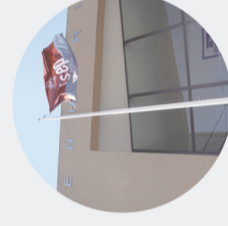




Materiais sustentáveis na construção

BEATRIZ DOS ANJOS OLIVEIRA FERNANDES

setembro de 2021



Materiais Sustentáveis na construção



MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO

BEATRIZ DOS ANJOS OLIVEIRA FERNANDES

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Professora Eunice Vilaverde Fontão

Supervisor: Eng^o Miguel Moreira (LF Infinitech)

SETEMBRO DE 2021

Eu, Beatriz dos Anjos Oliveira Fernandes, estudante 1160769, do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado “Materiais sustentáveis na construção” é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 31/07/2021

Beatriz dos Anjos Oliveira Fernandes

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|------|
| Índice Geral..... | iii |
| Resumo..... | v |
| Abstract..... | vii |
| Agradecimentos..... | ix |
| Índice de Texto..... | xi |
| Índice de Figuras..... | xiii |
| Índice de Tabelas..... | xv |
| Abreviaturas..... | xvii |
| CAPÍTULO 1 Introdução..... | 1 |
| CAPÍTULO 2 Empresa de acolhimento..... | 5 |
| CAPÍTULO 3 Estado da arte..... | 11 |
| CAPÍTULO 4 Estudo de alternativas para a utilização de materiais sustentáveis no edifício..... | 27 |
| CAPÍTULO 5 Considerações Finais..... | 55 |
| Referências Bibliográficas..... | 57 |
| Anexo 1 – Rede de abastecimento de água, rede de águas residuais, rede de águas pluviais..... | 61 |

RESUMO

A indústria da construção é um dos setores que mais matérias-primas consome, provocando grandes impactes ambientais. A adoção de materiais que promovem a sustentabilidade, e com baixa energia incorporada, contribuem para a diminuição dos impactes ambientais.

No âmbito do tema em questão, foi desenvolvido na empresa LF Infnitech, um caso de estudo de um edifício onde se substituiu os materiais de construção utilizados por materiais mais sustentáveis, analisando as vantagens e desvantagens tanto ambientais, como sociais e económicas dos mesmos. Na sua análise, tentou-se obter uma melhor compreensão das mais valias que os materiais sustentáveis podem revelar em relação a outros materiais do setor da construção e o seu impacte no meio ambiente.

Esta análise vai mostrar que é possível encontrar e adotar materiais que melhorem a sustentabilidade dos edifícios, permitindo a redução do consumo de matérias – primas no setor da construção.

Palavras-chave: sustentabilidade, impactes ambientais, LF Infnitech, materiais sustentáveis

ABSTRACT

The construction industry is one of the sectors that consumes the most raw materials, causing major environmental impacts. The adoption of materials that promote sustainability, and with low embodied energy, contributes to the reduction of environmental impacts.

In the scope of the subject in question, a case study was developed in the company LF Infinittech, of a building where the construction materials used were replaced by more sustainable materials, analysing their environmental, social and economic advantages and disadvantages. In its analysis, we tried to obtain a better understanding of the added value that sustainable materials can reveal compared to other materials in the construction sector and their impact on the environment.

This analysis will show that it is possible to find and adopt materials that improve the sustainability of buildings, allowing the reduction of the consumption of raw materials in the construction sector.

Keywords: sustainability, environmental impacts, LF Infinittech, sustainable materials

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Eunice Fontão, minha orientadora, pela compreensão, apoio e por todos os conhecimentos transmitidos.

À empresa LF INFINITECH por me terem dado a oportunidade de ingressar na empresa para realizar o estágio curricular e por toda a simpatia demonstrada, ao meu supervisor Engenheiro Miguel Moreira, por toda a transmissão de conhecimento, pela disponibilidade a ajudar, simpatia e por toda a paciência que teve comigo.

Ao Arq.Rodrigo Bastos, que mesmo não assumindo um papel de orientação, teve um papel fundamental na realização do meu relatório, pelo seu apoio, sugestões e reflexões.

À minha família por todo o apoio incondicional ao longo destes anos de curso, por me terem dado sempre força e ânimo e por todos os valores transmitidos.

E aos meus amigos, por estarem sempre presentes seja nos maus ou nos bons momentos e acima de tudo por toda amizade, confiança e honestidade.

ÍNDICE DE TEXTO

| | | |
|------------|---|----|
| CAPÍTULO 1 | Introdução..... | 1 |
| 1.1 | Considerações Iniciais | 1 |
| 1.2 | Estrutura do relatório | 2 |
| 1.3 | Objetivos do estágio | 2 |
| CAPÍTULO 2 | Empresa de acolhimento | 5 |
| 2.1 | Empresa..... | 5 |
| 2.2 | Tarefas realizadas | 5 |
| 2.2.1 | Projetos de abastecimento de água, redes de saneamento e redes de águas pluviais..... | 5 |
| 2.3 | Projetos realizados..... | 9 |
| CAPÍTULO 3 | Estado da arte | 11 |
| 3.1 | Materiais sustentáveis | 11 |
| 3.1.1 | Toxicidade | 12 |
| 3.1.2 | Materiais com baixa energia incorporada..... | 13 |
| 3.1.3 | Materiais reaproveitados de resíduos de outras indústrias ou obras | 14 |
| 3.1.4 | Materiais provenientes de fontes renováveis | 16 |
| 3.1.5 | Materiais associados a baixas emissões de gases de efeito de estufa | 16 |
| 3.1.6 | Materiais duráveis | 16 |
| 3.1.7 | Materiais recicláveis..... | 17 |
| 3.1.8 | Materiais escolhidos em função do ciclo de vida | 17 |
| 3.2 | Materiais sustentáveis utilizados na construção..... | 22 |
| 3.2.1 | Bambu | 22 |
| 3.2.2 | Cortiça | 23 |

ÍNDICE DE TEXTO

| | | |
|------------|---|----|
| 3.2.3 | Cânhamo | 24 |
| 3.2.4 | Madeira | 25 |
| CAPÍTULO 4 | Estudo de alternativas para a utilização de materiais sustentáveis no edifício..... | 27 |
| 4.1 | Descrição do edifício | 27 |
| 4.2 | Estudo de soluções alternativas aos materiais empregues | 30 |
| 4.2.1 | Paredes Exteriores | 30 |
| 4.2.2 | Paredes Divisórias..... | 33 |
| 4.2.3 | Pavimento térreo e interior..... | 37 |
| 4.2.4 | Cobertura interior | 42 |
| 4.2.5 | Pontes térmicas planas | 47 |
| CAPÍTULO 5 | Considerações Finais | 55 |
| 5.1 | Conclusões..... | 55 |
| 5.2 | Desenvolvimentos Futuros..... | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2-1 Logotipo da Empresa | 5 |
| Figura 2-2 Planta Abastecimento de água | 6 |
| Figura 2-3 Planta de corte | 6 |
| Figura 2-4 Planta - Águas Residuais | 8 |
| Figura 2-6 Planta Cobertura -Águas Pluviais | 8 |
| Figura 2-7 Alçado principal – tardo do edifício | 9 |
| Figura 3-1 Variantes do Ciclo de Vida do Material | 21 |
| Figura 3-2 Pavimento em bambu | 23 |
| Figura 3-3 Placa de cortiça | 24 |
| Figura 3-4 Bloco pré-fabricado cânhamo | 25 |
| Figura 4-1 Localização do caso de estudo | 27 |
| Figura 4-2 Edifício em estudo | 28 |
| Figura 4-3 Planta de implantação | 29 |
| Figura 4-4 Parede exterior..... | 30 |
| Figura 4-5 Pormenor parede exterior | 30 |
| Figura 4-6 Solução alternativa | 31 |
| Figura 4-7 Parede divisória..... | 34 |
| Figura 4-8 Pormenor Parede Divisória | 34 |
| Figura 4-9 Solução proposta..... | 34 |
| Figura 4-10 Mosaico hidráulico | 35 |
| Figura 4-11 Pormenor pavimento térreo..... | 37 |
| Figura 4-12 Pavimento térreo | 37 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 4-13 Pormenor pavimento interior | 38 |
| Figura 4-14 Solução proposta..... | 38 |
| Figura 4-15 Pormenor cobertura interior | 43 |
| Figura 4-16 Cobertura interior | 43 |
| Figura 4-17 Solução proposta..... | 43 |
| Figura 4-18 Pormenor ponte térmica pilares com vigas..... | 47 |
| Figura 4-19 Pilar..... | 47 |
| Figura 4-20 Solução proposta..... | 48 |
| Figura 4-21 Pormenor ponte térmica caixa de estores | 51 |
| Figura 4-22 Solução proposta..... | 51 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2-1 Equipamentos abastecidos pela rede de abastecimento | 7 |
| Tabela 2-2 Projetos realizados em ambiente empresarial..... | 9 |
| Tabela 3-1 Ciclo de Vida dos materiais sustentáveis | 20 |
| Tabela 4-1 Características das frações do edifício..... | 29 |
| Tabela 4-2- Vantagens e desvantagens parede exterior..... | 32 |
| Tabela 4-3 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da parede interior | 33 |
| Tabela 4-4 Vantagens e desvantagens parede divisória | 36 |
| Tabela 4-5 Vantagens e desvantagens pavimento interior..... | 39 |
| Tabela 4-6 Vantagens e desvantagens pavimento térreo..... | 40 |
| Tabela 4-7 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica do pavimento | 41 |
| Tabela 4-8 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica do pavimento térreo | 42 |
| Tabela 4-9 Vantagens e desvantagens cobertura interior | 45 |
| Tabela 4-10 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior..... | 46 |
| Tabela 4-11 Vantagens e desvantagens pontes térmicas planas – pilar..... | 49 |
| Tabela 4-12 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica..... | 50 |
| Tabela 4-13 Vantagens e desvantagens caixa de estores | 53 |
| Tabela 4-14 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da caixa de estore | 54 |

ABREVIATURAS

CO₂- Dióxido de carbono

ACV - Avaliação do Ciclo de Vida

PVC – Policloreto de vinila

EPS- Poliestireno expandido

XPS- Poliestireno extrudido

COV – Compostos orgânicos voláteis

GEE- Gases de efeito de estufa

PPR – Polipropileno random

PEAD – Polietileno de alta densidade

U- Coeficiente de transmissão térmica [$W/m^2\text{°C}$]

μ - Resistência à difusão do vapor de água

λ – Condutibilidade térmica [$W/m \text{°C}$]

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O tema da sustentabilidade tem vindo a tornar-se num assunto bastante importante porque as intervenções humanas, o aumento da população e o desenvolvimento tecnológico têm vindo a provocar grande impacto no meio ambiente [1].

Ligado a este aumento da população surge o setor da construção, uma vez que, a construção de edifícios e todas as suas atividades, geram consumos energéticos elevados provocando, assim, um grande impacto ambiental. Juntamente com este crescimento, tem surgido uma grande preocupação em regularizar o meio ambiente em todos os setores, em especial o da construção, visto que, aumentou significativamente a sua área construtiva levando ao aparecimento de consequências no desempenho energético e na sua relação com o espaço envolvente [1].

A construção sustentável surge para atender às preocupações, por parte do setor da construção, pois esta engloba as diferentes fases do ciclo de vida dos edifícios, desde a fase de projeto até à fase de demolição, tendo como base fatores que promovem a sustentabilidade. No entanto, um erro comum é considerar que a sustentabilidade se aplica apenas a questões ambientais, sem ter em conta a sua relação com os fatores sociais, económicos e ambientais. Sabe-se que a escolha dos materiais tem consequências diretas na sustentabilidade do edifício, visto que a utilização de alguns materiais pode gerar grandes mudanças no ciclo de vida do edifício. E é neste sentido, que a escolha deles apresenta uma importância ainda mais relevante [2].

O presente relatório foi desenvolvido ao longo do estágio curricular, com orientação de um docente do ISEP e um supervisor por parte da empresa de acolhimento, onde se abordou as escolhas dos materiais e os impactos que estes podem gerar a nível ambiental.

1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente relatório é composto por cinco capítulos. Em que, o segundo capítulo, consta apresentação da empresa onde foi realizado o estágio, assim como, as tarefas realizadas. O terceiro capítulo contém o estado da arte onde irá ser feito um levantamento do conhecimento referente às áreas envolvidas ao tema de estudo, sendo estas, os materiais sustentáveis, os critérios de seleção. No quarto capítulo, será apresentado todo o trabalho realizado em ambiente empresarial, que inclui a apresentação da obra, a atividade desenvolvida na mesma e por fim a ligação do tema com a obra. E o quinto capítulo, apresenta as considerações finais e os desenvolvimentos futuros.

1.3 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

No âmbito do estágio aborda-se a construção sustentável de edifícios, abrangendo os diferentes fatores que promovem a sustentabilidade de uma habitação. Pretende-se analisar a sustentabilidade de edifícios habitacionais, que será no final aplicada a um caso de estudo, a fim de verificar quais as vantagens e desvantagens de cada solução construtiva. O objetivo principal prende-se na escolha de materiais que permitam a redução da extração de recursos naturais, que sejam mais sustentáveis, que reduzam os impactos ambientais associados ao setor da construção.

Como tal, os dois principais objetivos são:

- Abordar a temática dos materiais sustentáveis, desde as características que estes necessitam de ter à análise de ciclo de vida dos mesmos
- Desenvolvimento do caso de estudo em ambiente empresarial, analisando as vantagens ambientais, sociais e económicas da utilização de materiais sustentáveis.

CAPÍTULO 2

EMPRESA DE ACOLHIMENTO

2.1 EMPRESA

A empresa LF Infinittech Engenharia, Unipessoal, Lda., com sede em Ermesinde na Rua Juncal 307, é uma empresa de serviços na área de engenharia. Em particular projetos de engenharia, certificação energética, auditoria energética e auditoria qualidade do ar interior.

Dentro dos projetos de engenharia, a empresa realiza projetos de abastecimento de água, projetos de águas pluviais e projetos de águas prediais.



Figura 2-1 Logotipo da Empresa

2.2 TAREFAS REALIZADAS

Ao longo do estágio foram executados traçados de redes de abastecimento de água, redes de águas prediais e redes de águas pluviais de vários projetos, sendo que apenas será apresentado um deles.

2.2.1 Projetos de abastecimento de água, redes de saneamento e redes de águas pluviais

Durante o estágio foi possível colaborar na elaboração de projetos de abastecimento de água, águas prediais e águas pluviais para a alteração e ampliação de um edifício de habitação unifamiliar localizado em Lisboa. Este é um edifício com uma área total de implantação de 535 m² e uma área bruta de construção de 1 050 m² com uma cêrcea máxima de 9.95 m. O edifício é constituído por um piso acima da cota da soleira com aproveitamento de sótão e um piso abaixo da cota da soleira.

CAPÍTULO 2

O traçado do abastecimento de água é composto por duas redes, a rede de água fria e a rede de água quente. A rede de água fria tem início no contador, localizado no lado direito da porta principal, e vai abastecer todos os equipamentos, desde os que se situam no piso 2 aos existentes no rés do chão, o termoacumulador situado na lavandaria da habitação. A rede de água quente inicia-se no termoacumulador e vai abastecer todos os dispositivos, sendo que para executar o abastecimento esta seguirá paralela à rede de água fria.

No Anexo 1 encontram-se as restantes plantas da rede de abastecimento de água.

