Consumo Energético Anual do Edifício**



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Em seguida, são indicadas sugestões de melhoria da edificação a partir de mudanças na simulação. Como o edifício é existente, alguns desses itens não poderiam ser adotados, mas outros são possíveis de serem executados. Uma das sugestões é a rotação da posição do edifício (Figura 55), outras são de dados relacionados às janelas e suas esquadrias (Figura 56) e prolongamentos na parte superior, para formar sombras (Figura 57) e diminuir o consumo de energia com o arrefecimento ao longo do ano.

Figura 55 - Orientação do Edifício



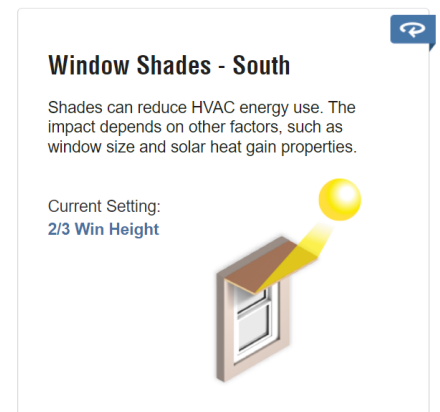
Fonte: Aatoria Própria (2023)

Figura 56 - Esquadrias das janelas



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Figura 57 - Sombras nas janelas



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Outra sugestão indicada foi a definição da característica dos vidros com relação à passagem de luz do exterior para a parte interna da edificação. Também são informadas as configurações atuais de paredes e telhados em função da resistência para a perda e ganho de calor. Outros fatores também são citados na análise, como a circulação intencional de ar entre o meio interno e externo ao edifício, a eficiência luminosa de  $7,53\text{W}/\text{m}^2$ , o consumo de equipamentos elétricos em  $10,76\text{W}/\text{m}^2$  sem considerar luzes, equipamentos de aquecimento e resfriamento.

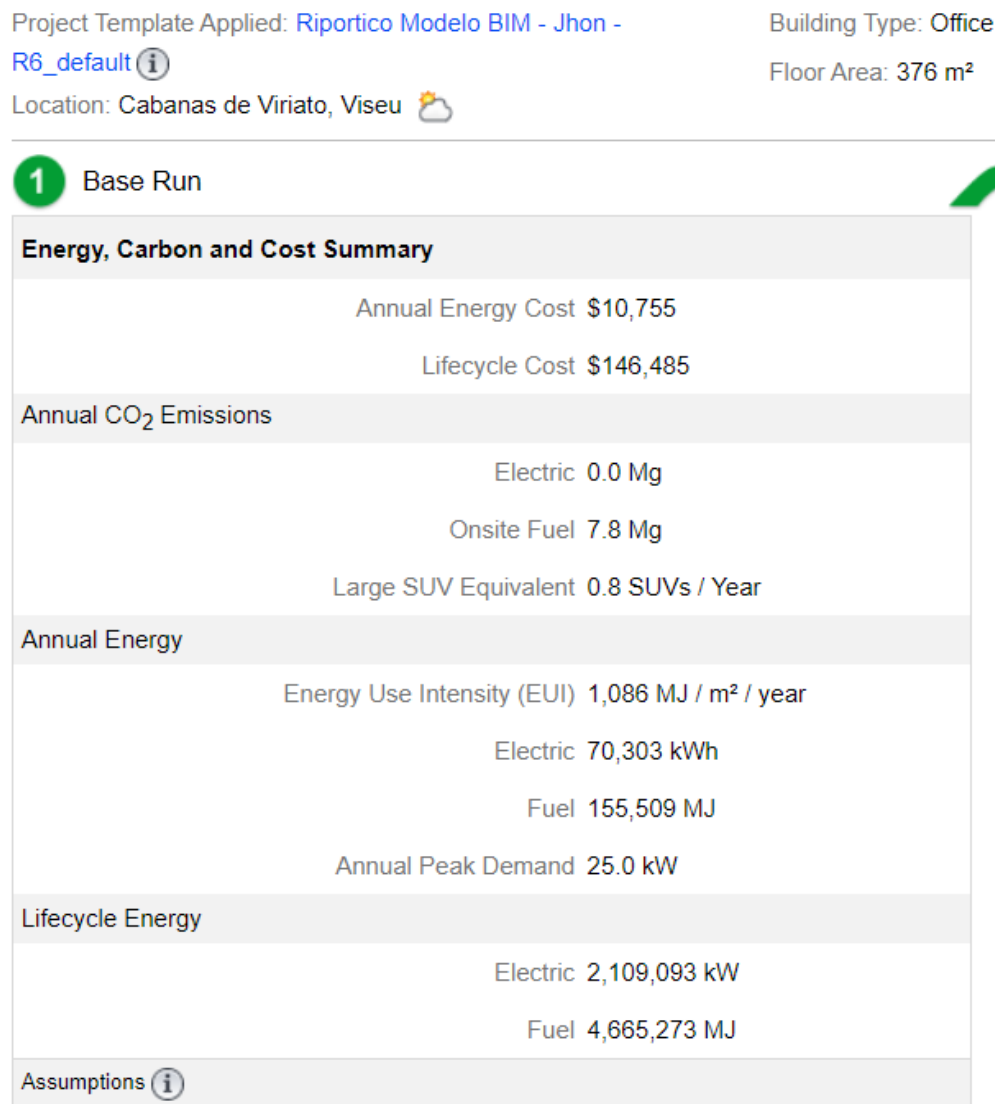
Por fim, o programa também informa o tempo de retorno de investimentos para produção de energia solar no edifício e quanto da área do telhado pode ser utilizada para a produção. Com o tempo de *Payback* para esta simulação sendo de 30 anos e área de instalação de painéis no telhado indicado a 90%, a diminuição do consumo da edificação obtida em função do *Energy Use Intensity* (EUI) é de  $121,96\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{ano}$ .

É importante citar que os dados indicados pelo Autodesk Insight são interativos, e qualquer ajuste feito no site implica na mudança de consumo obtida, mas essas alterações não são atualizadas diretamente no Revit e devem ser feitas de forma manual no modelo BIM original para atualização dos resultados.

#### 4.2.2. Resultados obtidos no Autodesk Green Building Studio

Para obter os resultados do estudo energético do edifício no GBS, é necessário exportar um documento do Revit no formato gbXML e importá-lo nesse software de forma online. Após as configurações iniciais, será gerado um relatório sobre o modelo BIM em estudo. Na Figura 58, estão contidos os valores gerais da simulação.

**Figura 58 - Resultados da Análise no GBS**



Fonte: Autoria Própria (2023)

Os resultados de consumo de energia ao longo de um ano, de acordo com o programa, é de 1086MJ/m<sup>2</sup>/ano, ou 301,67kWh/m<sup>2</sup>/ano. Além disso, também foram calculados valores monetários de consumo em dólares, área potencial de uso para painéis solares e a redução de gastos com essa aplicação, junto com o período de *Payback* do valor investido.

### **4.3. Resultados da fase 3 obtidos no CYPE**

As simulações obtidas nos programas da família CYPE são coletados de formas independentes, apesar da sincronização em BIM existente. Cada programa utiliza um método de cálculo e, conseqüentemente, um resultado que pode divergir em função de parâmetros avaliados em cada simulação.

#### **4.3.1. Resultados obtidos no CYPETHERM LOADS**

No estudo energético do modelo BIM do edifício no programa CYPETHERM LOADS, o primeiro resultado obtido no relatório é o resumo dos resultados de cálculo de cargas, tanto para arrefecimento quanto para aquecimento.

A tabela gerada para o resumo das cargas de arrefecimento analisa três tópicos principais: Cargas Externas, Internas e de Ventilação. No primeiro item, estão descritas as medidas da superfície analisada, em metros quadrados, as cargas devidas aos ganhos de calor por condução, por radiação solar, por infiltração latente e infiltração sensível. Na parte interna, são verificadas as cargas latentes e sensíveis, e na ventilação, são analisadas, além das duas últimas citadas, o fluxo de ar (caudal) do ambiente.

Na Figura 59, é possível verificar a tabela resultante citada e nela, está contido os valores finais calculados de cargas de arrefecimento por ambiente, em que o maior consumo por metro quadrado está localizado no item 24 da tabela – Instalação Sanitária – e na Figura 60 devido à falta de ventilação, ao alto grau de condução térmica e ao espaço reduzido de 3m<sup>2</sup>.

