

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Sustentabilidade de Soluções de Revestimento de Piso. Proposta de Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos.

Ricardo Jorge Ferreira Costa

M

2021



SUSTENTABILIDADE DE SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO DE PISO

Proposta de Indicadores Ambientais,
Funcionais e Económicos

RICARDO JORGE FERREIRA COSTA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES



Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JUNHO DE 2021

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2020/2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021*.

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

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

A meus Pais, Namorada, Família e Amigos

“The engineer has been, and is, a maker of history.”

James Kip Finch

AGRADECIMENTOS

É das últimas e das mais curtas, contudo, das mais difíceis de escrever pela emoção de estar a fechar um ciclo que vai deixar saudades. Assim, resta-me agradecer, neste curto espaço, às diversas pessoas que contribuíram de uma maneira ou de outra para a realização desta dissertação.

Aos meus pais, e ao resto da minha família, por todo o apoio e conselhos ao longo desta caminhada e pela confiança depositada em mim.

À minha namorada, Mariana, por acreditar em mim, pelo carinho, apoio e motivação e por ter-me feito acreditar que eu conseguia nos momentos mais difíceis. Agradecer, ainda, o seu empenho na revisão desta dissertação.

Um agradecimento especial à Doutora Maria Helena Corvacho, por todo o apoio, orientação, sugestões, conselhos e disponibilidade total ao longo da elaboração da dissertação.

À Carolina, pelo tempo despendido na revisão desta dissertação.

Aos meus amigos, pelo bom ambiente proporcionado ao longo destes anos e pela ajuda nas mais diversas ocasiões.

À FEUP e a todos os professores que partilharam o seu conhecimento e experiência, que contribuíram para o meu crescimento.

Agradeço a todas as pessoas que, de uma maneira ou de outra ajudaram-me, a ultrapassar as dificuldades e a percorrer este caminho académico até à finalização desta dissertação.

A todos, um muito obrigado!

RESUMO

Vivemos tempos difíceis, onde a preocupação ambiental é um dado adquirido. É necessário adotar comportamentos mais sustentáveis para obtermos resultados no combate a este problema que todos nós ajudamos a criar. É comum ouvirmos a palavra sustentabilidade, mas afinal o que podemos mudar para fazermos parte deste movimento?

O setor da construção surge como um dos piores exemplos neste sentido, altamente poluente, ineficaz nos seus processos devido à sua alta criação de resíduos e à pouca reutilização dos mesmos. Neste sentido, a sustentabilidade surge como um dos maiores desafios para a indústria da construção, que teve a necessidade de se reinventar, de otimizar processos e, sobretudo, de criar metodologias que ajudassem na escolha de soluções para o parque habitacional. Deste modo, foram criados diversos métodos de avaliação da sustentabilidade na construção, com vista à definição de princípios sustentáveis para o desenvolvimento da construção.

Estes são instrumentos fundamentais que permitem avaliar o nível de sustentabilidade de um edifício como um todo, ou de uma solução construtiva, sendo o fator-chave desta dissertação. A escolha de materiais é um processo delicado, que envolve um enorme número de fatores a ponderar. Assim, através do Método de Avaliação Relativa da Sustentabilidade na Construção (MARS), procura-se avaliar diversas soluções de revestimento de piso, estabelecendo diversas comparações em função do local onde vai ser usado, nas diversas divisões de uma habitação.

Para a aplicação do método foi necessário um levantamento de dados exaustivo, de modo a propor indicadores nos três pilares da sustentabilidade. Assim, a nível ambiental foram consultadas diversas Declarações Ambientais de Produto (DAP), com o objetivo de extrair informação acerca dos impactos ambientais. Relativamente aos parâmetros funcionais, foram obtidos através da ficha técnica de cada produto. Por último, os dados económicos foram recolhidos em lojas *online* e, também, em bases de dados.

A presente dissertação permitiu verificar que os resultados são altamente dependentes dos indicadores escolhidos e da ponderação dos diversos indicadores e das dimensões da sustentabilidade. Ao ser analisada como um todo, a solução construtiva inclui todos os produtos indispensáveis para a sua instalação. Determinadas combinações, com produtos diferentes, podem ser determinantes e piorar as soluções-base do revestimento em estudo. Algumas soluções podem necessitar de produtos especiais, de forma a melhorar o seu comportamento funcional. Contudo, estes produtos podem ter um desempenho ambiental aquém e, assim, prejudicar o nível de sustentabilidade global da solução.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Indicadores de Sustentabilidade; Construção Sustentável; Revestimentos de Piso, MARS.

ABSTRACT

We live in challenging times, where the environmental concern is a given problem. It is necessary to adopt more sustainable behaviours in order to obtain results in the fight against this problem that we all help to create. It is common to hear the word sustainability, but after all, what can we change to be part of this movement?

The construction sector is one of the worst examples in this sense, highly polluting, ineffective in its processes due to its high production of waste and little reuse. In this sense, sustainability emerges as one of the biggest challenges for the construction industry, which needs to reinvent itself, optimize processes and, above all, create methodologies that will help choose solutions for the housing stock. In this way, several methods for assessing sustainability in construction were made available, defining sustainable principles for construction development.

These are fundamental instruments that make it possible to assess the level of sustainability of a building or of a construction solution, which is the key factor in this dissertation. The choice of materials is a delicate process, which involves a considerable number of factors to account for. Thus, the Method of Relative Assessment of Sustainability in Construction (MARS) was used to evaluate numerous floor coverings solutions, establishing different comparisons depending on the place where it will be used, in the various rooms of a house.

For the application of the method, in-depth survey data was crucial to propose indicators in the three pillars of sustainability. Therefore, at the environmental level, several Environmental Product Declaration (EPD) were consulted, with the goal of extracting information about environmental impacts. Regarding the functional parameters, they were obtained through the technical data sheet of each product. Finally, the economic data was collected in online stores and in databases as well.

This dissertation allowed to find that the results are highly dependent on the chosen indicators and the weighting of the various indicators and the dimensions of sustainability. When analyzed as a whole, the construction solution includes all the indispensable products for its installation. Certain combinations with different products can be critical and worsen the base solutions results. A few solutions may require special products in order to increase their functional behaviours. However, if these products have a weak environmental performance, they can compromise the solution's global sustainability.

KEYWORDS: Sustainability, Sustainability Indicators; Sustainable Construction; Floor Coverings, MARS.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. METODOLOGIA	2
1.4. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO	2
 2. ESTADO DE ARTE	3
2.1. ENQUADRAMENTO DA SUSTENTABILIDADE	3
2.2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	3
2.3. OS TRÊS PILARES DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	5
2.3.1. INTRODUÇÃO	5
2.3.2. AMBIENTAL	6
2.3.4. FUNCIONAL	6
2.3.3. ECONÓMICO	6
2.4. ACV – AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	6
2.5. DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO – DAP	8
2.5.1. DEFINIÇÃO	8
2.5.2. REALIDADE NACIONAL	9
2.5.3. REALIDADE INTERNACIONAL	10
2.5.4. FONTES UTILIZADAS	10
2.6. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE	12
2.6.1. LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN – LEED	12
2.6.2. BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ASSESSMENT METHOD – BREEAM	14
2.6.3. LIDERAR PELO AMBIENTE – LIDERA	15
2.6.4. SUSTAINABLE BUILDINGS TOOL – SBTOOL	16
2.6.5. COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDINGS ENVIRONMENTAL EFFICIENCY – CASBEE 17	
2.6.6. HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE – HQE	18
2.6.7. ALTA QUALIDADE AMBIENTAL – AQUA	19

2.7. MÉTODO MARS – MÉTODO DA AVALIAÇÃO RELATIVA DA SUSTENTABILIDADE	20
2.7.1. ENQUADRAMENTO DO MÉTODO	20
2.7.2. FUNCIONAMENTO DO MÉTODO	20
2.7.2.1. Definição de Parâmetros	21
2.7.2.2. Quantificação dos Parâmetros	21
2.7.2.3. Normalização dos Parâmetros	21
2.7.2.4. Agregação dos Parâmetros	21
2.7.2.5. Nível de Sustentabilidade	23
2.7.2.6. Perfil Sustentável	23
2.7.3. PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS	24
2.8. OUTROS ESTUDOS RELEVANTES	24
2.9. CONCLUSÕES DOS MÉTODOS ANALISADOS	25
3. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	27
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	27
3.2. DIVISÃO DO OBJETO DE ESTUDO	29
3.2.1. MOTIVO	29
3.2.2. CLASSIFICAÇÃO UPEC	29
3.2.2.1. Definição	29
3.2.2.2. Explicação da Classificação	30
3.2.2.3. Classificação UPEC dos Revestimentos Adotados	30
3.3. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS	32
3.3.1. LAMINADOS	33
3.3.2. SOALHOS	34
3.3.3. PARQUET	36
3.3.4. CORTIÇA	37
3.3.5. VINÍLICOS	38
3.4. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO	39
3.4.1. LADRILHOS CERÂMICOS	40
3.4.2. MÁRMORES	41
3.4.3. LADRILHOS HIDRÁULICOS	42
3.4.4. CALCÁRIOS	43
3.4.5. GRANITOS	44
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO	47
4.1. METODOLOGIA / PRESSUPOSTOS	47
4.2. INDICADORES AMBIENTAIS	49
4.2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	49
4.2.2. POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL – PAG	50
4.2.3. ENERGIA NÃO RENOVÁVEL – ENR	50
4.2.4. RÁCIO DE ENERGIA RENOVÁVEL – %ER	51
4.3. INDICADORES FUNCIONAIS – COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS	51
4.3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	51
4.3.2. RESISTÊNCIA AO DESLIZAMENTO – μ	52
4.3.3. RESISTÊNCIA À ABRASÃO – RABR	53
4.3.4. REDUÇÃO DO IMPACTO SONORO – ΔLW	54
4.3.5. RESISTÊNCIA TÉRMICA – R_T	54
4.3.6. DENSIDADE – DENS	54
4.3.7. REAÇÃO AO FOGO – FG	55
4.3.8. DUREZA DE <i>BRINELL</i> – DURB	55
4.3.9. TOLERÂNCIA DIMENSIONAL DA ESPESSURA – $\Delta ESPE$	56
4.3.10. ESTABILIDADE DIMENSIONAL – EDIM	56
4.3.11. MOSSA APÓS CARGA CONSTANTE – MRES	56
4.3.12. ESPESSURA DA CAMADA DE DESGASTE – EDESG	57
4.4. INDICADORES FUNCIONAIS – COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO	58
4.4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	58
4.4.2. RETILINEARIDADE DOS LADOS – RET	58
4.4.3. MÓDULO DE RUTURA – MR	59
4.4.4. DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR – DTL	59
4.4.5. RESISTÊNCIA À FLEXÃO COM CARGA CENTRADA – RFC	60
4.4.6. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO – RC	60
4.4.7. RESISTÊNCIA À ABRASÃO SUPERFICIAL – RAS	61
4.4.8. TOLERÂNCIA DIMENSIONAL: ESPESSURA – ΔESP	61
4.4.9. CARGA DE RUTURA – CR	61
4.4.10. RESISTÊNCIA À FLEXÃO – RF	62
4.5. INDICADORES FUNCIONAIS – COMPARAÇÃO LOCAL E GLOBAL	63
4.5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	63
4.5.2. COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS	63
4.5.3. COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO	63

4.5.4. COMPARAÇÃO GLOBAL	64
4.6. INDICADORES ECONÓMICOS	64
4.6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	64
4.6.2. CUSTO DE COMPRA – CC	65
4.6.3. CUSTO DE INSTALAÇÃO – CI.....	65
4.6.4. CUSTO DE MANUTENÇÃO – CM	66
4.7. INDICADORES – COLAS E OPCIONAIS	68
4.7.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	68
4.7.2. INDICADORES	68
4.8. PONDERAÇÕES	68
4.8.1. INDICADORES AMBIENTAIS.....	68
4.8.2. INDICADORES FUNCIONAIS	69
4.8.3. INDICADORES ECONÓMICOS	69
4.8.4. GLOBAL.....	70
 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	 71
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	71
5.2. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS	73
5.2.1. LAMINADOS	73
5.2.2. SOALHOS	75
5.2.3. PARQUET	77
5.2.4. CORTIÇAS	79
5.2.5. VINÍLICOS	81
5.2.6. COMPARAÇÃO DAS MELHORES ALTERNATIVAS DE CADA TIPO.....	83
5.3. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO	85
5.3.1. LADRILHOS CERÂMICOS	85
5.3.2. MÁRMORES	87
5.3.3. LADRILHOS HIDRÁULICOS	89
5.3.4. CALCÁRIOS.....	91
5.3.5. GRANITOS	93
5.3.6. COMPARAÇÃO DAS MELHORES ALTERNATIVAS DE CADA TIPO.....	95
5.4. COMPARAÇÃO GLOBAL DO NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE DOS REVESTIMENTOS	97
5.5. COMPARAÇÃO DOS PRODUTOS DE COLAGEM	99
5.5.1. COLAS	99
5.5.2. CIMENTOS COLA.....	101

5.5.3. CIMENTOS-COLA FLEXÍVEIS	103
5.6. OPCIONAIS – O CASO DOS REPELENTES DE ÁGUA.....	105

6. CONCLUSÃO 107

6.1. CONCLUSÕES FINAIS.....	107
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	108

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
---------------------------------	-----

ANEXO 1 – IMPACTOS AMBIENTAIS	A1-1
ANEXO 2 – IMPACTOS ECONÓMICOS	A2-1
ANEXO 3 – IMPACTOS FUNCIONAIS – COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS	A3-1
ANEXO 4 – IMPACTOS FUNCIONAIS – COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO	A4-1
ANEXO 5 – RESULTADOS – COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS	A5-1
ANEXO 6 – RESULTADOS – COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO	A6-1
ANEXO 7 – RESULTADOS – COMPARAÇÃO GLOBAL	A7-1
ANEXO 8 – RESULTADOS – PRODUTOS DE COLAGEM.....	A8-1
ANEXO 9 – RESULTADOS – REPELENTES DE ÁGUA	A9-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 - Tendências da construção sustentável [3].....	4
Fig. 2.2 - Ciclo de vida de um edifício [6].	5
Fig. 2.3 - ACV de um produto [7].....	7
Fig. 2.4 - Exemplo de um material no programa <i>SimaPRO</i> [10].....	7
Fig. 2.5 - Exemplo de uma DAP nacional [13].	9
Fig. 2.6 - Logótipo do <i>DAPHabitat</i> [16].	10
Fig. 2.7 - Logótipo da <i>GlobalEPD</i> , em conjunto com a AENOR [17].....	11
Fig. 2.8 - Logótipo do programa <i>Environdéc</i> [18].....	11
Fig. 2.9 - Logótipo do programa <i>EcoPlatform</i> [19].	11
Fig. 2.10 - Logótipo do programa <i>Dapcons</i> [20].....	12
Fig. 2.11 - Logótipo <i>Ibu-epd</i> [21].	12
Fig. 2.12 - Temas do método LEED [23].....	13
Fig. 2.13 - Selos do sistema LEED [24].	14
Fig. 2.14 - Categorias BREEAM [25].	14
Fig. 2.15 - Áreas do método LiderA [26].	15
Fig. 2.16 - Níveis de desempenho do método LiderA desenvolvido em Portugal [26].....	16
Fig. 2.17 - Selo do metodologia SBTool [27].	17
Fig. 2.18 - Selo do CASBEEE [28].	17
Fig. 2.19 - Áreas do método HQE [29].....	18
Fig. 2.20 - Selo do método HQE [30].	19
Fig. 2.21 - Selo do certificado AQUA [32].	19
Fig. 2.22 - Etapas do método MARS.	20
Fig. 2.23 - À esquerda, uma solução mais sustentável que a solução de referência e à direita, uma solução menos sustentável que a de referência [33].....	24
Fig. 3.1 - Alcatifa de materiais reciclados [46].	28
Fig. 3.2 - Azulejos produzidos a partir de resíduos industriais [47].	28
Fig. 3.3 - Diferentes espessuras e tipos de acabamentos finais, influenciam os impactos e os parâmetros funcionais [48].	29
Fig. 3.4 - Símbolo da classificação UPEC [49].	30
Fig. 3.5 - Exemplo de uma ficha técnica de um produto onde estava disponível a classificação UPEC (Adaptado) [51].....	30
Fig. 3.6 - Exemplo da adequabilidade de um produto para revestimento de piso [53].....	31

Fig. 3.7 - Estrutura de um laminado [55].	33
Fig. 3.8 - Processo de instalação de um laminado [56].	33
Fig. 3.9 - Exemplo de um pavimento laminado [57].	34
Fig. 3.10 - Exemplo de um soalho [58].	35
Fig. 3.11 - Exemplo de uma aplicação de parquet [59].	36
Fig. 3.12 - Exemplo de um pavimento de cortiça [60].	37
Fig. 3.13 - Estrutura de um pavimento vinílico [62].	38
Fig. 3.14 - Diferentes tipos de instalação dos pisos vinílicos [63].	38
Fig. 3.15 - Exemplo de grés porcelânico utilizado [64].	40
Fig. 3.16 - Exemplo de um revestimento de mármore utilizada [67].	41
Fig. 3.17 - Produção de um ladrilho hidráulico [68].	42
Fig. 3.18 - Exemplo de um ladrilho hidráulico [69].	43
Fig. 3.19 - Exemplo de revestimento de calcário moleano [71].	44
Fig. 3.20 - Exemplo de um revestimento de mármore [74].	45
Fig. 4.1 - Excerto da informação recolhida sobre os impactos ambientais de dois tipos de materiais distintos.	47
Fig. 4.2 - Parâmetros possíveis de extrair em declaração ambiental (Adaptado de DAP) [78].	49
Fig. 4.3 - Diferentes parâmetros presentes nas fichas técnicas de revestimentos de piso para salas e quartos (Adaptado) [79].	51
Fig. 4.4 - Diferenças entre os diversos métodos de determinação da resistência ao deslizamento [80].	52
Fig. 4.5 - Máquina <i>Taber</i> [83].	53
Fig. 4.6 - Exemplo do impacto sonoro em um revestimento [84].	54
Fig. 4.7 - Classes de exposição ao fogo [91].	55
Fig. 4.8 - Exemplo de um ensaio do método de <i>Brinell</i> [93].	56
Fig. 4.9 - Representação do ensaio de determinação da mocha de indentação residual (h) [97].	57
Fig. 4.10 - Composição de um pavimento vinílico [99].	57
Fig. 4.11 - Exemplos de parâmetros técnicos disponíveis nas fichas técnicas de revestimentos apropriados para locais de serviço (Adaptado) [100].	58
Fig. 4.12 - Demonstração da retilinearidade dos lados negativa e positiva [101].	58
Fig. 4.13 - Máquina usada no ensaio para obter o módulo de rutura [103].	59
Fig. 4.14 - Ensaio de determinação do coeficiente de dilatação térmica linear [104].	59
Fig. 4.15 - Exemplo de um ensaio para o cálculo da resistência à flexão [106].	60
Fig. 4.16 - Ensaio de compressão [104].	60
Fig. 4.17 - Ensaio da abrasão superficial [109].	61

Fig. 4.18 - Esquema de um ensaio para determinar a carga de rutura [102].	62
Fig. 4.19 - Exemplo de um ensaio de flexão [111].	62
Fig. 4.20 - ACV de um produto [113].	64
Fig. 4.21 - Opções referentes ao tipo de instalação [114].	65
Fig. 4.22 - Exemplo dos custos a considerar na instalação de um mármore [114].	66
Fig. 4.23 - Exemplo de um valor de manutenção retirado a partir do gerador de preços [114].	67
Fig. 4.24 - Exemplo de seleção da tipologia de um mármore no gerador de preços [114].	67
Fig. 5.1 - Gráficos radar de todas as soluções dos laminados. Solução de referência (Laminado 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.	74
Fig. 5.2 - Gráficos radar de todas as soluções dos soalhos. Solução de referência (Soalho 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.	76
Fig. 5.3 - Gráficos radar de todas as soluções dos pavimentos de parquet. Solução de referência (Parquet 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.	78
Fig. 5.4 - Gráficos radar de todas as soluções dos pavimentos de cortiça. Solução de referência (Cortiça 4) em linha e as restantes soluções preenchidas.	80
Fig. 5.5 - Gráficos radar de todas as soluções dos pavimentos vinílicos. Solução de referência (Vinílico 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.	82
Fig. 5.6 - Gráficos radar de todas as soluções dos revestimentos para as salas e quartos. Solução de referência (Vinílico 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.	84
Fig. 5.7 - Gráficos radar de todas as soluções dos ladrilhos cerâmicos. Solução de referência (Cerâmico 1) em linha e as restantes soluções preenchidas.	86
Fig. 5.8 - Gráficos radar de todas as soluções de revestimentos de mármore. Solução de referência (Mármore 4) em linha e as restantes soluções preenchidas.	88
Fig. 5.9 - Gráficos radar de todas as soluções das ladrilhos hidráulicos. Solução de referência (LH 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.	90
Fig. 5.10 - Gráficos radar de todas as soluções dos revestimentos de calcário. Solução de referência (Calcário 1) em linha e as restantes soluções preenchidas.	92
Fig. 5.11 - Gráficos radar de todas as soluções de revestimentos de granito. Solução de referência (Granito 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.	94
Fig. 5.12 - Gráficos radar de todas as soluções dos revestimentos para os compartimentos de serviço. Solução de referência (Calcário 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.	96
Fig. 5.13 - Gráficos radar de todas as soluções de produtos de colagem. Solução de referência (Cola 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.	100
Fig. 5.14 - Gráficos radar de todas as soluções de cimentos cola. Solução de referência (Cimento Cola 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.	102
Fig. 5.15 - Gráficos radar de todas as soluções de cimentos cola flexíveis. Solução de referência (Cimento Cola Flexível 1) em linha e as restantes soluções preenchidas.	104

Fig. 5.16 - Gráficos radar de todas as soluções repelentes de água. Solução de referência (Repelente de Água 4) em linha e as restantes soluções preenchidas. 106

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Classificação do sistema <i>LEED</i> .	13
Quadro 2.2 - Classificação do método BREEAM.	15
Quadro 2.3 - Classificação do sistema LiderA.	16
Quadro 2.4 - Classificações HQE NF residencial.	19
Quadro 2.5 - Exemplo de alguns indicadores possíveis e as respetivas ponderações.	22
Quadro 2.6 - Exemplo de uma ponderação global para as três dimensões da sustentabilidade.	23
Quadro 3.1 - Classificação UPEC [50].	30
Quadro 3.2 - Classificação UPEC de alguns revestimentos do objeto de estudo.	31
Quadro 3.3 - Breve resumo de todos os revestimentos destinados aos compartimentos principais.	32
Quadro 3.4 - Breve resumo de todos os revestimentos destinados aos compartimentos de serviço.	39
Quadro 4.1 - Correspondência das classes de fogo a uma pontuação para proceder à respetiva normalização.	55
Quadro 4.2 - Distribuição dos pesos para os respetivos indicadores ambientais.	69
Quadro 4.3 - Distribuição dos pesos para os respetivos indicadores funcionais dos laminados.	69
Quadro 4.4 - Distribuição dos pesos para os respetivos indicadores económicos.	70
Quadro 4.5 - Pesos globais das dimensões da sustentabilidade.	70
Quadro 4.6 - Pesos relativos para a vertente ambiental e económica, nos casos em que são comparadas apenas as vertentes ambiental e económica.	70
Quadro 5.1 - Legenda dos indicadores ambientais e económicos.	71
Quadro 5.2 - Valores base dos indicadores escolhidos para os laminados.	73
Quadro 5.3 - Indicadores normalizados de todas as soluções nos laminados.	73
Quadro 5.4 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos laminados.	73
Quadro 5.5 - Valores base dos indicadores escolhidos para os soalhos.	75
Quadro 5.6 - Indicadores normalizados de todas as soluções nos soalhos.	75
Quadro 5.7 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos soalhos.	75
Quadro 5.8 - Valores base dos indicadores escolhidos para os pavimentos de parquet.	77
Quadro 5.9 - Indicadores normalizados de todas as soluções nos pavimentos de parquet.	77
Quadro 5.10 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos pavimentos de parquet.	77
Quadro 5.11 - Valores base dos indicadores escolhidos para os pavimentos de cortiça.	79
Quadro 5.12 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos pavimentos de cortiça.	79
Quadro 5.13 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos pavimentos de cortiça.	79