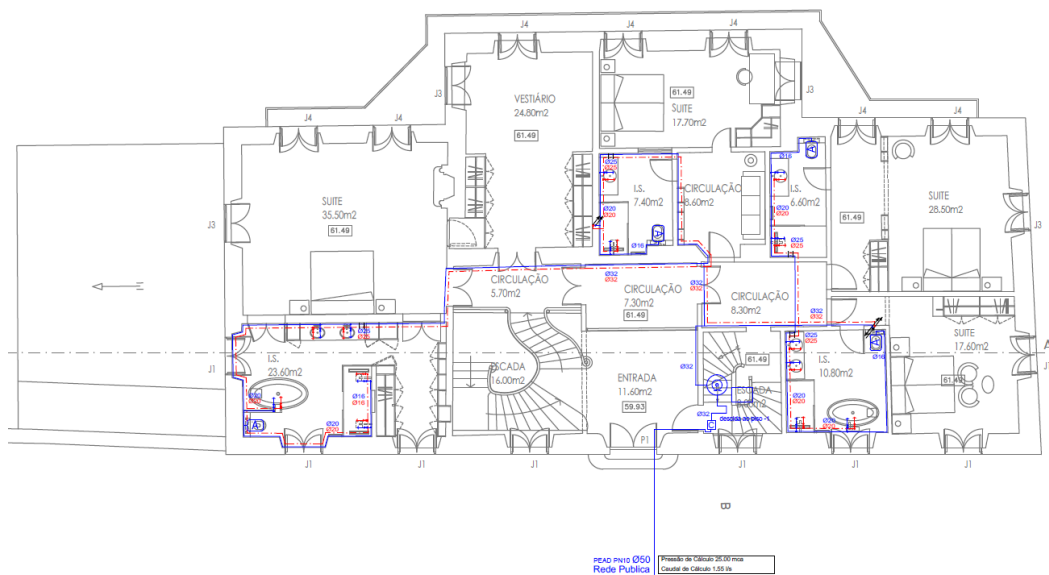


Figura 2-2 Planta de abastecimento de água do piso 1

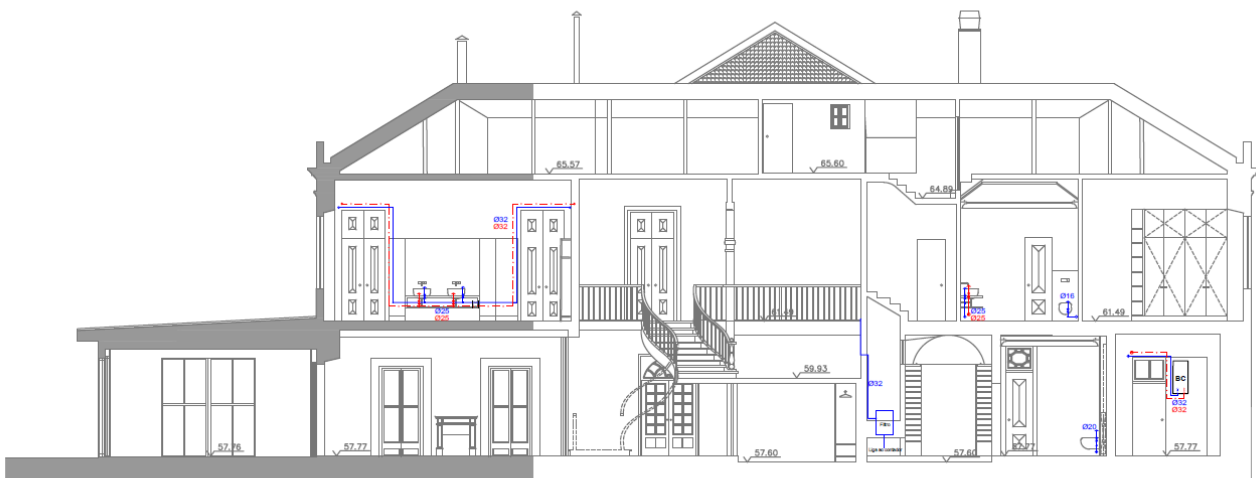


Figura 2-3 Corte de abastecimento de água

Na Tabela 2-1, apresentam-se todos os equipamentos servidos pela rede de abastecimento de água, agrupados por divisão e por piso.

Tabela 2-1 Equipamentos abastecidos pela rede de abastecimento

| | | | |
|-----------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| Piso R/C | Cozinha | Lava-Loiça (LI) | |
| | | Máquina de Lavar Loiça (MLL) | |
| | Lavandaria | Máquina de Lavar Roupa (MLR) | |
| | | Tanque (Tq) | |
| | Lavandaria | Máquina de Lavar Roupa (MLR) | |
| | | Tanque (Tq) | |
| | Instalação Sanitária | Lavatório (Lv) | |
| | | Bacia de Retrete (Br) | |
| Jardim | 6 Mangueiras (Mng) | | |
| Piso 1 | Instalação Sanitária | Bacia de retrete (Br) | |
| | | Chuveiro (Ch) | |
| | | Lavatório (Lv) | |
| | Instalação Sanitária | Bacia de retrete (Br) | |
| | | Chuveiro (Ch) | |
| | | Lavatório (Lv) | |
| | Instalação Sanitária | Bacia de retrete (Br) | |
| | | Banheira (Ba) | |
| | | 2 Lavatórios (Lv) | |
| | | 2 Chuveiros (Ch) | |
| | Instalação Sanitária | Bacia de retrete (Br) | |
| | | 2 Lavatórios (Lv) | |
| | | Banheira (Ba) | |
| | | Chuveiro (Ch) | |
| | Piso 2 | Instalação Sanitária | Bacia de retrete (Br) |
| | | | Chuveiro (Ch) |
| Lavatório (Lv) | | | |

O traçado de redes de águas residuais inicia-se nos equipamentos sanitários que convergem para as caixas de pavimento que irão se ligar aos tubos de queda, à exceção das bacias de retrete que se ligam diretamente aos tubos. Posteriormente, os tubos ligam-se às câmaras de visita existentes na parte exterior do edifício.

No Anexo 1 encontram-se as restantes plantas da rede de águas residuais.

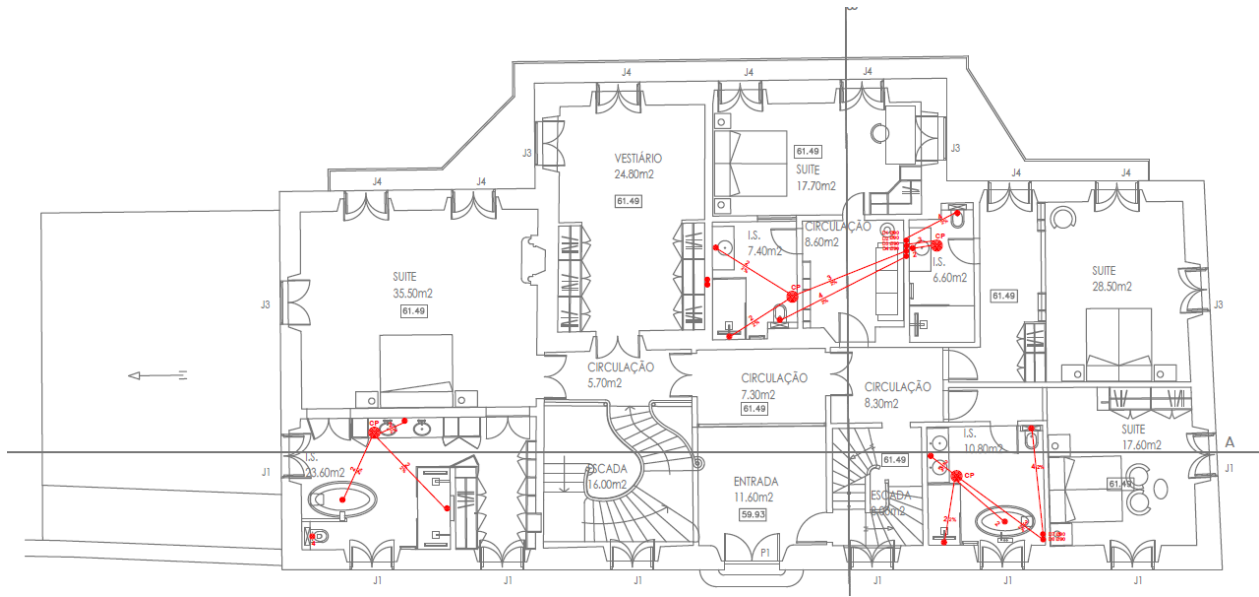


Figura 2-4 Planta de águas residuais do piso 1

A rede de drenagem de águas pluviais, destina-se à evacuação das escorrências pluviais nas coberturas e nas varandas. Para tal, decidiu-se colocar caleiras com o intuito de recolher as águas da cobertura conduzindo-a para os tubos de queda.

No Anexo 1 encontram-se as restantes plantas da rede de abastecimento de água.

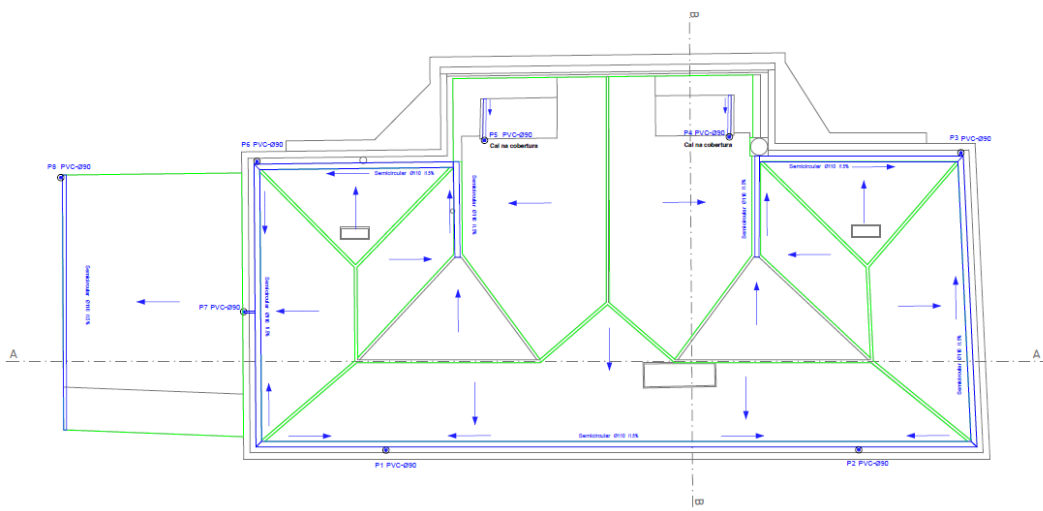


Figura 2-5 Planta da cobertura com a rede de drenagem de águas pluviais

Os tubos existentes no tardo do edifício irão descarregar nas câmaras de visita localizadas no exterior da habitação, enquanto, os tubos de queda existentes na frente do edifício irão descarregar no arruamento.



Figura 2-6 Alçado tardo do edifício

Para além da colaboração do traçado das redes, também houve colaboração na realização das memórias descritivas e das estimativas orçamentais parciais à obra de redes de água.

2.3 PROJETOS REALIZADOS

Para além do projeto apresentado anteriormente, foi realizado o traçado de um conjunto de outros projetos que se resumem na Tabela 2-2.

Tabela 2-2 Projetos realizados em ambiente empresarial

| Projetos de redes de água pluviais, residuais e abastecimento de água | Localização |
|---|--|
| Construção de um edifício de habitação multifamiliar | Avenida João XXIII, Paços de Ferreira |
| Construção de um edifício de habitação unifamiliar | Encosta S. Domingos, Paços de Ferreira |

CAPÍTULO 2

| | |
|--|---|
| Alteração e remodelação de um edifício de eventos | Rua de Sabariz, Vila do conde |
| Construção de uma moradia unifamiliar | Reta da Fresca, Arruda dos Vinhos |
| Alteração e remodelação de uma moradia unifamiliar | Rua da Aliança, Porto |
| Reconstrução e ampliação de um edifício de habitação | Rua formosa, 66 e 68, Porto |
| Alteração e remodelação de um edifício de habitação | Rua Guilherme Gomes Fernandes, Vila Nova de Gaia |
| Alteração e remodelação de um edifício de habitação multifamiliar | Rua D.Francisco Manuel, 3 e 5, Lisboa |
| Alteração e remodelação de um edifício de habitação | Rua do Bairro, Alijó |
| Construção de um edifício de habitação multifamiliar | Rua Marciano de Azuaga, 64 e 72, e Rua Ernesto Silva, 65 |
| Reconstrução, alteração e ampliação de um edifício de habitação multifamiliar e comércio | Rua Tenente Manuel Maria Bessa Monteiro, 16, 18 e 20, Vila Real |

CAPÍTULO 3

ESTADO DA ARTE

A indústria da construção representa um dos setores que mais consome matéria-prima e energia, levando assim, há excessiva produção de resíduos. Tem havido um aumento do consumo de recursos naturais que têm gerado grandes preocupações a nível ambiental e económico [3].

No sentido de alterar esta tendência, existem atualmente outros cuidados que promovem a sustentabilidade na indústria da construção sendo a reutilização dos materiais uma das vertentes exploradas, visto que, muitos dos materiais usados no isolamento térmico e acústico com o intuito de melhorar a eficiência energética são obtidos a partir de combustíveis fósseis, o que leva a que exista uma contaminação do ar interior assim como do ambiente. Por esse motivo, cada vez mais tenta-se obter soluções para resolver este problema, sendo uma delas a procura por outro tipo de materiais [3].

Tendo isto em consideração, a utilização de materiais reciclados, ao invés dos existentes, é uma das formas mais edificantes de contribuir para uma reciclagem efetiva dos materiais levando assim a uma maior sustentabilidade na construção.

A elevada produção de resíduos industriais é também uma das grandes preocupações na sociedade, uma vez que, a sua deposição é feita no aterro o que impossibilita o seu reaproveitamento [3].

3.1 MATERIAIS SUSTENTÁVEIS

Para se perceber a importância dos materiais de construção no contexto da construção sustentável, importa conhecer quais os impactes ambientais provocados pela extração das matérias-primas necessárias à sua produção. Assim sendo, o problema ambiental associado aos materiais de construção, relaciona-se, não só com o facto de esgotar as matérias-primas não renováveis, mas também com os impactes provocados pela sua extração [1].

Por esse motivo, a preocupação dispõe-se ao nível da destruição da biodiversidade dos locais de extração, da quantidade de resíduos que são gerados e os potenciais acidentes ambientais que esses resíduos representam [1].

No entanto, não importa apenas diminuir a extração de matérias-primas não renováveis, mas sim escolher materiais que promovem a sustentabilidade, ou seja, materiais que [4]:

- Não são tóxicos
- Tem baixa energia incorporada

- Permitem o reaproveitamento de resíduos de outras obras ou indústrias
- Provenham de fontes renováveis
- Associados a baixas emissões de GEE
- Duráveis
- Escolhidos em função do ciclo de vida

Estes materiais são sustentáveis tanto na forma como são fabricados, utilizados e recuperados após o seu uso.

3.1.1 Toxicidade

O consumo de recursos é de elevada importância para a construção sustentável, assim como, a toxicidade do material de construção. Enquanto, que em tempos anteriores os edifícios eram feitos de matérias-primas, atualmente, os edifícios contêm milhares de produtos químicos e metais pesados, poluindo o ar interior ou água da torneira, causando assim, problemas de saúde como [5]:

- Irritações da pele, olhos e vias respiratórias
- Distúrbios cardíacos, digestivos, renais
- Dores de cabeça e mal-estar
- Asma
- Desenvolvimento de deficiências à nascença
- Cancro

Além da toxicidade dos materiais existentes no interior do edifício, não se deve esquecer da potencial de toxicidade durante a produção de produtos químicos, visto que, durante esta produção são gerados resíduos perigosos cujo impacto deve-se à construção de materiais que contêm estes produtos químicos, sendo os mais comuns [4], [5]:

- Organoclorados
- Ftalatos
- Compostos orgânicos voláteis
- Metais pesados
- Tintas e Colas
- Conservantes da madeira
- Amianto

Relativamente aos organoclorados, estes são resíduos químicos gerados no processo industrial que desenvolve o cloro, como por exemplo, na produção do PVC. Os organoclorados são extremamente tóxicos e bio cumulativos, provocando efeitos perigosos na biodiversidade ao contaminar a cadeia alimentar [6], [7].

Em relação aos ftalatos, estes são compostos químicos formados do ftálico utilizados como aditivos para reduzir a rigidez dos materiais plásticos. São também muito tóxicos para a saúde humana [5].

Os compostos orgânicos voláteis (COV) são poluentes atmosféricos libertados a partir dos materiais de construção que contêm solventes orgânicos como tintas e vernizes. A redução da ventilação interior para minimizar o consumo de energia, algo que acontece frequentemente em Portugal, contribui para aumentar os efeitos dos COV na saúde humana. Isto porque, tintas à base de solventes emitem quinhentas e vinte vezes mais COV que tintas à base de água [5].