Figura 59 - Resumo de Cargas de Arrefecimento

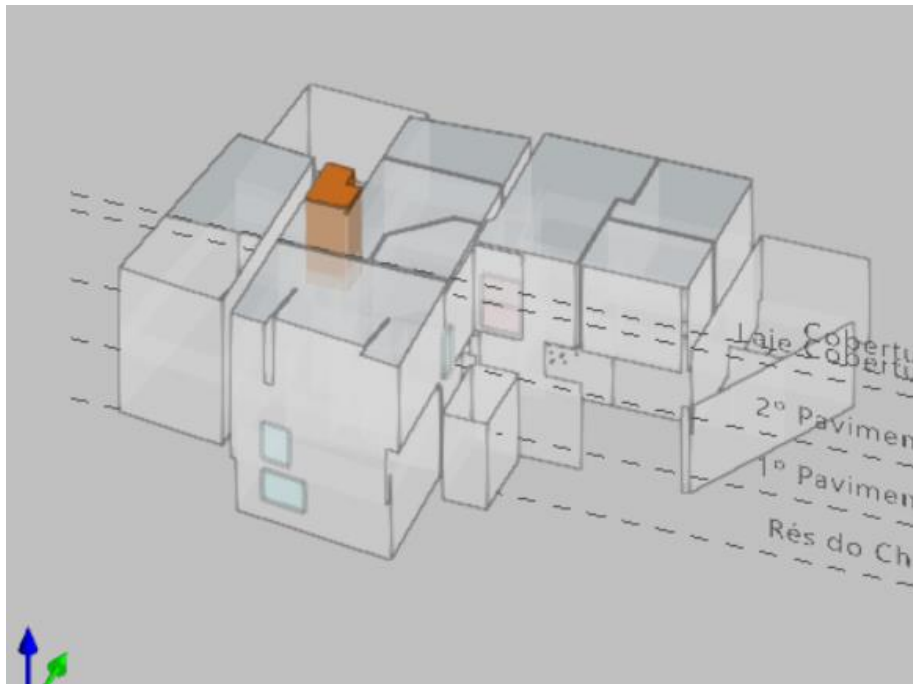
## 1. RESUMO DOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGAS

### 1.1. Arrefecimento

<b>Resumo das cargas de arrefecimento da zona: Zona 2</b>														
	Externas					Internas		Ventilação			Totais			
	A (m <sup>2</sup> )	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m <sup>2</sup> )	Total (W)
<b>Carga máxima de arrefecimento por compartimento</b>														
4 (Arrumo (arquivos Riportico))	32	798	0	0	0	0	0	0	0	0	0	798	25	798
5 (Arrumos)	6	545	0	0	0	0	0	0	0	0	0	545	89	545
7 (Ambiente)	4	367	0	0	0	0	0	0	0	0	0	367	83	367
9 (Ambiente)	11	1289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1289	115	1289
10 (Receção)	38	1335	0	-111	165	529	1154	53	-310	460	107	3114	84	3221
11 (Escritório (Espaço de arquivo))	35	1230	0	0	0	79	555	15	-87	130	0	1914	55	1914
14 (Espaço de Trabalho 3)	35	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	23	800
15 (Copa)	34	492	0	0	0	1902	2030	121	-590	1013	1313	3535	143	4848
17 (Espaço de trabalho 1)	25	786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	786	31	786
18 (Instalação sanitária)	3	234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234	78	234
22 (Alpendre)	16	583	0	0	0	0	0	0	0	0	0	583	36	583
23 (Circulação 2)	27	622	0	0	0	0	0	0	0	0	0	622	23	622
24 (Instalação Sanitária)	3	302	0	-111	165	47	97	5	-27	40	0	605	179	605
26 (Gabinete 4 (RH))	13	905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	905	67	905
27 (Circulação)	25	1802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1802	73	1802
28 (Gabinete 1)	9	889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	889	97	889
29 (Ambiente)	13	1316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1316	102	1316
30 (Ambiente)	16	1286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1286	82	1286
31 (Gabinete 3)	19	834	0	0	0	0	0	0	0	0	0	834	43	834
38 (Arrumos)	16	337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337	21	337
<b>Carga máxima simultânea de arrefecimento para o conjunto de compartimentos: 21 de Agosto às 16h (14 hora solar aparente)</b>														
<b>Zona 2</b>	<b>383.1</b>							<b>194</b>				<b>1298 21200 58.73 22499</b>		

Fonte: Autoria Própria (2023)

**Figura 60 - Instalação Sanitária**



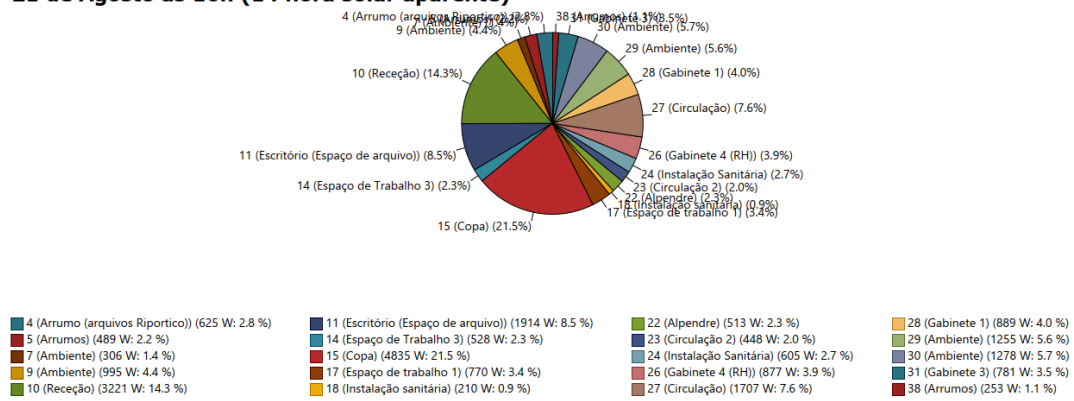
Fonte: Autoria Própria (2024)

Porém, em termos absolutos, o ambiente que mais gera cargas de arrefecimento é a copa, principalmente pelas cargas internas latentes e sensíveis geradas no ambiente, seja pela comida esquentada no local durante o almoço ou pela aglomeração de pessoas durante as refeições diárias. Este local também é o segundo maior em termos de geração de carga para arrefecimento por metro quadrado.

O documento gerado pelo programa também possui gráficos que auxiliam na visualização dos resultados. Na Figura 61, estão contidas todas as cargas geradas no dia de maior exigência de arrefecimento do edifício, que segundo o software, é no dia 21 de agosto. A copa segue como o ambiente de maior carga, seguido pela recepção, com 14,3% da carga exigida no dia, segundo a simulação.

**Figura 61 - Carga Máxima Simultânea de arrefecimento**

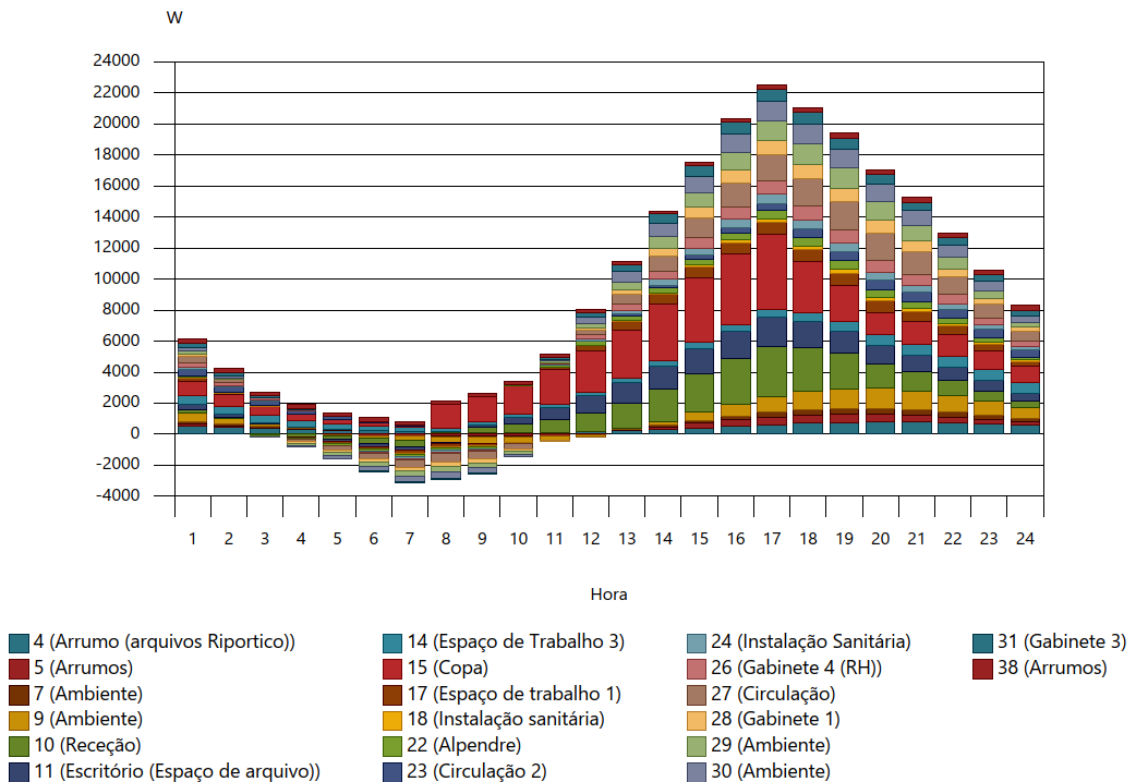
**Carga máxima simultânea de arrefecimento (22499 W)  
21 de Agosto às 16h (14 hora solar aparente)**



Fonte: Autoria Própria (2024)

Em seguida, o documento contém, na Figura 62, a evolução das cargas de arrefecimento ao longo do dia e é notório o pico máximo dessa carga às 17h, quando o valor gerado ultrapassa os 22kW.