Quadro 5.14 - Valores base dos indicadores escolhidos para os pavimentos vinílicos.	81
Quadro 5.15 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos pavimentos vinílicos.....	81
Quadro 5.16 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos pavimentos vinílicos.....	81
Quadro 5.17 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos salas e quartos.	83
Quadro 5.18 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos salas e quartos... 83	
Quadro 5.19 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos salas e quartos.	83
Quadro 5.20 - Valores base dos indicadores escolhidos para os ladrilhos cerâmicos.....	85
Quadro 5.21 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos ladrilhos cerâmicos.	85
Quadro 5.22 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos ladrilhos cerâmicos.	85
Quadro 5.23 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos de mármore.	87
Quadro 5.24 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos de mármore.	87
Quadro 5.25 - Desempenho de cada dimensão e nível de desempenho (NS).	87
Quadro 5.26 - Valores base dos indicadores escolhidos para os ladrilhos hidráulicos.....	89
Quadro 5.27 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos ladrilhos hidráulicos.	89
Quadro 5.28 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos ladrilhos hidráulicos.	89
Quadro 5.29 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos de calcário.	91
Quadro 5.30 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos de calcário.	91
Quadro 5.31 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos de calcário.	91
Quadro 5.32 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos de granito.....	93
Quadro 5.33 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos de granito.	93
Quadro 5.34 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos de granito.....	93
Quadro 5.35 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos dos compartimentos de serviço.	95
Quadro 5.36 - Legenda dos indicadores funcionais utilizados na comparação dos revestimentos destinados aos compartimentos de serviço.	95
Quadro 5.37 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos dos compartimentos de serviço.	95
Quadro 5.38 - Valores base dos indicadores comuns para os melhores revestimentos dos diversos tipos.	97
Quadro 5.39 - Indicadores normalizados dos indicadores comuns para os melhores revestimentos dos diversos tipos.....	97

Quadro 5.40 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos melhores revestimentos em geral.	98
Quadro 5.41 - Valores base dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para derivados de madeira.....	99
Quadro 5.42 - Indicadores normalizados dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para derivados de madeira.....	99
Quadro 5.43 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos produtos de colagem para derivados de madeira.....	99
Quadro 5.44 - Valores base dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para cerâmicas.	101
Quadro 5.45 - Indicadores normalizados dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para cerâmicas.	101
Quadro 5.46 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos produtos de colagem para as cerâmicas.	101
Quadro 5.47 - Valores base dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para pedras naturais.....	103
Quadro 5.48 - Indicadores normalizados dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para pedras naturais.....	103
Quadro 5.49 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos produtos de colagem para pedras naturais.....	103
Quadro 5.50 - Valores base dos indicadores respeitantes a repelentes de água.....	105
Quadro 5.51 - Valores normalizados dos indicadores respeitantes a repelentes de água.	105
Quadro 5.52 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos repelentes de água.	105

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

%	Porcentagem
€	Euro
μ	Coefficiente Dinâmico de Fricção
CO ₂	Dióxido de Carbono
dB	Decibéis
K	<i>Kelvin</i>
kg	Quilograma
KN	<i>Quilonewton</i>
m	Metro
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico
MJ	Megajoules
mm	Milímetro
MPa	<i>MegaPascal</i>
N	<i>Newton</i>
°C	Grau Celsius
W	<i>Watt</i>
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BREEAM	<i>Building Research Establishment Assessment Method</i>
CCV	Custo do Ciclo de Vida
DAP	Declaração Ambiental de Produto
EUA	Estados Unidos da América
HQE	<i>Haute Qualité Environnementale</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LiderA	Liderar pelo Ambiente
MARS	Método da Avaliação Relativa da Sustentabilidade
nZEB	<i>Near Zero Energy Building</i>
PVC	Policloreto de Vinilo
RMC	Revestimentos Compactos de Mármore

SBTOOL *Comprehensive Assessment System for Buildings Environmental Efficiency*

%ER	Percentagem de Energia Renovável
AbsA	Absorção de Água
CC	Custo de Compra
CI	Custo de Instalação
Cim	Cimento
CM	Custo de Manutenção
CR	Carga de Rutura
Dens	Densidade
DTL	Dilatação Térmica Linear
DurB	Dureza de <i>Brinell</i>
EDesg	Espessura da Camada de Desgaste
EDim	Estabilidade Dimensional
ENR	Energia não Renovável
Eq	Equivalente
Fg	Reação ao Fogo
Func	Funcional
I _A	Desempenho Ambiental
I _E	Desempenho Económico
I _F	Desempenho Funcional
LH	Ladrilho Hidráulico
MR	Módulo de Rutura
MRes	Mossa Residual após Carga Constante
NS	Nível de Sustentabilidade
PAG	Potencial de Aquecimento Global
RAS	Resistência à Abrasão Superficial
RC	Resistência à Compressão
Ret	Retilinearidade dos Lados
RFC	Resistência à Flexão com Carga Centrada
ΔEsp	Tolerância Dimensional da Espessura
ΔEspe	Tolerância da Espessura
ΔLw	Redução do Impacto Sonoro

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

Atualmente, é comum depararmo-nos com o conceito de sustentabilidade em muitas situações, seja num rótulo de um produto ou num *website* de uma empresa. Este é um conceito que, embora seja muito abrangente, é bastante complexo e subjetivo ao mesmo tempo, o que acaba por criar alguma polémica em certas situações devido à inexistência de uma definição única.

A crescente preocupação ambiental tem feito o conceito de sustentabilidade ganhar força e popularidade. Ao escolhermos materiais mais ecológicos, estamos a contribuir para a diminuição de impactos ambientais, sobretudo um menor consumo de matérias-primas e energia incorporada.

Atendendo ao facto de a construção surgir como um dos maiores setores da economia mundial e, ao mesmo tempo, um dos mais poluentes e que gera mais resíduos, esta vê-se obrigada a adaptar-se também a esta moda chamada de sustentabilidade. Deste modo, para combater este problema, foram surgindo diversas metodologias que quantificam o desempenho de um determinado material ou edifício. Estas metodologias necessitam de uma grande quantidade de informação que defina um produto nas três dimensões da sustentabilidade ambiental, funcional e económica.

A escolha de materiais é uma tarefa árdua e ingrata, visto que, no meio de tantas soluções, por vezes ficamos perdidos e o fator custo acaba por ser preponderante. Contudo, a análise deve ter em consideração fatores das diversas dimensões, de modo a quantificar a solução como um todo.

1.2. OBJETIVOS

Com a elaboração desta dissertação pretende-se evidenciar a relevância que os materiais podem ter na construção sustentável, particularmente com o foco nos revestimentos de piso.

O objetivo principal prende-se com a comparação de diferentes soluções para revestimentos de piso, de modo a perceber os impactos ambientais que os mesmos geram, o seu desempenho económico e, ainda, o comportamento funcional, para assim definir quais os materiais mais adequados. A escolha de materiais adequados permitirá, assim, contribuir para uma construção mais amiga do ambiente, aumentando, igualmente, a qualidade de vida dos futuros utilizadores.

É importante que o objeto de estudo esteja dividido em função do compartimento onde os revestimentos vão ser inseridos. Existem alguns tipos de revestimentos que não colocaríamos numa sala ou num quarto, mas já colocaríamos num compartimento de serviço.

Como a solução irá ser analisada como um todo, é, também, relevante a comparação de algumas soluções de produtos de colagem para perceber o quanto podem influenciar uma solução.

Por fim, é de referir que alguns dos revestimentos escolhidos podem necessitar de produtos especiais (como repelentes de água), que também podem ter um efeito negativo no nível de sustentabilidade global de uma solução.

1.3. METODOLOGIA

Numa primeira fase, o presente trabalho centrou-se no levantamento do estado de arte, com o intuito de perceber o que já estava realizado na comunidade científica nesta área e definir previamente um esboço do objeto de estudo.

De seguida, foi necessário definir o objeto de estudo, contudo, para a definição deste havia a necessidade da procura dos diversos dados disponíveis nas três dimensões da sustentabilidade. Deste modo, no setor ambiental foram procuradas declarações ambientais de produtos, fichas técnicas e dados económicos sobre as diversas soluções para o revestimento de piso, de modo a recolher uma amostra do que era possível encontrar e, assim, definir rigorosamente o objeto de estudo.

Através da recolha de dados, foi possível efetuar uma análise global que, por sua vez, possibilitou a definição de indicadores para as três dimensões da sustentabilidade.

Por fim, realizou-se a aplicação do método MARS e a respetiva análise dos resultados, no sentido de estabelecer comparações entre os diversos tipos de revestimentos, produtos de colagem, entre outros.

1.4. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos, de modo a se perceber os diversos assuntos tratados e as respetivas ilações a retirar das diferentes análises efetuadas. Abaixo segue uma breve descrição de todos os capítulos:

O Capítulo 1 apresenta uma breve introdução relativamente ao problema ambiental e ao papel da construção na sustentabilidade, bem como os objetivos a atingir com esta dissertação e a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho;

No Capítulo 2 é realizado um levantamento do estado de arte e definidos os conceitos-base da sustentabilidade, indispensáveis para a realização desta dissertação. São, ainda, apresentados diversos métodos de avaliação de sustentabilidade e é enunciado o método MARS;

O Capítulo 3 debruça-se sobre o objeto de estudo, caracterizando brevemente todos os tipos de revestimento de piso avaliados;

O Capítulo 4 aborda a aplicação do método, incluindo breves descrições de todos os indicadores utilizados e as respetivas ponderações que foram usadas na aplicação;

O Capítulo 5 reflete sobre todos os resultados das diversas soluções de revestimentos e, ainda, comparações gerais relacionadas com o local de uso e algumas reflexões sobre produtos de colagem, entre outros;

No Capítulo 6 são expostas as conclusões finais e propostas para o desenvolvimento futuro.

2

ESTADO DE ARTE

2.1. ENQUADRAMENTO DA SUSTENTABILIDADE

“A humanidade pode promover um desenvolvimento sustentável para assegurar que ele satisfaça as necessidades do presente sem impedir que as gerações futuras satisfaçam as delas” [1]. No entanto, no artigo [2] os autores perguntam: “será que os edifícios sustentáveis com uma alta qualidade hoje não serão os edifícios de fraca qualidade e menos sustentáveis no futuro?”. A verdade é que os materiais com um desempenho excelente hoje, podem ser ultrapassados por soluções futuras.

Nos tempos em que vivemos, cada vez mais é importante fazermos uma reflexão dos nossos comportamentos porque estes põem em causa a saúde do nosso planeta. A construção surge como uma das áreas que gera mais resíduos e, portanto, muito desperdício. Assim, é importante a utilização de soluções mais sustentáveis para que possamos ser mais amigos do ambiente. A preocupação é crescente, e têm surgido imensos estudos na direção da sustentabilidade, nas diversas áreas. Como é expectável, a construção não poderia ser diferente, e nada melhor do que estudar os materiais para perceber de como estes têm impacto nos três pilares da sustentabilidade.

A sociedade encontra-se na direção certa, ao cada vez mais ter em conta que todos podemos fazer a diferença se mudarmos os nossos hábitos.

2.2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O conceito de sustentabilidade na construção civil tem como base que nos certifiquemos que antes, durante e após a construção, incluindo o seu uso e a respetiva desmantelamento, sejam feitos todos os esforços para minimizar os impactos ambientais, potencializar a viabilidade económica e proporcionar o conforto, para que os utentes atuais desfrutem de uma boa qualidade de vida, tal como as gerações futuras.

Na Fig. 2.1, estão ilustradas diversas áreas em que podemos atuar para construirmos edifícios mais sustentáveis. Entre elas estão:

- Reaproveitamento da água;
- Aproveitamento de energias renováveis;
- Edifícios nZEB;
- Certificação energética;
- Redução da pegada de carbono;
- Reabilitação;
- Entre outros.



Fig. 2.1 - Tendências da construção sustentável [3].

A construção civil surge como um dos setores mais ineficientes a nível mundial, estimando-se que, no mundo, consuma cerca de 24% de matérias-primas extraídas da litosfera [4]. Supõe-se, ainda, que seja responsável pelo consumo de 40% dos recursos minerais, 25% da madeira, 40% da energia e 16% da água consumidos anualmente. Na Europa, supõe-se que, em média, 85% do impacto energético-ambiental corresponde à fase de operação e os restantes à fase de construção e demolição [5].

Em Portugal, é estimado que o consumo durante a fase de utilização seja de 20% dos recursos energéticos nacionais, 6,7% do consumo de água, gerando cerca de 420 milhões de metros cúbicos de águas residuais e em torno de 7,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos [5]. Este são números expressivos que refletem ineficiência e decisões pouco amigas do ambiente.

Deste modo, é fundamental apostar em alternativas mais sustentáveis, otimizar os processos e criar um maior foco no projeto de modo a aproveitar a envolvente do edifício, potenciando ganhos solares, sombreamento, entre outros. É de notar que se tem vindo a notar uma crescente preocupação em tornar todo o setor da construção mais sustentável.

Há várias formas para conseguir um edifício com um grau de sustentabilidade elevado:

- Orientação solar e orientação dos ventos;
- Geometria do edifício, configuração e tipologia dos envidraçados;
- Condicionantes ambientais (ruído, recursos de água, árvores, entre outros);
- Técnicas de construção que evitem desperdício e serem o mais otimizadas possível;
- Materiais usados na construção (considerando o seu desempenho nos três pilares da sustentabilidade);
- Utilização racional da energia (equipamentos mais eficientes, e energias renováveis);
- Utilização consciente dos recursos hídricos (reduzir o consumo de água, reaproveitamento da água da precipitação).

Apesar de todas estas formas de tornar um edifício com um nível elevado de sustentabilidade serem interessantes na elaboração de um projeto, o foco desta dissertação será avaliar diversas soluções para revestimentos de piso, de modo a apresentar recomendações que possam ser adotadas no futuro para a seleção de materiais mais sustentáveis através de uma ponderação com diversos indicadores previamente definidos. O facto de termos soluções sustentáveis não implica não ter conforto e que as características funcionais desejadas não sejam cumpridas.

2.3. OS TRÊS PILARES DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

2.3.1. INTRODUÇÃO

A construção tradicional está direcionada para um pensamento a curto prazo, devido sobretudo à influência de uma economia débil. Na construção sustentável o objetivo passa por considerar todo o ciclo de vida, desde a sua exploração até ao seu desmantelamento (Fig. 2.2). Neste sentido, procura-se um equilíbrio entre a qualidade e a eficácia a um longo prazo, com um custo moderado. O ciclo de vida de um edifício é longo, no entanto, não é uma tarefa impossível dotá-lo de materiais que transmitam conforto e qualidade de vida, enquanto se reduz o impacto ambiental e se mantém a exigência funcional e económica.

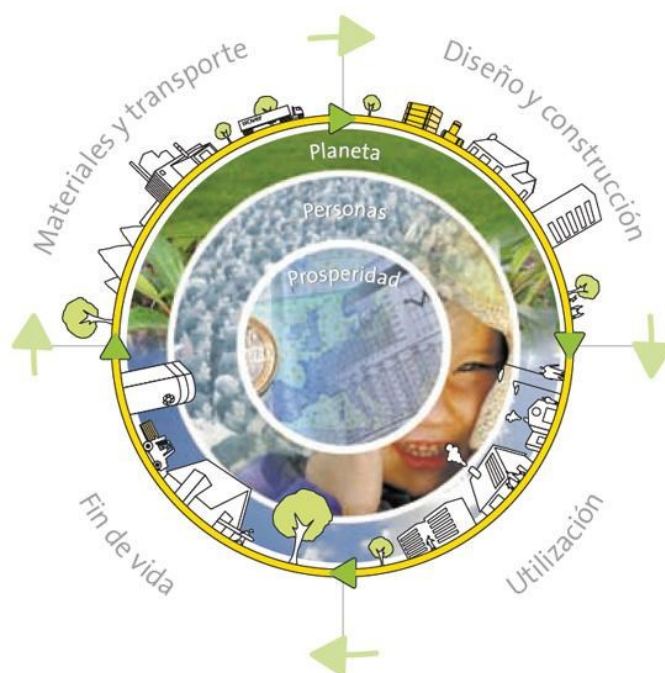


Fig. 2.2 - Ciclo de vida de um edifício [6].

Em 1987 o relatório de *Brundtland* [1], salienta três aspetos principais do desenvolvimento sustentável:

- Ambiente (é preferível optar por soluções amigas do ambiente e valorizar os recursos naturais);
- Social (os seres humanos têm de ter as suas necessidades satisfeitas, nos diversos domínios do uso do produto);
- Economia (as soluções devem ser economicamente equilibradas nos diversos campos do ciclo de vida dos materiais).

A Construção Sustentável tem a sua base nestes conceitos, que foram adaptados do conceito de desenvolvimento sustentável. Nos próximos subcapítulos, será feita uma pormenorização acerca dos três pilares da sustentabilidade na construção: ambiente, económico e funcional (em vez de social, para se adequar melhor à realidade da construção). A solução ideal é obtida no cruzamento destes três pilares, ou seja, é economicamente viável, ambientalmente correta e com um bom comportamento funcional.

2.3.2. AMBIENTAL

A parte ambiental surge como uma das mais importantes no contexto atual. A realidade atual é preocupante, têm ocorrido inúmeros desastres ambientais provocados pelo aquecimento global, a destruição da camada do ozono, entre outros. A preocupação é crescente em relação a este tema, sendo inúmeras as tentativas de arranjar soluções que minimizem os impactos negativos no planeta.

Assim, uma das maneiras de reduzir os impactos ambientais é atuar diretamente na fonte, ou seja, na produção de um determinado material. No entanto, todo o ciclo de vida do material causa impactos – impactos estes que serão explorados adiante.

2.3.4. FUNCIONAL

A sustentabilidade na construção de edifícios não tem em conta apenas o meio ambiente, mas também os utentes desses edifícios que vão usufruir dos mesmos. A funcionalidade constitui uma parte importante, tendo em conta que esta permite dizer se estamos a optar por uma solução viável para um determinado espaço ou não, ou se, por exemplo, estamos a cumprir uma necessidade específica de um cliente.

Todos os projetos devem ser feitos com uma enorme preocupação em cada detalhe para a funcionalidade, porque um erro pode afetar a qualidade de vida e causar danos económicos na reparação, devido a um desgaste prematuro causado pela má escolha do material para essa área.

2.3.3. ECONÓMICO

O carácter económico é um pouco controverso, devido à forma como habitualmente encarámos a parte económica. Normalmente, quando se olha para um determinado produto, apenas é visto o preço correspondente, o que é uma prática errada visto que não é só esse custo que está inerente ao produto. Já diziam os sábios antepassados que o barato sai caro. Assim, o custo de um determinado produto deve ser calculado para todo o seu ciclo de vida.

No âmbito desta dissertação o custo de instalação e de manutenção surgem como os parâmetros mais importantes, apesar de alguns serem difíceis de definir, como poderemos comprovar adiante.

2.4. ACV – AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

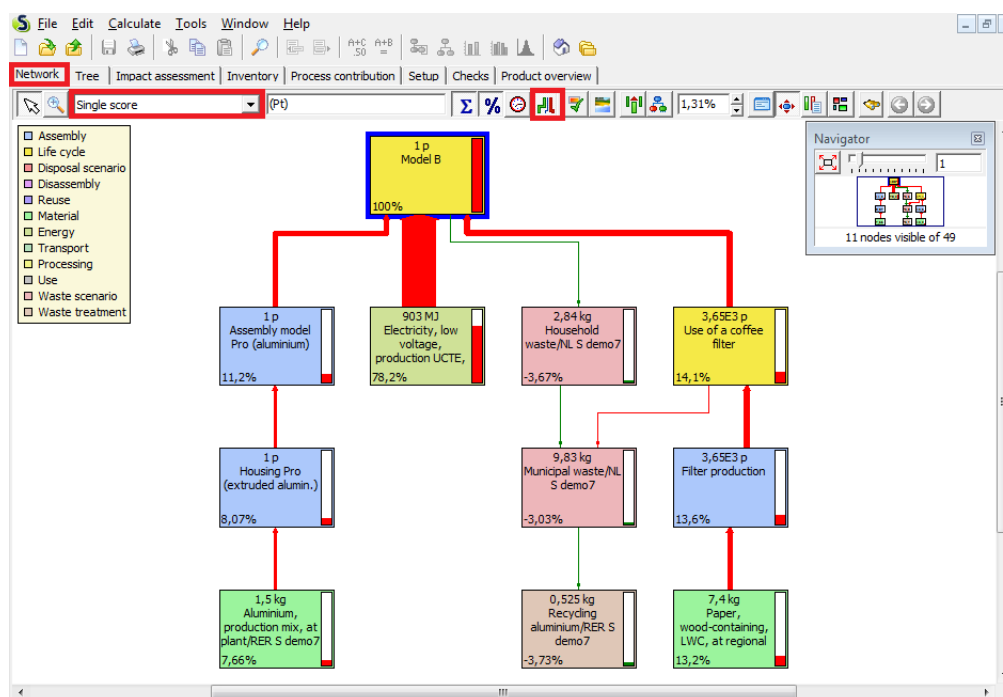
O método ACV vem fornecer informação muito importante para a análise das várias soluções de revestimentos, atendendo ao facto que sem estes seria impossível avaliar os impactos ambientais dos diversos materiais, ao longo do seu ciclo de vida. Através desta técnica são quantificados os possíveis impactos ambientais de um determinado material causados pela sua extração, fabricação, transporte, utilização, desmantelamento e reciclagem (Fig. 2.3).



Fig. 2.3 - ACV de um produto [7].

No entanto, esta metodologia assenta numa aplicação bastante complexa, visto que, necessita de grandes base de dados sobre impactos ambientais das diferentes fases de vida dos materiais, sendo assim um processo moroso [8]. Além desta condicionante, existe um grau de incerteza, com a abordagem a impactos ambientais potenciais, e não absolutos ou precisos [9].

Existem diversas formas de obter estes dados, através de plataformas com bases de dados com inúmeros materiais, ou através de programas especializados para o cálculo de impactos ambientais. Um exemplo de um dos programas é o *SimaPRO* que está representado na Fig. 2.4.

Fig. 2.4 - Exemplo de um material no programa *SimaPRO* [10].

Existem diversas abordagens de ACV, destacando-se como mais frequentes:

- *Cradle to grave*, do berço ao túmulo, em que são avaliadas todas as fases do ciclo de vida;
- *Cradle to gate*, do berço ao portão, em que são avaliadas as fases da extração da matéria-prima, transporte até à fábrica e a respetiva produção (esta dissertação foca-se mais nesta abordagem);
- *Gate to grave*, do portão ao túmulo, em que são avaliadas as fases do uso do material e a reciclagem;
- *Cradle to cradle*, do berço ao berço, em que o ideal é a criação de um material e a sua reutilização ilimitada.

É possível avaliar uma quantidade enorme de indicadores através desta técnica, contudo é preciso uma certa sensibilidade para perceber o peso de cada um e a sua respetiva grandeza. Alguns indicadores que são possíveis de obter nesta análise são os seguintes:

- Potencial de aquecimento global;
- Potencial de diminuição das reservas de recursos abióticos;
- Potencial da destruição da camada de ozono;
- Potencial de acidificação;
- Potencial de formação de ozono troposférico;
- Potencial de eutrofização;
- Energia não renovável incorporada;
- Energia renovável incorporada;
- Entre outros.

Através deste método é, então, possível retirar valores quantitativos, que permitem comparar diversos materiais com os mesmos indicadores e perceber que materiais têm mais impactos para o ambiente. Mais à frente os indicadores escolhidos vão ser apresentados e devidamente justificados.

Estes dados estão ainda presentes em Declarações Ambiental de Produto (DAP), que são fichas que caracterizam ambientalmente o desempenho de um determinado produto durante as diversas fases do ciclo de vida, numa das abordagens referidas anteriormente.

2.5. DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO – DAP

2.5.1. DEFINIÇÃO

As declarações ambientais surgem como um elemento indispensável para a realização da presente dissertação. Sem elas seria impossível quantificar os impactos ambientais de cada produto.

Segundo [11], as DAP apresentam informação quantificada de carácter ambiental e do ciclo de vida de um determinado produto num formato padronizado, seguindo as diretrizes da norma EN 15804. Ainda, estas declarações são desenvolvidas tendo em conta as regras para categoria de produtos, que, por sua vez também possuem requisitos e orientações para o desenvolvimento das mesmas [12]. Um exemplo de uma DAP encontra-se ilustrado na Fig. 2.5.



Fig. 2.5 - Exemplo de uma DAP nacional [13].

2.5.2. REALIDADE NACIONAL

A escassez destas declarações a nível nacional é preocupante, visto o *website* oficial apenas possuir 14 declarações registadas. Apesar de algumas tentativas de sensibilização conduzidas por algumas associações, a verdade é que as mesmas não tiveram resultados aparentes. Infelizmente, estas declarações não têm carácter obrigatório no nosso país, o que faz com que esta seja a causa mais apontada para este problema. Ainda, segundo [12], algumas empresas nacionais recorrem a plataformas internacionais de modo a aumentar a sua exposição no mercado internacional, demonstrando uma preocupação ambiental.

Existe, ainda, o falso *marketing* presente em alguns *websites* de diversas empresas, apelando à importância da sustentabilidade e à importância das práticas utilizadas na fabricação. No entanto, no que diz respeito às certificações e declarações ambientais, os documentos são inexistentes nas páginas. Por vezes, o contrário também acontece as DAP encontram-se mascaradas no *website*, no meio do centro de transferências da página.