Relativamente aos conservantes da madeira, estes continham produtos como o cobre, crómio e arsénio que são bastante perigosos e estão atualmente proibidos. Por esse motivo, é necessário ter em atenção a todas as madeiras de construções antigas, uma vez que, são consideradas como resíduos perigosos. Em relação às colas, estas são utilizadas para diferentes fins e contêm produtos tóxicos e com elevada perigosidade. O amianto são fibras minerais incombustíveis, que está atualmente proibido, visto que, as diferentes variedades de amianto são agentes cancerígenos e o seu perigo decorre sobretudo da inalação das fibras libertadas para o ar [5].

3.1.2 Materiais com baixa energia incorporada

A energia incorporada nos materiais resulta da junção da energia consumida durante a extração de matérias-primas, transporte para o local de processamento e sua produção, logo, quanto mais exigente for o processamento e mais distante o local de aplicação maior será a energia [8].

Por esse motivo, uma das prioridades fundamentais para uma construção sustentável é a redução dos padrões energéticos atuais. No entanto, um dos problemas, em Portugal, prende-se pelo facto da sua produção energética ser incompleta o que implica a importação da mesma [9].

A redução da energia resolve quer um problema económico, quer um problema ambiental e, como tal, a escolha adequada dos materiais de construção pode contribuir de forma eficaz para a diminuição da quantidade de energia necessária na construção de edifícios. Contudo, sempre que a durabilidade dos materiais não seja prejudicada e as reservas de matérias-primas o permitam, devem ser usados materiais com baixa energia [9].

A energia incorporada é um parâmetro difícil de avaliar, visto que, depende de vários fatores a eficiência do processo de transformação, o tipo de combustível e que tipo de transporte é utilizado, ou seja, se é

por via marítima, terrestre ou aérea, e a quantidade de matéria-prima utilizada. Como tal, estes fatores variam de acordo com o país que é produzido [10].

Apesar da energia incorporada ser um parâmetro importante para a seleção de materiais, visto que representa 20% da energia total consumida durante a vida útil do edifício, esta não pode ser estudada independentemente de outros fatores. A escolha de materiais com alta energia incorporada e com mau comportamento térmico leva a que o edifício não seja sustentável, pois o consumo energético durante a sua vida útil acaba por ser maior [10].

3.1.3 Materiais reaproveitados de resíduos de outras indústrias ou obras

Uma das formas mais eficientes para tornar uma indústria de construção mais sustentável passa pela reciclagem de resíduos para a formulação de novos materiais de construção. Grande parte desses resíduos provêm da construção e da demolição. Os resíduos de construção são criados durante as obras de construção e provêm de materiais danificados, do excesso de materiais, de embalagens, sendo estes os que se apresentam em menor quantidade, a par dos resíduos de demolição que são os que apresentam maior quantidade. Os resíduos de demolição são, essencialmente, compostos por materiais inertes e solos, e dependem do tipo de obra demolida e do grau de seletividade da demolição. Além destes, existe também os resíduos de remodelação, reabilitação e renovação que envolvem menor quantidade relativamente aos de demolição. Assim sendo, pode se referir que os resíduos de demolição são os principais responsáveis pelo desperdício de material na construção [10].

Normalmente, as perdas na construção civil englobam materiais que restam de uma obra e que não podem ser aproveitados, como é o caso, do entulho, madeira, argamassas, blocos e outros. Como tal, torna-se importante gerir esses resíduos para haver uma obra sustentável, pois a construção envolve grandes quantidades de resíduos cujo destino deve ser antecipado e planeado de modo a garantir a sustentabilidade a nível ambiental e económico [10].

Os resíduos provenientes da construção podem ser divididos em dois grupos:

- Resíduos gerados durante a obra
- Resíduos gerados após a obra

Em relação, aos resíduos gerados durante a obra, estes têm uma composição muito heterogénea, isto é, têm uma elevada variedade de elementos, aos quais:

- Areia;

- Solos;
- Metais;
- Papeis;
- Pedra;
- Telhas
- Tijolos;
- Plásticos;
- Madeiras;
- Argamassa;
- Materiais de isolamento.

Por isso, é fundamental que sejam reciclados de forma a evitar efeitos negativos no ambiente, visto que, a sua reciclagem implica tratamento, separação e limpeza dos materiais de modo que possam ser utilizados como matéria-prima para novos materiais. Além de que, possui vantagens como a diminuição da poluição ambiental, preservação de fontes naturais, redução do consumo de energia durante o processo de produção.

Relativamente, aos resíduos gerados após a obra, eles são gerados em dois tipos, resíduos sólidos urbanos, isto é, lixo gerado pelo consumo das casas e esgoto doméstico, ou seja, o que é resultado das águas residuais usadas no edifício.

Contudo, os resíduos podem classificar-se em:

- Resíduos inertes - que não sofrem transformações físicas, químicas, logo não afetam negativamente outros materiais
- Resíduos não inertes – que não apresentam, diretamente, perigo para o ambiente ou saúde
- Resíduos perigosos – que apresentam, pelo menos, uma característica de perigosidade para a saúde humana ou para o ambiente.

Além disso, estes também são classificados de acordo com o seu destino, ou seja, se são resíduos reutilizáveis, resíduos recicláveis para outros destinos e resíduos perigosos [10].

3.1.4 Materiais provenientes de fontes renováveis

A conceção e a preparação de materiais provenientes de fontes renováveis contribui claramente para a sustentabilidade da indústria da construção. As produções destes materiais são geradas por vários fatores, como gestão eficaz dos recursos, menor quantidade de carbono. No entanto, uma das limitações para a produção deste tipo de materiais é a falta de conhecimento sobre o processamento das matérias-primas para produzir materiais provenientes de fontes renováveis [9].

Um exemplo de um material proveniente de fontes renováveis é a cortiça, uma vez que, a sua produção pode ser contínua, além de que, não emite GEE pelo contrário incorpora CO₂.

3.1.5 Materiais associados a baixas emissões de gases de efeito de estufa

A indústria da construção e nomeadamente o sector dos edifícios, por ser um dos principais destinos finais da energia, é um dos grandes responsáveis pela emissão de gases de efeito de estufa, uma vez que, a quantidade de energia inserida num edifício, depende do tipo e da quantidade de materiais utilizados, e sendo essa energia proveniente de fontes não renováveis o seu consumo irá levar à libertação de grandes quantidades de gases de efeito de estufa (GEE) [8].

A alteração dos materiais usados na indústria da construção encontra-se relacionada com consumo excessivo de energia e conseqüentemente com emissão de gases de efeito de estufa, pelo que, o estudo do ciclo de vida de um material, que inclui a extração de matérias-primas, produção e processo de fabrico, ajuda a identificar o impacte ambiental reduzindo-o, promovendo, assim, a adoção de medidas de forma a evitar esses impactes [8].

3.1.6 Materiais duráveis

A capacidade de um edifício conseguir manter o seu desempenho ao longo da sua vida útil, respondendo ou não, às exigências que foram definidas durante a sua execução, é condicionada devido a vários fatores, que vão desde a fase de projeto à fase de manutenção do edifício. Este processo, pode ser definido como o ciclo de vida do edifício [11].

Como tal, para o edifício conseguir manter o seu desempenho ao longo de um período de tempo é necessário que os materiais e os sistemas construtivos utilizados apresentem um ciclo de vida igual ou superior ao que se pretende para o edifício.

Sabendo que, os consumos energéticos produzidos durante a fase de processamento dos materiais são elevados, quanto maior for a durabilidade de um material, maior será a sua vida útil e conseqüentemente menor será o seu impacto ambiental. Como tal, sempre que possível, deve-se escolher materiais que necessitam poucas manutenções ou que cuja manutenção implique baixo impacto ambiental [8].

3.1.7 Materiais recicláveis

A escolha dos materiais também se deve basear na sua capacidade de reutilização e reciclagem, uma vez que promovem a sustentabilidade na construção. A reutilização e a reciclagem têm significados distintos, visto que, a reciclagem caracteriza-se pela sua capacidade de reaproveitar os materiais usados e dar origem a um novo implicando consumo de energia, enquanto que a reutilização se caracteriza por voltar a utilizar um determinado material, independentemente da sua função. No entanto, as duas contribuem para uma diminuição de exploração de recursos e, conseqüentemente, uma diminuição do impacto ambiental. Assim sendo, pode-se referir que a reutilização é um processo mais vantajoso a nível ambiental que a reciclagem. Contudo, no setor da construção, a maioria dos materiais existentes são mais capazes de se reciclarem do que se reutilizarem. Como tal, na seleção de materiais, é preferível dar mais destaque a materiais com capacidade de reutilização e reciclagem de baixa energia incorporada [10].

Durante a fase de conceção, os intervenientes devem escolher materiais que garantam a reciclagem ou reutilização dos resíduos resultantes da demolição, sendo que se deve assegurar que [10]:

- Se evite a utilização de materiais compostos que não possam ser separados
- Se evite a ligação entre os diversos elementos de construção de maneira inseparável
- Se projete edifícios, pensando no seu desmantelamento
- Se crie espaço nos estaleiros para se armazenar os resíduos
- Se inspecione o estado dos materiais na altura da sua receção
- Se devolva ao fornecedor as embalagens dos materiais

3.1.8 Materiais escolhidos em função do ciclo de vida

A escolha dos materiais influencia o desempenho do edifício, sendo que, esta deve ser feita em função do impacto devido [1]:

- processo de fabrico
- processamento

CAPÍTULO 3

- transporte
- construção
- demolição
- reciclagem ou disposição final dos materiais

Para se avaliar esses impactes é necessário saber quais e que critérios se deve considerar na seleção de materiais e quais os seus objetivos.

Então, em relação à fase de processo de fabrico e processamento, devem se escolher os materiais cujos processos de fabrico sejam simples, que na sua transformação se envolva um menor consumo de energia, deve se dar preferência a materiais naturais ou renováveis, com processos de fabrico menos tóxicos, materiais reciclados e utilizar sempre que possível materiais locais. Com isto vai se poder reduzir a produção de resíduos, conservar a natureza, reduzir a energia incorporada.

Relativamente à fase de construção, devem se considerar materiais que não contenham químicos, com maior durabilidade e com bom desempenho energético, promovendo assim uma diminuição de consumo de energia durante a sua utilização, minimizar a reparação ou substituição e garantir uma boa qualidade do ar interior.

Na fase de demolição, deve se dar preferência aos materiais que sejam biodegradáveis, recicláveis, reutilizáveis, aproveitando assim os materiais antigos para a produção dos novos, reduzir a extração de matérias-primas e reduzir o impacte ambiental [12].

A escolha dos materiais, além do que foi dito anteriormente, depende também da influência do edifício no desempenho ambiental, como um todo. No entanto, estes parâmetros devem basear em dois aspetos fundamentais [1]:

- energia incorporada
- avaliação do ciclo de vida dos materiais.

Relativamente à energia incorporada, esta é a energia consumida durante a vida útil dos materiais de construção, desde a sua extração da terra à demolição e reciclagem e por este motivo, pode-se referir que estudo da energia incorporada dá um entendimento de quanto e onde a energia é usada na construção de edifícios e o custo e benefício da reciclagem [1].

No que diz respeito à avaliação do ciclo de vida (ACV) este é o melhor método para avaliar que impactes ambientais são causados pelos materiais, elementos construtivos e pelo ciclo de vida de um edifício, considerando todas as suas fases, desde a sua extração até a sua deposição final [8].

A análise do ciclo de vida tem cada vez mais ganho importância, visto que facilita a escolha dos materiais de construção, através de métodos que são capazes de quantificar os impactos ambientais dos materiais durante o seu ciclo de vida. Como tal, através da Avaliação do Ciclo de Vida é possível ter uma ideia mais nociva quanto à seleção dos materiais, uma vez que, prevê os aspetos ambientais do material ou do seu processo. Por esse motivo, a ACV tem como base a análise dos seguintes impactos [12]:

- Consumo de recursos não renováveis
- Consumo de água;
- Potencial de aquecimento global;
- Potencial de redução da camada de ozono;
- Potencial de eutrofização;
- Potencial de acidificação;
- Potencial de formação de smog;
- Toxicidade humana;
- Toxicidade ecológica;
- Toxicidade de resíduos;
- Uso de terra;
- Poluição do ar;
- Alteração de habitats.

No entanto, a importância de cada uma depende do país em que determinado produto ou material foi produzido, visto que, a sua aplicação depende da realidade de cada país.

Na maioria das vezes os materiais apenas são selecionados de acordo com o preço da sua aquisição, esquecendo-se que ao longo da vida do edifício, os materiais sofrem degradações pelo seu uso, havendo assim manutenção ou substituição o que leva a que os custos de manutenção também sejam contabilizados. Por isso torna-se necessário que os materiais sejam duráveis. Além dos custos pela aquisição e manutenção, os custos devido à demolição também devem ser incluídos, uma vez que, incluem os custos do transporte de materiais e os custos dos tratamentos dos materiais para reduzir assim o impacto ambiental [13].

Com isto, pode se referir que a aquisição de materiais com um custo inicial elevado pode se justificar se o material for durável e se apresentar um bom desempenho ambiental.



Tabela 3-1 Ciclo de Vida dos materiais sustentáveis [14]

A implementação da ACV baseia-se em quatro fases distintas, as quais, definição do objetivo e do âmbito, inventário de ciclo de vida, avaliação dos impactes de ciclo de vida e interpretação.

Na fase **definição do objetivo e do âmbito**, são especificados, de acordo com aplicação pretendida, os objetivos, as diferentes etapas que pertencem ao ciclo de vida de um edifício, a unidade que irá ser avaliada, os impactes que as matérias-primas podem provocar nos diversos processos e o público-alvo da avaliação.

Na fase **inventário de ciclo de vida**, é feita uma descrição, recolha e verificação dos dados de um produto, desde os materiais e energia utilizados às emissões que estes podem provocar. Como tal, esta é uma fase que demora bastante tempo, visto que é necessário obter várias informações relativamente ao produto em causa. No entanto, grande parte dos elementos necessários já se encontram disponíveis logo não é preciso recorrer a uma minuciosa recolha de dados.

No que toca à fase **avaliação dos impactes de ciclo de vida**, esta tem como objetivo avaliar que impactes ambientais a produção de um produto pode provocar, contendo, a classificação e caracterização dos mesmos.

Em relação à fase **interpretação**, esta é considerada uma das mais importantes, uma vez que, é nela que são retiradas as conclusões da análise do ACV e onde são analisados os processos e os materiais que mais impactes causam num produto.

A Avaliação do Ciclo de Vida contém três variantes, do berço à sepultura, do berço à porta, e do berço ao berço.¹

Relativamente, à fase **berço à sepultura** esta inclui todas as fases do ciclo de vida de um material, desde a extração, produção, transporte e utilização ao tratamento de fim de vida do produto [15].

No que se refere à fase **berço à porta**, esta aborda os impactes ambientais que resultam da extração das matérias-primas, do transporte até ao local de produção e processamento. No entanto, esta fase não inclui os impactes relacionados com o transporte de materiais até ao estaleiro, nem relacionados com as atividades do mesmo. Isto é, esta fase só considera uma parte do ciclo de vida que vai desde a extração à porta da fábrica omitindo a fase de utilização e deposição [8].

No que toca à fase **berço ao berço**, esta é uma variante da fase berço à porta no qual a última fase do ciclo de vida do material é o processo de reciclagem [8].