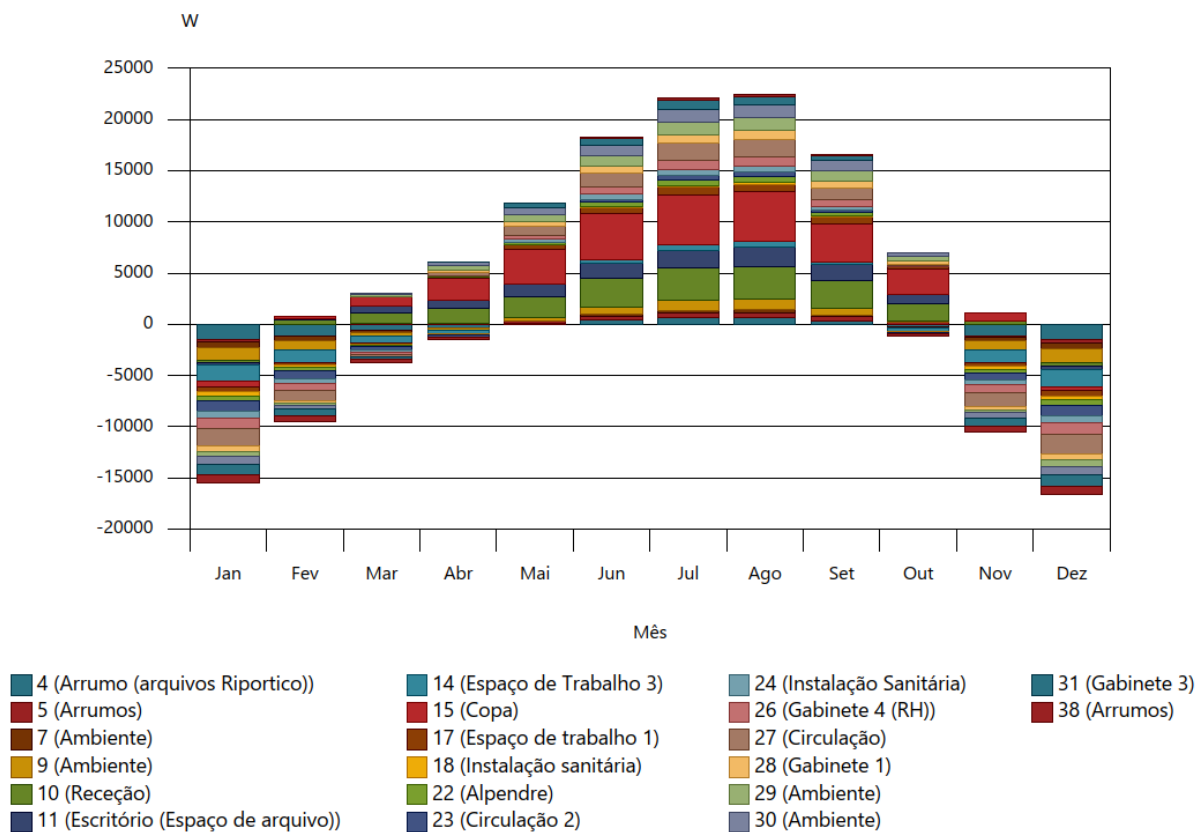
**Figura 62 - Evolução Horária da carga máxima de arrefecimento**



Fonte: Autoria Própria (2024)

Na Figura 63, são representadas todas as cargas de arrefecimento e aquecimento geradas ao longo de um ano. No período de inverno da região de Cabanas de Viriato, é necessário o aquecimento dos ambientes, principalmente nos meses de dezembro e janeiro. Após isso, no período do verão, invertem-se as funções e busca-se o resfriamento do local devido ao calor nessa época do ano.

**Figura 63 - Evolução anual da carga máxima simultânea de arrefecimento**



Fonte: Autoria Própria (2024)

#### 4.4. Resultados obtidos no local

Ao mesmo tempo que foram feitas as simulações em softwares da eficiência energética do edifício, também foram coletados dados de equipamentos instalados no local para obter uma estimativa de cargas existentes e qual seria o consumo médio anual dos ambientes em função dos aparelhos instalados.

É importante ressaltar que o levantamento foi feito a título de um exercício comparativo para ter uma noção da grandeza das unidades de energia obtidas ao longo do estudo e possui, portanto, incertezas atreladas aos resultados aqui indicados.

Na folha 01 do

APÊNDICE A, estão listados os ambientes e as respectivas quantidades de equipamentos conferidos no local. O levantamento foi feito de forma generalizada e não levou em conta o modelo de um mesmo tipo de equipamento e nem o consumo individual de cada item.

Na folha 02 do

APÊNDICE A, as quantidades de equipamentos verificados foram multiplicadas pelas cargas médias de consumo para a medição de consumo geral do edifício.

Por fim, os resultados da Tabela 3 foram obtidos com a soma de todas as cargas dos equipamentos de todos os ambientes. Em seguida, foram indicados os tempos médios de funcionamento por dia para obter o consumo diário da edificação. Também foram adotados dias de trabalho dos equipamentos em um mês. Os servidores e o frigorífico foram considerados como itens de consumo ininterruptos, ou seja, não são desligados em nenhum momento. Os outros equipamentos tiveram dias de trabalho considerados como 22 dias devido aos finais de semana e feriados ao longo do ano. Portanto, ao multiplicar o consumo diário pelos dias em atividade no mês, obteve-se o consumo mensal de cada item. A partir desse valor, somaram-se os valores de carga total no mês e multiplicou-se por 12 para obter o consumo anual estimado. Por último, o valor de consumo anual foi dividido pela soma das áreas de todos os ambientes do edifício para resultar no consumo médio anual por metro quadrado.

**Tabela 3 - Resumo do consumo anual estimado no local**

<b>Equipamento</b>	<b>Potência Unitária</b>	<b>Potência Total</b>	<b>Tempo Ativo Diariamente</b>	<b>Consumo Diário</b>	<b>Dias Ativos no Mês</b>	<b>Consumo Mensal</b>
iluminação	30 W	3630 W	12h	43560 Wh	22 dias	958 kWh
Computadores	500 W	23000 W	12h	276000 Wh	22 dias	6072 kWh
Ar condicionado	3000 W	42000 W	12h	504000 Wh	22 dias	11088 kWh
Impressoras	7 W	35 W	12h	420 Wh	22 dias	9 kWh
Servidores	200 W	400 W	24h	9600 Wh	30 dias	288 kWh
Televisão	100 W	400 W	12h	4800 Wh	22 dias	106 kWh
Microondas	1000 W	3000 W	1h	3000 Wh	22 dias	66 kWh
Frigorífico	180 W	180 W	24h	4320 Wh	30 dias	130 kWh
<b>Total</b>				<b>845700 Wh</b>		<b>18717 kWh</b>
Total em 1 ano						224601 kWh
área total						472 m <sup>2</sup>
Consumo total						476 kWh/m <sup>2</sup> /ano

Fonte: Autoria Própria (2023)

#### **4.5. Comparativo dos Resultados e da Interoperabilidade**

Na modelação da edificação pelo Revit, as tentativas e erros ocorridas nos dois primeiros modelos resultaram em soluções implementadas no terceiro, sendo este o modelo base da interoperabilidade com o CYPE. Os principais erros encontrados foram a geometria complexa do edifício de estudo e a questão interna de erro na simulação por conta da simbologia adotada na separação de casas decimais. Ao corrigir estes pontos, foi possível gerar os relatórios

de energia nas três ferramentas disponibilizadas pela Autodesk (*EnergyPlus* integrado ao Revit, *Insight* e *Green Building Studio*).

Em seguida, a transição do modelo para a página do BIMserver.center ocorreu sem erros. A partir dessa vinculação, foi possível importar os dados para o CYPETHERM LOADS, sendo este passo, o momento em que as informações parametrizadas pelo Revit não foram importadas. Ou seja, foi necessário o preenchimento de diversas informações já inseridas anteriormente no novo software, a exemplo da localização do edifício e o clima da região.

Quando os passos de importação foram concluídos, notou-se que as informações de materiais e suas composições não foram mantidas, somente foi trazida a geometria do edifício. Com isso, foi necessário determinar todos os materiais da edificação, assim como a determinação dos encontros entre paredes, lajes e telhado para determinação das pontes térmicas. Com o fim desses ajustes, foi possível gerar um novo modelo analítico para avaliar o consumo de aquecimento e arrefecimento do escritório.

Em relação aos valores de consumo da edificação, foram obtidos os seguintes resultados:

- *Autodesk Revit* – 369,38 kWh/m<sup>2</sup>/ano;
- *Autodesk Insight* – 86kWh/m<sup>2</sup>/ano;
- *Autodesk Green Building Studio* – 301,67kWh/m<sup>2</sup>/ano;
- *CYPETHERM LOADS* – 31,80kWh/m<sup>2</sup>/ano;
- Resultado *in loco* – 476kWh/m<sup>2</sup>/ano.

Os 476kWh/m<sup>2</sup>/ano obtidos no local são muito acima dos 86kWh/m<sup>2</sup>/ano obtidos no Autodesk Insight e podem indicar uma falta de informações no modelo. Inclusive, não foram indicadas as cargas de consumo de equipamentos como computadores, micro-ondas, servidores e outros, durante todo o processo de simulação do Revit. Já o CYPE questionou em diversos momentos quais seriam as cargas instaladas nos ambientes e o tempo de utilização do local.

Entretanto, no Green Building Studio, o consumo real calculado ficou próximo aos 301,67kWh/m<sup>2</sup>/ano, sendo este modelo BIM, o mesmo analisado dentro do Revit.

O comparativo dos valores foi feito com o intuito de analisar em quais situações a interoperabilidade pode ter perdido informações e não busca determinar o real consumo da edificação tendo em vista as simplificações adotadas para a simulação. Em todo caso, é possível avaliar que o sistema do Autodesk Insight utilizou as informações indicadas no Revit de forma

diferente ao GBS, pois o valor resultante foi menor se comparado com os outros, exceto pelo resultado no CYPE, sendo que este tem a justificativa de avaliar somente as cargas de aquecimento e arrefecimento, descartando outros tipos de consumo.