É de referir que estas declarações podem ser uma mais-valia para as empresas. A título de exemplo, um dos benefícios é a aprendizagem interna que se pode obter depois da aplicação do método ACV, pois esta informação pode servir para melhorar o produto [11].

2.5.3. REALIDADE INTERNACIONAL

As declarações ambientais de produto na língua inglesa é denominada EPD (*Environmental Product Declaration*). É de referir que, a realidade internacional é completamente diferente da portuguesa, pois parece existir um maior cuidado por parte de empresas estrangeiras no que diz respeito às declarações. Sem estas declarações internacionais, seria impossível a realização desta dissertação.

Segundo [14], o aumento crescente de declarações ambientais resulta da crescente harmonização conseguida através de esquemas pré-definidos por normas e a estimulação protagonizada por diversas entidades, de modo a convencerem as empresas dos benefícios que estas declarações podem trazer. Este autor completa o seu estudo, referindo que como o acesso será cada vez mais facilitado-e a informação mais fidedigna, a ligação da consulta antes da compra de um determinado produto irá ser fortalecida.

Ainda, é importante referir que o mercado empresarial é muito competitivo, sendo que o impulso atual em direção a uma maior sustentabilidade causa uma reação por parte de algumas empresas que ficaram para trás neste aspeto. Assim, estas empresas conseguem uma maior confiança dos clientes e melhoram os preços internos, de forma a atingir níveis mais elevados de eficiência económica e ambiental [15].

2.5.4. FONTES UTILIZADAS

Devido à escassez de fontes nacionais encontradas, as fontes utilizadas foram maioritariamente estrangeiras. As fontes utilizadas para encontrar DAP para o objeto de estudo foram as seguintes:

- *DAPHabitat* – <https://www.daphabitat.pt/>

Sistema português que permite a qualquer empresa ou entidade interessada o registo de declarações ambientais de produto, consoante a norma ISO 14025 e a EN 15804. Um exemplo do logótipo pode ser encontrado na Fig. 2.6.



Fig. 2.6 - Logótipo do *DAPHabitat* [16].

- *GlobalEPD: AENOR* (Espanha) – <https://www.aenor.com/certificacion/certificacion-de-producto/declaraciones-ambientales-de-producto>

Sistema que pertence ao GlobalEPD, no entanto, foram retiradas algumas DAP, do *website* da AENOR em Espanha. Este programa segue as mesmas diretrizes mencionadas acima. Na Fig. 2.7, encontra-se ilustrado um exemplo presente nas DAP.



Fig. 2.7 - Logótipo da *GlobalEPD*, em conjunto com a AENOR [17].

- *Environdec* – www.environdec.com

Sistema internacional de registo de EPD que foi pioneiro na criação de uma base de dados global. Possui uma base de dados com declarações de vários países, e o seu principal objetivo é tornar o acesso de DAP acessível e com o menor custo possível. Foram, ainda, usadas versões locais deste programa, como a Turquia e a Austrália, que possuem os seus próprios *websites*. Um exemplo que caracteriza o seu logótipo nas declarações está representado na Fig. 2.8.



Fig. 2.8 - Logótipo do programa *Environdec* [18].

- *Eco Platform* – <https://www.eco-platform.org/home.html>

Esta associação propõe-se contribuir e promover o desenvolvimento sustentável, fornecendo informação precisa acerca dos materiais no setor da construção civil. Um exemplo da imagem de marca deste sistema, está representado na Fig. 2.9.



Fig. 2.9 - Logótipo do programa *EcoPlatform* [19].

- *Dapcons* – <https://www.csostenible.net/dapcons/index?locale=es>

É um programa pioneiro em Espanha que engloba várias declarações de produtos de construção civil. Segue as mesmas diretrizes que o programa português, bem como os mesmos compromissos de contribuir para uma pegada de carbono cada vez menor. As declarações vêm acompanhadas com o símbolo representado na Fig. 2.10.



Fig. 2.10 - Logótipo do programa *Dapcons* [20].

- *Ibu-epd* – <https://ibu-epd.com/>

Sistema alemão, que surge como a maior associação neste setor, com mais de 200 companhias ligadas à construção de materiais de construção. O principal foco é ajudar na construção sustentável, dando a possibilidade de consultar dados que permitam escolher materiais mais ecológicos. Esta plataforma foi uma das mais usadas durante a fase de pesquisa desta dissertação, e as declarações vêm acompanhadas com o símbolo representado na Fig. 2.11.



Fig. 2.11 - Logótipo *Ibu-epd* [21].

2.6. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

No sentido de avaliar o grau de sustentabilidade na construção, existem diversos métodos tais como: LEED, BREEAM, LIDERA, SBTOOL, HQE, CASBEE, AQUA, entre outros.

2.6.1. LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN – LEED

O método LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) foi criado pelo *U.S. Green Building Council* e é um sistema de certificação que utiliza quatro categorias distintas para avaliar o desempenho ambiental de um edifício. Este método assenta num sistema de pontuação, em que o edifício recebe uma pontuação para os diversos parâmetros e, recebe uma pontuação final [22].

Este sistema foi criado com o intuito de promover e fomentar boas práticas de construção sustentável, através de estratégias e padrões para a criação de edifícios sustentáveis. Como foi referido anteriormente, este tem por base normas norte-americanas o que, portanto, pode dificultar a sua aplicação noutros países. No entanto, não deixa de ser uma das certificações mais aplicadas globalmente.

De uma forma sucinta, para certificar um projeto é necessária uma pontuação mínima. Esta está relacionada com diversas áreas, como demonstrado na Fig. 2.12, tais como:

- Localização e transporte;
- Sustentabilidade do local da construção;
- Eficiência do uso de água;
- Energia e atmosfera;
- Materiais e recursos;
- Qualidade do ambiente interior;
- Inovação, processos de conceção e créditos.



Fig. 2.12 - Temas do método LEED [23].

A pontuação global obtida depois de o método ser aplicado pode ser comparada com uma classificação previamente definida. Este *ranking* consta no Quadro 2.1. Consoante a classificação obtida pelo edifício, é atribuído um selo, como representado na Fig. 2.13. Não existem muitos edifícios em Portugal com esta certificação, um deles é o centro de dados da Covilhã, que recebeu a distinção Ouro, em 2013.

Quadro 2.1 - Classificação do sistema *LEED*.

Classificação	Número de Pontos
Platina	≥ 80
Ouro	60 a 79
Prata	50 a 59
Certificada	40 a 49



Fig. 2.13 - Selos do sistema LEED [24].

2.6.2. BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ASSESSMENT METHOD – BREEAM

O BREEAM (*Building Research Establishment Assessment Method*) foi a primeira ferramenta a estar disponível comercialmente. Este método foi desenvolvido no Reino Unido em 1990, e em conjunto com o SBTool (desenvolvido através da colaboração entre 20 países) e o LEED (desenvolvido nos EUA), fornece a base para outras abordagens utilizadas em todo o mundo. Estes métodos caracterizam-se pela avaliação de uma série de características parciais da construção e agregação destes resultados numa classificação de sustentabilidade [22].

Esta certificação está presente em mais de 76 países, e já foi aplicada a milhares de projetos de construção. A avaliação pode ser realizada em diferentes fases: da conceção a construção, incluindo a vida útil do edifício ou a sua renovação.

Como se pode verificar através da Fig. 2.14, este método assenta em nove categorias, sendo elas:

- Gestão;
- Saúde e bem-estar;
- Energia;
- Transporte;
- Materiais;
- Resíduos;
- Água;
- Utilização do solo;
- Ecologia e poluição;
- Inovação.



Fig. 2.14 - Categorias BREEAM [25].

A pontuação global pode ser comparada com a classificação pré-definida pela organização, como se demonstra no Quadro 2.2. O centro comercial de Sintra foi o primeiro edifício português avaliado por este método em 2012, obtendo a classificação de Bom.

Quadro 2.2 - Classificação do método BREEAM.

Classificação	Número de Pontos
Excecional	≥ 85
Excelente	≥ 70
Muito Bom	≥ 55
Bom	≥ 45
Aprovado	≥ 30
Não Aprovado	< 30

2.6.3. LIDERAR PELO AMBIENTE – LIDERA

O método LiderA foi criado e desenvolvido pelo Professor Manuel Duarte Pinheiro, Doutorado em Engenharia do Ambiente com a tese sobre “Sistemas de Gestão Ambiental para Construção Sustentável” [9].

Este sistema, divide-se em seis grandes áreas, sendo elas: Integração local, consumo de recursos, cargas ambientais, conforto ambiental, vivência socioeconómica e uso sustentável. Ao todo são vinte e duas áreas, como se pode constatar na Fig. 2.15.



Fig. 2.15 - Áreas do método LiderA [26].

A avaliação neste sistema é feita de A a G, como está demonstrado na Fig. 2.16.



Fig. 2.16 - Níveis de desempenho do método LiderA desenvolvido em Portugal [26].

A pontuação global pode ser comparada com a classificação pré-definida pela organização, como se demonstra no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Classificação do sistema LiderA.

Classificação	Desempenho Ponderado
A++	$\geq 65\%$
A+	30% a 65%
A	18% a 30%
B	14,5% a 18%
C	12,2% a 14,5%
D	10,7% a 12,2%
E	9,5% a 10,7%
F	8,5% a 9,5%
G	$< 8,5\%$

2.6.4. SUSTAINABLE BUILDINGS TOOL – SBTOOL

O SBTool (*Sustainable Buildings Tool*) resulta da parceria entre vários países, a título da iniciativa internacional para um ambiente construído sustentável. A ideia desta colaboração foi a criação de um método que fosse capaz de se adaptar aos diversos contextos ambientais, sociais e económicos dos diversos países. Dentro das três dimensões da sustentabilidade, esta metodologia apresenta os indicadores globais PAG, ENR, ER, entre outros. Algumas destas categorias são: [22]

- Cargas ambientais;
- Qualidade de serviços;
- Socioeconómica;
- Aspetos culturais;
- Uso de recursos;
- Gestão pré-ocupação;
- Ambiente interior.

O selo adaptado para a realidade portuguesa está ilustrado na Fig. 2.17.



Fig. 2.17 - Selo do metodologia SBTool [27].

2.6.5. COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDINGS ENVIRONMENTAL EFFICIENCY – CASBEE

O CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Buildings Environmental Efficiency*) é um sistema japonês que foi apresentado em 2002, durante a conferência *Sustainability Building* e foi desenvolvido pela *Japan Sustainable Building Consortium*. O campo de aplicação deste método envolve o ciclo de vida dos edifícios e os respetivos impactos ambientais, possuindo subsistemas que encaixam nas fases dos métodos de avaliação da sustentabilidade das construções diferenciadas de planeamento, conceção e execução e, por último, pós-conceção, fase de operação e reabilitação [9].

Os princípios-base deste método de avaliação da construção sustentável são:

- Recursos e materiais;
- Energia;
- Ambiente interior;
- Ambiente externo (fora da implantação do lote do edifício);
- Ambiente externo (na implantação do lote do edifício);
- Qualidade dos serviços.

O selo relativo a este método está representado na Fig. 2.18.



Fig. 2.18 - Selo do CASBEE [28].

2.6.6. HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE – HQE

Em 1996, surgiu a associação HQE (*Haute Qualité Environnementale*) com o objetivo de promover o desenvolvimento do desempenho ambiental de edifícios, através da minimização de impactos ambientais inerentes à construção e, ainda, construindo interiores com conforto, segurança e bem-estar nas habitações. Dois anos mais tarde foi proposta a metodologia HQE, que visa a melhoria da qualidade ambiental de edifícios novos ou existentes [9].

A norma da abordagem HQE tem como objetivo construir ou renovar, utilizando materiais e tecnologias mais amigas do ambiente ao longo do ciclo de vida do ambiente. Este método baseia-se em quatro compromissos (Fig. 2.19):

- Qualidade de vida;
- Respeito pelo ambiente;
- Desempenho económico;
- Gestão responsável.

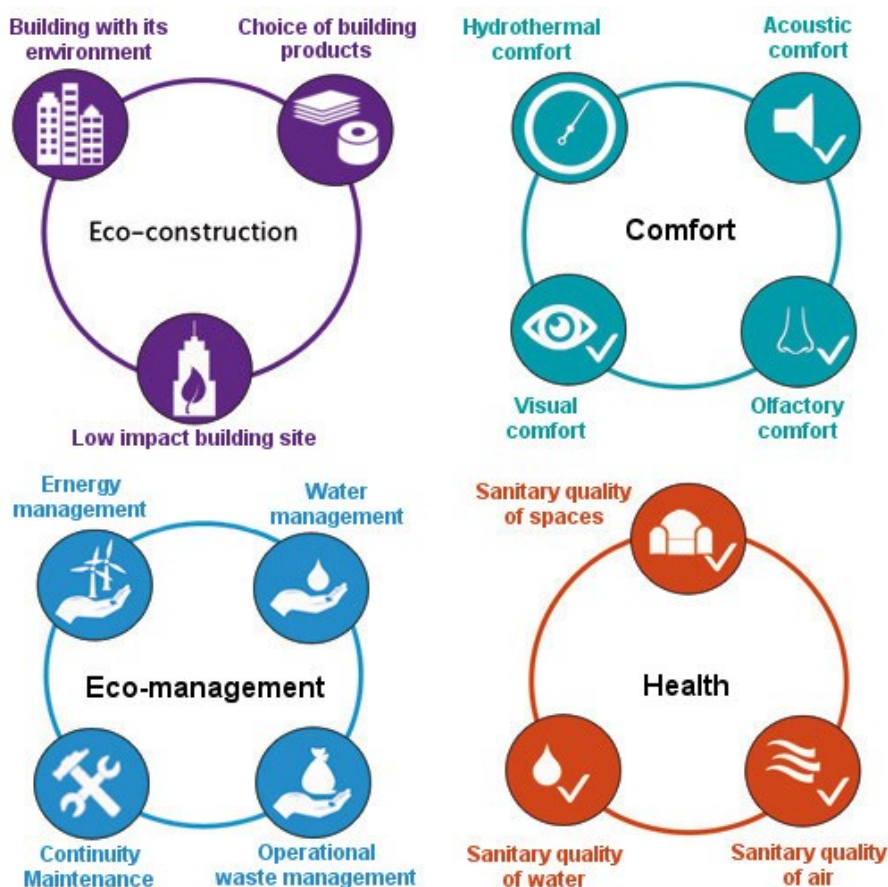


Fig. 2.19 - Áreas do método HQE [29].

Apesar de ser uma metodologia francesa, edifícios de todo o mundo obtiveram a certificação HQE, que está representada na Fig. 2.20.



Fig. 2.20 - Selo do método HQE [30].

Apesar de o método ser semelhante na sua aplicação, a classificação ambiental pode variar consoante o edifício em análise. Um exemplo é uma habitação unifamiliar comparativamente a uma habitação coletiva. O subsistema NF Residenciais Individuais HQE tem a seguinte classificação representada no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 - Classificações HQE NF residencial.

Nível	Classificação
NC	Não conforme
B	Desempenho ambiental base – Práticas correntes
P	Desempenho ambiental bom
TP	Desempenho ambiental elevado

2.6.7. ALTA QUALIDADE AMBIENTAL – AQUA

Este método é muito utilizado no Brasil e foi trazido pela fundação *Vanzolini*, uma instituição que se dedica a certificação de sistemas de gestão e produtos para a construção civil desde 1967 no Brasil.

Esta metodologia é uma adaptação para o Brasil da *Démarche HQE* (proporcionada com um acordo com o *Centre Scientifique et Technique Du Bâtiment* - CSTB), e contém os requisitos para o SGE - Sistema de Gestão do Empreendimento e os critérios de desempenho nas categorias da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) [31].

Sendo assim, após quantificado, este método recebe o selo representado na Fig. 2.21.



Fig. 2.21 - Selo do certificado AQUA [32].

2.7. MÉTODO MARS – MÉTODO DA AVALIAÇÃO RELATIVA DA SUSTENTABILIDADE

2.7.1. ENQUADRAMENTO DO MÉTODO

“O objetivo da avaliação da sustentabilidade é reunir dados e reportar informação que servirão de base aos processos de decisão que decorrem durante as diversas fases do ciclo de vida de um edifício. A pontuação sustentável e o perfil sustentável de um edifício resultam dum processo no qual os fatores mais importantes são identificados, analisados e avaliados. Atualmente, podem ser identificadas duas tendências antagónicas no contexto das ferramentas de avaliação: de um lado a complexidade e a diversidade de indicadores desenvolvidos por diferentes entidades e do outro, a evolução no sentido da sua efetiva implementação, através do desenvolvimento de indicadores comuns e simplificação do processo de avaliação” [33].

O mercado oferece um leque de materiais e soluções muito diversificadas, tornando, assim a escolha das soluções/materiais uma tarefa árdua. Urge a criação de um método que possa quantificar as diversas soluções de uma maneira simples e intuitiva, que permita uma escolha rápida, tendo por base, critérios de seleção.

Existem vários métodos para avaliar a sustentabilidade de edifícios, contudo esta dissertação tem como objetivo utilizar a metodologia proposta por Ricardo Mateus e Luís Bragança, publicada em 2004 [34], que enuncia o método MARS direcionado a soluções construtivas, designado por MARS-SC. Em 2009, Ricardo Mateus conclui a sua tese de doutoramento, onde uma das partes é dirigida a esta metodologia e o objetivo passou por analisar a sustentabilidade do edifício, designada por MARS-H [35].

2.7.2. FUNCIONAMENTO DO MÉTODO

Segundo [33], a sustentabilidade é avaliada relativamente à prática corrente, nomeadamente nas três principais dimensões da sustentabilidade: ambiental, funcional e económica. A prática corrente pode definir-se como a solução: (1) definida pelo arquiteto ou a que está presente no projeto; (2) corrente na zona de aplicação, ou (3) propositadamente escolhida para termos uma base de comparação na aplicação do método.

As etapas do método estão representadas na Fig. 2.22.

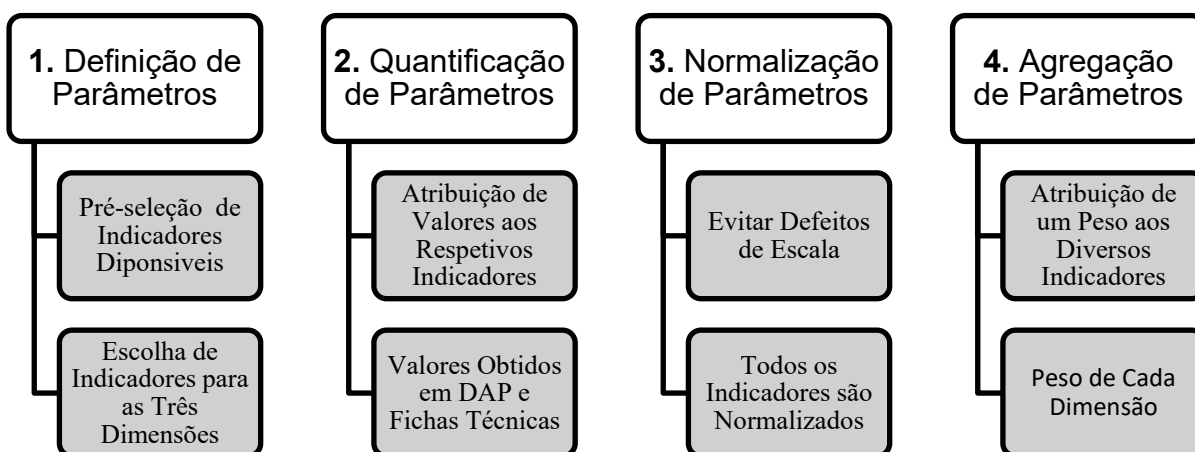


Fig. 2.22 - Etapas do método MARS.

2.7.2.1. Definição de Parâmetros

Atendendo ao facto de ser impossível considerar todos os parâmetros relativos a uma determinada solução nas três vertentes da sustentabilidade, é importante fazer uma pré-seleção de alguns dos indicadores mais interessantes para a solução em questão. Esta pré-seleção permite, por sua vez, uma análise mais pormenorizada dos indicadores e comparar as vantagens e inconvenientes de cada um deles. Segundo [33], a definição de parâmetros depende dos seguintes aspetos: (1) objetivos que pretendemos alcançar com o método, (2) das características intrínsecas das soluções em estudo, (3) das exigências funcionais que os utilizadores pretendam satisfazer, (4) o ponto de vista económico, (5) de características particulares do local e (6) dos dados disponíveis, nomeadamente em termos de ACV e fichas técnicas das soluções construtivas em questão.

2.7.2.2. Quantificação dos Parâmetros

A quantificação dos parâmetros é uma etapa fundamental e é quando se podem encontrar algumas adversidades. De acordo com [33], esta etapa é indispensável para a comparação de soluções, agregação de parâmetros e avaliação precisa de soluções. No entanto, tal como referido anteriormente, um dos maiores inconvenientes, como foi referido anteriormente é a falta de dados. Por vezes, deparamo-nos com uma escassez de DAP para um determinado produto, outras vezes temos uma DAP, mas a ficha técnica do produto correspondente é muito incompleta e com poucos dados para serem usados na parte funcional. Se por um lado, por vezes, nos deparamos com uma escassez de DAP relativamente a um determinado produto, por outro lado, outras vezes, temos uma DAP, contudo a ficha técnica do produto correspondente é muito incompleta e com poucos dados para serem usados na parte funcional. No Capítulo 3 e 4, vai ser abordado em pormenor este problema.

2.7.2.3. Normalização dos Parâmetros

Conforme disse [33], a normalização dos parâmetros tem por objetivos evitar os efeitos de escala na agregação dos parâmetros de cada indicador e resolver o problema de alguns dos indicadores serem do tipo “quanto maior melhor” e outros do tipo “quanto maior pior”. Na normalização é utilizada a fórmula de Diaz-Balteiro (2004), como se pode ver na expressão (2.1) [33].

$$\overline{P_i} = \frac{P_i - P_{*i}}{P_i^* - P_{*i}} \quad (2.1)$$

$\overline{P_i}$ = P_i normalizado

P_{*i} = Valor mínimo desse parâmetro

P_i = Parâmetro em análise

P_i^* = Valor máximo desse parâmetro

2.7.2.4. Agregação dos Parâmetros

Através da agregação dos parâmetros, é possível ter uma análise mais clara/percetível de quais são as soluções mais sustentáveis e compreender os seus pontos fortes e fracos dentro dos indicadores escolhidos. Sem esta etapa, e atendendo ao elevado número de dados presentes, era complicado ter essa perceção, bem como era complicado perceber o seu desempenho global.

Assim, o que se propõe a fazer nesta parte da aplicação do método é combinar os parâmetros normalizados e atribuir-lhes um respetivo peso (em função da sua importância) dentro de cada dimensão Quadro 2.5.

O desempenho parcial é obtido pela equação (2.2), a soma de todos os pesos deve ser igual a 1.

$$I_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \overline{P_i} \quad (2.2)$$

I_j = Média ponderada dos parâmetros normalizados

w_i = Peso relativo do parâmetro i

$\overline{P_i}$ = P_i normalizados pertencentes ao indicador j

Quadro 2.5 - Exemplo de alguns indicadores possíveis e as respetivas ponderações.

Dimensão	Ambiental		Funcional		Económico	
Indicadores	Potencial de aquecimento global (PEG)	Energia renovável (ER)	Resistência térmica (R_t)	Resistência à abrasão (RAbr)	Custo de compra (CC)	Custo de manutenção (CM)
Ponderações	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4

As seguintes equações (2.3 a 2.5) dizem respeito à agregação de parâmetros dentro de cada indicador, de forma a ser possível determinar o desempenho da solução ao nível de cada dimensão do desenvolvimento sustentável [33].

Desempenho Ambiental:

$$I_A = \sum_{i=1}^n w_{Ai} \cdot \overline{P_{Ai}} \quad (2.3)$$

Desempenho Funcional:

$$I_F = \sum_{i=1}^n w_{Fi} \cdot \overline{P_{Fi}} \quad (2.4)$$

Desempenho Económico:

$$I_E = \sum_{i=1}^n w_{Ei} \cdot \overline{P_{Ei}} \quad (2.5)$$

$I_{A,F,E}$ = Desempenho de cada dimensão

$w_{A,F,Ei}$ = Peso de cada indicador

$P_{A,F,Ei}$ = Parâmetros em análise

“O peso de cada parâmetro na avaliação do desempenho da solução ao nível de cada indicador não é consensual e varia de metodologia para metodologia de avaliação e reconhecimento da construção sustentável” [33].

No Capítulo 4, será apresentada uma análise pormenorizada dos indicadores escolhidos, com a devida justificação.