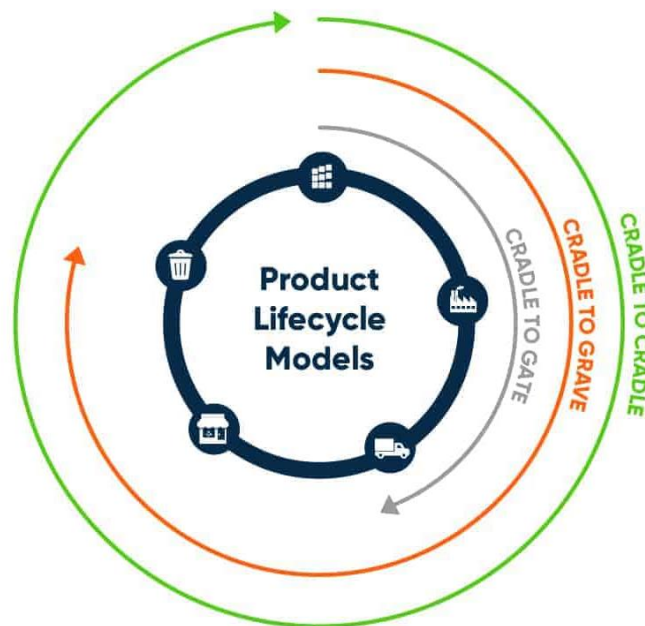


Figura 3-1 Variantes do Ciclo de Vida do Material [44]

Em geral, pode-se referir que a variante mais recomendada a utilizar na indústria da construção é o **berço ao berço**, uma vez que, que a reciclagem e reutilização de produtos e materiais reduz o impacte

¹ Do inglês, cradle to grave, cradle to gate, cradle to cradle

ambiental e valoriza o aspeto económico e social, havendo assim uma possibilidade de existir intervenções no edifício.

No entanto, os métodos da ACV ainda não são muito usados na conceção de um edifício e na maioria dos sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios, visto que, além de existir uma grande variedade de materiais e processos usados no ciclo de vida dos edifícios, os métodos da ACV são complexos. Por esse motivo, os critérios ambientais utilizados variam de sistema para sistema, o que dificulta a comparação de resultados [8].

3.2 MATERIAIS SUSTENTÁVEIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO

Ao longo dos tempos, vários materiais têm sido utilizados como materiais de construção sendo os mais utilizados o aço e o betão. No entanto, estes materiais têm custos elevados de produção, enquanto que, materiais como o bambu e a madeira têm custos consideravelmente mais baixos, além de que, são sustentáveis e renováveis, assim como a cortiça e o cânhamo. Para isso, torna-se importante estudar um pouco sobre estes materiais e suas aplicabilidades [16].

3.2.1 Bambu

No setor da construção, o custo e a durabilidade de um material são fatores fundamentais e determinantes para a escolha do mesmo, e como tal, tendo os materiais sustentáveis ganho importância neste setor, o bambu torna-se numa boa alternativa para os materiais tradicionais, visto que, além de ser renovável e sustentável, cresce muito rapidamente, é durável quando tratado e tem um baixo custo de produção [16].

Contudo, este material tem de ser avaliado e uma das formas de o fazer é através da análise do ciclo de vida do produto, onde todos os passos são analisados, desde o local da plantação da planta, aos cuidados a ter durante o desenvolvimento da planta, à colheita, ao transporte até às fábricas onde será processado, processamento, embalagem, envio, e por fim ao uso e à reciclagem do material [17].

Outra forma de avaliar este material, é comparando os impactes ambientais do mesmo com o de alguns dos mais usados materiais de construção, aos quais, o cimento, o aço e a madeira convencional. Em relação ao cimento, o seu descarte e a extração de matéria-prima para a sua produção levam a uma contaminação e degradação dos solos e conseqüentemente poluição do meio ambiente. Além disso, a sua utilização provoca poluição sonora, doenças respiratórias e irritações de pele. No que toca ao aço, o seu processo de produção apresenta o mesmo impacte e a mesma libertação de dióxido de carbono. Relativamente à madeira, esta resulta da desflorestação de milhares de hectares, causando assim

grandes impactes ambientais. É neste caso que o bambu se torna mais vantajoso que a madeira, visto que, tem um crescimento e uma recuperação rápida e não necessita de fertilizantes que acabam por prejudicar os solos. Como tal, devido a estas características o bambu é mais sustentável que a madeira convencional [17].

O bambu é um material que não é muito utilizado devido à falta de conhecimento, visto que, que ainda não consta na lista de materiais de construção de referência internacional. A sua utilização e prática de construção requer conhecimentos técnicos para saber como usá-lo devidamente o que leva também à utilização de ferramentas mais complexas. Devido ao facto de ser mais propício ao ataque de fungos tem que ser combinado com outros materiais. E apresenta alguns problemas acústicos [17].

O bambu pode ser usado de várias formas, como material estrutural, ou seja, usado em vigas, lajes, pilares e como material não estrutural, isto é, usado em telhados, pavimentos, fachadas, portadas, revestimento, etc. No entanto, em Portugal, ele é mais utilizado em pavimentos, como se verifica nas figuras 3 e 4.



Figura 3-2 Pavimento em bambu [38]

3.2.2 Cortiça

A cortiça tem vindo a ser cada vez mais utilizada, no setor da construção, devido ao facto de possuir boas características ambientais, e por ter a capacidade de se adaptar a diferentes processos de transformação e ter variadas aplicações, além de que, é um material com baixa energia incorporada quando comparada com o poliestireno extrudido e com características de isolamento semelhantes ao mesmo. Isto verifica-se na fabricação de aglomerados de cortiça expandida em que para a sua produção se utiliza a produção resinas do próprio material e na produção de grânulos de cortiça que resulta da trituração dos subprodutos da produção de rolhas e discos e dos bocados e dos resíduos da cortiça [18].

Contudo, este material tem de ser avaliado e uma das formas de o fazer é através da análise do ciclo de vida do produto, onde todos os passos são analisados, desde a sua extração, ao transporte até às fábricas onde será processada, processamento, embalagem, envio, e por fim ao uso e à reciclagem do material.

A cada uma destas fases está associado os impactes ambientais que precisam de ser estudados e avaliados para se entender a viabilidade [19].

A cortiça pode ser usada de várias formas, como isolamento térmico, isolamento acústico, na produção de argamassas com betão.



Figura 3-3 Placa de cortiça [35]

3.2.3 Cânhamo

O cânhamo foi reencontrado como um bom material para produtos biológicos tendo assim, a sua indústria se desenvolvido bastante devido às suas qualidades e por ter várias aplicações, desde alimentação a materiais de construção.

As utilizações das fibras de cânhamo, na construção, têm sido aplicadas para o reforço de materiais à base de cimento, ou seja, betão, argamassa, blocos e placas. Relativamente, ao betão que utiliza essas fibras, ou seja, betão de cânhamo, este pode ser utilizado de diversas formas, como, coberturas, paredes interiores e exteriores, substituindo assim as paredes de tijolo com isolamento térmico ou acústico. Existem três formas de aplicação, por blocos pré-fabricados, compactação e por pulverização [12].



Figura 3-4 Bloco pré-fabricado cânhamo [44]

Nos dias de hoje, os materiais tradicionais de isolamento mais usados são as fibras de vidro, as cerâmicas e a lã de rocha. Contudo, na produção destes materiais resulta bastantes resíduos e uma elevada energia incorporada. Como tal, a aplicação do cânhamo como isolamento tem vindo a aumentar, visto que, é mais benéfico em termos ambientais e saúde, pode ser reciclado e tem uma baixa energia incorporada, no entanto, não é tão utilizado devido ao facto do seu preço ser bastante elevado.

Todavia, devido ao impacte ambiental provocado pela indústria da construção, este material acaba por ser uma boa alternativa visto que, a diminui o uso de materiais tóxicos, diminui os desperdícios e valoriza a utilização de materiais renováveis e diminui a libertação de dióxido de carbono [12].

3.2.4 Madeira

A madeira sempre foi e é um material muito usado na construção, devido às suas características e à sua abundância, e o principal motivo pelo qual é utilizada é por ser sustentável, uma vez que, é reciclável, renovável e biodegradável, para além de ter uma baixa energia incorporada. Além disso, a madeira apresenta uma elevada resistência, quando comparada com o seu peso, tem durabilidade, isolamento térmico e acústico, quando preveem de boas condições de manutenção [20].

Contudo, este material tem de ser avaliado e uma das formas de o fazer é através da análise do ciclo de vida do produto, onde todos os passos são analisados, desde a sua extração, ao transporte até às fábricas onde será processada, processamento, embalagem, envio, e por fim ao uso e à reciclagem do material. A cada uma destas fases está associado os impactes ambientais que precisam de ser estudados e avaliados para se entender a viabilidade. Esta análise mostra que a madeira tem melhor desempenho em relação ao aço ou ao betão, no que toca à energia incorporada, emissão de gases, libertação de

CAPÍTULO 3

poluentes para o ar, produção de poluentes para a água e produção de resíduos sólidos. Por este motivo, a madeira apresenta vantagens que a torna mais sustentável [21].

No entanto, a sua utilização deve ser feita de forma consciente, de modo que, se possa assegurar um reflorestamento global mantendo, assim, a biodiversidade do planeta.

A madeira possui muitas áreas de utilização na construção, como por exemplo, em:

- Acabamentos de edifícios
 - Revestimento de piso (seja ele, parquet, flutuante e soalho)
 - Revestimento de parede
 - Portas interiores e exteriores
 - Tectos falsos – revestimentos de tectos
 - Rodapés
 - Cozinhas
 - Caixilharias interiores e exteriores
 - Armários
 - Portadas
- Estruturas de edifícios

Assim sendo, pode-se referir que estes materiais são uma mais valia para a construção, visto que, além de reduzirem o impacto ambiental, mantêm a biodiversidade do planeta, se usados de forma consciente, não emitem gases nocivos à saúde e, acima de tudo, não têm uma energia incorporada elevada.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NO EDIFÍCIO

Ao longo deste capítulo, será abordado um estudo que tem como objetivo encontrar alternativas aos materiais correntes por materiais considerados mais sustentáveis em alguns elementos construtivos do edifício em análise. Como tal torna-se fundamental, escolher materiais que tenham como características as que foram definidas no Capítulo 3. No entanto, na impossibilidade de obter materiais que tenham todas essas características, tentou-se optar por aqueles que possuem baixa energia incorporada.

4.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo localiza-se em Paços de Ferreira, na Urbanização Encosta da Ferrara-Lugar da Cavada.



Figura 4-1 Localização do caso de estudo [22]

Trata-se de um edifício habitacional multifamiliar composto por trinta fogos tipologias variadas, com uma área bruta de construção de 4 081 m² e com uma área de implantação de 1 263 m². As empresas

que fazem parte deste empreendimento são a BASTOS & BRITO, SOCIEDADE IMOBILIÁRIA, LDA, como Dono de Obra e LF INFINITECH, LDA como projetista.



Figura 4-2 Edifício em estudo

O edifício tem uma cêrcea máxíma de 13.00 m e é composto por quatro pisos acima da cota de soleira e um abaixo da cota da soleira, para habitação, e mais um piso abaixo da cota de soleira, para instalações, arrumos e garagens privadas.



Figura 4-3 Planta de implantação [32]

O edifício apresenta tipologias de T2, T3, sendo 10 frações do tipo T2 e 20 frações do tipo T3. Os pisos -1 a 3 são praticamente idênticos variando no acesso no piso de entrada e na caixa de escadas central.

Tabela 4-1 Características das frações do edifício

| Piso | Tipologia | Área útil (m ²) | Área habitável (m ²) |
|------|-----------|------------------------------|-----------------------------------|
| -1 | Três T2 | 87 a 137 | 76 a 208 |
| | Três T3 | 126 a 140 | 104 a 112 |
| 0 | Três T2 | 87 a 137 | 76 a 208 |
| | Três T3 | 126 a 140 | 104 a 112 |
| 1 | Três T2 | 87 a 137 | 76 a 208 |
| | Três T3 | 126 a 140 | 104 a 112 |
| 2 | Três T2 | 87 a 137 | 76 a 208 |
| | Três T3 | 126 a 140 | 104 a 112 |
| 3 | Três T2 | 87 a 137 | 76 a 208 |
| | Três T3 | 126 a 140 | 104 a 112 |

4.2 ESTUDO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS AOS MATERIAIS EMPREGUES

O estudo teve como objetivo uma análise comparativa dos materiais adotados nas disposições construtivas do edifício em causa com os materiais sustentáveis existentes.

4.2.1 Paredes Exteriores

No edifício em questão, as paredes exteriores são constituídas pelos seguintes materiais:

- Reboco armado
- Poliestireno Expandido moldado
- Bloco térmico
- Reboco

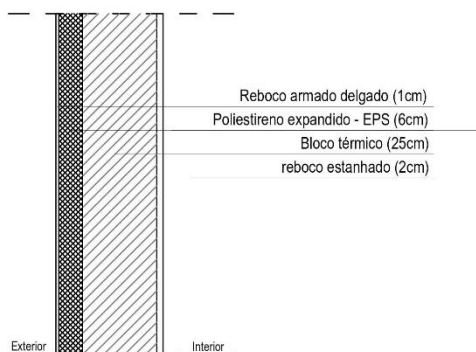


Figura 4-5 Pormenor parede exterior [26]



Figura 4-4 Parede exterior

No entanto, esta parede não pode ser considerada sustentável devido aos seus constituintes, visto que, na produção dos mesmos resulta bastantes resíduos e uma elevada energia incorporada. Como tal, tornou-se importante adotar uma solução mais sustentável, em que os materiais adotados foram:

- Reboco armado
- Placa de cortiça
- Bloco térmico
- Reboco à base de cal hidráulica natural

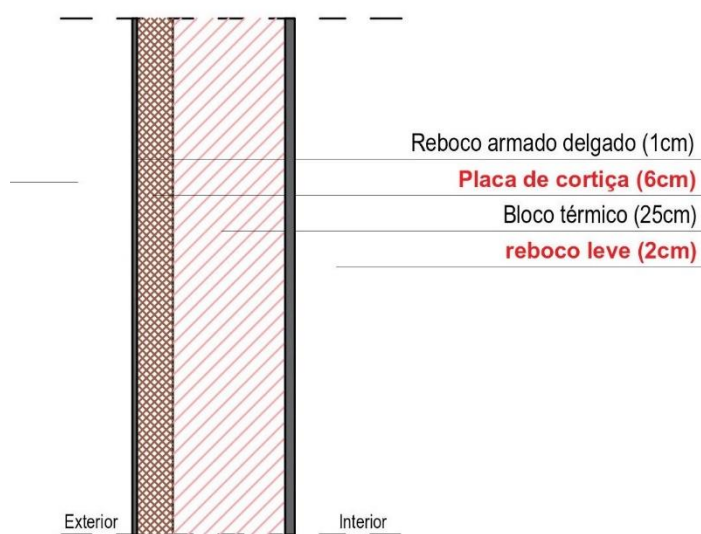


Figura 4-6 Solução alternativa

Todavia, foi preciso fazer uma comparação de forma a se puder verificar qual das duas soluções é a mais sustentável. Assim sendo, avaliou-se os materiais, que foram substituídos, individualmente.

Em relação ao isolamento, a parede original contém lã mineral, em que para a sua produção há extração de matérias-primas que são introduzidas num forno a elevadas temperaturas, sendo que é adicionado um aglutinante às suas fibras, onde com a ajuda de rolos a mesma será estendida formando uma manta. Toda este processo implica a que haja produção de bastantes resíduos que provêm das matérias-primas, assim como, produção de energia. Ao passo que parede adotada tem como isolamento a cortiça, que além de ser natural e ecológica a sua produção é extremamente sustentável, visto que, na mesma é usada a resina do próprio material e a produção de grânulos de cortiça resulta da trituração dos subprodutos da produção de rolhas e discos e dos resíduos da cortiça, além de que tem uma baixa energia incorporada [19].

No que se refere, ao acabamento interior a parede original tem como acabamento reboco estanhado ao passo que a parede adotada tem como acabamento reboco à base de cal hidráulica natural com agregados leves, naturais e renováveis que incorpora agregados de cortiça natural. Como tal, ao ser renovável e por ter uma durabilidade elevada, leva a que se possa minimizar a reparação ou substituição dos materiais, de maneira a diminuir a utilização de recursos e energia, e a produção de resíduos. No entanto, o reboco estanhado é mais dúctil do que o reboco leve à base de cal [24].

Além disso, esta parede é constituída por bloco térmico que além de ser mais eficiente termicamente, a sua resistência térmica é o dobro relativamente ao tradicional. Além de que é mais económico, tem

uma montagem mais simples, e a sua elevada resistência potencia uma boa classificação energética economizando recursos [24].

Assim sendo, para se ter de forma mais sucinta do que foi anteriormente descrito na Tabela 1 irá se demonstrar as vantagens e desvantagens, assim como, as características técnicas dos materiais existentes nas paredes exteriores.