## 5. CONCLUSÃO

### 5.1. Conclusão Geral

Com a execução do trabalho em questão, foi possível verificar a funcionalidade de diversas ferramentas BIM entre diferentes softwares, seus formatos de arquivos compatíveis ou não e o grau de informação inserida capaz de ser analisada e mantida entre as operações de interoperabilidades. Os dois meios de análise energética comparados possuem ferramentas próprias para a análise energética e as soluções de aplicação das informações seguem diferentes passos, mas que devem levar a resultados coerentes e aproximados.

A modelação do edifício em BIM feita no Revit pôde evoluir de maneira rápida, visto que as ferramentas propostas pelo programa são intuitivas e permitem a implantação de informações básicas e complexas, conforme os moldes de utilização do usuário.

A utilização do Revit, no contexto da análise energética, não foi satisfatória, pois a geometria do edifício é complexa e exige um grau de precisão em geometria e materiais, que se não for detalhado, implica em erros nas simulações os quais não são bem esclarecidos no programa e precisam ser buscados em meios externos e em fóruns específicos. Ainda existe um nível de evolução do programa na questão da otimização das funcionalidades para ser aplicada de maneira mais clara ao utilizador, mesmo aquele acostumado às ferramentas do *software*.

Em relação às ferramentas externas, o Revit possui vários meios de integração tanto com o Autodesk Insight e o Autodesk Green Building Studio, os quais são ótimas ferramentas de visualização e complemento na parte da eficiência energética.

Quanto à interoperabilidade, a plataforma BIMserver.center é uma ferramenta excelente ao que é proposto. Permite ao utilizador, salvar seus projetos em nuvem, mantê-los sincronizados e ainda pode ser utilizado para trabalhar em mais de um usuário. A sincronização de documentos é intuitiva e permite aos usuários utilizarem os projetos BIM em diversos softwares com acesso à plataforma.

O programa CYPETHERM LOADS possui alguns problemas iniciais de compatibilização os quais atrasaram a simulação devido a pequenos ajustes externos que não são intuitivos em uma primeira tentativa. Porém, após conhecer o software, o mesmo se torna uma grande ferramenta que integra sistemas e normas completas em um só lugar, de forma ágil e inteligente. Diversos programas da família CYPE como o CYPETHERM BRIGDES são integrados ao primeiro e funcionam em conjunto, o que auxiliou em diversos momentos, as simulações.

Por fim, no aspecto da interoperabilidade, os softwares utilizados permitiram a troca de informações parametrizadas de forma ágil, mas limitada. Enquanto no Revit, as informações de materiais já tinham sido aplicadas, no CYPE, todos os elementos tiveram de ser refeitos em função das características térmicas, o que indica um retrabalho que não era esperado para um trabalho deste gênero.

## **5.2. Trabalhos Futuros**

Em função dos resultados obtidos neste trabalho, poderia ser realizado um estudo detalhado das melhorias de consumo energético dos ambientes com a aplicação das sugestões geradas nas análises e promover comparativos reais possíveis de serem executados.

Também é possível estender os testes de interoperabilidade para outros tópicos, como a análise estrutural, iluminação, arquitetura, entre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS

- Alliance HQE-GBC. (2023). *L'alliance des professionnels pour un cadre de vie durable*. Alliance HQE-GBC. <https://www.hqegbc.org/accueil-alliance-hqe-gbc/>
- Amorim, S. R. L. de. (2018). *Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM*. GEN LTC. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788595153820>
- Applus+. (2023). *Sobre Applus+ em Portugal*. Applus+ Portugal. <https://www.applus.com/pt/pt/>
- Autodesk. (2023a). *Building Performance Analysis*. Green Building Studio. <https://gbs.autodesk.com>
- Autodesk. (2023b). *Otimização da energia para o Revit*. Autodesk Revit 2024. <https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/PTB/?guid=GUID-2043E09F-40E5-4155-AE28-134F62E54F54>
- Autodesk Support. (2023). *Falha ao carregar o modelo para a nuvem: Insira um endereço ou as coordenadas geográficas (latitude e longitude) aparecem no Revit 2024*. Autodesk. <https://www.autodesk.com.br/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/Failed-to-Upload-Model-to-Cloud-Enter-an-address-or-the-geographic-coordinates-latitude-and-longitude-appears-in-Revit-2024.html>
- Barros, B. F. de, Borelli, R., & Gedra, R. L. (2015). *Eficiência Energética—Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos*. Editora Saraiva. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788536518404>
- BIMserver.center. (2023). *BIMserver.center*. <https://bimserver.center/pt>
- Carmo, T. M. B. do. (2022). *Análise exploratória do Autodesk Insight como ferramenta no auxílio da eficiência energética em projetos para AEC* [Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais]. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/48326>
- CIMVDL. (2023). *Municípios Associados*. Comunidade Intermunicipal Viseu Dão Lafões. <https://www.cimvdl.pt/>
- Ciucci, M. (2022a). *Eficiência energética*. Parlamento Europeu. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/69/eficiencia-energetica>
- Ciucci, M. (2022b). *Energia renovável*. Parlamento Europeu. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/70/energia-renovavel>
- Coelho, A. de C. C. (2020). *A utilização do BIM na análise da eficiência energética de edifícios: Ferramentas e interoperabilidade* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho]. <https://hdl.handle.net/1822/67090>
- CYPE Ingenieros. ([s.d.]). *Quem é a CYPE?* CYPE Software para Engenharia e Construção. [http://www.cype.pt/cype\\_ingenieros/](http://www.cype.pt/cype_ingenieros/)
- CYPE Ingenieros. (2024). *Descrição do programa*. CYPETHERM LOADS. <https://info.cype.com/pt/produto/cypetherm-loads/>
- DGEG & ADENE. (2021). *Manual SCE*. DGEG e ADENE. [https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2022/03/Manual-SCE-pos-despacho-de-alteracao\\_v.f..pdf](https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2022/03/Manual-SCE-pos-despacho-de-alteracao_v.f..pdf)
- Eurostat. (2023). *Share of energy from renewable sources*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_IND\\_REN\\_\\_custom\\_5521755/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN__custom_5521755/default/table?lang=en)

- Freire, M. R., & Amorim, A. L. de. (2011). *A Abordagem BIM como Contribuição para a Eficiência Energética no Ambiente Construído. V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção*, 12.  
<https://www.researchgate.net/publication/279704444>.
- Google. (2023). *Pesquisar no Google Earth*. Google Earth. <https://earth.google.com>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2023). *Área educativa—CLIMA DE PORTUGAL CONTINENTAL*. IPMA. <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>
- Pinho, F. A. A. (2015). *Norma BIM portuguesa* [Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra]. Repositório científico da Universidade de Coimbra.  
<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/38575>
- Riportico. (2023). *Sobre Nós*. Riportico. <https://www.riportico.com>
- Rodacal. (2023). *SATE BEYEM Classic Rodacal Beyem*. Rodacal Beyem.  
<https://rodacal.com/producto/sate-beyem-classic/>
- Romero, M. de A., & Reis, L. B. dos. (2012). *Eficiência Energética em Edifícios*. Editora Manole. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788520444580>
- U.S. Green Building Council. (2023). *The history of LEED*. LEED Rating System.  
<https://www.usgbc.org>
- Weather Spark. (2023). *Clima e condições meteorológicas médias em Viseu no ano todo*. Weather Spark. <https://pt.weatherspark.com/y/32854/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Viseu-Portugal-durante-o-ano>