2.7.2.5. Nível de Sustentabilidade

Através da avaliação realizada para cada dimensão da sustentabilidade, torna-se fácil obter o nível de sustentabilidade. Contudo, a preocupação prende-se com a ponderação dos três pilares da sustentabilidade. Novamente, esta análise não é consensual e depende muito dos objetivos pretendidos, sendo que o mais importante é que exista uma ponderação que vá ao encontro dos indicadores que foram escolhidos e que seja devidamente justificada, pois, no fundo, não há uma ponderação errada. A título de exemplo, é possível observar-se, no Quadro 2.6, uma ponderação global das três dimensões da sustentabilidade.

Quadro 2.6 - Exemplo de uma ponderação global para as três dimensões da sustentabilidade.

Classificação	Número de Pontos
Ambiental	0,5
Funcional	0,25
Económico	0,25

O nível de sustentabilidade ser obtido pela seguinte expressão (2.6).

$$NS = w_A \cdot I_A + w_F \cdot I_F + w_E \cdot I_E \quad (2.6)$$

$I_{A,F,E}$ = Desempenho de cada dimensão

$w_{A,F,E}$ = Peso de cada dimensão

2.7.2.6. Perfil Sustentável

No que diz respeito à apresentação dos resultados, existem inúmeras formas possíveis de os representar, contudo, uma forma interessante é através do gráfico radar. Este permite, de uma forma fácil e intuitiva, visualizar os resultados de cada solução e compará-la com a solução de referência. A título de exemplo, na Fig. 2.23, encontram-se representados dois perfis retirados de um artigo de Luís Bragança e Ricardo Mateus [33], sendo que a solução em análise está representada pela área sombreada e a solução de referência pela linha espessa.

Os vértices da Fig. 2.23 correspondem respetivamente: PEC – Energia primária incorporada; PAG – Potencial de aquecimento global; $D_{n,w}$ - Isolamento a sons de condução aérea; $L'_{n,w}$ - Isolamento a sons de percussão; U_{med} - Isolamento térmico; CC - Custo de construção.



Fig. 2.23 - À esquerda, uma solução mais sustentável que a solução de referência e à direita, uma solução menos sustentável que a de referência [33].

2.7.3. PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Ao longo dos anos foram aparecendo diversas publicações com base no método MARS, tais como:

- Princípios de desenho e metodologias de avaliação da sustentabilidade [36];
- Sustentabilidade de soluções construtivas [33];
- Avaliação da sustentabilidade na construção: propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis [35];
- Avaliação do ciclo de vida dos edifícios – Impacte ambiental de soluções construtivas [37];
- Avaliação do desempenho ambiental de soluções de reabilitação de fachadas [38];
- Avaliação da sustentabilidade de soluções de reabilitação energética para paredes exteriores de um edifício de habitação [39];
- Avaliação da sustentabilidade de soluções de reabilitação energética para coberturas de um edifício de habitação [40];
- Avaliação da sustentabilidade das operações de reabilitação urbana [41].

2.8. OUTROS ESTUDOS RELEVANTES

Na comunidade científica encontram-se vários artigos, dissertações e teses, que tiveram como objetivo estudar a sustentabilidade dos edifícios e das respetivas soluções [37], materiais de construção [42], e outros mais gerais [22].

Existem algumas dissertações que estudam a qualidade dos revestimentos de pavimentos [43], a durabilidade [44], entre outros.

No que diz respeito à sustentabilidade das soluções de revestimentos de piso, não são muitos os trabalhos que podemos encontrar neste sentido. Na dissertação de mestrado de *Milena Lannoy*, é possível observar a aplicação de alguns critérios de sustentabilidade em soluções construtivas de revestimentos de piso [31].

2.9. CONCLUSÕES DOS MÉTODOS ANALISADOS

Os diversos métodos permitem fazer uma avaliação cuidada da avaliação da sustentabilidade de um edifício, com um leque de indicadores que se subdividem nos três pilares principais da sustentabilidade.

Estas ferramentas foram desenvolvidas para servir diferentes necessidades e propósitos. Estas podem ser usadas para avaliar produtos de construção e edifícios, sejam edifícios existentes, novos ou em processo de restauro [2].

Alguns métodos, são mais interessantes em certas situações que outros, no entanto, o mais importante é que caminhamos numa boa direção com uma preocupação crescente nesta área.

3

CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde o início da dissertação foi definido que o objeto de estudo fosse focado em revestimentos ligados às habitações. Estes representam uma grande maioria dos nossos edifícios, e assim, esta dissertação pode ajudar pessoas que procurem um método passível de ser um critério de desempate na seleção de materiais.

Neste sentido, foi feita uma pré-seleção de alguns tipos de materiais que seriam mais adequados ao contexto que se pretende estudar, tendo por base o conhecimento geral dos revestimentos mais usados pela população portuguesa e presentes no mercado nacional, e duas teses em particular: (1) Estudo da Durabilidade dos Revestimentos de Piso [44], (2) Controlo da Qualidade de Revestimentos de Piso [43].

Com a lista dos diversos tipos de revestimentos, a prioridade passou por realizar uma pesquisa por Declarações Ambientais de Produto, de modo a verificar a viabilidade de cada tipo de revestimento que constava na lista inicial. Para alguns revestimentos foi relativamente acessível encontrar opções, como foi o caso dos laminados, vinílicos, soalhos, parquet e cerâmicos.

Por outro lado, o caso das pedras naturais (mármore, granito e calcários) foi um pouco mais difícil encontrar a informação necessária para ter um número suficiente de materiais caracterizados. No caso dos ladrilhos hidráulicos, as DAP são tão escassas, que em dois dos quatro materiais foram utilizados materiais genéricos (materiais essenciais para a produção do revestimento em causa) para quantificar os impactos ambientais. No entanto, no Capítulo 4 irá ser analisado mais aprofundadamente este problema.

Outro tipo de material que é muito utilizado na nossa construção são as madeiras exóticas. Seria interessante incluí-las como um tipo de material, e penalizá-las de alguma forma versus as madeiras nacionais. Contudo, isto não foi possível devido à ausência de dados, sendo que a única informação que foi possível obter foi através de um artigo cujo o objetivo era comparar diversas soluções para a construção de barcos e um dos materiais era madeira exótica [45].

Visto que esta dissertação se encontra relacionada com a sustentabilidade, procurou-se encontrar revestimentos ditos sustentáveis. De facto, existem alguns, tais como: alcatifas fabricadas a partir de materiais reciclados (Fig. 3.2) e azulejos ecológicos fabricados a partir de resíduos industriais, principalmente solas de sapatilhas (Fig. 3.2). Deste modo, seria interessante explorar a possibilidade de estes materiais cumprirem realmente o que afirmavam ser, isto é, uma opção sustentável para os revestimentos das nossas habitações. Porém, as DAP não eram suficientes para realizar uma análise com as condições referidas anteriormente.

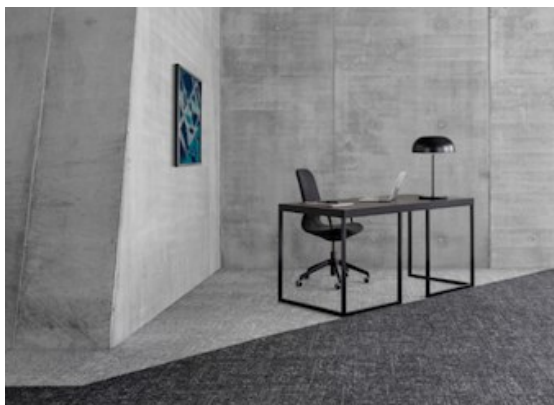


Fig. 3.1 - Alcatifa de materiais reciclados [46].

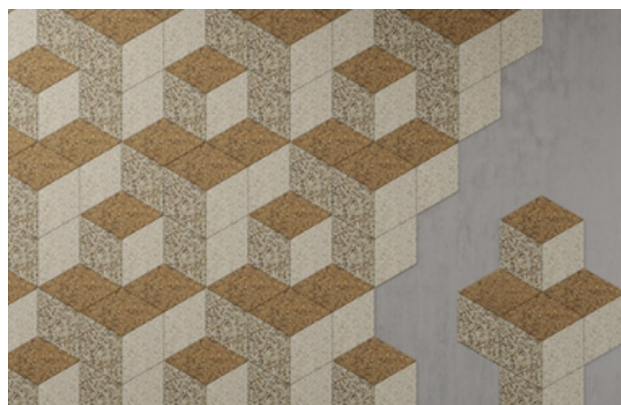


Fig. 3.2 - Azulejos produzidos a partir de resíduos industriais [47].

Além destes, foram considerados, igualmente, o microcimento, terrazzo, RMC, alcatifa (descartado devido ao desuso) e ardósia. Infelizmente, todos eles caíram devido ao mesmo problema.

O contrário também aconteceu, ou seja, por vezes encontrou-se uma DAP para um determinado revestimento, no entanto, a ficha técnica do mesmo revestimento tinha muito pouca informação relevante para a parte funcional, o que foi um pouco frustrante.

O conjunto de todos estes fatores acabou por limitar o objeto de estudo, não sendo possível torná-lo extremamente diversificado como se pretendia. Ainda assim foram considerados dez diferentes tipos de revestimentos.

Além dos materiais propriamente ditos, foram, também, contabilizados os respetivos produtos de instalação, tais como: (1) colas, (2) argamassas de colagem, (3) mantas e (4) produtos especiais, como repelentes de água. Assim, considera-se a solução construtiva como um todo, e na análise de resultados será possível refletir sobre o impacto que diferentes soluções ao nível de produtos de instalação podem conferir à solução global.

A análise será sempre feita por metro quadrado (m^2), sendo que esta é uma condição que pode passar facilmente despercebida na análise de uma DAP. Muitas vezes estas declarações vêm por quilograma (kg) de produto, ficando com uma ordem de grandeza completamente diferente, sendo necessária a conversão para uma unidade por m^2 . O fator ao qual se deve dar maior atenção é o preço dos produtos de instalação, visto que os preços destes normalmente não vem em m^2 , mas sim para o preço do recipiente/embalagem correspondente, sendo necessário ver o rendimento para transformar o preço por m^2 .

Outro pormenor interessante é que, por vezes, as DAP trazem diversas tabelas onde vêm discriminados os diversos impactos ambientais para diferentes tipos de acabamentos do material em questão (como é o caso de soalhos e parquets, que podem ter diversos tipos de acabamentos, como óleo, verniz, cera, entre outros). Outro fator que também pode variar é o tamanho, ou a própria espessura da peça, ao retirar informação técnica, ou até mesmo das DAP, também é um fator importante a ter em atenção. Este ponto é importante, para retirar tanto os preços como os parâmetros funcionais para este determinado acabamento, tamanho, espessura e série do produto e não introduzirmos um erro desnecessário (Fig. 3.3).



H – Total thickness of 14 mm with Oak wood

		
Hard-wearing finish	Close-to-nature oil/wax surface finish	Natural oil surface that allows the wood to breathe

Fig. 3.3 - Diferentes espessuras e tipos de acabamentos finais, influenciam os impactos e os parâmetros funcionais [48].

3.2. DIVISÃO DO OBJETO DE ESTUDO

3.2.1. MOTIVO

A razão pela qual é necessária a divisão do objeto de estudo prende-se com o facto de não serem usados os mesmos revestimentos para as zonas de lazer e descanso, e as de serviço. Normalmente, são usados revestimentos de piso mais confortáveis para as zonas das salas e dos quartos e opções mais duráveis e sobretudo laváveis, para os compartimentos de serviço (cozinhas e casas de banho). Além disso, o uso de revestimentos não adequados, por exemplo, para os compartimentos de serviço causaria um desgaste prematuro, é tudo o que não queremos na sustentabilidade. Esta divisão é, ainda, necessária noutro sentido, visto que numa fase posterior vão ser necessários parâmetros para comparar os revestimentos entre si. Depois da realização de uma análise global aos parâmetros que foram encontrados nas diversas fichas técnicas, foi evidente que não era possível encontrar parâmetros iguais para todos os tipos de revestimentos. Contudo, foi possível constatar que os parâmetros eram parecidos nos materiais lenhosos e vinílicos, e entre os cerâmicos e pedras naturais também tinham muitas semelhanças.

3.2.2. CLASSIFICAÇÃO UPEC

3.2.2.1. Definição

“Com o aparecimento constante de novos materiais de revestimento de piso, torna-se necessário garantir a sua adequabilidade ao uso, no que se refere às condições corretas de aplicação e respetivos locais. A classificação UPEC é uma classificação funcional do revestimento de piso, em função do uso a que vai estar sujeito. De forma a definir o campo de aplicação dos revestimentos delgados de piso, o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* criou a classificação UPEC, que tem como objetivo correlacionar as exigências respeitantes às condições de utilização dos locais com as características dos materiais, onde estas têm influência na durabilidade do revestimento aferindo-se então a respetiva aptidão deste ao local” [44].

Como foi dito anteriormente, é importante garantir que um revestimento está apto para um determinado local da habitação. Assim, a classificação UPEC vem garantir que o mesmo acontece. O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* possui uma base de dados onde constam diversos materiais classificados, contudo há diversas marcas que já incluem esta classificação nas fichas técnicas dos produtos, na página *online* do produto em questão ou ainda numa página dedicada a este efeito. Normalmente vem representada com símbolo representado na Fig. 3.4.



Fig. 3.4 - Símbolo da classificação UPEC [49].

3.2.2.2. Explicação da Classificação

A classificação UPEC está dividida em quatro parâmetros e cada um começa pela inicial do seu nome. Um breve resumo encontra-se no Quadro 3.1 [50].

Quadro 3.1 - Classificação UPEC [50].

Símbolo	Significado	Escala
U	Uso – Circulação dos utilizadores	1, 2, 2s, 3, 3s, 4
P	Punçoamento – Efeitos mecânicos	1, 2, 3, 4, 4s
E	Água – Presença de água na superfície	0, 1, 2, 3
C	Substâncias químicas – Produtos químicos utilizados na vida doméstica	0, 1, 2, 3

3.2.2.3. Classificação UPEC dos Revestimentos Adotados

No Quadro 3.2, pode verificar-se que alguns dos revestimentos cumprem a função para a qual foram propostos. Estes parâmetros foram obtidos através da ficha técnica (Fig. 3.5), ou da própria base de dados do *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* [50].

FLOOR CLASSIFICATION

CLASSIFICATION DE SOL

CLASSIFICAÇÃO DE PAVIMENTO

CERTIFICAT 156

CERTIFICAT 223

QB

UPEC

U

SCRATCH RESISTANCE

RÉSISTANCE À L'ABRASION

RESISTÊNCIA À ABRASÃO

P

BREAKING STRENGTH

RÉSISTANCE À LA FLEXION

RESISTÊNCIA MECÂNICA

E

BEHAVIOUR IN WATER PRESENCE

COMPORTEMENT EN PRÉSENCE D'EAU

COMPORTAMENTO EM PRESENÇA DE ÁGUA

C

BEHAVIOUR IN PRESENCE OF CHEMICAL PRODUCTS

COMPORTEMENT EN PRÉSENCE DE PRODUITS CHIMIQUES

COMPORTAMENTO EM PRESENÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS

GLADE

ANTRACITE	597x597mm	10.5mm	M16532	U4P4E3C2
ANTRACITE	597x597mm	10.5mm	M16532RT	U4P4E3C2
ANTRACITE	597x597mm	10.5mm	ML16532RT	U3P3E3C2
ANTRACITE	597x597mm	10.5mm	AD16532	PEI IV

GLOBE

ANTRACITE	890x890mm	10.5mm	M89105RT	U2P3E3C2
ANTRACITE	297x890mm CUT	10.5mm	M98505RT	PEI III
CINZA	890x890mm	10.5mm	M89104RT	U3P3E3C2
CINZA	297x890mm CUT	10.5mm	M98504RT	PEI IV

Fig. 3.5 - Exemplo de uma ficha técnica de um produto onde estava disponível a classificação UPEC (Adaptado) [51].

Assim, no Quadro 3.2 é possível ver a classificação de alguns dos revestimentos escolhidos. A classificação UPEC do local em questão foi obtida na publicação [52]. A classificação de cada parâmetro do UPEC do material, tem de ser igual ou superior à classificação UPEC do local onde será aplicado, sendo que, por exemplo, a classificação U2s é superior a U2 e inferior à U3.

Quadro 3.2 - Classificação UPEC de alguns revestimentos do objeto de estudo.

Local	Tipo de Produto	Referência do Revestimento Utilizado	Classificação UPEC	Classificação do Local
Salas & Quartos	Laminados	Laminado 1	U3 P2 E1 C2	U2s P2 E1 C0
	Soalhos	Soalho1	U2 P3 E3 C2	
	Parquet	Parquet 1	U2 P2 E2 C1	
	Vinílicos	Vinílico 1	U3 P3 E2 C2	
		Vinílico 2	U3 P3 E2 C2	
		Vinílico 3	U4 P3 E1 C2	
WC & Cozinhas	Ladrilhos Cerâmicos	Cerâmico 1	U4 P4 E3 C2	U2s P3 E2 C2
		Cerâmico 2	U4 P4 E3 C2	
		Cerâmico 3	U3 P3 E3 C2	
		Cerâmico 4	U3 P3 E3 C2	
	Mármore	Mármore 1	U4 P4 E3 C2	

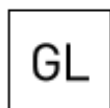
Nem todos os revestimentos possuem a classificação UPEC, contudo, no momento de seleção dos materiais foi confirmado se o revestimento em questão era aplicável no local pretendido, através da respetiva página do material (Fig. 3.6).



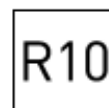
APLICAÇÃO
Pavimento e revestimento



BAIXO TRAFEGO
Baixo Trafego



ISO 10545-13
Resistência Química



DIN 51130
Resistência ao Escorregamento

Fig. 3.6 - Exemplo da adequabilidade de um produto para revestimento de piso [53].

3.3. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS

Os revestimentos de piso é um dos materiais que mais tem uma relação direta com o utilizador. Para estes tipos de compartimentos, são procurados revestimentos que transmitam um grau de conforto elevado. Em Portugal a utilização de materiais lenhosos tem vindo a aumentar, este facto prende-se a uma maior exigência requerida pelos utilizadores ao nível de conforto, aliada à beleza estética, facilidade e rapidez de execução [54]. A título de exemplo, ninguém gosta de acordar e pôr os pés numa cerâmica que é fria.

No Quadro 3.3, encontra-se representado um breve resumo de todas as soluções destinadas aos compartimentos principais.

Quadro 3.3 - Breve resumo de todos os revestimentos destinados aos compartimentos principais.

Tipo	Sigla	Descrição
Laminados	Laminado 1	Acabamento <i>mate</i> , em tons de madeira de carvalho sem chanfro, com 7mm
	Laminado 2	Acabamento <i>mate</i> , em tons de madeira de carvalho com chanfro, com 8mm
	Laminado 3	Acabamento brilhante, em tons de madeira de nogueira com chanfro, com
	Laminado 4	Acabamento <i>mate</i> , em tons de madeira de pinho sem chanfro, com 8mm
Soalhos	Soalho 1	Madeira de carvalho, com uma espessura de 22mm, protegida com óleo
	Soalho 2	Madeira de nogueira, com uma espessura de 14mm, protegida com cera
	Soalho 3	Madeira de carvalho, com uma espessura de 20mm, protegida com óleo
	Soalho 4	Madeira de bétula lacada, com uma espessura de 19mm
Parquet	Parquet 1	Madeira de carvalho lacada, com uma espessura de 14mm
	Parquet 2	Madeira de faia com uma espessura de 13,5mm, protegida com resina
	Parquet 3	Madeira de carvalho com uma espessura de 10mm, protegida com verniz
	Parquet 4	Madeira de faia lacada, com uma espessura de 14mm
Cortiças	Cortiça 1	Pavimento com tons claros em formato de régua de 6mm
	Cortiça 2	Pavimento com tons escuros em formato de régua de 10,5mm
	Cortiça 3	Pavimento com tons claros, com régua em espinha de 10,5mm
	Cortiça 4	Pavimento com tons escuros, em formato de grande dimensão de 10mm
Vinílicos	Vinílico 1	Acabamento <i>mate</i> , em tons de madeira de pinho sem chanfro, com 5,5mm
	Vinílico 2	Acabamento <i>mate</i> , em tons de betão sem chanfro, com 3mm
	Vinílico 3	Acabamento brilhante, em tons escuros num formato de grande dimensão, com 2,5mm
	Vinílico 4	Acabamento brilhante, em tons de madeira de jatoba com chanfro, com 6,5mm

3.3.1. LAMINADOS

“Os elementos laminados de madeira são muito utilizados atualmente, sendo utilizados quase como uma substituição dos de madeira maciça, sendo de relevar algumas vantagens como por exemplo a menor espessura, que se reflete na combinação com outros tipos materiais de revestimento de piso e no respetivo pé-direito” [44].

Estes tipos de materiais são processados e são compostos por várias camadas (Fig. 3.7), sendo uma delas a de acabamento (normalmente madeira nobre, ou então uma solução sintética impressa que imita diversas madeiras ou outro tipo de padrões). Por fim, esta camada é protegida pela última a camada de desgaste.

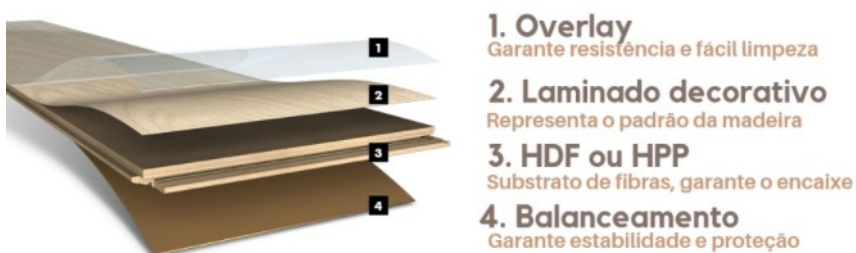


Fig. 3.7 - Estrutura de um laminado [55].

Estes tipos de revestimentos são instalados naquilo que se chama um sistema flutuante, em que se dispensa todos os produtos de colagem, e se coloca apenas uma manta (película de polietileno ou de cortiça), de forma a reduzir os sons de percussão e a cobrir pequenos defeitos de planimetria do suporte e se instala o pavimento com o sistema macho-fêmea (Fig. 3.8).



Fig. 3.8 - Processo de instalação de um laminado [56].

É possível ter uma grande diversidade de cores, padrões e dimensões neste tipo de materiais. Esta é uma das razões que agrada aos utilizadores, além de ter um preço muito competitivo para aquilo que oferece, e a sua instalação ser relativamente simples, principalmente quando o suporte está em bom estado e com uma boa planimetria. Um exemplo deste pavimento pode ser encontrado na Fig. 3.9.



Fig. 3.9 - Exemplo de um pavimento laminado [57].

Os laminados são bastante duráveis, no entanto, é preciso ter em atenção ao material que há no mercado. Com o aumento de popularidade deste tipo de revestimentos, foram aparecendo no mercado soluções com um custo baixo, mas com uma qualidade muito inferior à de um bom laminado, comprometendo assim a *performance* do material e o seu *status* na sociedade.

Após serem enumeradas algumas das vantagens, os laminados apresentam alguns inconvenientes:

- Material muito sensível ao desgaste e à riscagem;
- Degradação de juntas (empolamento da camada de desgaste e decorativa);
- Higrometria dos locais (locais com a humidade relativa elevada são um problema, para uma boa parte dos laminados, a não ser que sejam hidrófugados);
- Ausência de juntas ao longo da periferia (apesar de ser um problema causado pela equipa de montagem, acontece frequentemente a espessura ser menor que a recomendada pelo fabricante).

3.3.2. SOALHOS

“Os revestimentos de piso em elementos de madeira maciça são uma solução bastante frequente, embora pese o custo da sua manutenção. Podem ser aplicados de diversas formas, como a fixação mecânica ou a colagem, sendo a fixação mecânica (pregagem) o processo mais antigo de aplicação, remetendo para o soalho tradicional. É também usada como material de revestimento de escadas na totalidade (patamares, espelhos e cobertores) ou parcial, como o forro dos cobertores ou espelhos dos degraus” [44].

Os soalhos são, normalmente, compostos por réguas, que foram previamente serradas ou processadas de folhas de madeira muito maiores. Este é um dos revestimentos que perdura em casas que vão ser intervencionadas, contudo, há alguns prós e contras. Por um lado, acrescenta custos elevados de

tratamento e reparação, além de a manutenção se tornar dispendiosa e morosa futuramente; porém, a beleza que acrescenta ao edifício é incomparável, visto que, normalmente, se trata de madeiras nobres. Sendo assim, os soalhos acabam por ser uma solução muito frequente, apesar dos seus elevados custos. Na Fig. 3.10 está ilustrado um soalho.



Fig. 3.10 - Exemplo de um soalho [58].

Para um efeito mais bonito, tenta-se agrupar as réguas com a mesma tonalidade e dispersá-las aquando da instalação. Na instalação é importante manter as juntas distantes uma das outras para dar um efeito randomizado. Para o mesmo material é possível dar-lhe acabamentos diferentes, sendo os mais comuns o envernizado e o encerado. Contudo, é preciso ter cuidado porque a tonalidade muda drasticamente com o produto utilizado para o acabamento final. Assim, a escolha deste produto tem de ser muito bem ponderada.