Tabela 4-2- Vantagens e desvantagens parede exterior [25], [26], [27], [28], [29]

| Parede exterior | | |
|--|---|---|
| | | |
| Vantagens | Desvantagens | Características técnicas |
| <p>A cortiça é um material permeável, durável, com bom isolamento térmico, acústico e de vibrações e é uma solução 100 % vegetal.</p> <p>O Reboco usado é o reboco à base de cal Hidráulica Natural, o que o torna mais durável, além de que, apresenta uma compatibilidade química total com os outros materiais de bio construção.</p> | <p>Em relação à cortiça, esta tem um preço mais elevado, aproximadamente, 19,62€ por m² para uma espessura de 40mm.</p> <p>O reboco leve à base de cal acaba por ser menos dúctil do que o reboco estanhado.</p> | <p>Cortiça: condutibilidade térmica - 0,045 W/mK Resistência à difusão do vapor de água $\mu - 7 - 14$ Classe de reação fogo - Classe E Coeficiente de transmissão térmica – U= 0,75 W/m².°C</p> <p>Reboco à base de cal: Classe de reação ao fogo – Classe A1</p> |

Contudo, não serve apenas realizar uma análise comparativa dos materiais, deve -se também verificar se esses materiais sustentáveis mantêm ou não o mesmo coeficiente de transmissão térmica da parede original. Assim sendo, são apresentados cálculos dos valores das resistências das várias camadas e do valor teórico do coeficiente global de transmissão térmica para a parede testada.

Tabela 4-3 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da parede interior [30], [28]

| | Materiais | Condutibilidade térmica – λ [W/(m . °C)] | Resistência Térmica R- [(m ² . °C) /W] | Resistência Térmica superficiais R- [(m ² . °C) /W] | Coeficiente de transmissão térmica total – U W/m ² .°C |
|------------------|------------------------|--|---|--|---|
| Parede exterior | Reboco armado (1cm) | 1.3 | 0.0077 | Rsi=0.13 Rse=0.04 | U=0,486 W/m ² .°C |
| | EPS (6cm) | 0.045 | 1.333 | | |
| | Bloco térmico (25cm) | ----- | 0.54 | | |
| | Reboco estanhado (2cm) | 1.3 | 0.0077 | | |
| Solução proposta | Reboco armado (1cm) | 1.3 | 0.0077 | Rsi=0.13 Rse=0.04 | U=0,482 W/m ² .°C |
| | Placa de cortiça (6cm) | 0.045 | 1.333 | | |
| | Bloco térmico (25cm) | ----- | 0.54 | | |
| | Reboco leve (2cm) | 0.80 | 0.025 | | |

Da comparação do valor teórico da parede original com o valor teórico da parede sustentável podemos referir que os dois valores têm uma aproximação, sendo o valor teórico da original de 0,486 W/m² °C e o valor teórico da sustentável de 0,482W/m² °C, existindo uma diferença entre eles de 0,004 W/m² °C, que corresponde a uma variação de 1%. Logo, podemos concluir que, ao substituir a cortiça pelo XPS e o reboco leve pelo estanhado o valor do coeficiente de transmissão térmica pouco varia.

4.2.2 Paredes Divisórias

No edifício em questão, as paredes divisórias são constituídas pelos seguintes materiais:

- Reboco estanhado
- Tijolo cerâmico estanhado
- Acabamento - tinta

Sendo que, nos compartimentos com presença de água, nomeadamente instalações sanitárias, receberão um acabamento com azulejos cerâmicos ou pedra ou similares.

PD - PAREDE DIVISÓRIA

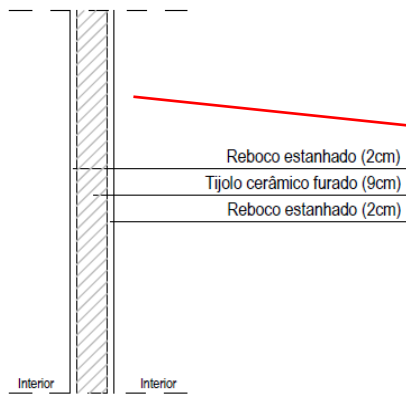


Figura 4-7 Parede divisória

Figura 4-8 Pormenor Parede Divisória [26]

No entanto, não se pode afirmar que esta parede seja sustentável, havendo assim a necessidade de aplicar outro tipo de material mais sustentável, como está representado na figura 4-9.

Parede divisória c/ materiais sustentáveis

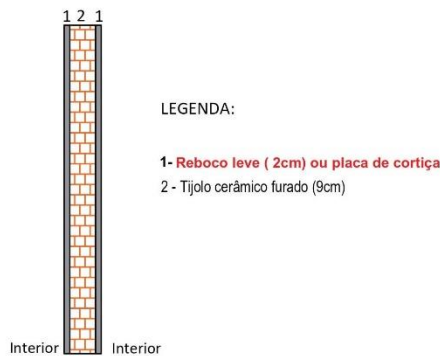


Figura 4-9 Solução proposta

No que se refere, ao revestimento a parede original tem como revestimento o reboco estanhado ao passo que a parede adotada tem o reboco à base de cal hidráulica natural com agregados leves, naturais e renováveis que incorpora agregados de cortiça natural. Como foi dito anteriormente, ao ser renovável

e por ter uma durabilidade elevada, leva a que se possa minimizar a reparação ou substituição dos materiais, de maneira a diminuir a utilização de recursos e energia, e a produção de resíduos. No entanto, o reboco estanhado é mais dúctil do que o reboco leve à base de cal [24].

Relativamente ao acabamento, este será feito através de tintas, que podem ser substituídas por tintas ecológicas de forma a torná-la mais sustentável, uma vez que, não possui compostos orgânicos voláteis, isto é, compostos derivados do petróleo, e é composta por pigmentos minerais à base de água. Logo, por não haver produção de materiais poluentes e por não conter químicos nocivos na sua constituição irá haver uma diminuição de gases de efeitos de estufa e irá garantir uma boa qualidade do ar interior dos edifícios, zelando pela saúde humana e ambiental [31].

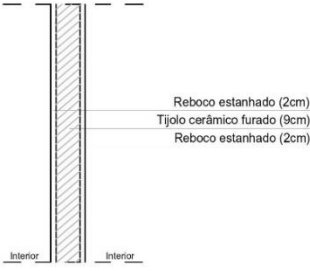
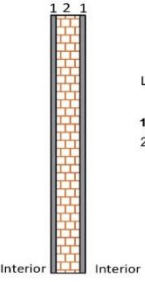
Em relação, aos acabamentos que irão ser aplicados nas zonas de com presença de água, azulejos ou pedra, podem ser substituídos por materiais mais sustentáveis, como por exemplo, mosaico hidráulico (fig.4-7) , visto que, na sua produção não existe processos de fabrico poluentes o que diminui a emissão de gases com efeito de estufa e gasta pouca energia, logo diminui energia incorporada do material [32].



Figura 4-10 Mosaico hidráulico [31]

Assim sendo, para se ter de forma mais sucinta do que foi anteriormente descrito na Tabela 3 irá se demonstrar as vantagens e desvantagens, assim como, as características técnicas dos materiais existentes nas paredes divisórias.

Tabela 4-4 Vantagens e desvantagens parede divisória [25], [26], [27], [28]

| Parede divisória | | |
|--|---|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>PD - PAREDE DIVISÓRIA</p>  <p>Reboco estanhado (2cm) Tijolo cerâmico furado (9cm) Reboco estanhado (2cm)</p> <p>Interior Interior</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Parede divisória c/ materiais sustentáveis</p>  <p>1 2 1</p> <p>Interior Interior</p> </div> <div style="text-align: left;"> <p>LEGENDA:</p> <p>1- Reboco leve (2cm) ou placa de cortiça 2 - Tijolo cerâmico furado (9cm)</p> </div> </div> | | |
| Vantagens | Desvantagens | Características técnicas |
| <p>O Reboco é à base de cal Hidráulica Natural, o que o torna mais durável, além de que, apresenta uma compatibilidade química total com os outros materiais de bio construção.</p> <p>As Tintas Ecológicas não têm compostos orgânicos voláteis e contêm pigmentos minerais à base de água, tornando-a mais sustentável que as tintas comuns.</p> <p>O Mosaico hidráulico, durante a sua produção, não emite gases de efeito de estufa.</p> | <p>Em relação ao reboco leve à base de cal, este é menos dúctil do que o reboco estanhado.</p> <p>Em relação ao Mosaico hidráulico, este tem um preço bastante elevado, aproximadamente 118€ por m^2, quadrado de 10x10cm.</p> | <p>Reboco à base de cal</p> <p>Classe de reação ao fogo – Classe A1</p> <p>Mosaico hidráulico</p> <p>Densidade: 2344 kg/m³</p> <p>Classe de fogo – classe A1</p> <p>Condutibilidade – 1,37 W/mK</p> |

4.2.3 Pavimento térreo e interior

No que toca ao pavimento do edifício, estes serão executados em flutuante, com a exceção das zonas de arrumos que terão acabamento em betonilha afagada, e das zonas com água como cozinha, lavandaria e instalações sanitárias onde terão acabamento em cerâmico ou pedra [33].

O pavimento térreo é composto por:

- Camada de brita
- Laje térrea de betão
- Poliestireno extrudido
- Camada de regularização
- Revestimento

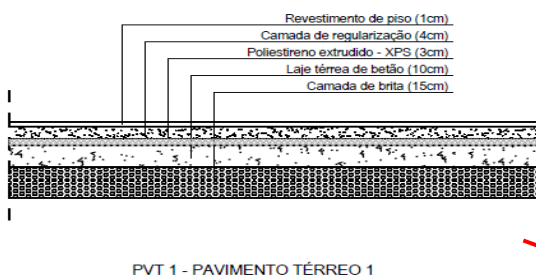


Figura 4-11 Pormenor pavimento térreo [26]



Figura 4-12 Pavimento térreo

Enquanto que o pavimento interior é composto por:

- Revestimento cerâmico
- Camada de regularização
- Poliestireno extrudido
- Laje aligeirada
- Estuque

PAVIMENTO INTERIOR - PAVI1

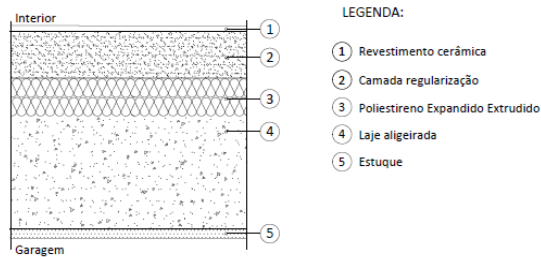


Figura 4-13 Pormenor pavimento interior [26]

Tal como as outras disposições construtivas, nesta também houve necessidade de adotar outros tipos de materiais mais sustentáveis, como representam as figuras 4-15 e 4-16.

Pavimento interior c/ materiais sustentáveis

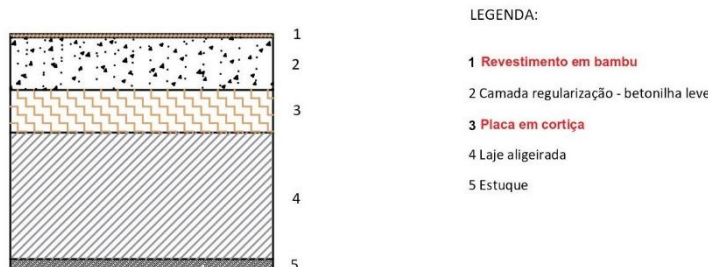


Figura 4-14 Solução proposta

A primeira alteração que se realizou foi os revestimentos, visto que, se adotou a adoção do bambu como revestimento, uma vez que, a extração de matéria-prima para a sua produção não leva à contaminação e degradação dos solos e conseqüentemente poluição do meio ambiente, além de que por ser uma planta de rápido crescimento e uma recuperação rápida, não necessita de fertilizantes que acabam por prejudicar os solos e nem causa desflorestação. Além disso, é um material reciclável, 100% natural e biodegradável, o que leva a uma redução dos impactes ambientais e energia incorporada, evitando a extração e produção de novos materiais. É um material biodegradável e não contém químicos nocivos na sua constituição, garantindo, assim, uma boa qualidade do ar interior dos edifícios, zelando pela saúde humana e ambiental e evita aterros [16].

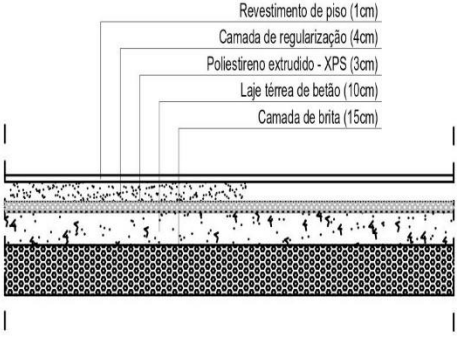
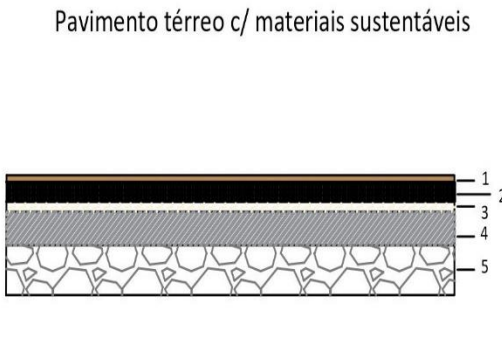
Além do bambu, outra alternativa é a madeira de demolição que são madeiras reutilizadas, visto que, provêm da demolição de vigas, soalhos de casa antigas, ou seja, é um material obtido através de resíduos indústrias, o que leva a uma redução de consumo de recursos naturais [34]. Relativamente ao Poliestireno extrudido este foi alterado pela cortiça, porque o XPS é um material cujo processo de fabricação é bastante poluente, além de que, liberta gases tóxicos em caso de incêndio. Enquanto que a cortiça, é natural e ecológica e a sua produção é extremamente sustentável, visto que é obtida a partir

trituração dos subprodutos da produção de rolhas e discos e dos resíduos da cortiça. Além disso, é um material renovável que não apresenta emissões tóxicas em caso de incêndio [25]. Assim sendo para se ter de forma mais sucinta do que foi anteriormente descrito, nas Tabelas 5 e 6 irá se demonstrar as vantagens e desvantagens, assim como, as características técnicas dos materiais existentes nos pavimentos.