## APÊNDICES

## **APÊNDICE A - DADOS DO LEVANTAMENTO DE CARGAS NO EDÍFICIO**

Tabela 01 - Quantidade de Equipamentos por Ambiente

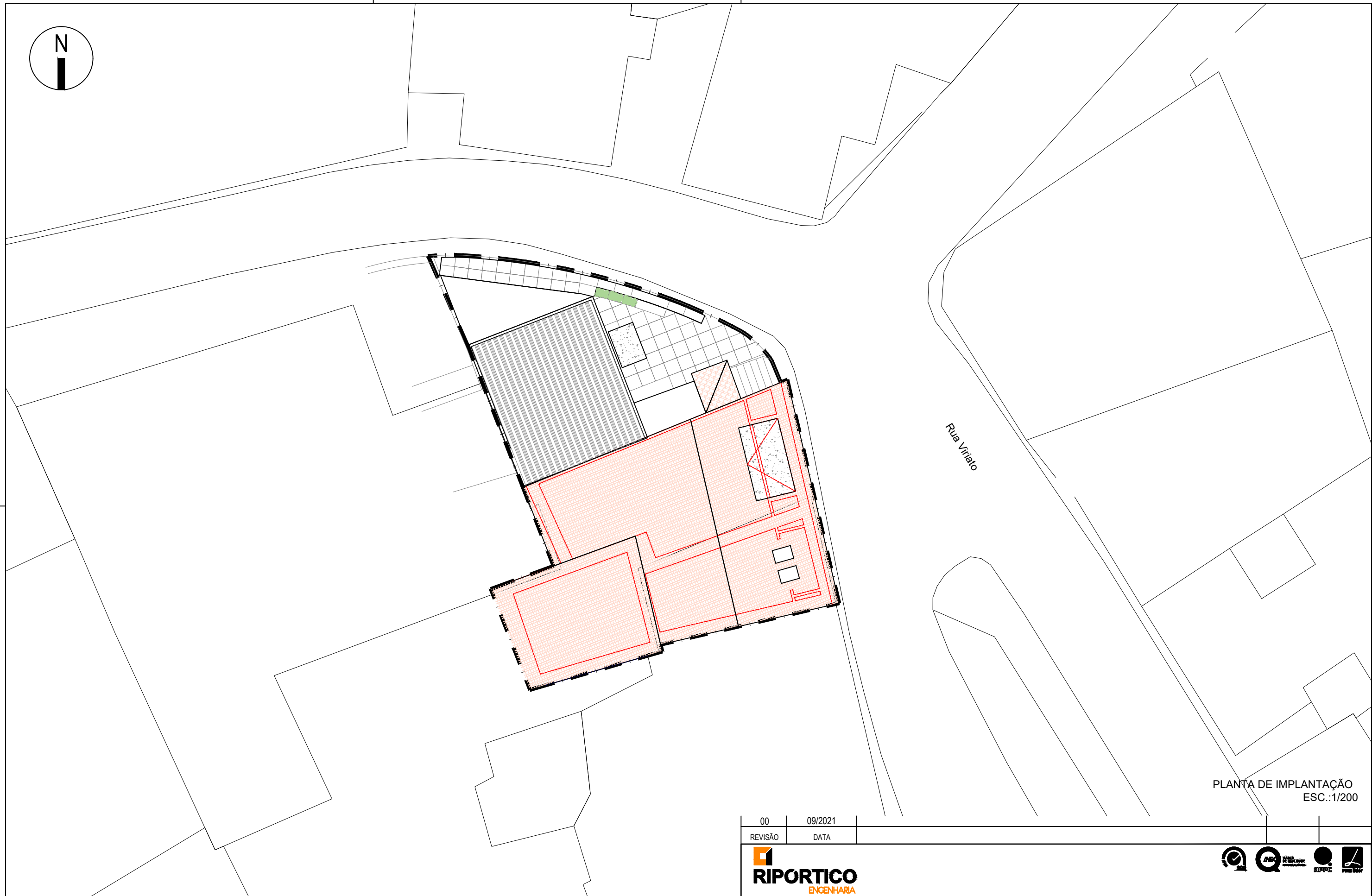
Item	Piso	Ambiente	área (m²)	iluminação	Computadores	Ar condicionado	Impressoras	Servidores	Televisão	Microondas	Frigorífico
01	Rés de Chão	Recepção	31,40	1	0	1	0	0	0	0	0
02	Rés de Chão	Escritório (Esp. de arquivo)	32,32	16	8	1	0	0	0	0	0
03	Rés de Chão	Arrumo (Arquivos Riportico)	30,35	3	0	0	0	0	0	0	0
04	Rés de Chão	Arrumos	6,26	1	0	0	0	0	0	0	0
05	Rés de Chão	Sala de Reunião	30,00	9	0	1	1	0	0	0	0
06	Rés de Chão	Instalação sanitária feminina + PCD	4,11	1	0	0	0	0	0	0	0
07	Rés de Chão	Instalação sanitária masculina	3,10	1	0	0	0	0	0	0	0
08	Rés de Chão	Corredor	7,50	1	0	0	0	0	0	0	0
09	1º piso	Alpendre	2,80	2	0	0	0	0	0	0	0
10	1º piso	Espaço de trabalho 1	27,30	10	5	1	0	0	0	0	0
11	1º piso	Circulação 1	4,50	1	0	0	0	0	0	0	0
12	1º piso	Circulação 2	15,70	1	0	0	0	0	0	0	0
13	1º piso	Arrumos	6,26	1	0	0	0	1	0	0	0
14	1º piso	Espaço de trabalho 2	49,00	18	10	1	1	1	1	0	0
15	1º piso	Espaço de trabalho 3	32,70	10	8	1	1	0	0	0	0
16	1º piso	Copa	34,90	2	0	1	0	0	1	3	1
17	1º piso	Instalação Sanitária	2,60	1	0	0	0	0	0	0	0
18	2º piso	Circulação	14,43	1	0	0	1	0	0	0	0
19	2º piso	Gabinete 1	9,47	1	1	1	0	0	0	0	0
20	2º piso	Gabinete 2	26,03	8	1	1	0	0	1	0	0
21	2º piso	Gabinete 3	18,00	4	2	1	0	0	0	0	0
22	2º piso	Gabinete 4 (RH)	12,80	6	4	1	0	0	0	0	0
23	2º piso	Gabinete 5	13,40	4	0	1	0	0	1	0	0
24	2º piso	Gabinete 6	16,70	4	1	1	1	0	0	0	0
25	2º piso	Instalação Sanitária	2,60	1	0	0	0	0	0	0	0
26	2º piso	Arrumos	22,30	4	1	0	0	0	0	0	0
27	2º piso	Alpendre	7,26	1	0	0	0	0	0	0	0
28	2º piso	Espaço de trabalho	8,20	8	5	1	0	0	0	0	0
<b>Total</b>				<b>121</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

Tabela 02 - Potência Total por Equipamento (W)

Item	Piso	Ambiente	área CAD (m <sup>2</sup> )	iluminação	Computadores	Ar condicionado	Impressoras	Servidores	Televisão	Microondas	Frigorífico
01	Rés de Chão	Receção	31,40	30	0	3000	0	0	0	0	0
02	Rés de Chão	Escritório (Esp. de arquivo)	32,32	480	4000	3000	0	0	0	0	0
03	Rés de Chão	Arrumo (Arquivos Riportico)	30,35	90	0	0	0	0	0	0	0
04	Rés de Chão	Arrumos	6,26	30	0	0	0	0	0	0	0
05	Rés de Chão	Sala de Reunião	30,00	270	0	3000	7	0	0	0	0
06	Rés de Chão	Instalação sanitária feminina + PCD	4,11	30	0	0	0	0	0	0	0
07	Rés de Chão	Instalação sanitária masculina	3,10	30	0	0	0	0	0	0	0
08	Rés de Chão	Corredor	7,50	30	0	0	0	0	0	0	0
09	1º piso	Alpendre	2,80	60	0	0	0	0	0	0	0
10	1º piso	Espaço de trabalho 1	27,30	300	2500	3000	0	0	0	0	0
11	1º piso	Circulação 1	4,50	30	0	0	0	0	0	0	0
12	1º piso	Circulação 2	15,70	30	0	0	0	0	0	0	0
13	1º piso	Arrumos	6,26	30	0	0	0	200	0	0	0
14	1º piso	Espaço de trabalho 2	49,00	540	5000	3000	7	200	100	0	0
15	1º piso	Espaço de trabalho 3	32,70	300	4000	3000	7	0	0	0	0
16	1º piso	Copa	34,90	60	0	3000	0	0	100	3000	180
17	1º piso	Instalação Sanitária	2,60	30	0	0	0	0	0	0	0
18	2º piso	Circulação	14,43	30	0	0	7	0	0	0	0
19	2º piso	Gabinete 1	9,47	30	500	3000	0	0	0	0	0
20	2º piso	Gabinete 2	26,03	240	500	3000	0	0	100	0	0
21	2º piso	Gabinete 3	18,00	120	1000	3000	0	0	0	0	0
22	2º piso	Gabinete 4 (RH)	12,80	180	2000	3000	0	0	0	0	0
23	2º piso	Gabinete 5	13,40	120	0	3000	0	0	100	0	0
24	2º piso	Gabinete 6	16,70	120	500	3000	7	0	0	0	0
25	2º piso	Instalação Sanitária	2,60	30	0	0	0	0	0	0	0
26	2º piso	Arrumos	22,30	120	500	0	0	0	0	0	0
27	2º piso	Alpendre	7,26	30	0	0	0	0	0	0	0
28	2º piso	Espaço de trabalho	8,20	240	2500	3000	0	0	0	0	0
<b>Total</b>			<b>472 m<sup>2</sup></b>	<b>3630 W</b>	<b>23000 W</b>	<b>42000 W</b>	<b>35 W</b>	<b>400 W</b>	<b>400 W</b>	<b>3000 W</b>	<b>180 W</b>