Como já foi referido anteriormente, a instalação pode ser feita por colagem, pregagem ou por sistemas macho-fêmea. O tipo de instalação que será considerado para este tipo de revestimento, é a instalação através de macho-fêmea.

Alguns dos principais problemas destes revestimentos são:

- Desgaste superficial e riscagem (normalmente procede-se ao afagamento e aplicação de nova camada protetora);
- Desagregação de elementos (juntas, empolamento, devido principalmente ao mau comportamento quando exposto à água/humidade);
- Problemas relacionados com agentes xilófagos (causam apodrecimento, deficiente aparência do material).

De uma forma geral, estamos perante um revestimento duradouro, mas que tem uma manutenção muito constante. Necessita de limpezas regulares e de uma nova camada de proteção definida pelo fabricante do produto, para salvaguardar o material.

3.3.3. PARQUET

“O parquet é formado por um conjunto de lamelas que correspondem a tábuas de madeira de pequenas dimensões e com uma forma retangular. Normalmente, apresentam um padrão em xadrez a partir da junção de sucessivos painéis quadrangulares com conjunto de 4 a 5 lamelas de madeira encostadas umas às outras com um comprimento de 160mm, largura de 24mm e espessura de 8mm. Estas são aplicadas diretamente sobre a camada suporte” [43].

O parquet surge como uma opção em que o primeiro pensamento das pessoas é que é uma opção antiquada e que não se adapta às linhas mais direitas que são usadas atualmente. Porém, a história é outra, visto que é possível fazer autênticas obras de arte, adaptadas aos tempos modernos utilizando este tipo de revestimentos. Um exemplo de uma instalação pode ser encontrado na Fig. 3.11.



Fig. 3.11 - Exemplo de uma aplicação de parquet [59].

O parquet acaba por ser uma solução sustentável, pois, como os pavimentos são realizados com peças de pequenas dimensões, é comum serem fabricadas reaproveitando matérias-primas. A instalação pode ser feita por sistema flutuante, ou através de colagem direta ao suporte, como é mais frequente. O modo de instalação para efeitos da aplicação do método vai ser a colagem ao suporte.

Algumas das desvantagens são:

- Riscagem superficial;
- Incompatibilidade com a água/humidade (é preciso ter cuidado nas lavagens, se exposto por muito tempo condensa o revestimento);
- Se for pretendido um acabamento mate, a cera será a única opção e vai necessitar de ter uma manutenção ainda mais frequente.

A manutenção é simples e comum ao soalho, devendo procurar evitar-se produtos abrasivos. Para a sua renovação e proteção, o fabricante indica o afagamento completo do pavimento e respetiva proteção com o acabamento pretendido.

3.3.4. CORTIÇA

“A crescente aplicação de materiais naturais e sustentáveis teve implicação no ressurgimento do interesse por este tipo de revestimento de piso. Existe uma variada gama de revestimentos de piso com base em cortiça, consoante as tecnologias de preparação e tratamento das superfícies, possibilitando a seleção de formatos, cores e texturas. É um material de revestimento de piso resiliente, possibilitando o amortecimento aos choques resultantes dos efeitos mecânicos de serviço, como o punçoamento, sem esquecer a sua capacidade de absorção sonora” [44].

Existem várias formas deste tipo de revestimento:

- Ladrilhos de aglomerado de cortiça;
- Ladrilhos de aglomerado de cortiça e PVC;
- Revestimentos vinílicos sobre suporte resiliente de aglomerado de cortiça, ou vice-versa;
- Pavimentos flutuantes com cortiça na camada superior, inferior ou nas duas.

Sem dúvida que a tipologia mais interessante é a primeira, ou seja, pavimentos feitos integralmente de cortiça. É um material sustentável e natural, com excelentes características. Um exemplo destes pavimentos pode ser encontrado na Fig. 3.12.



Fig. 3.12 - Exemplo de um pavimento de cortiça [60].

Os formatos presentes no mercado variam muito, desde formatos em régua, mosaicos, entre outros.

Este pavimento é normalmente colado ou instalado em versão flutuante, dependendo da tipologia em que será inserido. No contexto desta dissertação, a colagem ao suporte vai ser o seu método de instalação.

Os principais problemas deste pavimento têm por base: [61]

- Demasiada exposição solar (causa descoloração, perda de brilho na textura);
- Desgaste superficial;
- Riscagem.

Este material deve ser limpo por meios humedecidos, quando suportado, desde que não seja prolongado. Os produtos de limpeza não devem conter agentes abrasivos. Uma característica interessante é o facto de a cortiça ser um revestimento que tem uma resistência considerável a nódoas, provenientes de alimentos, gorduras, entre outros.

3.3.5. VINÍLICOS

“Os revestimentos de piso vinílicos são resilientes tal como o linóleo, apresentando desempenhos de serviço semelhantes, sendo importante referir que se trata de um material sintético (policloreto de vinilo) [44]”

A estrutura destes pavimentos é semelhante aos laminados, possuindo normalmente mais que uma camada de desgaste, como pode ser observado na Fig. 3.13.



Fig. 3.13 - Estrutura de um pavimento vinílico [62].

Tal como os laminados, os revestimentos vinílicos encontram-se em diferentes formatos, com uma gama de cores, texturas e padrões muito variados. Estes destacam-se como uma opção que está a ganhar cada vez mais popularidade entre os portugueses, devido à sua durabilidade e facilidade de instalação.

Estes tipos de revestimentos podem ser colados (alguns já vêm com cola pré-aplicada, ou então espalha-se a cola previamente e coloca-se o material), ou podem ser instalados em modo flutuante (que será a opção utilizada para esta dissertação), com o sistema macho-fêmea (Fig. 3.14).



Fig. 3.14 - Diferentes tipos de instalação dos pisos vinílicos [63].

Tal como os pavimentos laminados, este tipo de revestimento está a aumentar a sua popularidade. Com isso, há cada vez mais ofertas no mercado, e acabam por existir opções demasiado baratas para este tipo de material que comprometem a imagem de marca que é a durabilidade que tanto caracteriza os revestimentos vinílicos no geral.

Assim, os principais problemas são os seguintes:

- Riscagem superficial;
- Os pigmentos tendem a soltar com o tempo (principalmente nas opções com qualidade mais fraca, em que a camada de desgaste não contém os melhores produtos);
- Desgaste nas juntas (tal como anteriormente, irá notar-se mais rapidamente nos produtos de qualidade inferior).

A manutenção é simples, com uma mopa humedecida a limpeza do pavimento é muito fácil e remove praticamente todas as sujidades, gorduras e manchas.

3.4. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO

Para estes tipos de compartimentos são procurados revestimentos duráveis, que não tenham problemas com o contacto da água ou produtos químicos, porque normalmente são usados em zonas de serviço (casas de banho e cozinhas) onde a presença de água é constante e a limpeza é muito mais frequente do que nos outros compartimentos. Estão presentes cinco grupos de revestimentos distintos, três pedras naturais (mármore, calcários e granitos) e os outros dois materiais processados (ladrilhos cerâmicos e ladrilhos hidráulicos). Nesta divisão, todos os revestimentos vão ser colados ao suporte com o produto similar ao recomendado pelo fabricante.

No Quadro 3.4 encontra-se representado um breve resumo de todas as soluções destinadas aos compartimentos de serviço.

Quadro 3.4 - Breve resumo de todos os revestimentos destinados aos compartimentos de serviço.

Tipo	Sigla	Descrição
Ladrilhos Cerâmicos	Cerâmico 1	Cerâmico em tons <i>antracite</i> de pequeno formato, com espessura de 10,5mm
	Cerâmico 2	Cerâmico em tons castanhos de formato médio, com espessura de 10mm
	Cerâmico 3	Cerâmico a imitar mármore de formato médio, com espessura de 11mm
	Cerâmico 4	Cerâmico em tons de betão de formato grande, com espessura de 10mm
Mármore	Mármore 1	Mármore <i>marrón emperador</i> , com uma espessura de 20mm
	Mármore 2	Mármore <i>calacatta gold</i> , com uma espessura de 20mm
	Mármore 3	Mármore <i>fidgi</i> , com uma espessura de 15mm
	Mármore 4	Mármore <i>bettoqli</i> , com uma espessura de 20mm
Ladrilhos Hidráulicos	LH 1	Acabamento em um tom, sem desenho com uma espessura de 20mm
	LH 2	Acabamento em dois tons, com desenho e uma espessura de 18mm
	LH 3	Acabamento em branco e preto, com desenho e uma espessura de 16mm
	LH 4	Acabamento em três tons, com desenho e uma espessura de 15mm
Calcários	Calcário 1	Calcário <i>caliza capri</i> , com uma espessura de 20mm
	Calcário 2	Calcário moleano azul, com uma espessura de 15mm
	Calcário 3	Calcário <i>hauteville</i> , bege com uma espessura de 10mm
	Calcário 4	Calcário creme Fátima, com uma espessura de 20mm
Granitos	Granito 1	Granito cinzento pedras salgadas polido, com uma espessura de 15mm
	Granito 2	Granito cinzento ariz amaciado, com uma espessura de 20mm
	Granito 3	Granito rosa polido, com uma espessura de 20mm
	Granito 4	Granito preto <i>zimbabwe</i> polido, com uma espessura de 20mm

3.4.1. LADRILHOS CERÂMICOS

“Os ladrilhos cerâmicos são bastante utilizados como revestimentos de piso correntes, possuindo uma vasta gama de opções de materiais, e, por conseguinte, a necessidade de conhecimento das suas características, para uma correta aplicação no local a que se destinam. Essa grande variedade de materiais é inerente às necessidades arquitetónicas dos projetistas, como as combinações de produtos e cores” [44].

Um ladrilho cerâmico é uma placa feita de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas, através de fundamentalmente de dois métodos: (1) conformados por extrusão, ou (2) prensagem a seco à temperatura ambiente, sendo depois secas e cozidas a temperaturas definidas para atingirem as características pretendidas.

Os ladrilhos cerâmicos podem ainda ser vidrados ou não vidrados, sendo insensíveis à luz e incombustíveis. Outro parâmetro muito importante é a absorção de água (que é a característica que os subdivide). Para revestimentos de piso é importante que não ultrapasse os 10%, visto que assim temos um material menos poroso, com uma maior resistência mecânica e à abrasão. Um exemplo pode ser encontrado na Fig. 3.15.

Existem diversos tipos de ladrilhos cerâmicos:

- Ladrilho (terracota);
- Ladrilho em grés cerâmico;
- Ladrilho em grés porcelânico;
- Ladrilho porcelânico.



Fig. 3.15 - Exemplo de grés porcelânico utilizado [64].

A dimensão deste tipo de revestimento é muito variável, sendo possível encontrar formatos quadrados e retangulares, de modo a adaptar os diversos padrões que sejam pretendidos.

A colagem ao suporte é feita através de argamassas, cimentos-cola, colas em dispersão aquosa ou colas de resina. O tipo de produto de colagem a ser utilizado, depende do material (tipo, dimensões, entre outros), suporte, características da envolvente e o fim pretendido. Cada caso é diferente e o melhor é consultar a ficha técnica do material para ver as indicações do fabricante.

Apesar deste tipo de material ser muito durável, podem ocorrer alguns problemas: [65]

- Degradação das juntas em materiais de pequeno formato;
- Levantamento devido a junta diminuta;
- A exposição a certo tipo de produtos pode ser complicada em alguns casos (óleo, gorduras, alimentos e tintas).

Todavia os ladrilhos cerâmicos apresentam-se como uma solução durável e de fácil manutenção, resistentes aos produtos mais comuns de limpeza doméstica.

3.4.2. MÁRMORES

“Contrariamente ao que empiricamente é sugerido, alguns mármore possuem propriedades muito semelhantes aos granitos, tendo em conta os aspetos específicos do metamorfismo associado ao seu desenvolvimento. Por exemplo, os mármore de tonalidade clara (ou mesmo branca) provêm de rochas calcárias puras (rochas sedimentares), o que lhes confere muitas vezes algumas propriedades inerentes aos próprios calcários. Outros mármore, de cor diversa ou com veios, resultam da presença de minerais formados a partir de impurezas existentes no calcário original. Os mármore explorados em Portugal raramente apresentam grão muito grosseiro, mas por outro lado são bastante ricos em pigmentações de vários tipos, o que ocasiona grandes variações de tonalidade e homogeneidade, mesmo dentro de uma mesma pedreira” [66].

Este revestimento continua a ser muito acarinhado em Portugal. Como foi referido acima, Portugal tem uma grande variedade de mármore, portanto, estes acabaram por ser uma opção utilizada na construção portuguesa. É comum ver-se frequentemente edifícios com mármore, quer no interior ou exterior. Um exemplo de um revestimento de mármore ilustrado na Fig. 3.16.

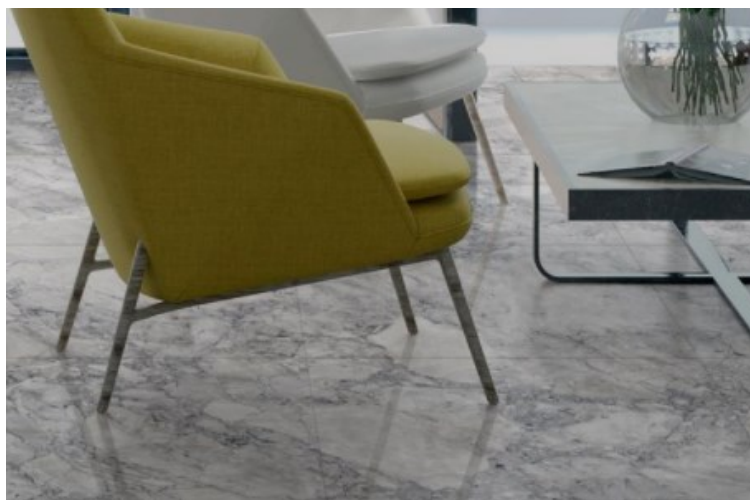


Fig. 3.16 - Exemplo de um revestimento de mármore utilizada [67].

Estes tipos de revestimentos existem em grandes formatos, ou então em formatos vulgares, quer sejam quadrados, retangulares, entre outros. Existe um número infinito de possibilidades.

A colagem ao suporte é feita através de cimentos-cola, que garantem uma melhor fixação face às argamassas tradicionais.

Algumas desvantagens deste tipo de revestimento:

- Algumas qualidades do mármore podem envelhecer com o tempo e ficarem amarelados;
- Porosidade do material (absorve facilmente humidade, água e os outros diversos líquidos);
- Manchas (devido ao facto referenciado acima, o mármore é muito suscetível a manchas);
- O preço normalmente é bastante alto.

Este revestimento surge como muito durável, resistente e muito versátil. A manutenção é simples, apenas devem ser evitados detergentes com o pH básico, porque retiram o brilho e a cor à pedra, além de podem causar danos irreversíveis (manchas alaranjadas) [66]. As soluções ácidas também devem ser evitadas porque normalmente são corrosivas e acabam por danificar a peça, é preferível optar por soluções neutras.

3.4.3. LADRILHOS HIDRÁULICOS

“Os ladrilhos hidráulicos foram materiais correntes no século passado, onde o seu processo de fabrico é considerado artesanal, possuindo características ímpares por essa razão. De forma resumida, a sua fabricação consiste em juntar pó de pedra, cimento, areia, tinta em pó e água, sendo secos ao ar livre. Este tipo de material possui boa resistência ao desgaste, tendo sido aplicado usualmente em cozinhas e casas de banho” [44]. Um exemplo da sua produção encontra-se na figura abaixo (Fig. 3.17).



Fig. 3.17 - Produção de um ladrilho hidráulico [68].

Este tipo de revestimento é facilmente reconhecível devido aos seus padrões. É comum encontrá-los em casas antigas, e a sua manutenção é prática corrente visto que foi um revestimento que estava a cair em desuso. Ainda assim, atualmente já há uma maior procura novamente por este tipo de revestimentos, que conseguem acrescentar uma mística diferente a um determinado espaço, tal como é ilustrado na Fig. 3.18. O acabamento pode apresentar algumas diferenças de tonalidade, devido aos processos artesanais.



Fig. 3.18 - Exemplo de um ladrilho hidráulico [69].

Tal como os cerâmicos, encontram-se em diferentes tamanhos, apesar de uma forma quadrada ser a mais privilegiada, devido aos padrões recorrentes.

A colagem deste tipo de revestimento é feita através de argamassas tradicionais, sendo que uma das características mais interessantes é poder ser aplicado com uma junta nula, na maior parte dos casos (devido à dilatação ser praticamente inexistente, uma vantagem em relação aos cerâmicos). Contudo, é importante consultar a ficha técnica de modo a verificar esta possibilidade.

Este material surge como uma opção bastante durável e resistente mecanicamente e quimicamente, sendo que o principal cuidado reside no uso de soluções neutras na sua limpeza.

3.4.4. CALCÁRIOS

“A utilização da pedra calcária como revestimento de piso remonta a gerações, mas atualmente os padrões de qualidade e durabilidade são mais exigentes, os investimentos associados são elevados e mais elevados ainda, são os custos decorrentes da fase de exploração e manutenção do edificado. Conhecer a pedra calcária, as suas qualidades e fragilidades, quando aplicada em revestimentos de piso, é, pois, o desafio que se coloca” [70].

Os revestimentos em calcário são muito frequentes nas habitações do nosso país. O facto de existirem várias pedreiras que extraem esta matéria-prima, também é um fator importante que acaba com que seja um dos revestimentos mais usados na nossa construção, juntamente com os mármore e granitos.

Estes continuam a ser muito utilizados devido à sua resistência, dureza e à sua versatilidade, visto que há certos tipos de calcários (especialmente os moleanos) que se assemelham a mármore quando polidos. Não obstante, polido não é o único acabamento que este material pode obter (amaciado, escovado, bujardado ou riscado). Um exemplo deste tipo de revestimento está representado na Fig. 3.19.

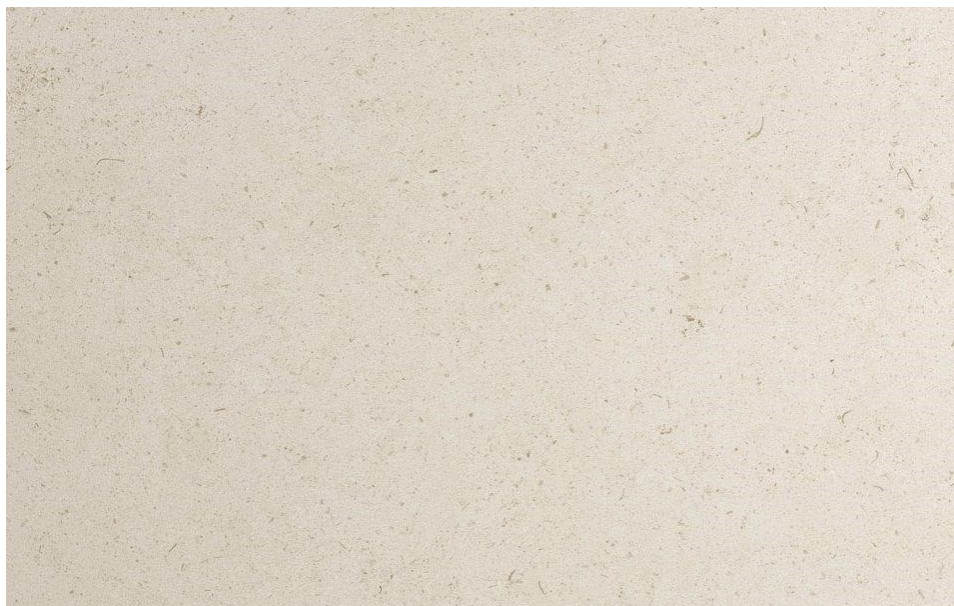


Fig. 3.19 - Exemplo de revestimento de calcário moleano [71].

Este tipo de revestimentos aparece nos mais diversificados tamanhos e feitios, desde formatos pequenos, grandes, quadrados ou retangulares.

Relativamente ao produto de colagem, as recomendações são as mesmas às dos mármore, ter preferência por cimentos-cola e ter em atenção especialmente ao formato (tamanho da peça), das condições do local, e a ficha técnica do produto para ver as soluções sugeridas pelo fabricante [70, 72].

Alguns dos problemas mais comuns são: [73]

- Manchas (podem manchar facilmente no contacto com gorduras);
- Alteração da cor original (seja devido a minerais ferrosos, sujidade encardida ou degradingamento de produtos proteção).

A manutenção é simples, e vem no seguimento do recomendado para os mármore, devem ser evitados todas as soluções de limpeza que contenham ácidos, pois podem remover o acabamento superficial. Assim, é preferível optar por soluções neutras. É ainda recomendado a aplicação de um hidro-óleo repelente para aumentar a proteção do revestimento [66, 73].

3.4.5. GRANITOS

“Do ponto de vista macroscópico tratam-se de rochas duras e normalmente difíceis de trabalhar mecanicamente. Apresentam tonalidades bastante variadas (branco, cinzento, azul, rosa ou vermelho) com uma granularidade muito variada: de muito fina com dimensões máximas das centenas de micron até muito grosseira, podendo atingir as poucas dezenas de centímetros” [66].

Este tipo de revestimento continua a ser muito frequentemente usados na construção civil, principalmente devido à sua elevada resistência e durabilidade e, ainda, devido à enorme oferta deste tipo de material no nosso país.

Os granitos aparecem nos mais diversos formatos, e podem ser utilizados nas mais diversas situações, desde chão, paredes, bancadas, entre outros. Podem ter diversos acabamentos, sendo que entre os mais comuns estão o polido, o bujardado e o amaciado. Um exemplo deste revestimento pode ser encontrado na Fig. 3.20.



Fig. 3.20 - Exemplo de um revestimento de mármore [74].

No que diz respeito à instalação, as recomendações são as mesmas que as dos mármore. A colagem é feita com cimentos cola, respeitando as indicações do fabricante.

Alguns dos problemas mais comuns são: [75]

- Manchas (podem manchar facilmente no contacto com gorduras, ou líquidos, como o café);
- Alteração da cor original (seja devido a minerais ferrosos, sujidade encardida ou degradação de produtos proteção).

A manutenção vem no seguimento do que foi dito, sendo preferível usar soluções neutras. Alguns produtos químicos podem ser demasiado abrasivos e causar danos irreparáveis aos revestimentos. Não são recomendados produtos de limpeza abrasivos, tais como escovas abrasivas ou palhas de aço.

3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada tipo de revestimento apresenta características únicas, é necessário conhecê-las e interpretá-las, de modo a adaptar os revestimentos a cada local. Todavia não são só as características do material importantes, mas também as características do local onde será inserido (humidade relativa, contacto com água moderado, entre outros) e ainda ao produto de colagem, que também precisa de ser o indicado para o local e para o tipo de material que fixará. O material pode ter uma qualidade extraordinária, contudo se não for adequado para as condições a que vai estar sujeito, terá uma vida útil inferior ao esperado [66].

Há, ainda, o fator humano, que aparece como um fator decisivo, por ser necessário saber usar e fazer as devidas manutenções, quer seja as limpezas diárias, ou as manutenções programadas (que por vezes nunca chegam a ser feitas e condenam o material). Como foi referido anteriormente, é muito fácil errar num mero produto de limpeza e comprometer a integridade do material sem haver grande hipótese de recuperar o estado desejado do mesmo.

4

APLICAÇÃO DO MÉTODO

4.1. METODOLOGIA / PRESSUPOSTOS

A aplicação deste método assenta numa análise quantitativa de vários indicadores que são previamente escolhidos em função do pretendido. Assim, foi importante recolher o maior número de informação sobre o objeto de estudo, nas três dimensões: (1) ambiental, (2) económica e (3) funcional. É de notar que a quantidade de informação recolhida é vasta, gerando uma enorme quantidade de dados. Neste sentido, foram utilizadas diversas folhas de cálculo para caracterizar e organizar da melhor forma possível a informação recolhida (Anexo A-1, A-2, A-3 e A-4). Na Fig. 4.1, é possível observar um exemplo parcial de uma das tabelas criadas para a recolha da informação ambiental proveniente de declarações ambientais de produtos. Nas linhas estão representados os diversos materiais utilizados e os respetivos produtos que os acompanham (tal como um underlay é a manta que acompanha o laminado) e nas colunas aparecem os diversos indicadores retirados das DAP.