Tabela 4-5 Vantagens e desvantagens pavimento interior [25], [26], [27], [29]

| Pavimento interior | | |
|--|--|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>PAVIMENTO INTERIOR - PAVI1</p> <p>Interior</p> <p>Garagem</p> <p>LEGENDA:</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Revestimento cerâmica ② Camada regularização ③ Poliestireno Expandido Extrudido ④ Laje aligeirada ⑤ Estuque </div> <div style="width: 45%;"> <p>Pavimento interior c/ materiais sustentáveis</p> <p>LEGENDA:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Revestimento em bambu 2 Camada regularização - betonilha leve 3 Placa em cortiça 4 Laje aligeirada 5 Estuque </div> </div> | | |
| Vantagens | Desvantagens | Características técnicas |
| <p>Contêm Bambu, que é um material mais durável, com elevada estabilidade, fácil de instalar, económico e resistente ao fogo.</p> <p>A cortiça é um material permeável, durável, com bom isolamento térmico, acústico e de vibrações e é uma solução 100 % vegetal.</p> | <p>Em relação à cortiça, esta tem um preço mais elevado, aproximadamente, 19,62€ por m² para uma espessura de 40mm.</p> | <p>Bambu: Densidade: +/- 1150 kg/m³ Classe de fogo - classe B-s1-d0</p> <p>Cortiça: condutibilidade térmica - 0,040 W/mK Resistência à difusão do vapor de água μ - 7 – 14 Classe de fogo - Euroclasse E</p> |

Tabela 4-6 Vantagens e desvantagens pavimento térreo [25], [26], [27], [28], [29]

| Pavimento térreo | | |
|--|--|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>PVT 1 - PAVIMENTO TÉRREO 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Pavimento térreo c/ materiais sustentáveis</p>  </div> <div style="text-align: right;"> <p>LEGENDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Revestimento de piso - bambu (1cm) 2 Camada de regularização (4cm) 3 Cortiça (3cm) 4 Laje térrea de betão (10cm) 5 Camada de brita (15cm) </div> </div> | | |
| Vantagens | Desvantagens | Características técnicas |
| <p>Contêm Bambu, que é um material mais durável, com elevada estabilidade, fácil de instalar, económico e resistente ao fogo.</p> <p>A cortiça é um material permeável, durável, com bom isolamento térmico, acústico e de vibrações e é uma solução 100 % vegetal.</p> | <p>Em relação à cortiça, esta tem um preço mais elevado, aproximadamente, 19,62€ por m² para uma espessura de 40mm.</p> | <p>Bambu: Densidade: +/- 1150 kg/m³ Classe de fogo - classe B-s1-d0</p> <p>Cortiça: condutibilidade térmica - 0,040 W/mK Resistência à difusão do vapor de água μ - 7 – 14 Classe de fogo - Euroclasse E</p> |

Tal como nos pormenores anteriores, foi realizado uma análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior e térreo original com os pavimentos sustentáveis. Assim sendo, também foram apresentados cálculos dos valores das resistências das várias camadas e do valor teórico do coeficiente global de transmissão térmica para os pavimentos. Em relação ao pavimento interior:

Tabela 4-7 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica do pavimento [30], [28]

| | Materiais | Condutibilidade térmica – λ [W/(m . °C)] | Resistência Térmica R- [(m ² . °C) /W] | Resistência Térmica superficiais R- [(m ² . °C) /W] | Coeficiente de transmissão térmica total – U W/m ² .°C |
|--------------------|-----------------------------|--|---|--|---|
| Pavimento interior | Revestimento cerâmica (1cm) | 1.3 | 0.0077 | Rsi=0.10 Rse=0.04 | U=1.095 W/m ² .°C |
| | Camada regularização (4cm) | 1.3 | 0.031 | | |
| | XPS (3cm) | 0.045 | 0.667 | | |
| | Laje de betão (10cm) | 2 | 0.05 | | |
| | Estuque (1cm) | 0.57 | 0.0175 | | |
| Solução proposta | Revestimento bambu (1cm) | 0.29 | 0.035 | Rsi=0.10 Rse=0.04 | U=1.063 W/m ² .°C |
| | Camada regularização (4cm) | 1.3 | 0.031 | | |
| | Placa de cortiça (3cm) | 0.045 | 0.667 | | |
| | Laje de betão (10cm) | 2 | 0.05 | | |
| | Estuque (1cm) | 0.57 | 0.0175 | | |

Da comparação do valor teórico do pavimento interior original com o valor teórico do pavimento interior sustentável podemos referir que os dois valores têm uma aproximação, sendo o valor teórico da original de 1.095 W/m² °C e o valor teórico da sustentável de 1.063 W/m² °C, existindo uma diferença entre eles de 0,028 W/m² °C, que corresponde a uma variação de 7%. Logo, podemos concluir que, ao substituir a cortiça pelo XPS e o bambu pela cerâmica o valor do coeficiente de transmissão térmica pouco varia. Em relação ao pavimento térreo:

Tabela 4-8 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica do pavimento térreo [30], [28]

| | Materiais | Condutibilidade térmica – λ [W/(m . °C)] | Resistência Térmica R- [(m ² . °C) /W] | Resistência Térmica superficiais R- [(m ² . °C) /W] | Coeficiente de transmissão térmica total – U W/m ² .°C |
|------------------|-----------------------------|--|---|--|---|
| Pavimento térreo | Revestimento cerâmica (1cm) | 1.3 | 0.0077 | Rsi=0.10 Rse=0.04 | U=1.086 W/m ² .°C |
| | Camada regularização (4cm) | 1.3 | 0.031 | | |
| | XPS (3cm) | 0.045 | 0.667 | | |
| | Laje de betão (10cm) | 2 | 0.05 | | |
| | Camada de brita (15cm) | 2 | 0.025 | | |
| Solução proposta | Revestimento bambu (1cm) | 0.29 | 0.034 | | U=1.055 W/m ² .°C |
| | Camada regularização (4cm) | 1.3 | 0.031 | | |
| | Placa de cortiça (3cm) | 0.045 | 0.667 | | |
| | Laje de betão (10cm) | 2 | 0.05 | | |
| | Camada de brita (15cm) | 2 | 0.025 | | |

Da comparação do valor teórico do pavimento térreo original com o valor teórico do pavimento térreo sustentável podemos referir que os dois valores têm uma aproximação, sendo o valor teórico da original de 1.086 W/m² °C e o valor teórico da sustentável de 1.055 W/m² °C, existindo uma diferença entre eles de 0,031 W/m² °C, que corresponde a uma variação de 8%. Logo, podemos concluir que, ao substituir a cortiça pelo XPS e o bambu pela cerâmica o valor do coeficiente de transmissão térmica pouco varia.

4.2.4 Cobertura interior

Relativamente à cobertura do edifício, esta será em cobertura plana com acabamento a brita executada através de lajes aligeiradas, devendo ser devidamente impermeabilizadas e isoladas termicamente por placas de poliestireno expandido extrudido. Assim sendo, a cobertura é composta por:

- Laje aligeirada
- Camada de forma (reboco)
- Poliestireno expandido extrudido
- Reboco estanhado

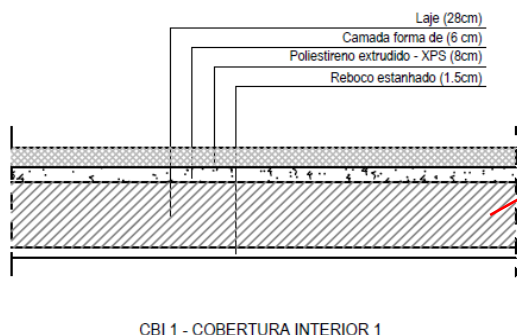


Figura 4-15 Pormenor cobertura interior [26]

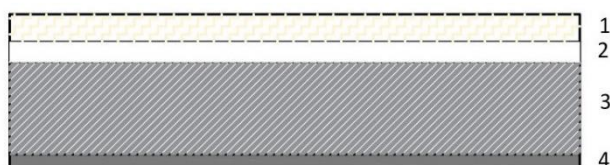


Figura 4-16 Cobertura interior

Como tal, não sendo essa parede composta materiais sustentáveis, tornou-se necessário adotar uma parede com materiais que o fossem:

- Laje
- Camada de forma
- Lã de madeira
- Reboco Leve

Cobertura interior c/ materiais sustentáveis



LEGENDA:

- 1 Lã de madeira (8cm)
- 2 Camada forma de betão leve (6 cm)
- 3 Laje (28cm)
- 4 Reboco leve (1.5cm)

Figura 4-17 Solução proposta

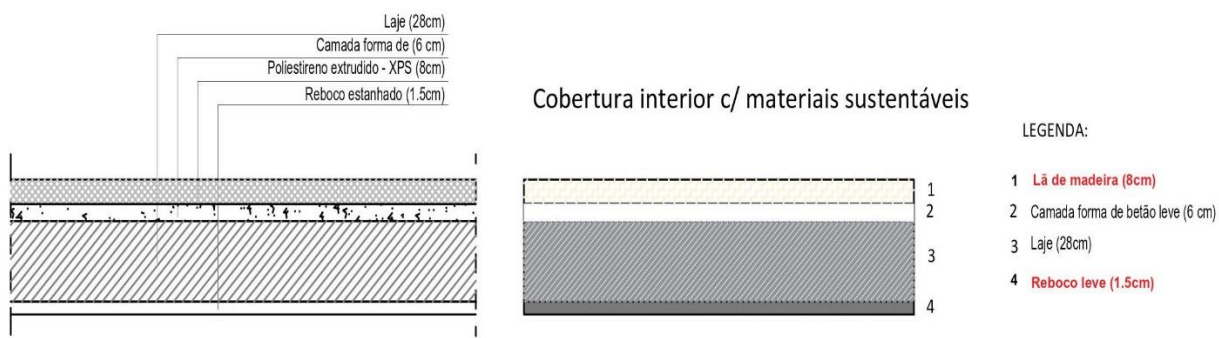
Ao analisar estas duas soluções, é possível observar que a primeira alteração realizada foi o isolamento, visto que, na parede original o seu isolamento é o Poliestireno Expandido – XPS, enquanto que na parede adotada é a lã de madeira. Isto porque, mesmo sendo o XPS um material durável, a lã de

madeira é obtida de resíduos comprimidos provenientes das serrações de madeira, onde nenhum aglutinante é adicionado, uma vez que a madeira tem a sua própria pasta, lignina. Além disso, este material é um bom isolamento térmico cuja sua fabricação consome pouca energia. Como tal, este material por ser proveniente de resíduos reduz o consumo de recursos naturais, por na sua fabricação envolver pouca energia leva a uma diminuição da energia incorporada e por ser um material renovável reduz a extração de matéria-prima [25].

No entanto, não foi apenas alterado o isolamento houve também alteração no reboco, dado que, como dito anteriormente o reboco estanhado é um material composto por cimento, que é um material cujo seu resíduo e a extração de matéria-prima para a sua produção leva a uma contaminação e degradação dos solos e conseqüentemente poluição do meio ambiente. Como tal, alterou-se para reboco leve que pode ter como base cal hidráulica natural ou casca de arroz ou agregados de cortiça, tornando num material renovável e com uma durabilidade elevada minimizando, assim, a reparação ou substituição de forma a diminuir a utilização de recursos e energia [35].

Assim sendo para se ter de forma mais sucinta do que foi anteriormente descrito, na Tabela 9 irá se demonstrar as vantagens e desvantagens, assim como, as características técnicas dos materiais existentes na cobertura.

Tabela 4-9 Vantagens e desvantagens cobertura interior [25], [26], [27], [28]

| Cobertura interior | | |
|--|--|--|
|  <p style="text-align: center;">Cobertura interior c/ materiais sustentáveis</p> <p style="text-align: right;">LEGENDA:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Lã de madeira (8cm) 2 Camada forma de betão leve (6 cm) 3 Laje (28cm) 4 Reboco leve (1.5cm) <p style="text-align: center;">CBI 1 - COBERTURA INTERIOR 1</p> | | |
| Vantagens | Desvantagens | Características técnicas |
| <p>Contêm Reboco à base de cal Hidráulica Natural, o que torna mais durável, apresenta uma compatibilidade química total com os outros materiais de bio construção.</p> <p>E contém lã de madeira, que é um material que tem um bom isolamento térmico no verão e inverno, além de que, é renovável e elevada disponibilidade.</p> | <p>Em relação ao reboco leve à base de cal, este é menos dúctil do que o reboco estanhado.</p> <p>Já a lã de madeira tem compactação vertical em isolamento.</p> | <p>Reboco à base de cal Classe de reação ao fogo – A1</p> <p>Lã de madeira densidade – 40 à 55 kg/m³ condutibilidade térmica – 0,039 W/m.°C Fator de resistência à difusão de vapor – 1</p> |

Tal como nas paredes e nos pavimentos, na cobertura também foi necessário realizar uma análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior original com a cobertura sustentável. Assim sendo, também foram apresentados cálculos dos valores das resistências das várias camadas e do valor teórico do coeficiente global de transmissão térmica para a cobertura testada.

Tabela 4-10 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior [30], [28]

| | Materiais | Condutibilidade térmica – λ [W/(m . °C)] | Resistência Térmica R- [(m ² . °C) /W] | Resistência Térmica superficiais R- [(m ² . °C) /W] | Coeficiente de transmissão térmica total – U W/m ² .°C |
|--------------------|--------------------------|--|---|--|---|
| Cobertura interior | XPS (8cm) | 0.045 | 1.778 | Rsi=0.10 Rse=0.04 | U=0.473 W/m ² .°C |
| | Camada de forma (6cm) | 1.3 | 0.046 | | |
| | Laje de betão (28cm) | 2 | 0.14 | | |
| | Reboco estanhado (1.5cm) | 1.3 | 0.012 | | |
| Solução proposta | Lã de madeira (8cm) | 0.039 | 2.05 | | U=0.418 W/m ² .°C |
| | Camada de forma (6cm) | 1.3 | 0.046 | | |
| | Laje de betão (28cm) | 2 | 0.14 | | |
| | Reboco leve (1.5cm) | 0.80 | 0.0188 | | |

Da comparação do valor teórico da cobertura interior original com o valor teórico da cobertura interior sustentável podemos referir que os dois valores têm uma boa aproximação, sendo o valor teórico da original de 0.473 W/m² °C e o valor teórico da sustentável de 0.418 W/m² °C, existindo uma diferença entre eles de 0,055 W/m² °C, que corresponde a uma variação de 14%. Logo, podemos concluir que, ao substituir a lã de madeira pelo XPS e o reboco leve pelo estanhado o valor do coeficiente de transmissão térmica pouco varia.

4.2.5 Pontes térmicas planas

A estrutura do edifício será executada em betão armado. Sendo que as pontes térmicas planas, vigas e pilares, serão compostas pelos seguintes materiais:

- Reboco armado
- Poliestireno Expandido Moldado
- Pilar de betão
- Reboco



Figura 4-19 Pilar

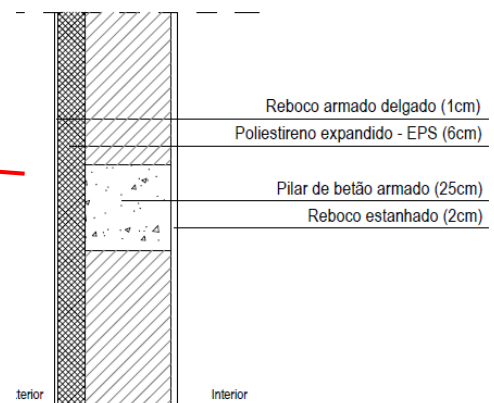


Figura 4-18 Pormenor ponte térmica pilares com vigas [26]

Sendo estes materiais não sustentáveis, adotou-se um pormenor cujos materiais não provocam impactes ambientais:

- Reboco armado
- Lã de cânhamo
- Pilar de betão
- Reboco leve

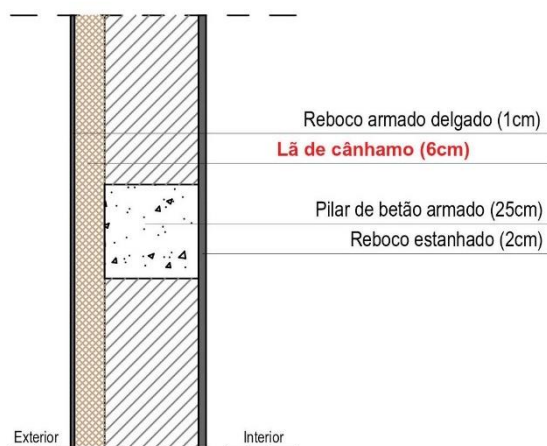


Figura 4-20 Solução proposta

Neste caso não houve muitas alterações, visto que, o reboco armado é um material cujo objetivo é reforçar o reboco e como tal, torna-se essencial mantê-lo. No que toca ao poliestireno expandido, este foi alterado para lâ de madeira, visto que, o XPS tem um método de fabrico bastante poluente e em caso de incêndio liberta gases tóxicos para a atmosfera, que são nocivos para o meio ambiente e conseqüentemente para a saúde humana [25].

Além destas alterações, foi substituída a lâ mineral por lâ de cânhamo, uma vez que, o cânhamo é uma matéria-prima renovável, que captura o CO₂ presentes na atmosfera durante o seu crescimento, além de que é reciclável e não liberta gases de efeito de estufa. Como tal, este material reduz os impactes ambientais e a energia incorporada, evitando a extração e a produção de novos materiais, assim como, a extração de matérias-primas [25].

Assim sendo para se ter de forma mais sucinta do que foi anteriormente descrito, na Tabela 10 irá se demonstrar as vantagens e desvantagens, assim como, as características técnicas dos materiais existentes nas pontes térmicas.