## ANEXOS

## **ANEXO A - PLANTAS DO EDIFÍCIO BASE PARA O TRABALHO**

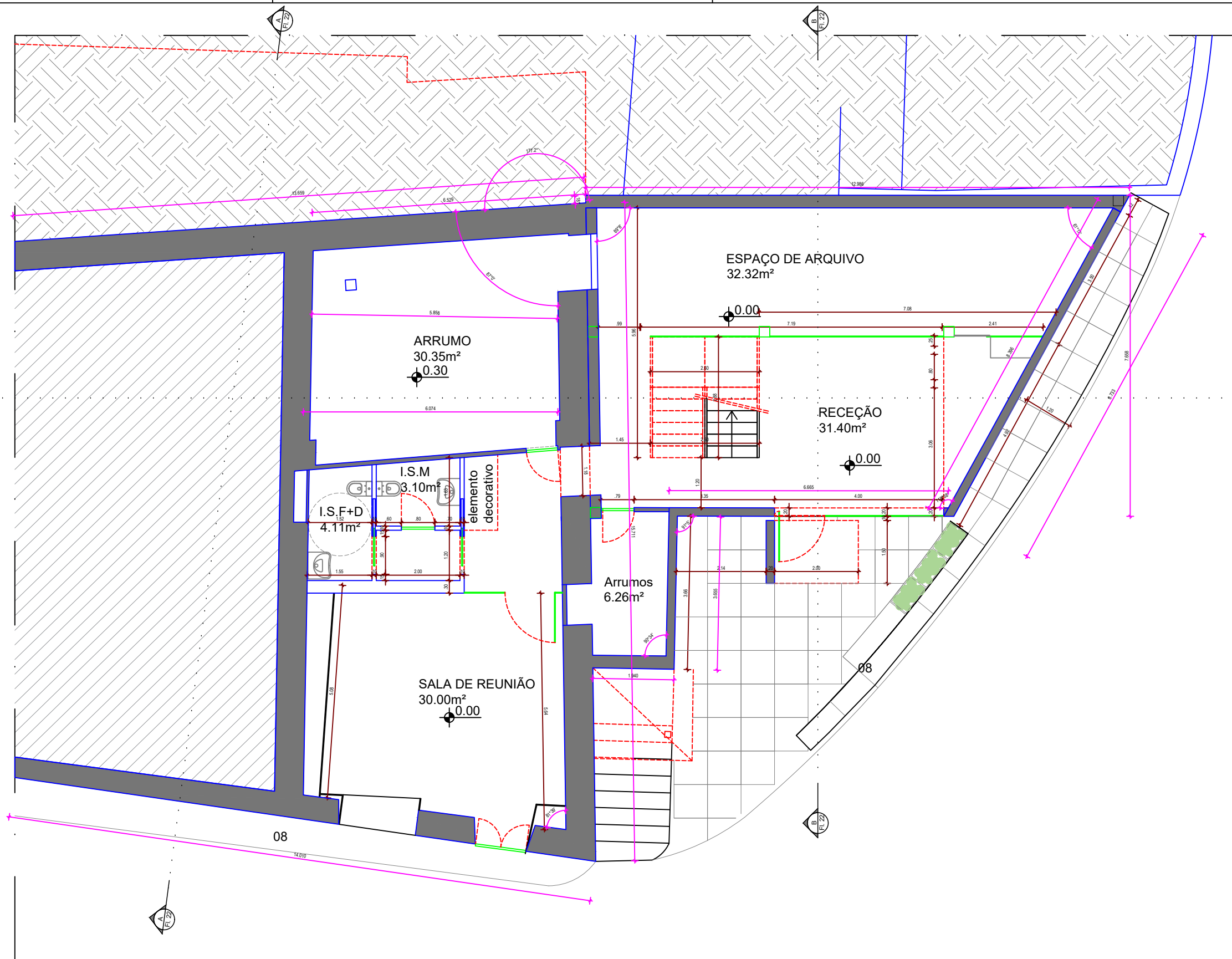


PLANTA DE IMPLANTAÇÃO  
ESC.:1/200

QUADRO SÍNTESE

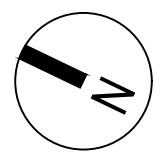
01	ÁREA DO TERRENO	312.00m <sup>2</sup>	06	CÉRCEA	06.86m
02	ÁREA TOTAL DE CONSTRUÇÃO	750.74m <sup>2</sup>	07	VOLUMETRIA DO EDIFICADO	2 565.98m <sup>3</sup>
03	ÁREA DE IMPLANTAÇÃO EDIFÍCIO	296.00m <sup>2</sup>	08	NÚMERO DE PISOS ACIMA DA COTA DE SOLEIRA	2
04	ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO	750.74m <sup>2</sup>	09	NÚMERO DE PISOS ABAIXO DA COTA DE SOLEIRA	0
05	ALTURA DE EDIFICAÇÃO	09.35m	10	ÁREA IMPERMEABILIZADA	310.50m <sup>2</sup>

00	09/2021		
REVISÃO	DATA		
Requerente:	RIPORTICO ENGENHARIA		Escala:
Local:	RUA VIRIATO, 168 CABANAS DE VIRIATO		INDICADA
Designação:	DESENHO		FOLHA REV.
			0.1 00



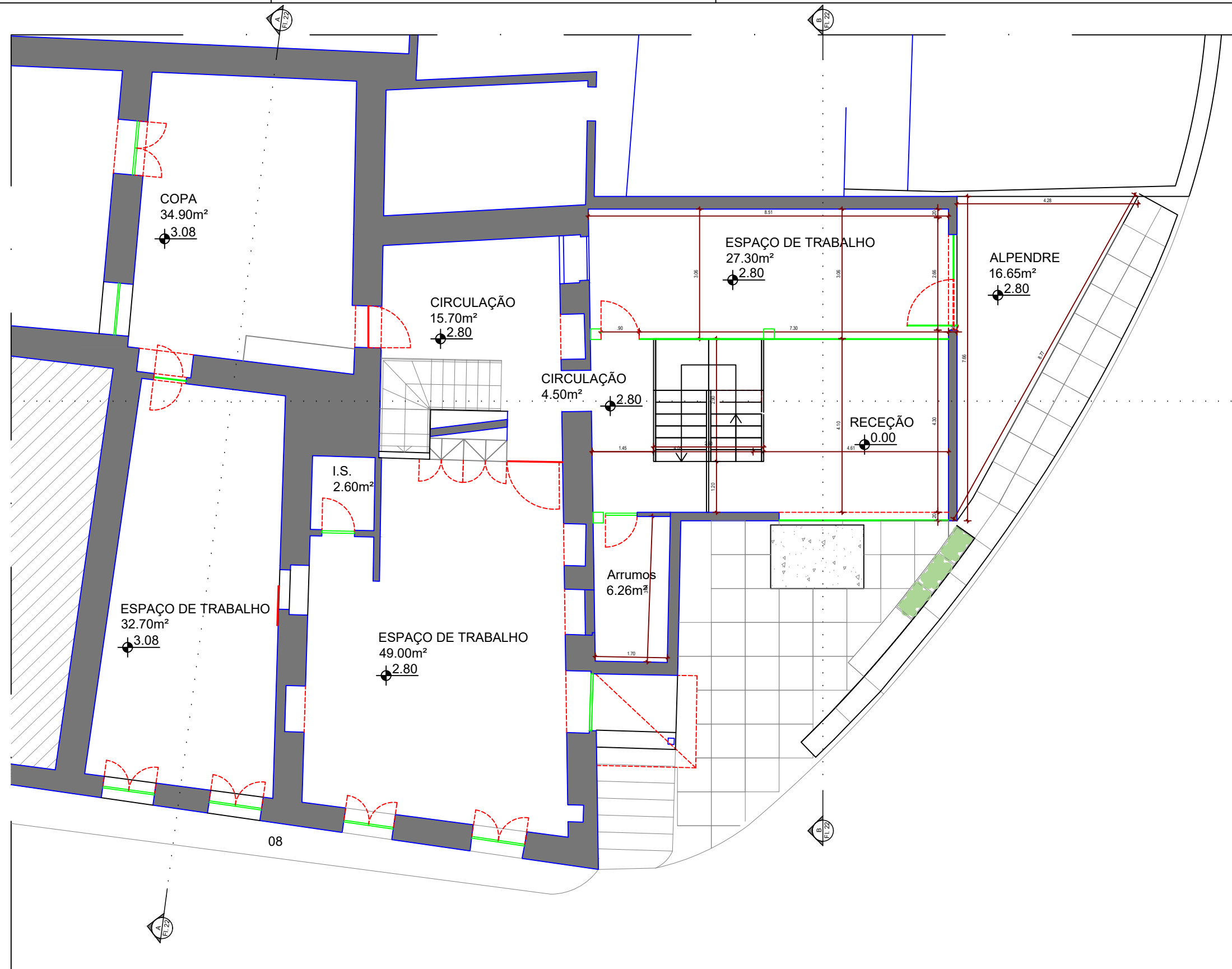
C  
Fl. 23

C  
Fl. 23



PLANTA PISO 01  
ESC.:1/50

00	09/2021		
REVISÃO	DATA		
Requerente:	RIPORTICO ENGENHARIA		Escala:
Local:	RUA VIRIATO, 168 CABANAS DE VIRIATO		INDICADA
Designação:	DESENHO		FOLHA REV.
		0.2	00