UTILIZAÇÃO	GRUPO	Soluções Construtivas	Global Warming Potential (100 years)	Total Use of Renewable Primary Energy Resources	Total Use of non Renewable Primary Energy Resources	ER ENR+ER	Acidification Potential	Eutrophication Potential (FreshWater)	Ozone Layer Depletion Potential (Steady State)	Photochemical – Ozone Creation Potential	Abiotic Depletion – Elements	Abiotic Depletion – Fossil Fuels
			PAG	ENR	PENRT	%ER	AP	EP	ODP	POCP	ADPE	ADPF
			kg CO2 Equivalent	MJ	MJ	%	kg SO2 Equivalent	kg PO4 3- Equivalent	kg CFC-11 Equivalent	kg C2H4 Equivalent	kg Sb Equivalent	MJ
SALAS / QUARTOS	Laminados	Laminado 1	-2,96	143,00	122,00	54%	0,016000	0,003750	0,0000000032800	0,0029600	0,0000014	94,100000
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,200000
		Σ	-2,45	148,03	133,90	53%	0,016885	0,003897	0,0000000032801	0,0030498	0,0000015	105,300000
		Laminado 2	-6,01	184,00	91,40	67%	0,008890	0,002620	0,0000000000077	0,0014100	0,0000008	88,700000
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,200000
		Σ	-5,50	189,03	103,30	65%	0,009775	0,002767	0,0000000000078	0,0014998	0,0000010	99,900000
		Laminado 3	-5,27	151,00	130,00	54%	0,019600	0,006680	0,0000004450000	0,0053600	0,0000031	105,000000
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,200000
		Σ	-4,76	156,03	141,90	52%	0,020485	0,006827	0,0000004450001	0,0054498	0,0000033	116,200000
		Laminado 4	-7,77	151,00	82,10	65%	0,024000	0,000661	0,0000006160000	0,0160000	0,0000188	73,000000
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,200000
		Σ	-7,26	156,03	94,00	62%	0,024885	0,000808	0,0000006160001	0,0160898	0,0000190	84,200000
	Soalhos	Soalho 1	-4,14	339,00	216,00	61%	0,078600	0,032900	0,0000016700000	0,0088000	0,0000329	208,000000
		Soalho 2	-1,01	88,20	75,30	54%	0,017800	0,004100	0,0000003130000	0,0027600	0,0004410	44,900000
		Soalho 3	-12,40	494,00	206,00	71%	0,076200	0,014500	0,0000000327000	0,0236000	0,0000052	183,000000
		Soalho 4	12,51	201,78	12,87	94%	0,121410	0,011020	0,0000000120000	0,0032430	0,0000021	55,100000
	Parquet	Parquet 1	0,22	273,00	220,00	55%	0,122000	0,011600	0,0000000012000	0,0087700	0,0000014	209,000000
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,330000
		Σ	2,81	288,54	283,17	50%	0,128229	0,032639	0,0000000012080	0,0094654	0,0000333	261,330000
		Parquet 2	-10,40	431,00	71,70	86%	0,017300	0,003730	0,0000000165000	0,0062400	0,0000028	64,400000
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,330000
		Σ	-7,81	446,54	134,87	77%	0,023529	0,024769	0,0000000165080	0,0069354	0,0000347	116,730000
		Parquet 3	-6,71	250,00	87,20	74%	0,020300	0,004860	0,0000000669000	0,0032400	0,0000039	74,700000
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,330000
		Σ	-4,12	265,54	150,37	64%	0,026529	0,025899	0,0000000669080	0,0039354	0,0000358	127,030000
		Parquet 4	-12,80	1540,00	84,10	95%	0,053800	0,009830	0,0000000591000	0,0281000	0,0000067	76,600000
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,330000
		Σ	-10,21	1555,54	147,27	91%	0,060029	0,030869	0,0000000591080	0,0287954	0,0000386	128,930000

Fig. 4.1 - Excerto da informação recolhida sobre os impactos ambientais de dois tipos de materiais distintos.

Como referido anteriormente, a análise irá ser baseada nos impactos referentes à abordagem *Cradle to gate* (do berço ao portão), contabilizando assim: (1) a extração de matéria-prima, (2) transporte até à fábrica e (3) fabricação do produto. Vulgarmente esta abordagem é referenciada A1-A3 nas DAP, e muitas das vezes vem aglomerada, representando assim a abordagem citada anteriormente. As restantes fases seriam interessantes caso estivéssemos perante um estudo de caso e tivéssemos uma localização de modo a contabilizar o transporte. Contudo, para a presente dissertação, o grande enfoque é ser aplicável independentemente do contexto e da sua localização.

Para tentar obter resultados interessantes e mais próximos da realidade assumiu-se a solução construtiva como um todo, ou seja, uma cerâmica ou uma pedra natural necessita de um produto de colagem, tal como um laminado precisa de uma manta para absorver os sons de impacto e ajuda a combater algumas diferenças de planimetria. Idealmente, o melhor seria considerar o produto de colagem recomendado pelo fabricante, contudo não existem DAP para todas as soluções, o que resultava num problema de falta de informação. Assim, de modo a não introduzir um erro desnecessário causado pela falta de informação, foi considerado o mesmo produto para as diversas alternativas de um mesmo tipo de revestimento. Por fim, irá ser feita uma comparação entre diversos produtos de colagem que, por sua vez, irá ajudar na reflexão da importância destes produtos na solução construtiva como um todo.

Apesar de já ter sido referido, a análise irá ser efetuada por m² de material. Algumas declarações ambientais tinham como unidade declarada o quilograma ou, a tonelada, tendo assim de ser convertidas para m² através da densidade e da espessura. Em alguns casos, no que toca a produtos de colagem, foram encontradas determinadas DAP com informações também por kg de material, tendo estas sido transformadas para m² através do rendimento que constava na ficha técnica.

No capítulo anterior, procurou-se encontrar informação de pelo menos quatro revestimentos diferentes dentro do mesmo tipo de solução construtiva, com o objetivo de minimizar o erro aquando da aplicação do método. Se considerássemos apenas três revestimentos, ao fazer a respetiva normalização, um ficaria com 0 outro com 1 e outro algures no meio. Esta situação poderia trazer alguma irrealidade visto não haver um termo de comparação muito abrangente, porque dois dos três revestimentos eram respetivamente o máximo e o mínimo.

Um dos maiores desafios prende-se com o facto de encontrar um produto que tenha DAP, boas fichas técnicas e ainda informação económica disponível (apesar de o custo inicial ser de fácil acesso, o de manutenção e instalação pode variar muito, como irá ser explicado mais a frente neste capítulo). Apesar de difícil, esta associação foi possível para a maior parte dos materiais, com a exceção dos ladrilhos hidráulicos onde foram utilizadas duas DAP genéricas visto não terem sido encontradas mais declarações ambientais no tempo útil para a realização desta dissertação. A utilização de uma das DAP disponível para os restantes dois revestimentos foi descartada, pois a mesma resultaria em impactos ambientais iguais, o que não seria interessante do ponto de vista dos resultados da dissertação. Desta forma, foi introduzido um erro, visto não ter sido possível arranjar outra forma em tempo útil.

Outro problema que surgiu foi a escassez de parâmetros funcionais dentro do mesmo local de uso dos revestimentos (Anexo A-2 e A-3). Como seria de esperar, na análise de resultados seria interessante comparar os revestimentos que se adequam ao mesmo local, de modo a comparar soluções diferentes para o mesmo espaço. Assim, a metodologia adotada foi, numa primeira fase, efetuar uma análise local e, numa segunda fase, uma comparação global destes (apenas o melhor de cada tipo). Posteriormente, irá ser aprofundado este condicionamento.

4.2. INDICADORES AMBIENTAIS

4.2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Arquitetos e os respetivos proprietários de edifícios são confrontados com diversas perguntas tais como: Qual a melhor opção de isolamento? Qual o tipo de caixilharia? Qual é o revestimento de piso preferido? Quando se projeta edifícios, o custo do investimento é, na maior parte das vezes, condição suficiente para uma decisão e é o único custo estimado. Esta deve ser a realidade na maior parte dos casos, mas este paradigma deve mudar e a preocupação ambiental, com os seus impactos durante o ciclo de vida, deverá passar a ser uma ferramenta indispensável atualmente [76].

Nas últimas décadas existe a preocupação de investigadores, legisladores, empresas, associações e outros, de diminuir os impactos ambientais de edifícios, sobretudo na energia gasta na produção de materiais e na aposta de materiais mais amigos do ambiente [77]. Como demonstrado anteriormente, existe uma preocupação crescente em quantificar diversos parâmetros ligados ao impacto ambiental dos materiais. Ainda, existem diversos parâmetros (Fig. 4.2) a retirar das declarações ambientais de produto, no entanto, cabe-nos a nós interpretarmos do bolo de informação que esta nos disponibiliza o que poderá ser mais relevante.

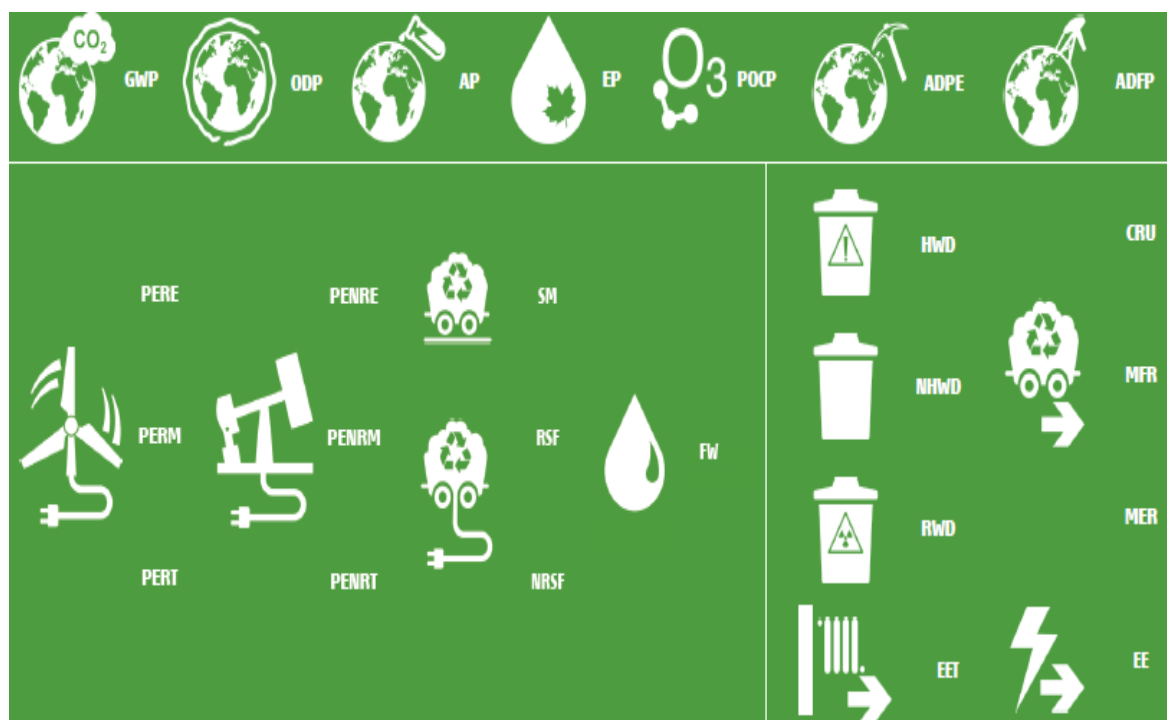


Fig. 4.2 - Parâmetros possíveis de extrair em declaração ambiental (Adaptado de DAP) [78].

Segundo [8], a redução do consumo de energia é um dos maiores desafios para a construção sustentável, sendo que este problema já está identificado desde os anos 90 [2]. Assim, se englobarmos materiais com uma menor energia incorporada, contribuímos para este aspeto, diminuindo a energia total necessária para a construção do edifício. O valor desta redução não é consensual, mas segundo o mesmo artigo, a redução pode ser entre 17-30% (o menor valor corresponde a autores mais conservadores).

Contudo, devemos sempre pensar fora da caixa. A título de exemplo, se imaginarmos um produto que tenha sido produzido totalmente com energia renovável, quer isto dizer que é uma opção sustentável por si só? Qual foi o investimento necessário para esse objetivo? Quantos resíduos gerou? E se utilizássemos a energia pública ao preço de custo da rede? Quanto demora a recuperar o investimento? Outro fator interessante é se a sua extração pode ser mais fácil ou mais difícil? O uso de matéria-prima maior ou menor? Torna-se, então, importante refletir sobre estes detalhes.

Para a definição de indicadores, é necessário ter uma certa sensibilidade e perceber o quão importante é o que estamos a analisar. Na Fig. 4.2, encontram-se representados diversos parâmetros que são comuns à maior parte das declarações ambientais, independentemente da sua origem. Alguns indicadores foram imediatamente descartados, como é o caso dos parâmetros ligados ao desperdício (foi admitido que os parâmetros escolhidos têm uma maior importância e acabam por refletir estes parâmetros indiretamente). Entre os diversos indicadores ambientais disponíveis (como é o caso do potencial de acidificação, eutrofização, destruição da camada de ozono, entre outros), foram selecionados os três indicadores que vão ser enunciados a seguir, porque são aqueles para os quais somos mais sensíveis, não sendo especialistas em ambiente.

Assim os parâmetros escolhidos foram os seguintes:

- Potencial de aquecimento global (PAG);
- Energia não renovável (ENR);
- Rácio de energia renovável (%ER).

Depois de todas as recomendações feitas nesta subsecção, aplicam-se a todas os outros pressupostos referidos anteriormente (principalmente a questão de análise ser por m² e os acabamentos da peça influenciarem a informação a retirar).

4.2.2. POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL – PAG

O efeito de estufa antropogénico causado pelas emissões de gases de atividades humanas para a atmosfera pode ser expresso em kg equivalentes de CO₂, considerando um tempo de horizonte de 100 anos [4]. Esta categoria está diretamente relacionada com a proteção e o conforto do ser humano, visto que pode ter diversos efeitos adversos na saúde, preservação dos ecossistemas e até no desempenho dos materiais [37]. Este indicador tem repercussões à escala global e é um dos mais importantes atualmente devido à enorme necessidade de reagir perante um problema que aumenta ano após ano. Quanto menor for este valor melhor.

4.2.3. ENERGIA NÃO RENOVÁVEL – ENR

Com este indicador pretende-se quantificar apenas a energia não renovável, utilizada em todas as fases do produto até à fabricação do mesmo (*cradle to gate*). Desta forma, representa a contribuição do produto para o esgotamento dos recursos energéticos não renováveis. Este indicador tem como unidades, megajoules (MJ) equivalentes e inclui simultaneamente a energia fóssil e nuclear [37]. Quanto menor for o valor deste parâmetro melhor, pois representa menos gastos energéticos nas respetivas etapas consideradas.

4.2.4. RÁCIO DE ENERGIA RENOVÁVEL – %ER

Através deste indicador conseguimos perceber a ordem de grandeza da energia renovável utilizada, sendo isto muito mais interessante do que a quantidade de energia renovável utilizada. Como foi referido anteriormente, é muito bom utilizar energia renovável, mas isso acarreta/acarretou muitos custos. Novamente, torna-se lógico que uma maior percentagem é melhor que uma menor. Este indicador pode ser calculado através da expressão (4.1).

$$\%ER = \frac{ER}{ER + ENR} \quad (4.1)$$

4.3. INDICADORES FUNCIONAIS – COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS

4.3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo [2], enquanto os utilizadores finais do empreendimento estão interessados no conforto e na saúde, os vendedores estão mais focados nas questões económicas. Provavelmente esta é uma das razões para que o comportamento funcional tenha um peso acrescido na maior parte dos métodos de avaliação de sustentabilidade. Alguns dos parâmetros encontrados nas fichas técnicas estão ilustrados na Fig. 4.3.

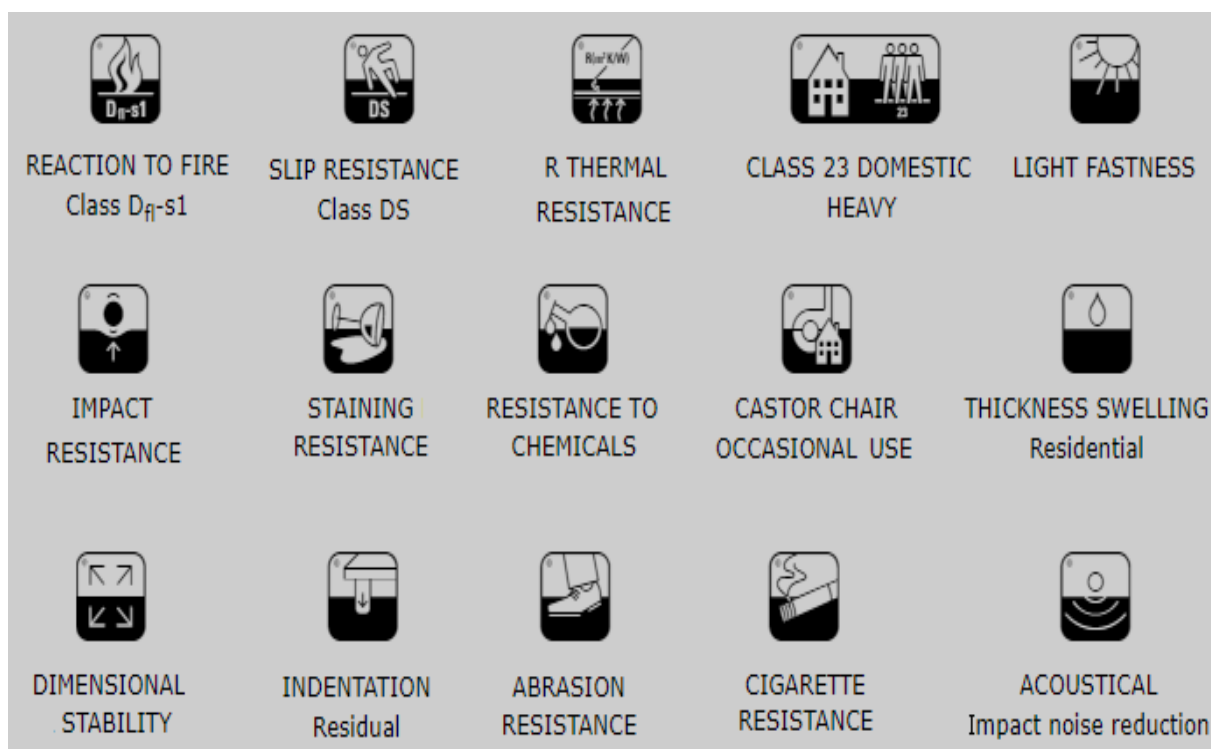


Fig. 4.3 - Diferentes parâmetros presentes nas fichas técnicas de revestimentos de piso para salas e quartos (Adaptado) [79].

Como alguns revestimentos têm fichas técnicas mais pobres, a gama de indicadores acerca de certos tipos de revestimentos acaba por ser muito escassa. Para auxiliar, foram consultadas fichas técnicas de outros países para o mesmo produto, tendo ocorrido situações em que esta procura foi benéfica e auxiliou em alguns parâmetros. Neste sentido, foram feitas análises localmente (dentro da mesma família de revestimentos) e foram selecionados os indicadores mediante o que era possível nesse tipo de revestimento (Anexo A-2 e A-3).

Em relação a esta fase é importante ter em atenção essencialmente o acabamento da peça, pois alguns parâmetros podem apresentar diferenças consoante o acabamento final. Outro fator importante são as normas respetivas a cada parâmetro, pois as mesmas dão-nos fiabilidade na comparação entre os diversos tipos de revestimentos (o ensaio que deu origem ao valor é o mesmo em todos).

4.3.2. RESISTÊNCIA AO DESLIZAMENTO – μ

Existem diversos ensaios para caracterizar este parâmetro, nomeadamente o método do tribómetro ou o método da rampa. Ainda, é possível determinar o coeficiente dinâmico de atrito, que pode ser correspondido aos outros métodos referidos anteriormente através da Fig. 4.4.

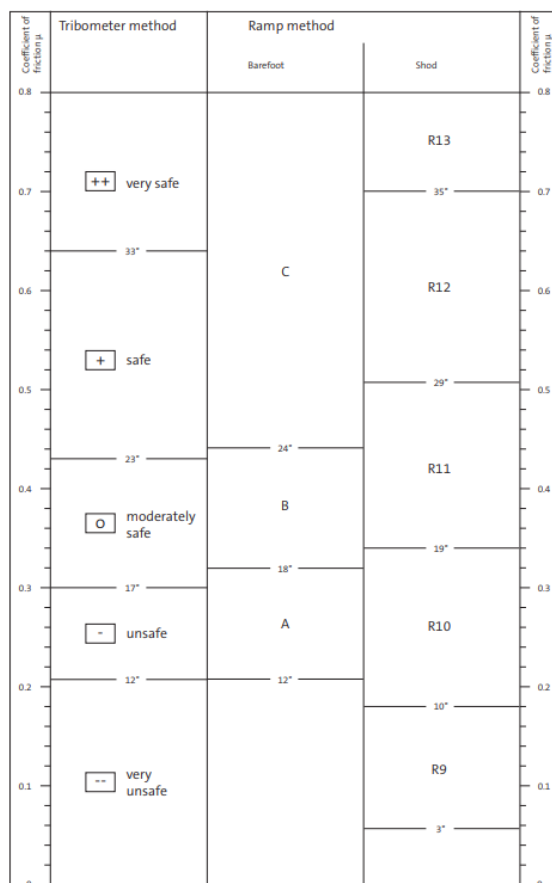


Fig. 4.4 - Diferenças entre os diversos métodos de determinação da resistência ao deslizamento [80].

No que diz respeito às fichas técnicas, este parâmetro foi obtido a partir dos métodos referidos anteriormente. Uma razão para tal acontecer prende-se com o facto de as empresas usarem normas diferentes consoante a sua localização ou, então, do facto de serem obrigadas devido à sua presença global. Em particular, o ensaio da rampa com calçado apareceu inúmeras vezes, presente na norma Alemã DIN 51130. Contudo, os tipos de revestimentos onde este parâmetro foi utilizado, consistem no coeficiente dinâmico de atrito, representado pela letra grega μ e a sua determinação está presente na norma NP EN ISO 13893 [81]. Este coeficiente representa a capacidade de resistência de uma determinada superfície contaminada com um determinado material (por exemplo, água) e para um determinado tipo de sola (a título de exemplo, borracha) [80]. Atendendo ao perigo de escorregamento, quanto maior for este valor, mais seguro é o revestimento em questão.

4.3.3. RESISTÊNCIA À ABRASÃO – RABR

Para o teste da Resistência à Abrasão, é usada normalmente, uma máquina muito conhecida, denominada *Taber* (Fig. 4.5). Esta máquina, permite a realização de diferentes ensaios no sentido de determinar o desgaste: (1) através de uma roda abrasiva, sendo introduzido um desgaste no material e, posteriormente, após um certo número de revoluções, procede-se à medição do material que foi removido e (2) através de uma roda de couro até que o revestimento apresente um desgaste pré-determinado. Os ensaios variam de país para país, seguindo as respetivas normas. O método usado segue a norma NP EN 13329 [82], que segue o princípio (2), enunciado anteriormente, onde é substituído o couro por uma determinada lixa. A amostra do revestimento gira em torno da lixa, recebendo desgaste contínuo. A peça é inspecionada a cada 100 revoluções e a lixa trocada a cada 200. O nível de desgaste está padronizado na norma e, quando atingido, é registado o número de revoluções que foram necessárias para atingir esse desgaste [83]. Quanto maior for o número de ciclos, maior é a resistência do material.



Fig. 4.5 - Máquina *Taber* [83].

4.3.4. REDUÇÃO DO IMPACTO SONORO – ΔLW

O parâmetro da Redução do Impacto Sonoro é um dos mais importantes para alguns consumidores, visto os mesmos não gostarem do barulho que um determinado revestimento faz quando se caminha sobre ele (Fig. 4.6) ou os vizinhos.



Fig. 4.6 - Exemplo do impacto sonoro em um revestimento [84].

Este ruído denomina-se ruído de percussão, e resulta de ações de choque exercidas diretamente sobre o pavimento, tais como, queda de objetos, mudança de mobiliário, caminhar, entre outros. O conhecimento do comportamento acústico das diferentes soluções, é muito importante para serem tomadas decisões mais adequadas a cada projeto e cliente.

O ensaio segue a norma ISO 140-8 [85], e muito resumidamente, consiste em duas câmaras acústicas separadas por uma laje onde é aplicado o revestimento a avaliar. Esta laje é percutida, e são registados dois valores, o primeiro sem o revestimento aplicado e o segundo com o revestimento aplicado. Como descrito na EN ISO 717-2, o parâmetro caracterizador é obtido através da diferença entre o resultado do pavimento de referência e o resultado da solução em estudo [86].

4.3.5. RESISTÊNCIA TÉRMICA – R_T

A resistência térmica é um parâmetro muito usado no mundo da engenharia civil, para avaliar o comportamento de uma determinada solução na transferência de calor. Embora, no contexto dos revestimentos de piso não seja tão significativo devido à reduzida espessura dos mesmos, surge como um parâmetro indispensável para a aplicação do método devido à escassez de parâmetros.

A sua determinação segue a norma EN ISO 10456 [87], e quanto maior for este valor, mais resistência o material oferece à transferência de calor.