Tabela 4-11 Vantagens e desvantagens pontes térmicas planas – pilar [25], [26], [27], [28]

| Ponte Térmica Plana - Pilar | | |
|--|--|--|
| | | |
| Vantagens | Desvantagens | Características técnicas |
| <p>Contêm Cânhamo que é uma matéria-prima renovável e reciclável</p> | <p>A lã de cânhamo tem um preço mais elevado, além de que, é necessário mão-de-obra especializada;</p> | <p>Cânhamo condutibilidade térmica- 0,039 W/m. °C Resistência à difusão do vapor de água μ - 1 – 2 Classe de fogo - Classe E</p> <p>Reboco à base de cal Classe de reação ao fogo – Classe A1</p> |

Tal como nos pormenores anteriores, nas pontes térmicas fez-se também uma análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica. Assim sendo, também foram apresentados cálculos dos valores das resistências das várias camadas e do valor teórico do coeficiente global de transmissão térmica para a ponte térmica testada.

Tabela 4-12 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica [30], [28]

| | Materiais | Condutibilidade térmica – λ [W/(m . °C)] | Resistência Térmica R- [(m ² . °C) /W] | Resistência Térmica superficiais R- [(m ² . °C) /W] | Coeficiente de transmissão térmica total – U W/m ² .°C |
|------------------|------------------------|--|---|--|---|
| Ponte térmica | Reboco armado (1cm) | 1.3 | 0.0077 | Rsi=0.13 Rse=0.04 | U=0.605 W/m ² .°C |
| | EPS (6cm) | 0.045 | 1.333 | | |
| | Pilar de betão (25cm) | 2 | 0.125 | | |
| | Reboco estanhado (2cm) | 1.3 | 0.0154 | | |
| Solução proposta | Reboco armado (1cm) | 1.3 | 0.0077 | | U=0.539 W/m ² .°C |
| | Lã de cânhamo (6cm) | 0.039 | 1.538 | | |
| | Pilar de betão (25cm) | 2 | 0.125 | | |
| | Reboco estanhado (2cm) | 1.3 | 0.0154 | | |

Da comparação do valor teórico da ponte térmica original com o valor teórico da ponte térmica sustentável podemos referir que os dois valores têm uma boa aproximação, sendo o valor teórico da original de 0.605 W/m² °C e o valor teórico da sustentável de 0.539 W/m² °C, existindo uma diferença entre eles de 0,066 W/m² °C, que corresponde a uma variação de 17%. Logo, podemos concluir que, ao substituir a lã de cânhamo pelo EPS o valor do coeficiente de transmissão térmica pouco varia, e a ponte térmica além de ter um bom isolamento térmico torna-se mais sustentável.

Além da ponte térmica plana apresentada anteriormente, existe também a ponte térmica plana das caixas de estores que são envolvidas por betão armado, contendo um isolamento. Esta é composta pelos seguintes materiais:

- Estuque projetado
- Poliestireno Expandido Moldado

- Betão armado

PONTE TÉRMICA CAIXA DE ESTORES

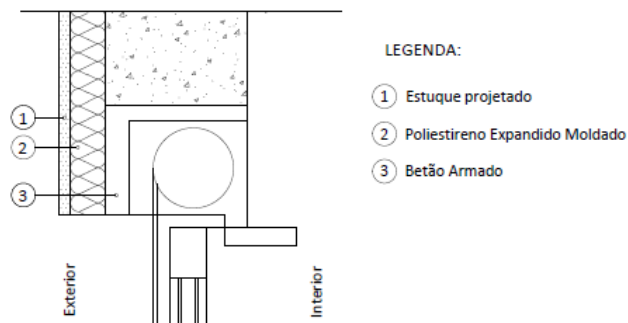


Figura 4-21 Pormenor ponte térmica caixa de estores [26]

Quando se refere à parede adotada, esta é composta pelos seguintes materiais:

- Estuque projetado
- Placa de cortiça
- Betão armado

PONTE TÉRMICA CAIXA DE ESTORES C/ MATERIAIS SUSTENTÁVEIS

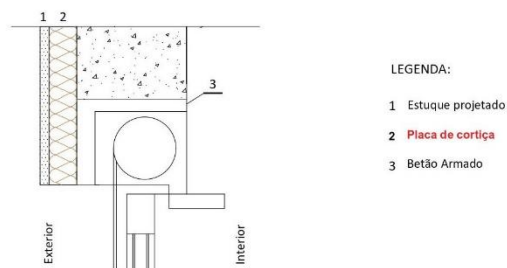


Figura 4-22 Solução proposta

Relativamente ao acabamento, o estuque projetado foi substituído pela madeira, uma vez que, esta se não conter químicos, como por exemplo vernizes, é um material que não liberta gases de efeito de estufa, é 100% natural, renovável, biodegradável e reutilizável, o que promove uma boa qualidade do ar interior dos edifícios, zelando pela saúde humana e ambiental, reduz os impactes ambientais e a energia incorporada e decompõe-se naturalmente evitando aterros [21].

Parede adotada tem como isolamento a cortiça, que além de ser natural e ecológica a sua produção é extremamente sustentável, visto que, na mesma é usada a resina do próprio material e a produção de grânulos de cortiça resulta da trituração dos subprodutos da produção de rolhas e discos e dos resíduos da cortiça, além de que tem uma baixa energia incorporada.

Assim sendo para se ter de forma mais sucinta o que foi anteriormente descrito, na Tabela 13 irá se demonstrar as vantagens e desvantagens, assim como, as características técnicas dos materiais existentes na caixa de estores.

Tabela 4-13 Vantagens e desvantagens caixa de estores [25], [26], [27], [28], [29]

| Ponte térmica caixa de estores | | |
|--|---|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>PONTE TÉRMICA CAIXA DE ESTORES</p> <p>LEGENDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> ① Estuque projetado ② Poliestireno Expandido Moldado ③ Betão Armado </div> <div style="text-align: center;"> <p>PONTE TÉRMICA CAIXA DE ESTORES C/ MATERIAIS SUSTENTÁVEIS</p> <p>LEGENDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Estuque projetado 2 Placa de cortiça 3 Betão Armado </div> </div> | | |
| Vantagens | Desvantagens | Características técnicas |
| <p>Contêm cortiça que é um material permeável, durável, com bom isolamento térmico, acústico e de vibrações e é uma solução 100 % vegetal.</p> | <p>Em relação à cortiça, esta tem um preço mais elevado, aproximadamente, 19,62€ por m² para uma espessura de 40 mm.</p> | <p>Cortiça: condutibilidade térmica - 0,040 W/mK Resistência à difusão do vapor de água μ - 7 – 14 Classe de fogo - Euroclasse E</p> |

Tal como nos pormenores anteriores, nas caixas de estore também foi necessário realizar uma análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica. Assim sendo, também foram apresentados cálculos dos valores das resistências das várias camadas e do valor teórico do coeficiente global de transmissão térmica para a cobertura testada.

Tabela 4-14 Análise quantitativa do coeficiente de transmissão térmica da caixa de estore [30], [28]

| | Materiais | Condutibilidade térmica – λ [W/(m . °C)] | Resistência Térmica R- [(m 2. °C) /W] | Resistência Térmica superficiais R- [(m ² . °C) /W] | Coeficiente de transmissão térmica total – U W/m ² .°C |
|------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|--|---|
| Caixa de estore | Estuque projetado (1cm) | 0.43 | 0.023 | | U=0.606 W/m ² .°C |
| | XPS (6cm) | 0.045 | 1.333 | | |
| | Betão armado(25cm) | 2 | 0.125 | | |
| Solução proposta | Estuque projetado (1cm) | 0.43 | 0.023 | Rsi=0.13 Rse=0.04 | U=0.606 W/m ² .°C |
| | Placa de cortiça (6cm) | 0.045 | 1.333 | | |
| | Betão armado(25cm) | 2 | 0.125 | | |

Da comparação do valor teórico da ponte térmica original com o valor teórico da ponte térmica sustentável podemos referir que os dois valores são iguais, o que quer dizer que, ao substituir o XPS pela cortiça não vai fazer com que o valor coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica se altere. Logo, a caixa de estore além de ter um bom isolamento térmico é sustentável.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Com aumento de impactes ambientais provocado pela indústria da construção, tem surgido uma crescente procura por soluções mais sustentáveis, tanto a nível de produção como energia produzida e gasta pelas mesmas. Devido a esta procura, surge então a necessidade de se avaliar estes materiais de forma a promover aqueles que desde a sua produção, ao seu transporte não provoquem impactes ambientais, ou seja, que a sua energia incorporada seja baixa, que não necessitam de extrair, constantemente, matérias-primas.

No trabalho desenvolvido, em ambiente empresarial, procurou-se demonstrar as tarefas realizadas durante o estágio, assim como, a elaboração do caso de estudo. No que toca às tarefas, foi possível executar traçados de redes de abastecimento de água, redes de águas prediais e redes de águas pluviais em diferentes tipos de projetos, desde moradias, a edifícios de habitação multifamiliares e comércio, a edifícios de eventos, dando assim a possibilidade de se aprender e perceber a realização desses projetos. No que se refere ao caso de estudo, procurou-se demonstrar a importância da adoção desses materiais sustentáveis no setor da construção com o intuito de promover uma construção refletida e sustentável que leva a uma diminuição de impactes ambientais, à resolução de problemas atuais como o excessivo consumo de recursos naturais e de energias provenientes de fontes não renováveis e os altos níveis de poluição ambiental.

Através de um caso de estudo, analisou-se os diversos parâmetros que tornam um material sustentável, como por exemplo, utilização de materiais que provêm de energias limpas e renováveis, com mínimas necessidades de ações de manutenção, que tenham baixa energia incorporada, que sejam renováveis e reutilizáveis. Esta análise teve como objetivo demonstrar, através deste estudo, que a implementação de medidas sustentáveis numa obra de construção civil pode conduzir a proveitos ambientais, económicos e sociais.

Assim sendo, com este trabalho foi possível chegar às seguintes conclusões :

- Que é possível encontrar no mercado soluções de substituição de isolamentos térmicos e materiais de acabamento

CAPÍTULO 5

- Que os materiais encontrados têm menor energia incorporada e a sua substituição não compromete o comportamento térmico
- Que a cortiça e mosaico hidráulico, geram custos mais acrescidos quando comparados com os materiais tradicionais, enquanto que o bambu e a lã de madeira, geram custos mais económicos.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O trabalho realizado pode ter um estudo mais aprofundado, visto que, ainda existem muitos materiais e muitas soluções que podem ser estudadas, nomeadamente, outras soluções ao nível da estrutura dos edifícios, em relação a outros materiais constituintes do edifício, como é o caso das tubagens, caixilharias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

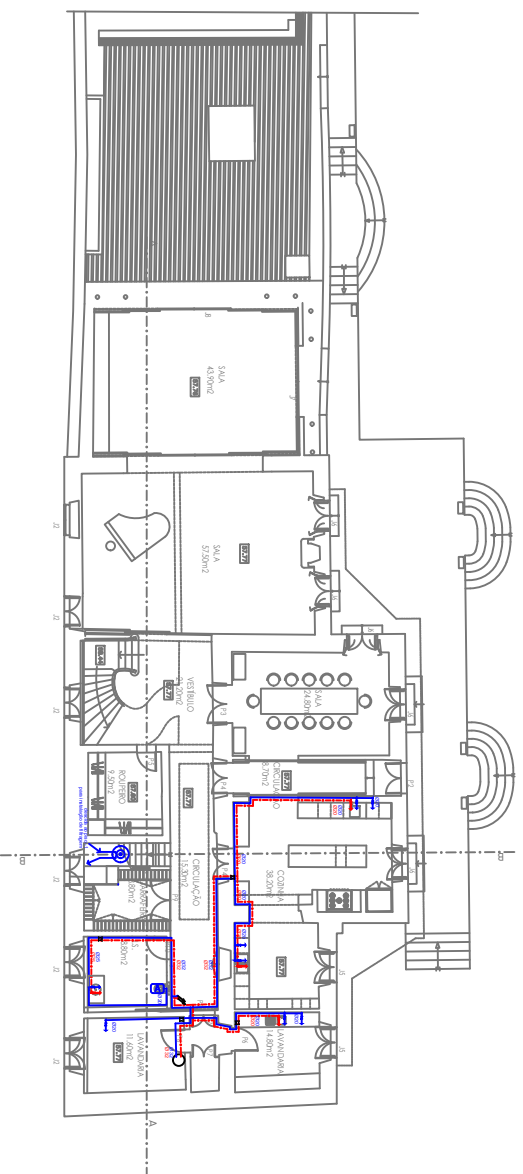
- [1] A. I. Carreiras, “Os materiais e a sustentabilidade,” 2015.
- [2] K. Figueiredo, R. Pierott , A. Haddad e A. . W. Hammad, “Building and Environment 196,” *Sustainable material choice for construction projects: A Life Cycle Sustainability Assessment framework based on BIM and Fuzzy-AHP*, 2021.
- [3] B. Aguiar, A. Camões, R. Fangueiro, R. Eires, S. Cunha e M. Kheradmand, *Materiais de Construção-Sustentáveis-Volume 1*, Universidade do Minho, 2014.
- [4] E. Fontão, “Apontamentos de apoio à UC de Construção Sustentável,” outubro 2019.
- [5] F. P.-T. a. S. Jalalib, “Toxicity of building materials: a key issue in sustainable construction,” vol. 1–7, 2011.
- [6] IARC, Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol.69, LYON: WHO, 1997.
- [7] A. a. S. D. Oppenhuizen, “Environmental Toxicology and Chemistry,” *Bioaccumulation and biotransformation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in fish.*, 1990.
- [8] P. R. F. M. d. S. Mateus, *Avaliação da Sustentabilidade da Construção*. Tese de Doutoramento, Braga: Universidade do Minho, 2009.
- [9] F. P. T. S. Jalali, *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*, Vila Verde: TecMinho, 2010.
- [10] L. P. Sampaio, *A sustentabilidade na reabilitação de um edifício habitacional – caso de estudo*, Porto: Universidade Fernando Pessoa, 2017.
- [11] A. D. D. O. PRIMO, *ESTUDO DA DURABILIDADE DE MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS*. Tese de Mestrado., Porto: Universidade do Porto, 2008.
- [12] M. O. SANTOS, *O Cânhamo como material de construção: Viabilidade e Oportunidade*. Tese de Mestrado., Porto: Universidade Fernando Pessoa, 2013.
- [13] F. e. J. S. Torgal, *Tendências para a Sustentabilidade dos Materiais de Construção*, 2008.

- [14] A. Própria, Esquema: Ciclo de vida dos materiais sustentáveis, 2021.
- [15] A. L. F. Alves, AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE COBERTURAS VERDES DE TIPOLOGIA EXTENSIVA EM LISBOA. Tese de Mestrado., Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2015.
- [16] S. F. B. D. S. SOARES, ESTRUTURAS EM BAMBU. Tese de Mestrado, Porto : Universidade do Porto, 2013.
- [17] P. J. E. Botão, Caso de estudo do impacto do uso do bambu na construção de habitações verdes nas comunidades afetadas pelo ciclone Idai em Moçambique. Tese de Mestrado., Lisboa: Universidade de Lisboa, 2020.
- [18] C. E. S. D. NASCIMENTO, Cortiça na Construção. Tese de Mestrado, Porto: ISEP, 2013.
- [19] R. Lu, A cortiça na construção. Tese de Mestrado, Lisboa: Universidade de Lisboa, 2014.
- [20] M. I. M. Vilela, A MADEIRA NA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÃO COLETIVA. Tese de Mestrado., Porto: FACULDADE DE COMUNICAÇÃO, ARTES, ARQUITETURA E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO, 2013.
- [21] L. E. M. M. MARQUES, O PAPEL DA MADEIRA NA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO. Tese de Mestrado, Porto: Universidade do Porto, 2008.
- [22] G. Maps. [Online].
- [23] A. Própria, Fotografias.
- [24] A. G. Delgado, Eco produtos para um construção sustentável, 2017.
- [25] F. M. F. SILVA, ESTUDO DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO INOVADORES. Tese de Mestrado, Porto: Universidade do Porto, 2013.
- [26] E. M. Moreira, Paredes tipo - documento AutoCad, 2021.
- [27] A. Própria, Pormenores - documento AutoCad, 2021.
- [28] P. d. Santos e L. Matias, "ITE50: Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios," LNEC, Lisboa, 2006.
- [29] A. C. I. S.A., "Tabela de preços Aglomerado de cortiça expandida," 2020.
- [30] A. R. d. E. e. A. d. R. A. d. Madeira, "CÁLCULO DA RESISTÊNCIA TÉRMICA DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO PARA EDIFÍCIOS," AREAM, Funchal.