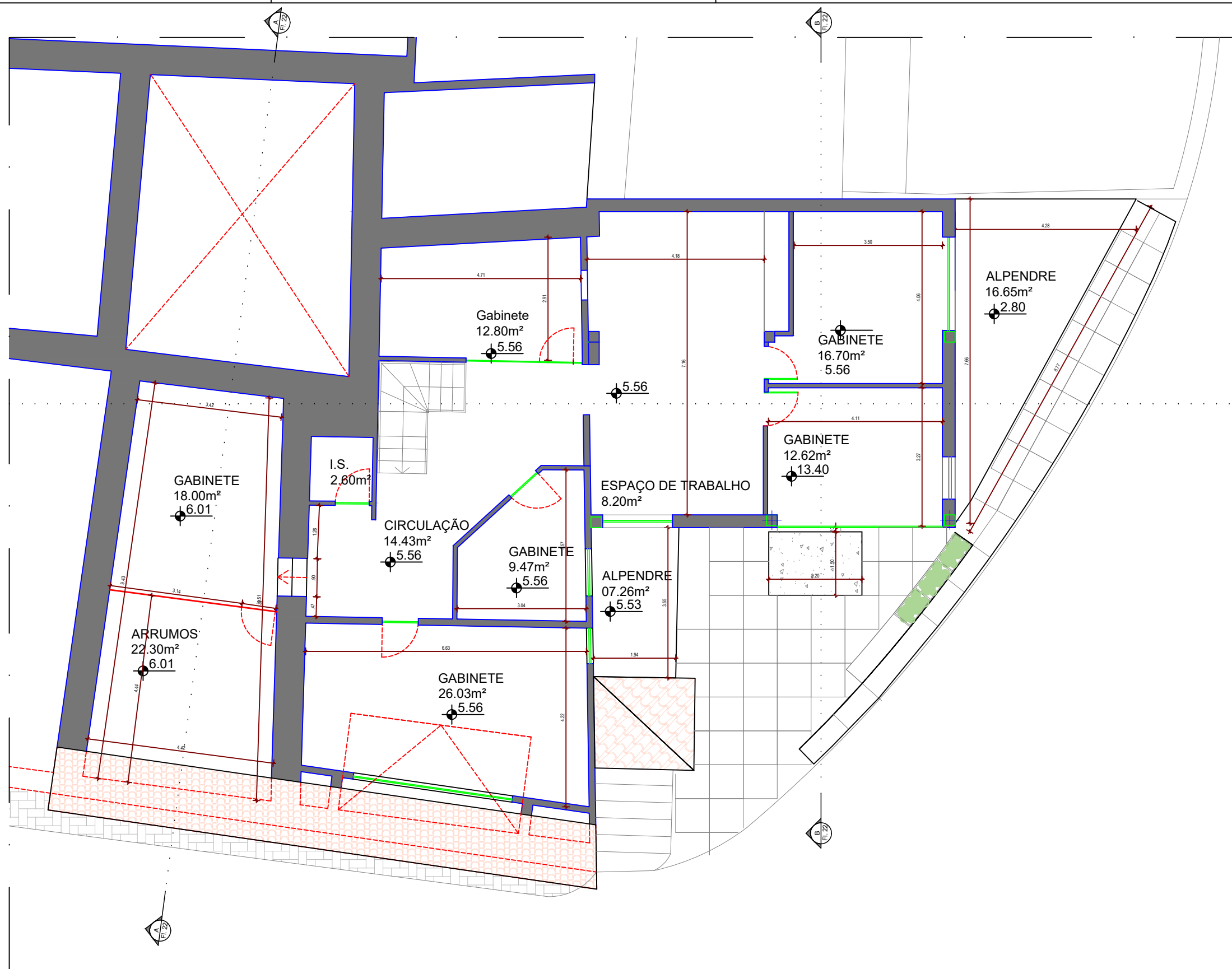


PLANTA PISO 02  
ESC.:1/50

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
00	09/2021	DESCRIÇÃO
		DESCRIÇÃO

Requerente:	RIPORTICO ENGENHARIA	Escala:	INDICADA
Local:	RUA VIRIATO, 168 CABANAS DE VIRIATO	FOLHA	REV.
Designação:	DESENHO	0.3	00

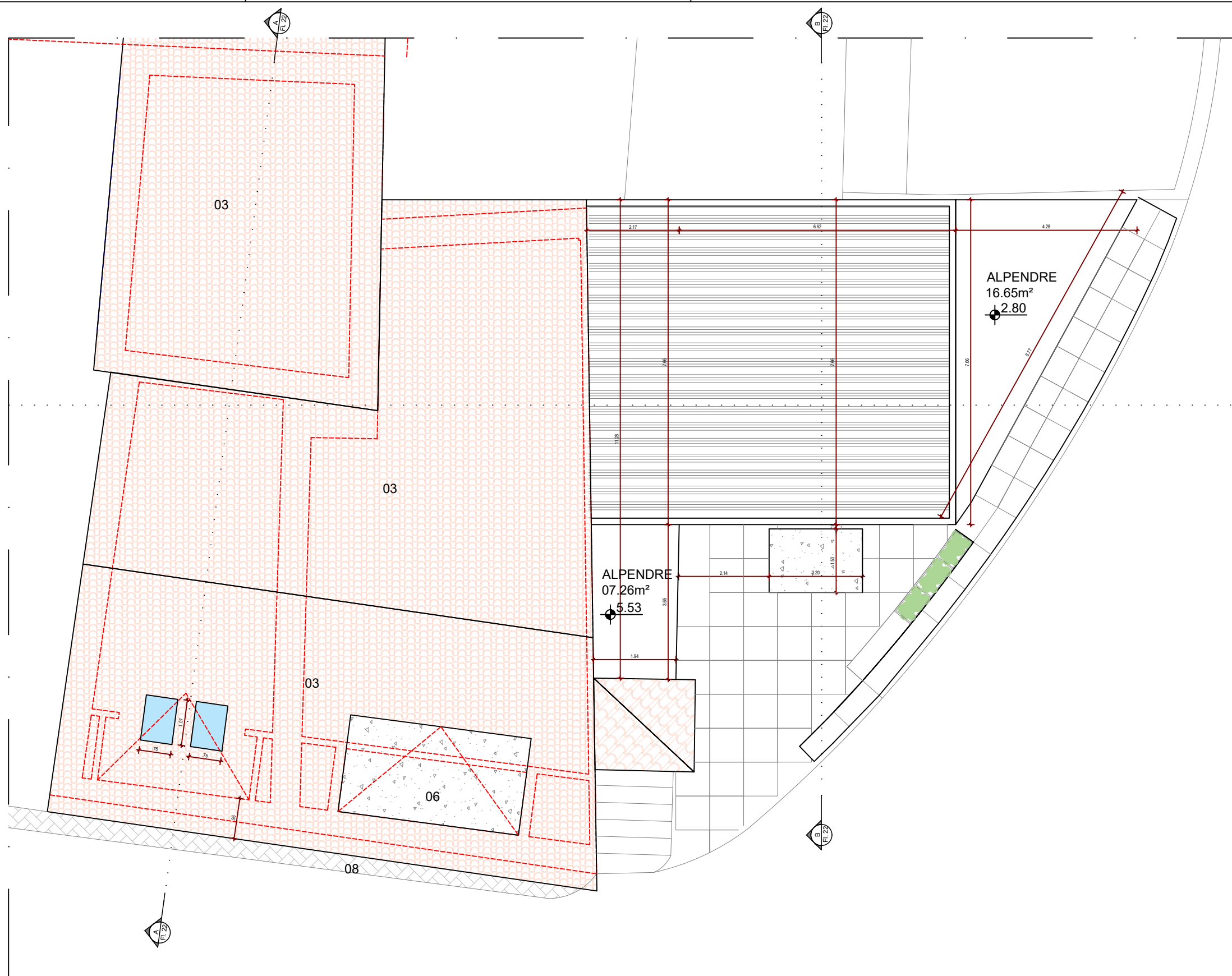


PLANTA PISO 03  
ESC.:1/50

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
00	09/2021	DESCRIÇÃO
		DESCRIÇÃO

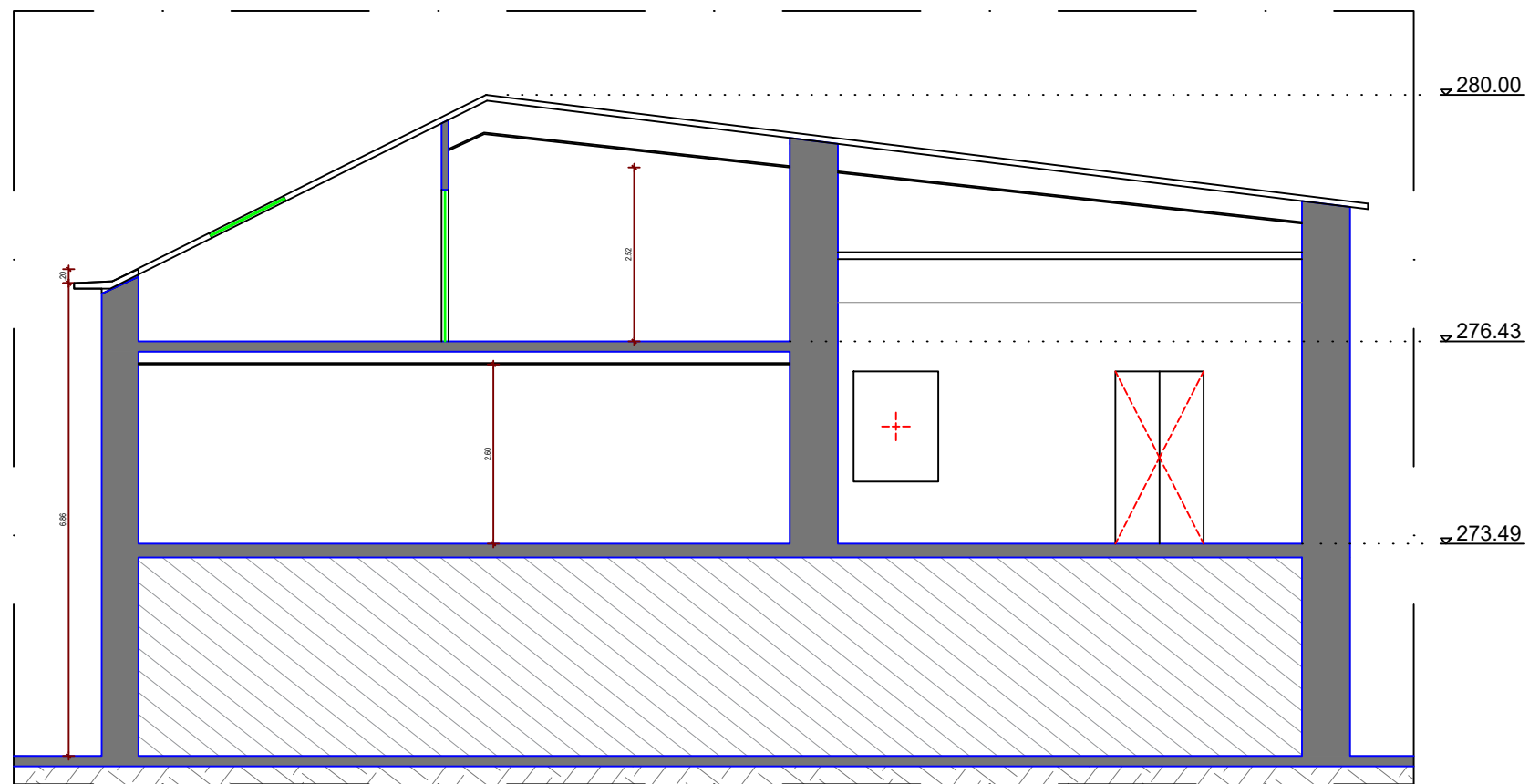
Requerente:	RIPOORTICO ENGENHARIA	Escala:	INDICADA
Local:	RUA VIRIATO, 168 CABANAS DE VIRIATO	FOLHA	REV.
Designação:	DESENHO	0.4	00