4.3.6. DENSIDADE – $DENS$

A densidade da madeira é uma característica complexa que resultante da combinação de diversos fatores, no entanto, é um fator importante para a determinação de outros parâmetros técnicos [88]. Surge, então, como um parâmetro interessante para materiais maciços, pois, a partir do mesmo valor, podemos ter uma noção da resistência do material. A norma NP EN 13489 [89] padroniza este parâmetro, regendo a sua determinação e os ensaios correspondentes. O ensaio corresponde à medição da massa de cada provete (com teor de humidade similar), sendo que, através da razão massa por volume, é possível determinar as várias densidades dos diversos provetes e estimar a densidade global das placas de madeira. Assim, através deste parâmetro conseguimos perceber se um material é mais brando (uma densidade menor) ou mais duro e compacto (uma densidade maior).

4.3.7. REAÇÃO AO FOGO – FG

Este parâmetro é importante porque quantifica o quão combustível é um determinado material. O ensaio está padronizado na norma NP EN 13501 [90]. Um material classificado numa determinada classe satisfaz as exigências impostas à classe imediatamente anterior [91]. Encontra-se ilustrado na Fig. 4.7, a escala correspondente a revestimentos de piso.



Classificação complementar de produção de fumo

s1

s2

Fig. 4.7 - Classes de exposição ao fogo [91].

De modo a proceder à normalização deste indicador, foi realizada uma correspondência da classe a um número, tendo a classificação A1_{fl}, a melhor pontuação (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 - Correspondência das classes de fogo a uma pontuação para proceder à respetiva normalização.

Classificação Reação ao Fogo	Número de Pontos
F _{fl}	0
E _{fl}	1
D _{fl}	2
C _{fl}	3
B _{fl}	4
A2 _{fl}	5
A1 _{fl}	6

4.3.8. DUREZA DE *BRINELL* – DURB

Este ensaio permite determinar a dureza dos materiais através de uma compressão lenta de uma esfera em aço, de um determinado diâmetro, sobre a superfície em estudo, durante um determinado tempo. Após decorrido o tempo previsto, é medido a indentação produzida pela esfera, sendo que quanto maior for o seu diâmetro, mais dano sofreu a peça e, assim, mais macio será o seu material [92].

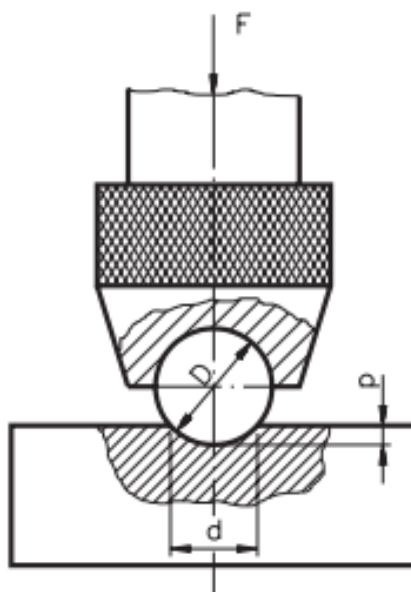


Fig. 4.8 - Exemplo de um ensaio do método de *Brinell* [93].

Este ensaio segue a norma EN 1534 [94], onde, por norma, é utilizada uma força de 1kN com uma esfera de 10mm. O número de *Brinell* (HB) é função da força aplicada e do diâmetro da esfera e da impressão causada pela mesma. Quanto maior for este valor, mais duro é o material [93].

4.3.9. TOLERÂNCIA DIMENSIONAL DA ESPESSURA – Δ ESPE

O parâmetro da Tolerância Dimensional da Espessura segue a norma NP EN 13489 [95], que diz respeito ao máximo desvio que uma régua de pavimento pode apresentar relativamente àquilo que foi padronizado pela fábrica. Assim, quanto menor for este valor melhor, visto que causará menos problemas quer ao instalador, quer ao impacto visual.

4.3.10. ESTABILIDADE DIMENSIONAL – EDIM

A norma EN ISO 669 [96] padroniza o parâmetro da Estabilidade Dimensional, que tem como intuito a avaliação da estabilidade dimensional quando o pavimento está exposto a variações de humidade. Uma razão para recorrer a este parâmetro, prende-se com o facto de as variações higrométricas nas habitações, por vezes, serem muito acentuadas. Assim, este parâmetro vem refletir acerca da estabilidade do material nestes ambientes. Portanto, quanto menor for esta dimensão, melhor vai ser o comportamento deste material.

4.3.11. MOSSA APÓS CARGA CONSTANTE – MRES

Este indicador pretende determinar qual a resistência ao punçoamento de um pavimento. Ainda, através do mesmo, é possível estimar a sua dureza e durabilidade. Este parâmetro assenta na norma EN ISO 24343 [97], e consiste na aplicação de uma força constante que, posteriormente, irá determinar a altura da indentação (diferença entre a espessura inicial e final). Podemos, então, concluir que, quanto menor for este valor, mais resistente é o revestimento. O ensaio referido encontra-se representado na Fig. 4.9.

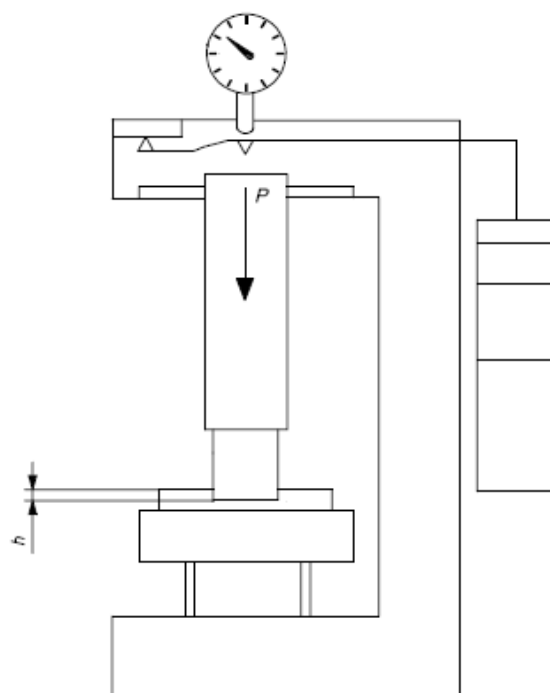


Fig. 4.9 - Representação do ensaio de determinação da massa de indentação residual (h) [97].

4.3.12. ESPESSURA DA CAMADA DE DESGASTE – EDESG

Este parâmetro está diretamente relacionado com a durabilidade do piso, neste caso dos vinílicos. Segue a norma ISO 24340 [98]. No capítulo 3, foi demonstrada a constituição de um pavimento vinílico (Fig. 4.10).



Fig. 4.10 - Composição de um pavimento vinílico [99].

Embora a espessura desta camada seja um indicador interessante, porque quanto maior for a espessura maior o tempo que este pavimento aguentará ao desgaste provocado pela utilização diária, há algumas reservas, visto que o tipo de material que constitui esta camada tem uma enorme influência. Assim, um material com uma qualidade inferior pode comprometer todo o pavimento.

4.4. INDICADORES FUNCIONAIS – COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO

4.4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste tipo de revestimentos, os parâmetros são mais constantes o que, por sua vez, torna a análise e a escolha mais simplificada. As recomendações para este indicador são as mesmas proferidas no início do subcapítulo 4.5.1, sendo necessária uma especial atenção, por um lado, ao tamanho da peça, pois alguns parâmetros fazem a diferença e, por outro lado, às normas utilizadas pelos parâmetros, visto existirem alguns parâmetros muito semelhantes (Anexo A-3). Alguns exemplos de parâmetros que podemos encontrar, estão representados na Fig. 4.11.

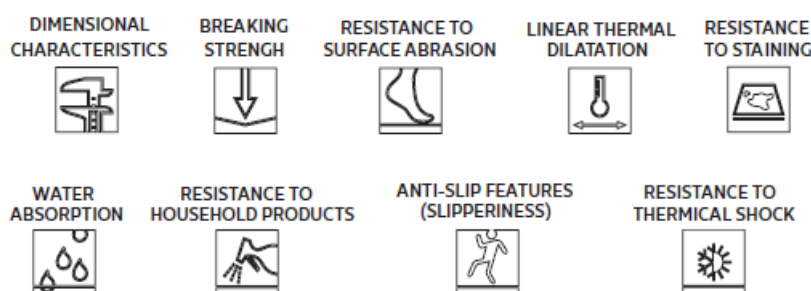


Fig. 4.11 - Exemplos de parâmetros técnicos disponíveis nas fichas técnicas de revestimentos apropriados para locais de serviço (Adaptado) [100].

No caso dos ladrilhos hidráulicos a informação era tão escassa, sendo necessário contactar diversas empresas na esperança de obter dados para os mesmos poderem ser analisados. Felizmente, houve algumas respostas e através dos documentos fornecidos foi possível avaliar este tipo de revestimentos.

4.4.2. RETILINEARIDADE DOS LADOS – RET

Este parâmetro está descrito na norma NP EN ISO 10545-2 [101], e consiste em analisar se os lados da peça são retilíneos (não possuem concavidade). Esta concavidade, quando acentuada, pode provocar efeitos visuais negativos e dificuldade na instalação, principalmente quando a concavidade é positiva. Há ainda o fator das juntas, que no caso de ser uma concavidade positiva pode diminuir a espessura da junta na parte central de modo a não alterar o efeito visual. Assim, quanto menor for a variação deste parâmetro melhor. O indicador da Retilinearidade dos Lados pode ser observado na Fig. 4.12.

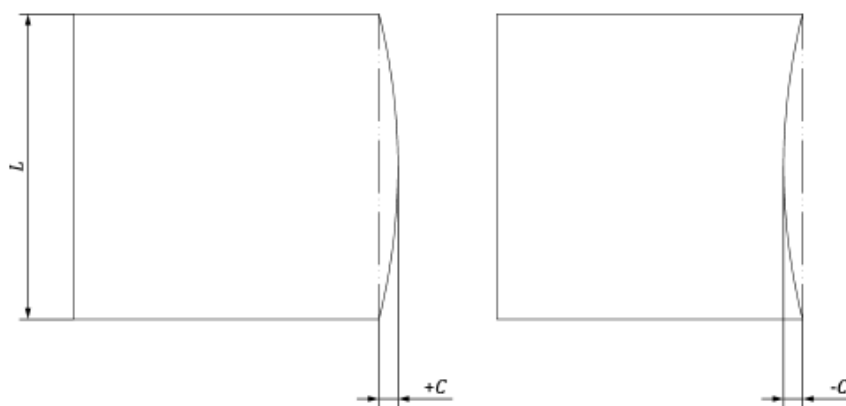


Fig. 4.12 - Demonstração da retilinearidade dos lados negativa e positiva [101].

4.4.3. MÓDULO DE RUTURA – MR

Este ensaio segue a norma NP EN ISO 10545-4 [102], tendo como objetivo a aplicação de uma força no centro do ladrilho cerâmico com uma velocidade pré-definida, de modo a obter a carga de rutura e, consequentemente, a tensão de rutura e o módulo de rutura. O provete está apoiado em dois roletes cilíndricos, afastados por um determinado comprimento. Quanto maior for o valor do módulo de rutura, maior será a resistência do material. Um exemplo de uma máquina utilizada num ensaio, está ilustrado na Fig. 4.13.



Fig. 4.13 - Máquina usada no ensaio para obter o módulo de rutura [103].

4.4.4. DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR – DTL

Ao considerarmos que as rochas se dilatam e comprimem devido à temperatura ambiente, é muito importante caracterizar o valor da Dilatação Térmica Linear, pois o mesmo é que irá determinar qual o tamanho das juntas a aplicar [104]. Este ensaio está descrito na NP EN ISO 10545-8 [105], e consiste em aquecer amostras de um dado revestimento cerâmico, desde a temperatura ambiente até uma média de 100°C (Fig. 4.14). A deformação tem de ser registada em intervalos nunca superiores a 15°C. Quanto menor for este valor, menor dilatação irá ter o material.



Fig. 4.14 - Ensaio de determinação do coeficiente de dilatação térmica linear [104].

4.4.5. RESISTÊNCIA À FLEXÃO COM CARGA CENTRADA – RFC

Este ensaio segue a norma NP EN 12372 [106], que está direcionada para pedras naturais. Apresenta algumas semelhanças ao ensaio do módulo de rutura, pois a peça é igualmente apoiada em dois cilindros e é levada a rutura por uma força (aplicada noutro cilindro) que aumenta progressivamente até a rutura, permitindo, assim, calcular a resistência à flexão. À semelhança de ensaios anteriores, quanto maior este valor significa que este material tem uma resistência maior. Um exemplo de um ensaio do cálculo da resistência à flexão, pode ser observado na Fig. 4.15.

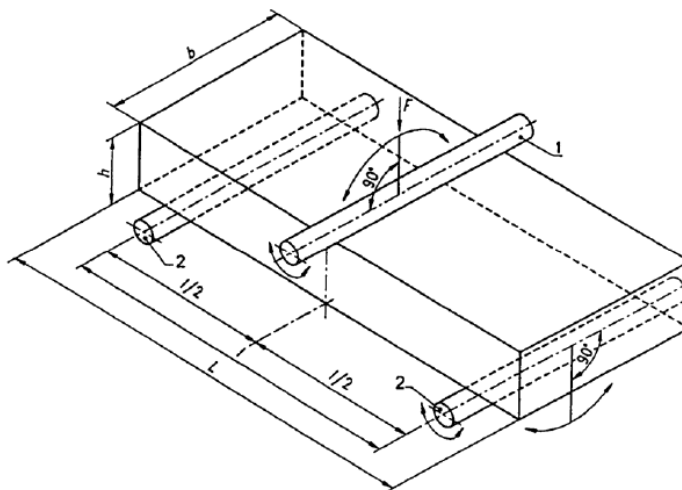


Fig. 4.15 - Exemplo de um ensaio para o cálculo da resistência à flexão [106].

4.4.6. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO – RC

Este ensaio tem como objetivo encontrar a máxima carga que a peça pode suportar sem atingir a rutura, ou seja, determina a tensão de rutura quando a peça é submetida a um esforço de compressão (Fig. 4.16). Este ensaio tem como base NP EN 1926 [107], e quanto maior for a resistência maior será a resistência do material em estudo.



Fig. 4.16 - Ensaio de compressão [104].

4.4.7. RESISTÊNCIA À ABRASÃO SUPERFICIAL – RAS

Existem diversos ensaios e normas que padronizam este parâmetro. Um dos mais importantes e mais utilizados é o teste de *Amsler*, que está representado na Fig. 4.17 e segue a norma NP EN 14157 [108]. Este parâmetro surge como um dos mais importantes, pois mede o desgaste provocado por uma máquina que faz um percurso circular, simulando o desgaste causado [104]. A resistência ao desgaste, normalmente, está diretamente relacionada com a dureza do material, contudo este ensaio oferece outro indicador muito importante em relação ao desgaste do material. Quanto menor for o seu valor, mais resistente é o revestimento em termos da resistência à abrasão.

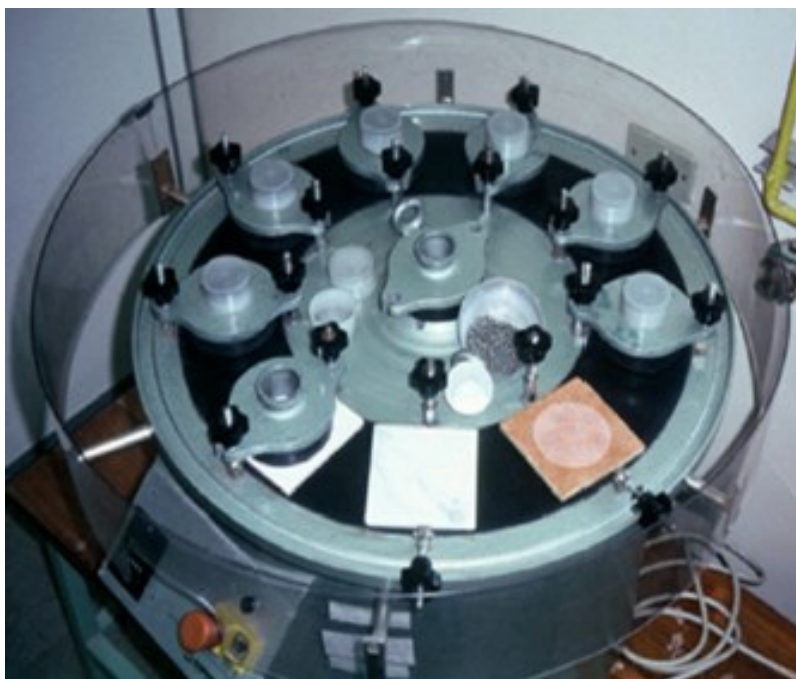


Fig. 4.17 - Ensaio da abrasão superficial [109].

4.4.8. TOLERÂNCIA DIMENSIONAL: ESPESSURA – ΔESP

Através da norma NP EN 13748 [110], a tolerância dimensional é descrita como o desvio máximo admissível, comparativamente às dimensões efetivas declaradas no fabrico do produto. Este parâmetro é interessante, no sentido em que, caso o desvio seja considerável, podem ocorrer dificuldades na instalação e, consequentemente, pode causar dissabores no aspeto visual final. Assim, quanto menor for este valor melhor.

4.4.9. CARGA DE RUTURA – CR

Como enunciado na secção 4.4.3 e 4.4.5, a carga de rutura diz respeito à força que provoca a rutura do provete no ensaio referido. Esta força tem como unidade o N e quanto maior for, mais resistente é o material. Um exemplo deste ensaio, pode ser constatado na Fig. 4.18 com a respetiva carga de rutura representada com a letra F.

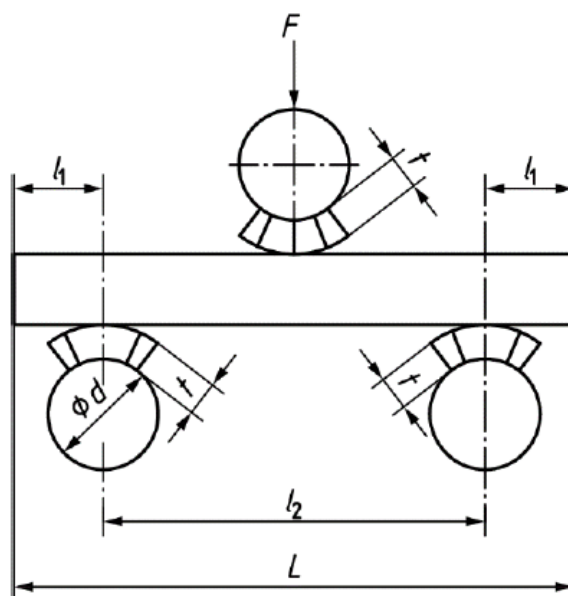


Fig. 4.18 - Esquema de um ensaio para determinar a carga de rutura [102].

4.4.10. RESISTÊNCIA À FLEXÃO – RF

O ensaio da Resistência à Flexão segue a norma americana ASTM C 880-06 [111]. Este ensaio é de extrema importância para os revestimentos de piso, no entanto, no contexto residencial, as cargas são muito diminutas. Através deste ensaio, conseguimos ter uma ideia da resistência à flexão do revestimento em causa. Um exemplo de um ensaio está representado na Fig. 4.19, sendo similar aos apresentados anteriormente. Quanto maior for este valor, mais resistente é o revestimento em questão [104].

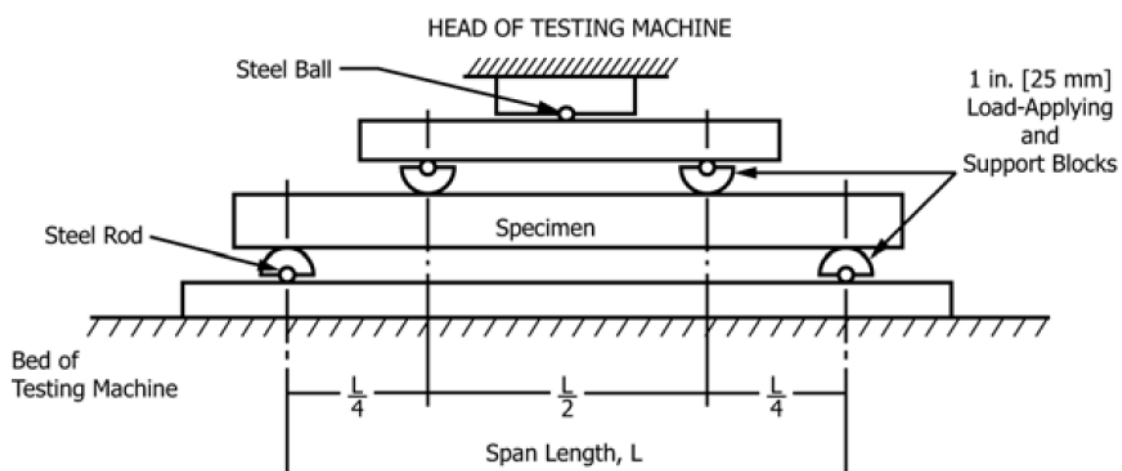


Fig. 4.19 - Exemplo de um ensaio de flexão [111].

4.5. INDICADORES FUNCIONAIS – COMPARAÇÃO LOCAL E GLOBAL

4.5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na dimensão ambiental e económica, os parâmetros são comuns e de relativamente fácil acesso, não colocando entraves para a comparação geral. Por outro lado, o mesmo não se verifica nos parâmetros funcionais, pois estes não se encontram presentes nas diversas soluções propostas para o mesmo uso. Como referido no início deste capítulo, um dos objetivos era comparar revestimentos destinados ao mesmo local, onde estaria incluído apenas o melhor revestimento dos diversos tipos de revestimentos.

4.5.2. COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS

No que diz respeito aos compartimentos principais, existem principalmente dois tipos de revestimentos (soalhos e parquets), onde a informação é muito diminuta. Após a realização da análise, concluiu-se que os únicos parâmetros que estavam maioritariamente presentes eram a densidade e a resistência térmica. Estes dois parâmetros têm alguns pressupostos que são importantes mencionar.

A densidade foi um dos parâmetros usados anteriormente (4.3.6), visto ser considerada um parâmetro interessante em revestimentos de madeira maciça, no sentido em que dá pistas da dureza do material. No entanto, quando a comparássemos com outros tipos de materiais como, por exemplo, os vinílicos, não faria sentido utilizar a densidade, pois não faz sentido comparar os seus valores para os diferentes tipos de materiais.

A propósito da resistência térmica, apesar de ser um parâmetro comum a todos os revestimentos de piso e de fazer sentido a comparação da mesma entre eles, o cenário também não é animador. A espessura mínima destes materiais faz com que a resistência térmica tenha um papel diminuto para o conforto térmico global do edifício. Assim, optou-se por descartar da análise este parâmetro.

Ainda, foi realizada uma tentativa de análise dos melhores revestimentos por cada tipo, com o intuito de verificar se possuíam parâmetros iguais, no entanto, o mesmo não foi possível (Anexo A-3).

Foi também pensado utilizar o desempenho funcional (IF – subcapítulo 2.7.2.4) da análise local do melhor revestimento de cada tipo de material. Contudo, após a análise dos resultados percebeu-se que se introduzia um erro demasiado excessivo ao utilizar diretamente estes valores, porque se houvesse uma determinada propriedade comum, a escala poderia ser muito diferente entre os diversos revestimentos.

Assim, optou-se por se efetuar, para este compartimento, a análise local apenas com os indicadores ambientais e económicos, devido a não existirem indicadores funcionais em comum viáveis.

4.5.3. COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO

Apesar de os revestimentos utilizados para estas divisões serem mais completos no que diz respeito à sua caracterização técnica, existem alguns entraves que serão citados de seguida.

Um dos parâmetros que chama a atenção é a carga de rutura, parâmetro este igualmente utilizado na análise local do grupo dos ladrilhos hidráulicos. Apesar de não estar presente em todas as soluções, será possível ser usado, visto que a solução vencedora dos calcários tem este parâmetro na sua ficha técnica.

De seguida, outro parâmetro que salta a vista é a absorção de água, que surge como um parâmetro interessante para revestimentos de piso, principalmente no que diz respeito a compartimentos de serviço. Uma razão para este parâmetro ser considerado relevante, prende-se com o facto de, em locais com um

elevado teor de humidade, serem necessários materiais com uma absorção de água o mais baixa possível. Portanto, este é um dos parâmetros que será utilizado, visto estar presente nas diversas soluções.

Outro parâmetro que seria muito interessante era a resistência à abrasão, pois esta está diretamente relacionada com o desgaste do material. No entanto, esta informação não se encontra presente nos cerâmicos, o que por sua vez, impossibilita a sua utilização.

Assim, na análise dos revestimentos para este compartimento vão ser usados dois indicadores funcionais: (1) Absorção de água e (2) Carga de Rutura.