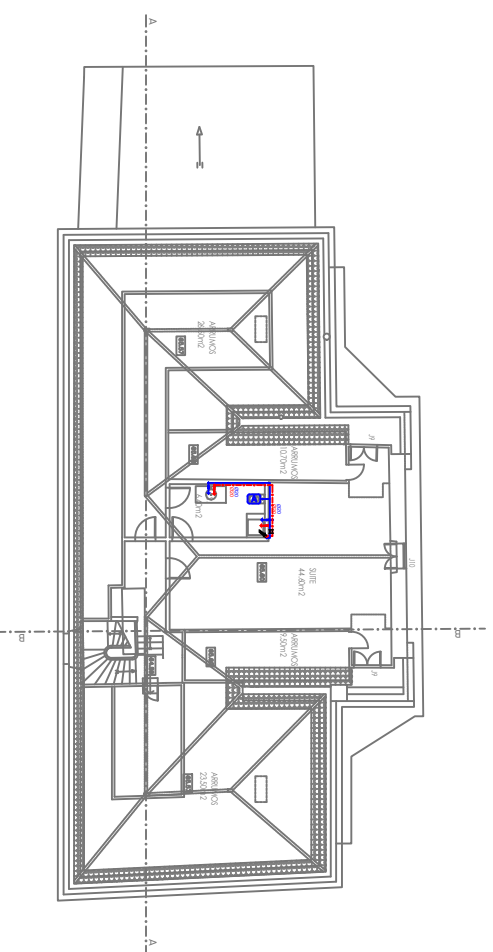
- [31] L. M. P. Guío, Compostos orgânicos voláteis em tintas. Tese de Mestrado., 2013.
- [32] [Online]. [Acedido em 10 junho 2021].
- [33] A. Rodrigo d'Oliveira Santos Gonçalves Bastos, MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA do Lote 47B, Urbanização Encosta da Ferrara, 2019.
- [34] A. I. Nalon, Madeira de demolição, 2017.
- [35] M. M. Monteiro, Caracterização de Argamassas com Incorporação de Resíduos de Casca e Palha de Arroz. Tese de Mestrado, Coimbra: Universidade de Coimbra, 2015.
- [36] A. c. insulation, "AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA," Amorim, [Online]. Available: <https://www.amorimcorkinsulation.com/produtos/>. [Acedido em 30 março 2021].
- [37] "ECOCORK LIME," março 2019. [Online]. Available: <https://www.seciltek.com/produtos/ecocork/ecocork-lime/>. [Acedido em 30 março 2021].
- [38] "Rebocos de Cal," 2013. [Online]. Available: <https://obras-de-terra4.webnode.pt/tecnicas/rebocos/>. [Acedido em 30 março 2021].
- [39] "MOSO Bamboo X-treme," 2021. [Online]. Available: https://www.moso-bamboo.com/?lang_selected=true. [Acedido em 30 março 2021].
- [40] "ARQUITETURA E ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO LSF," [Online]. Available: <http://maximizalote.pt/sample-page/>. [Acedido em 5 abril 2021].
- [41] "Light Steel Framing," Metawise, [Online]. Available: <https://metawise.pt/light-steel-framing/>. [Acedido em 5 abril 2021].
- [42] "Limitações do LSF," [Online]. Available: <http://www.futureeng.pt/limitacoes-do-lsf>. [Acedido em 5 abril 2021].
- [43] "Life Cycle Assessment (LCA) - Complete Beginner's Guide," 2020. [Online]. Available: <https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-lca-guide/>. [Acedido em 05 maio 2021].
- [44] P. Machado, MOSO - Catalgo Técnico Bamboo x treme.
- [45] "ISOHEMP," ArchiExpo, 2021. [Online]. Available: <https://www.archiexpo.com/pt/prod/iso hemp/product-148757-1793311.html>. [Acedido em 01 junho 2021].

- [46] L. A. F. Bauer, *Materiais de construção: Novos materiais para construção civil*, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994.
- [47] L. INFINITECH, LOGÓTIPO.
- [48] S. S. d. M. d. M. Lda, “LADRILHO HIDRÁULICO MONOMASSA HIDRALSTONE 400x400x20 mm,” [Online]. Available: <https://www.somor.pt/HIDRALSTONE%20CERTIFICADO%20CE.pdf>.
- [49] C. Engenheiros, “Mosaico hidráulico,” [Online]. Available: http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Revestimentos/Pavimentos/Marmorite/Pavimento_com_revestimento_hidraulico.html.
- [50] A. Própria, *Abastecimento de água- AutoCad*, 2021.
- [51] E. Moreira, *Águas Residuais-AutoCad*, 2021.
- [52] SANITOP, “Sanitop,” [Online]. Available: <https://www.sanitop.pt/tubo-ppr-pn-20-110x18-54-vara-4mvesbo-nt>.
- [53] P. e. Cruz, “Pinto e Cruz - Tubagens e sistemas,” [Online]. Available: <https://tubagens.pintocruz.pt/pt/loja/26947-tubo-pead-vara-detail.html>.
- [54] A. F. B. Valério, *Materiais para uma construção sustentável: o caso da cortiça*. Tese de Mestrado., Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2014.
- [55] L. C. F. Barbosa, *Controlo de Qualidade em Caixilharias de Alumínio*. Tese de Mestrado., Aveiro: Universidade de Aveiro, 2010.
- [56] R. M. G. Eires, *MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL*. Tese de Mestrado, Coimbra: Universidade de Coimbra, 2004.
- [57] A. d. S. Ferreira, *Reaproveitamento de Materiais em Grandes Obras de Reabilitação*. Tese de Mestrado, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2010.
- [N. Hrebynyuk, *Reciclagem e Reutilização de Matérias Plásticas em Portugal: passado, presente e futuro numa visão global*. Tese de Mestrado., Évora: Universidade de Évora, 2010.
- ξ
-]

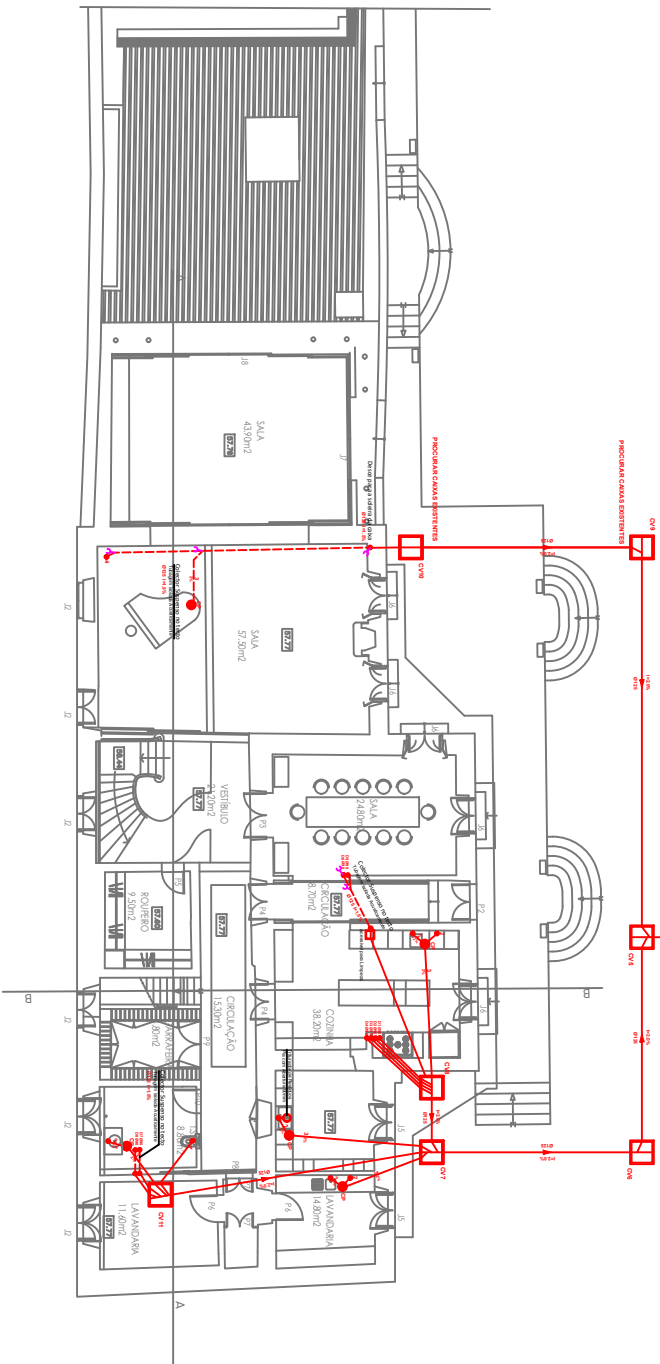
**ANEXO 1 – REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, REDE DE ÁGUAS
RESIDUAIS, REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS**



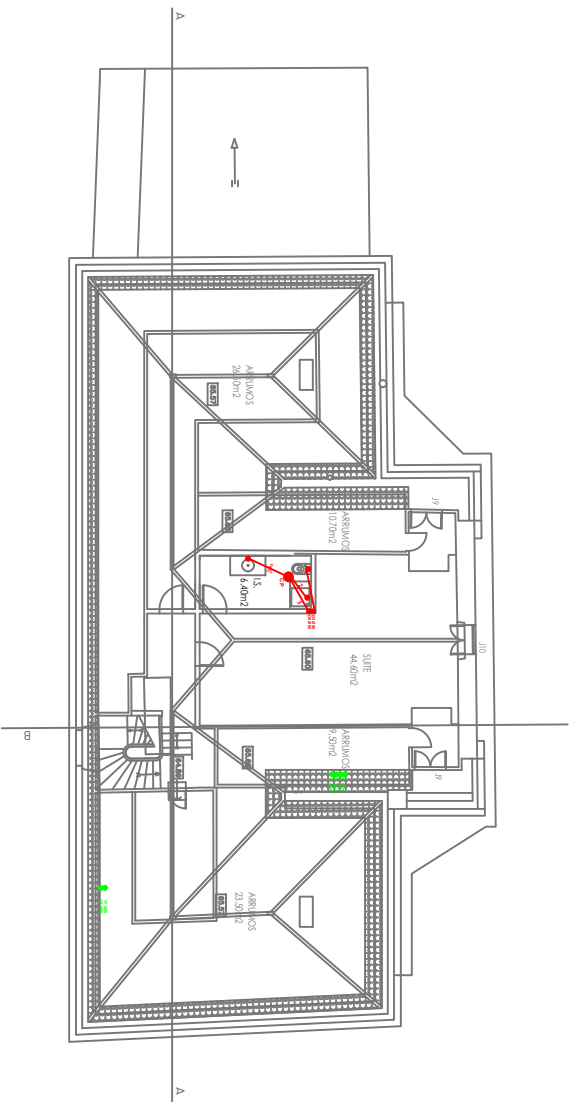
Rede de abastecimento de água - piso 0



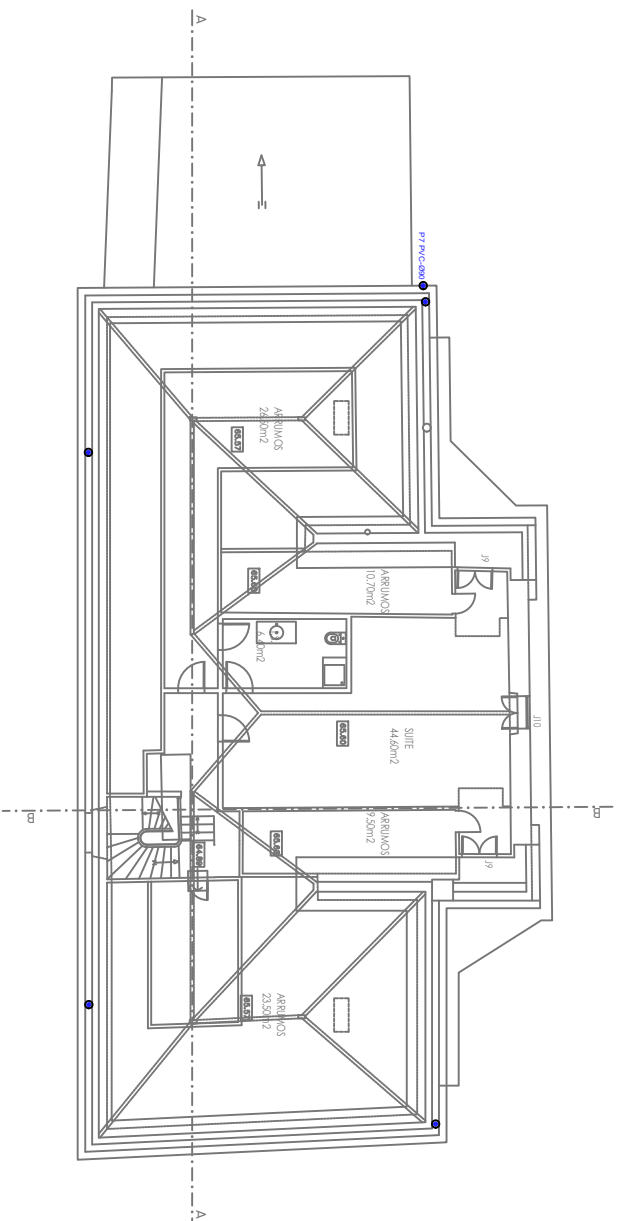
Rede de abastecimento de água - piso 2



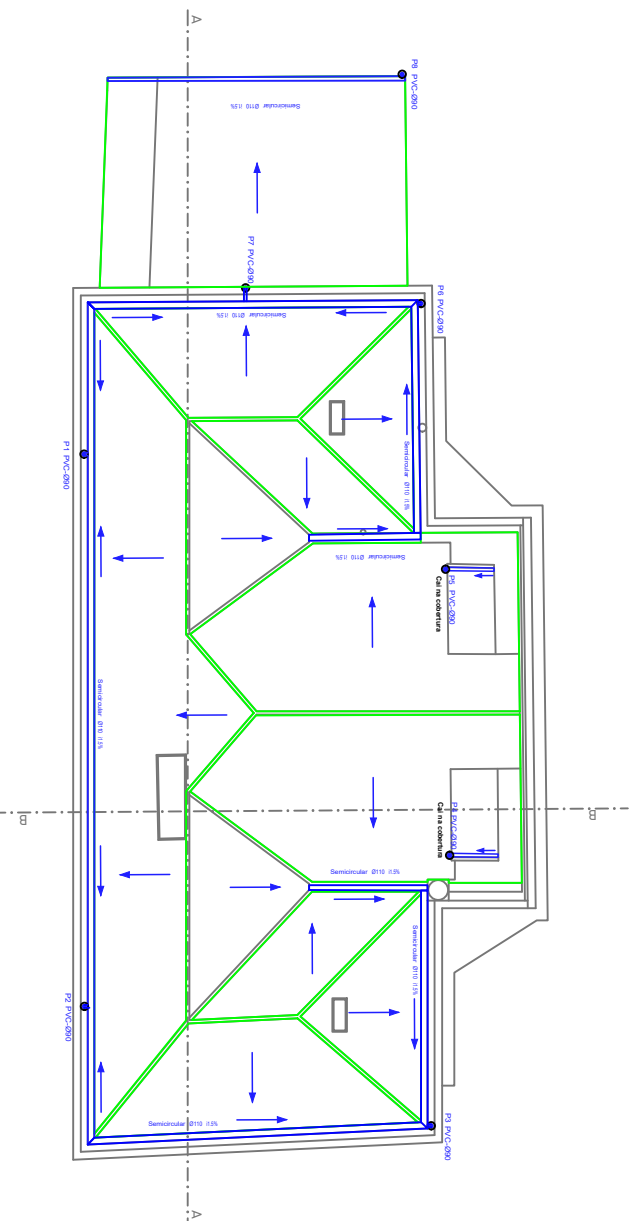
Rede de águas residuais- piso 0



Rede de águas residuais- piso 2



Rede de águas residuais - piso 2



Rede de águas residuais - Cobertura