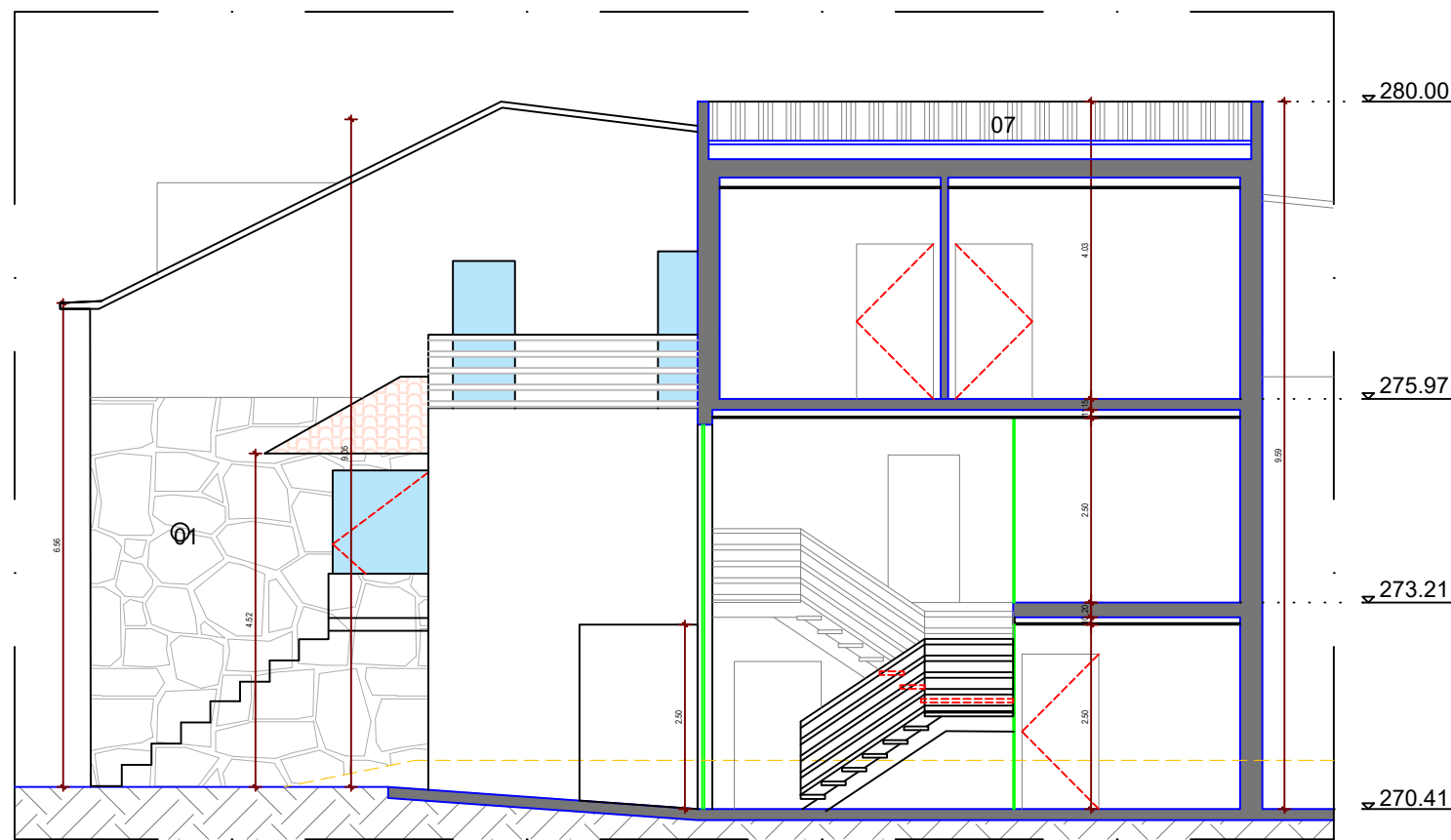
PLANTA DE COBERTA  
ESC.:1/50

00	09/2021	DESCRIÇÃO
REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
<b>RIPORTICO</b> ENGENHARIA		
Requerente:	RIPORTICO ENGENHARIA	Escala:
Local:	RUA VIRIATO, 168 CABANAS DE VIRIATO	INDICADA
Designação:	DESENHO	FOLHA REV.
		0.5 00





CORTE AA  
ESC.:1/50



CORTE BB  
ESC.:1/50

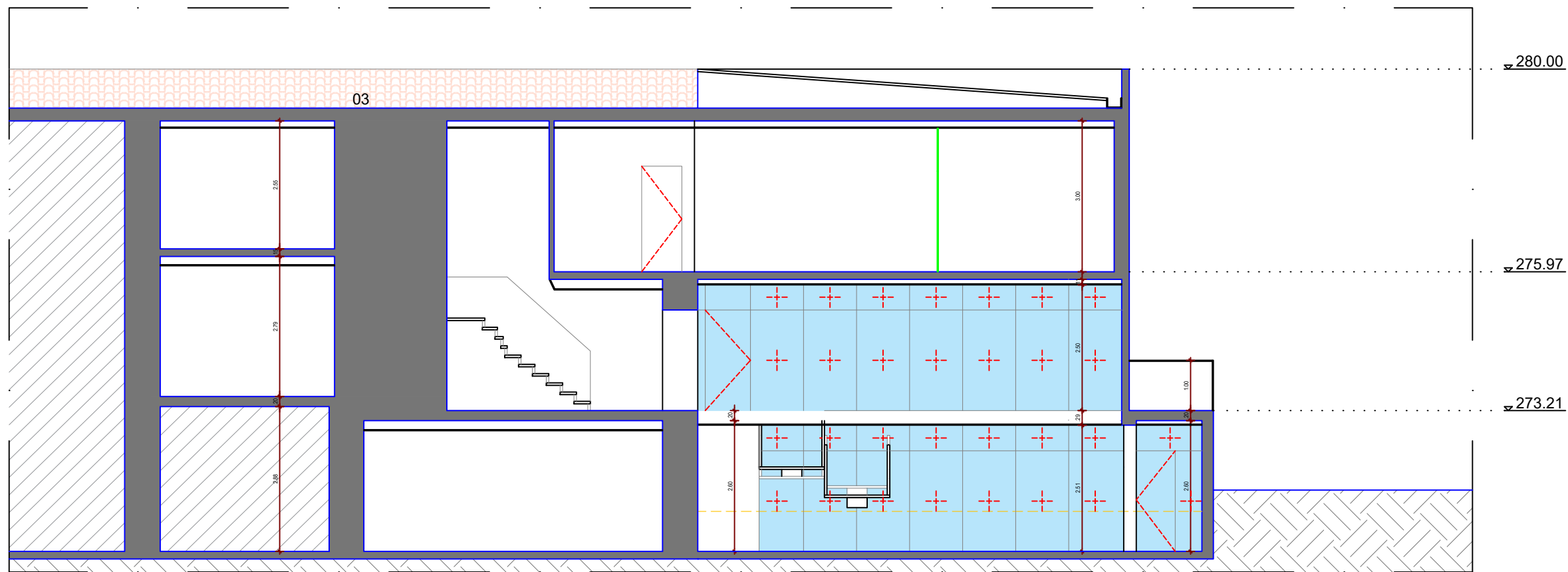
LEGENDA MATERIAS

	01	PAREDE EM PEDRA NATURAL DE GRANITO NA COR AMARELA
	02	PAREDE REVESTIDA E PROTIDA NA COR CINZA
	03	TELHA CERAMICA NA COR NATURAL
	04	SOLO NATURAL
	05	PAREDE REVESTIDA COM VEGETAÇÃO
	06	LAJE EM BETÃO
	07	TELHA SANDWICH
	08	PAVIMENTO EM LAJES DE GRANITO
	09	CANALHARIA DE VIDRO E ALUMINIO NA COR BRANCO RAL 9010

00	09/2021	DESCRIÇÃO
REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO



Requerente:	RIPOORTICO ENGENHARIA	Escala:	INDICADA
Local:	RUA VIRIATO, 168 CABANAS DE VIRIATO	FOLHA	REV.
Designação:	DESENHO	0.7	00



CORTE CC  
ESC.:1/50

LEGENDA MATERIAS

	01 PAREDE EM PEDRA NATURAL DE GRANITO NA COR AMARELA
	02 PAREDE REBOCADA E PINTADA NA COR CINZA
	03 TELHA CERAMICA NA COR NATURAL
	04 SOLO NATURAL
	05 PAREDE REVESTIDA COM VEGETAÇÃO
	06 LAJE EM BETÃO
	07 TELHA SANDWICH
	08 FRIMENTO EM LAJES DE GRANITO
	09 CADALHARA DE VIDRO E ALUMINIO NA COR BRANCO RAL 9010

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
00	09/2021	



Requerente:	RIPOORTICO ENGENHARIA	Escala:	INDICADA
Local:	RUA VIRIATO, 168 CABANAS DE VIRIATO	FOLHA	REV.
Designação:	DESENHO	0.8	00