4.5.4. COMPARAÇÃO GLOBAL

Devido à variedade de soluções presentes no objeto de estudo, e após as dificuldades sentidas anteriormente na escolha de indicadores comuns, é muito difícil arranjar parâmetros comuns para todos os tipos de revestimentos. Deste modo, na comparação global dos revestimentos, vai seguir-se o caminho dos compartimentos principais em que só serão analisadas as vertentes ambiental e económica.

4.6. INDICADORES ECONÓMICOS

4.6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os indicadores económicos aquando da ponderação acabam por ser a dimensão menos importante a ser considerada. Ainda assim, surge como uma dimensão fundamental, visto que o custo é sempre importante, no sentido em que mesmo que um material seja publicitado como o mais sustentável do mundo, se o seu preço for exorbitante, o mesmo poderá não ser escolhido visto que, em determinadas culturas, existe uma enorme preocupação acerca dos custos decorrentes de um orçamento mais apertado [76, 112]. Ainda, existem algumas considerações a serem realizadas relativamente a alguns dos seus indicadores, sobretudo a dificuldade de quantificar alguns deles.

Apesar de, normalmente, a população em geral só ter em conta o custo inicial (compra), existem diversos indicadores económicos. Contudo, se aplicássemos a metodologia de ciclo de vida a um determinado produto, iríamos deparar-nos com muitos custos inerentes. Alguns destes custos inerentes a um produto estão ilustrados na Fig. 4.20.

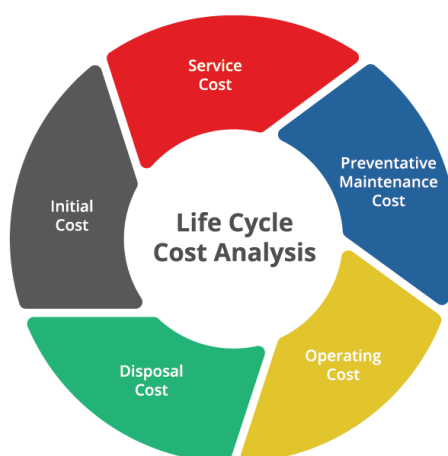


Fig. 4.20 - ACV de um produto [113].

Para a aplicação do método nesta dissertação, não se irá analisar o custo de desmantelamento, nem outros custos que existam. A razão da não utilização destes custos prende-se pelo facto de não haver informação suficiente, tanto mais que não se trata de nenhuma obra específica.

Assim, os parâmetros que vão ser utilizados são os seguintes:

- Custo de compra (CC);
- Custo de instalação (CI);
- Custo de manutenção (CM).

4.6.2. CUSTO DE COMPRA – CC

O custo de compra surge como o parâmetro mais acessível de encontrar. Após ser escolhido o produto, ficamos com o seu nome completo, a sua tipologia, referência e imagem, o que, por sua vez, nos ajuda a validar o produto quando os procurarmos em lojas *online* ou em catálogos comerciais.

4.6.3. CUSTO DE INSTALAÇÃO – CI

Este indicador já não é tão linear como o anterior, visto que tem outro tipo de condicionantes por trás dele. O preço varia consoante o tipo de instalação que é pretendido, o que pode ter implicações nos resultados finais (apesar de a sua importância na ponderação ser diminuta). Ainda, existem diversas formas de colocação de revestimentos, por exemplo, os revestimentos de madeira, particularmente os soalhos podem ser instalados das seguintes maneiras: (1) a matar juntas, (2) colado, (3) em espinha, (4) em xadrez, (5) entre outros. Outra particularidade, no caso das pedras naturais, ou até mesmo nas cerâmicas, um fator que pode ser determinante é o peso de cada peça, pois quanto maior for o peso maior será a dificuldade do transporte da peça pelo ajudante e do ladrilhador assentar a mesma. O gerador de preços permite alterar algumas destas opções, sendo que na Fig. 4.21 podem ser observadas algumas destas.

Fig. 4.21 - Opções referentes ao tipo de instalação [114].

De modo a despistar este tipo de problemas, no Capítulo 2, foi pré-estabelecido o tipo de instalação para as diversas soluções. Portanto, no âmbito desta dissertação vão ser utilizados valores tabelados no gerador de preços [114], tendo sido adicionado o valor da mão de obra correspondente (oficial + servente + outros custos, normalmente) para a solução construtiva analisada (tipo de material, dimensões, sistema de instalação, acabamento). Um exemplo dos custos a considerar numa instalação, está ilustrado na Fig. 4.22.

RSP010 m² Pavimento de pedra natural sobre uma superfície plana, com cola.					64,43€	
Pavimento de mosaicos de mármore Castanho Emperador, para interiores, 60x40x2 cm, acabamento polido, assentes com cimento cola melhorado, C2 e enchimento das juntas com argamassa de juntas cimentosa, CG1, para junta mínima (entre 1,5 e 3 mm), com a mesma tonalidade das peças.						
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância	
mt09mcr210	kg	Cimento cola melhorado, C2 TE, com deslizamento reduzido e tempo de colocação ampliado, composta de cimento, inertes seleccionados, aditivos especiais e resinas, para a colocação em camada fina do pavimentos de pedra natural.	8,000	1,15	9,20	
mt18bmn010uja	m²	Ladrilho de mármore de Espanha, Castanho Emperador polido, 60x40x2 cm, segundo NP EN 12058.	1,050	39,66	41,64	
mt09mcr060c	kg	Argamassa de juntas cimentosa, CG1, para junta mínima entre 1,5 e 3 mm, segundo EN 13888.	0,150	0,70	0,11	
mo023	h	Oficial de 1ª ladrilhador.	0,328	18,85	6,18	
mo061	h	Ajudante de ladrilhador.	0,328	18,40	6,04	
	%	Custos directos complementares	2,000	63,17	1,26	
Custo de manutenção decenal: 5,80€ nos primeiros 10 anos.				Total:	64,43	

Fig. 4.22 - Exemplo dos custos a considerar na instalação de um mármore [114].

As diferenças dentro do mesmo tipo de revestimento não vão ser muito significativas na comparação entre eles. Contudo, na comparação global haverá diferenças mais significativas e aí os resultados vão ser mais expressivos.

4.6.4. CUSTO DE MANUTENÇÃO – CM

Este parâmetro acaba por ser o mais difícil de quantificar dentro dos escolhidos, pois encontra-se dependente de inúmeras variáveis. Como já foi referido anteriormente, um material pode ter um desgaste prematuro se não for adequado para o local em questão ou se, por exemplo, as pessoas não tiveram cuidado na sua manutenção e utilizaram produtos não adequados, o material ficará danificado e necessita de uma manutenção mais cedo do que aquilo que era previsto (em alguns casos extremos já nem é possível remediar o dano). Atendendo ao facto de existirem certos comportamentos humanos imprevisíveis e que não se podem controlar, os mesmos podem acelerar a manutenção, o que torna muito complicado e difícil de quantificar.

Como visto anteriormente a durabilidade é muito difícil de prever, até porque o contrário também acontece, ou seja, uma habitação com um uso pouco frequente (por exemplo, casa de férias), pode ter um pavimento com uma durabilidade ainda maior.

Embora existam alguns artigos com algumas bases interessantes, como não abordam todo o objeto de estudo escolhido para esta dissertação, não foi possível serem utilizados na mesma. Contudo, alguns deles serviram para fazer esta reflexão da durabilidade dos materiais e dos custos inerentes, como é o caso de um estudo conduzido por *Ignatovich* em 2012 [115] ou por *Aizuddin* em 2013 [116].

Portanto, no âmbito desta dissertação, vão ser usados valores tabelados no gerador de preços [114], que correspondem à manutenção decenal. Um exemplo destes valores de manutenção está ilustrado na Fig. 4.23.

Unitário	Ud	Descrição
mt16pnc020a	m²	Lâmina de espuma de polietileno de alta densidade de 3 mm de espessura, proporcionando uma redução do nível global de pressão sonora a sons de percussão de 16 dB.
mt16aaa030	m	Fita autocolante para vedação de juntas.
mt18mta020gb	m²	Soalho flutuante em pranchas de madeira maciça de faia, de 22 mm de espessura, envernizado em fábrica com duas demãos de verniz de secagem ultravioleta e duas demãos de acabamento de verniz de poliuretano, à base de isocianato, acabamento semi-mate, segundo EN 13810-1 e EN 14342. Inclusive molduras de guarnição e acessórios de montagem.
mt18mva070	l	Adesivo, com classe de durabilidade D3 segundo NP EN 204.
mo025	h	Oficial de 1ª instalador de pavimentos de madeira.
mo063	h	Ajudante de instalador de pavimentos de madeira.
	%	Custos directos complementares
Custo de manutenção decenal: 24,75€ nos primeiros 10 anos.		

Fig. 4.23 - Exemplo de um valor de manutenção retirado a partir do gerador de preços [114].

Os valores de manutenção vão ser similares para os revestimentos dentro do mesmo tipo, visto que no gerador de preços não é possível fazer variar parâmetros ligados à manutenção do revestimento na maior parte dos materiais. No caso de alguns revestimentos naturais, é possível definir o tipo de material e a respetiva qualidade, como por exemplo um tipo de mármore. Apesar de não ser um parâmetro interessante para a comparação entre revestimentos do mesmo tipo (na maior parte dos casos), o mesmo já não acontece na comparação global de várias soluções construtivas, em que estes valores vão ser muito dispare e os resultados vão ser muito mais interessantes. Contudo, este indicador foi mantido em todas as análises (localmente em cada tipo de revestimento), como forma de ressaltar a sua importância, sendo que no futuro podem vir a existir base de dados com informação útil (ou esta função ser adicionada ao gerador de preços) e, assim, ser possível obter resultados ainda mais interessantes.

Para obter um pouco mais de realismo, foram feitos pequenos ajustes aos valores de manutenção tendo em consideração as respetivas fichas técnicas de manutenção e limpeza dos diversos produtos (algumas com planos de manutenção). Nos casos das pedras naturais, o gerador de preços permite, em alguns tipos, escolher a tipologia da pedra em questão. A título de exemplo, um dos revestimentos escolhidos nos mármore era *marron emperador*, sendo que esta tipologia existia na base dados (Fig. 4.24). Em algumas tipologias é ainda possível inserir o preço inicial e a própria página faz o cálculo de um valor aproximado para esse tipo de revestimento. Assim, foi possível descobrir o preço de manutenção decenal. Esta alteração foi de carácter obrigatório, visto que se o valor da manutenção fosse igual para os quatro revestimentos era impossível normalizar o indicador da manutenção e por consequência não era possível aplicar o método.

Fig. 4.24 - Exemplo de seleção da tipologia de um mármore no gerador de preços [114].

4.7. INDICADORES – COLAS E OPCIONAIS

4.7.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A análise do revestimento é feita como um todo, um cerâmico não dispensa o produto de colagem, tal como um flutuante não dispensa a manta para a sua base. Como já foi referido anteriormente, idealmente o mais interessante para a análise seria considerar o produto de colagem proposto pelo fabricante, todavia não foi possível visto que não existiam as DAP para todos os produtos. Assim, tivemos de optar por considerar o mesmo produto para todos os revestimentos do mesmo tipo (o que localmente não terá o maior interesse, mas globalmente já tem significado).

Posto isto, surgiu a necessidade de fazer uma análise a alguns produtos de colagem em que as DAP estavam disponíveis, de modo a compreender a influência que poderiam ter estes produtos nas diversas soluções.

Uma solução pode parecer inicialmente uma solução muito interessante, mas a adição de um produto de colagem (absolutamente necessário) ou de, por exemplo, um repelente de água, pode comprometer completamente uma solução que era à partida muito sustentável.

4.7.2. INDICADORES

Os indicadores que foram utilizados no contexto da solução foram apenas todos os indicadores ambientais e o custo de compra. No que diz respeito aos indicadores ambientais, a energia não renovável incorporada surge como o parâmetro mais interessante, visto que é um dos que mais varia. No que toca a parte económica o preço é relativamente parecido entre as diversas soluções. Esta análise terá um carácter parcial, visto que não vão ser usados quaisquer parâmetros funcionais porque anteriormente não foram utilizados na análise da solução como um todo. Assim, pretende-se perceber a influência de várias soluções diferentes de produtos de colagem.

Do mesmo modo, os produtos hidrofugantes aparecem como um complemento para as soluções de pedra natural, e a avaliação assenta nos mesmos princípios dos produtos de colagem. Interessa apenas avaliar os seus impactos, de modo a refletir se a sua ordem de grandeza se tornará relevante se fosse aplicado a um determinado revestimento.

4.8. PONDERAÇÕES

4.8.1. INDICADORES AMBIENTAIS

Os indicadores ambientais manter-se-ão constantes ao longo de toda a análise, tal como as suas respetivas ponderações. É ainda de relembrar que o peso a atribuir a cada indicador é muito subjetivo e não é algo consensual na comunidade científica [33].

No que concerne aos indicadores ambientais, já surgiram algumas propostas para quantificar o peso de alguns indicadores que normalmente estão presente nas DAP, tais como: (1) EPA em [117] e (2) no artigo [118]. Considerando os parâmetros escolhidos, era possível utilizar a informação das tabelas e extrapolar, contudo, como foram utilizados somente três parâmetros pareceu desajustado extrapolar no meio de tantos indicadores.

Assim, após uma breve reflexão, foi decidido que o peso maior será atribuído ao PAG, devido aos acontecimentos brutais que estão a acontecer no nosso planeta. De seguida, atribuíram-se pesos equitativos à ENR e %ER, que aparecem como parâmetros importantes ligados ao consumo de energia e apontam (ou não) o caminhar e o empenho das empresas nesta direção.

A distribuição dos pesos encontra-se representada no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Distribuição dos pesos para os respetivos indicadores ambientais.

Indicador	Peso
Potencial de aquecimento global – PAG	0,4
Energia não renovável – ENR	0,3
Percentagem de energia renovável - %ER	0,3

4.8.2. INDICADORES FUNCIONAIS

Os indicadores funcionais variam consoante o tipo de revestimentos em análise. Como a escolha destes é limitada, alguns parâmetros selecionados poderiam ser considerados menos importantes que outros, tendo respetivamente uma ponderação menor.

Contudo, optou-se por manter uma distribuição equitativa e optou-se por dar o mesmo peso a todos os indicadores funcionais.

A título de exemplo, encontra-se representado no Quadro 4.3, a ponderação no caso do grupo dos laminados.

Quadro 4.3 - Distribuição dos pesos para os respetivos indicadores funcionais dos laminados.

Indicador	Peso
Resistência ao deslize - μ	1/3
Resistência à abrasão - R _{Abr}	1/3
Redução do impacto sonoro - ΔL_w	1/3

4.8.3. INDICADORES ECONÓMICOS

Tal como os indicadores ambientais, os indicadores económicos mantêm-se igualmente constantes durante toda a aplicação do método. Anteriormente, foram explicados alguns pressupostos referentes a estes parâmetros, principalmente no que diz respeito às formas que provocam variações significativas nos mesmos.

Após uma reflexão acerca do assunto, foi decidido que o custo de compra seria o indicador com um peso superior relativamente aos restantes, pois é o primeiro impacto e os utilizadores, a maior parte das vezes e de forma errónea, refugiam-se exclusivamente neste preço. Como tentativa de contrariar e amenizar este problema, foi dado um peso superior à manutenção relativamente à instalação, visto que a manutenção está presente em todo o ciclo de vida do material.

Os pesos para esta dimensão estão resumidos no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Distribuição dos pesos para os respetivos indicadores económicos.

Indicador	Peso
Custo de compra - CC	0,50
Custo de instalação - CI	0,20
Custo de manutenção - CM	0,30

4.8.4. GLOBAL

A ponderação global talvez seja o mais difícil de definir, visto a mesma não ser consensual. Alguns autores optam por dar um enorme peso à parte ambiental e funcional, e um peso mínimo à parte económica. No entanto, a sustentabilidade assenta no conceito de equilíbrio e acaba por ser importante as três dimensões terem pesos equilibrados e semelhantes. Ainda, foram realizadas algumas combinações onde se testaram diversas configurações, tendo-se concluído que, quando era dada uma importância demasiado baixa à parte económica, os indicadores acabavam por ter pouco significado, o que acaba por não ser muito interessante para esta dissertação.

No Quadro 4.5 estão ilustradas as ponderações globais utilizadas na aplicação do método.

Quadro 4.5 - Pesos globais das dimensões da sustentabilidade.

Indicador	Peso
Ambiental	0,40
Funcional	0,35
Económico	0,25

Na comparação local dos compartimentos de serviço, na comparação global, nos produtos de colagem e repelentes de água, serão apenas comparadas as vertentes ambiental e económica. Assim, para manter alguma equidade, podemos manter os pesos relativos ao quadro anterior. As ponderações a utilizar neste tipo de análises estão representadas no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 - Pesos relativos para a vertente ambiental e económica, nos casos em que são comparadas apenas as vertentes ambiental e económica.

Indicador	Peso
Ambiental	0,615
Económico	0,385

5

ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O método foi aplicado em folhas de *excel*, de modo a automatizar o processo e testar diversas combinações de ponderações para perceber o impacto dos diversos indicadores e das dimensões da sustentabilidade. As folhas de cálculo em questão, podem ser consultadas na secção de anexos da presente dissertação (Anexo A-5 a A-9).

Deste modo, os resultados poderiam diferir consoante os indicadores que fossem escolhidos, ou então, se as ponderações parciais e globais fossem outras [33].

Em todas as análises, e como referido no ponto 2.7.2, está presente uma solução de referência. Existem várias opções possíveis para a escolha desta referência. No entanto, na análise local, é difícil considerar qual é a solução de referência, visto os revestimentos serem todos do mesmo tipo, o que, por sua vez, nos leva a perguntar se a solução de referência será a mais barata, mais comum esteticamente, mais funcional, com menores impactos ambientais ou, ainda, outra opção que possa surgir. Por este motivo, foi colocada a hipótese de não se utilizar a solução de referência nas análises locais, contudo, os gráficos radar apresentam a informação de forma clara e sucinta. Assim, foi determinado que a solução da referência seria a que estava mais próxima da média do nível de sustentabilidade final das soluções dentro de cada tipo.

Os parâmetros ambientais e económicos mantêm-se durante toda a análise, encontrando-se a respetiva legenda representada no Quadro 5.1. Infelizmente não foi possível ficarem por baixo dos quadros devido à limitação do espaço na página.

Quadro 5.1 - Legenda dos indicadores ambientais e económicos.

Símbolo	Indicador
PAG	Potencial de aquecimento global
ENR	Energia não renovável
%ER	Rácio de energia renovável
CC	Custo de compra
CI	Custo de instalação
CM	Custo de manutenção

Relativamente à legenda dos parâmetros funcionais, a mesma estará por baixo dos quadro-resumo em cada análise local, presentes nos próximos subcapítulos.

A disposição das análises locais, foi a melhor forma possível de apresentar toda a informação relevante para a aplicação do método e de ser de fácil interpretação e leitura. Esta possui diversos quadros com os valores base dos indicadores, os respetivos valores normalizados e o nível de sustentabilidade global de cada solução dentro desse tipo de revestimento.

Na página imediatamente a seguir, estão ilustrados os gráficos radar que foram realizados através dos valores normalizados, permitindo, assim, uma rápida análise das várias soluções. Por baixo destes, encontra-se uma análise sucinta para cada família de revestimentos.

Os resultados da presente dissertação foram estruturados em duas páginas lado-a-lado, no sentido de aumentar o conforto durante a leitura e a interpretação dos resultados, bem como a respetiva análise dos mesmos.

5.2. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS

5.2.1. LAMINADOS

A análise respeitante às soluções dos laminados encontra-se representada nos quadros 5.2, 5.3 e 5.4. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.1.

Quadro 5.2 - Valores base dos indicadores escolhidos para os laminados.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	μ	RAbr	ΔLw	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m ²	MJ / m ²	%	-	Ciclos	dB	€ / m ²	€ / m ²	€ / m ²
Laminado 1	-2,45	133,90	0,53	0,30	4000,00	19,00	23,73	3,28	4,35
Laminado 2	-5,50	103,30	0,65	0,30	4000,00	16,00	27,31	3,35	5,34
Laminado 3	-4,76	141,90	0,52	0,35	6000,00	14,00	37,51	3,25	4,01
Laminado 4	-7,26	94,00	0,62	0,40	5000,00	17,00	20,81	3,75	5,82

Quadro 5.3 - Indicadores normalizados de todas as soluções nos laminados.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	μ	RAbr	ΔLw	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Laminado 1	0,00	0,17	0,01	0,00	0,00	1,00	0,83	0,94	0,81
Laminado 2	0,63	0,81	1,00	0,00	0,00	0,40	0,61	0,80	0,27
Laminado 3	0,48	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
Laminado 4	1,00	1,00	0,82	1,00	0,50	0,60	1,00	0,00	0,00

μ - Resistência ao Deslizamento; **RAbr** - Resistência à Abrasão; **ΔLw** - Redução do Impacto Sonoro

Quadro 5.4 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos laminados.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Laminado 1	0,05	0,33	0,84	0,35
Laminado 2	0,80	0,13	0,54	0,50
Laminado 3	0,19	0,50	0,50	0,38
Laminado 4	0,94	0,69	0,50	0,75

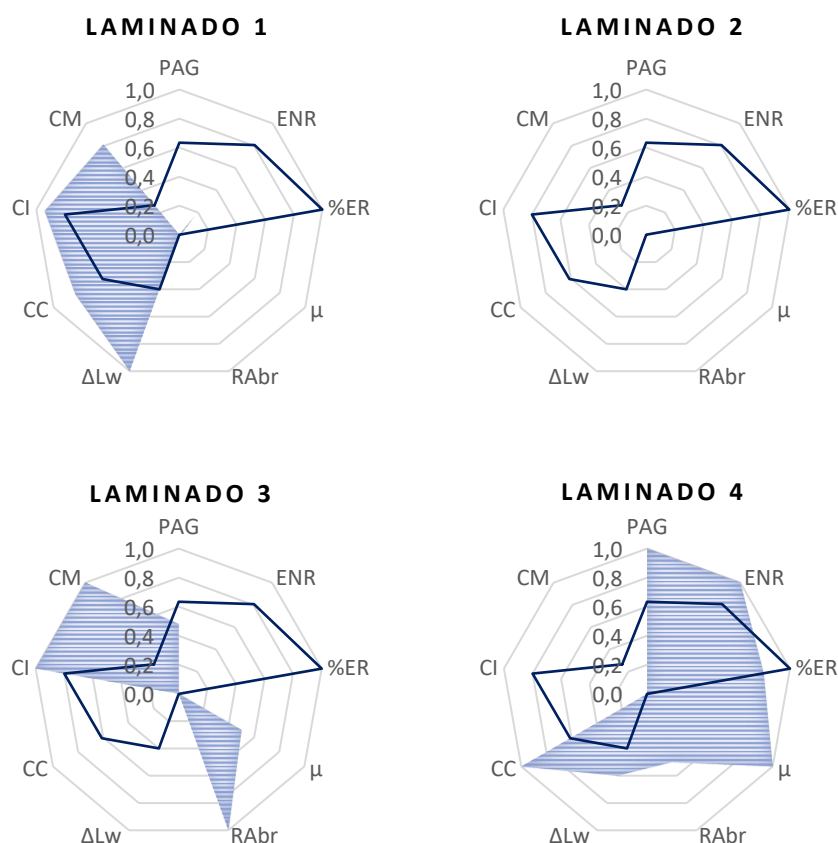


Fig. 5.1 - Gráficos radar de todas as soluções dos laminados. Solução de referência (Laminado 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.

O Laminado 2 surge como a solução de referência, apresentando um elevado desempenho ambiental (é o que usa mais energia renovável na produção) e um fraco desempenho económico e funcional.

A solução que apresenta um melhor nível de sustentabilidade é o Laminado 4, sendo melhor revestimento a nível ambiental e funcional, pecando apenas a nível económico. Um dado interessante é que esta solução obteve um resultado intermédio na resistência à abrasão, que é um fator determinante para a escolha de um revestimento de piso. Contudo, esta solução acaba por ser bastante equilibrada e o custo de compra é muito agradável.

Por outro lado, o Laminado 1 apresenta-se como a pior solução, pois tem o pior desempenho ambiental. No entanto, globalmente, é o melhor no que diz respeito ao setor económico. É de notar, ainda, que esta solução apresenta o melhor desempenho acústico.

O Laminado 3 apresenta-se como uma solução equilibrada no que diz respeito aos setores funcional e económico, no entanto, o fraco desempenho ambiental acaba por prejudicar bastante o desempenho global desta solução. Esta solução é a que mais energia usa, principalmente não renovável.

5.2.2. SOALHOS

A análise respeitante às soluções dos soalhos encontra-se representada nos quadros 5.5, 5.6 e 5.7. Os gráficos radar podem ser observados na Fig. 5.2.

Quadro 5.5 - Valores base dos indicadores escolhidos para os soalhos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	DurB	Fg	Rt	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m ²	MJ / m ²	%	N / mm ²	Classe	m ² . K / W	€ / m ²	€ / m ²	€ / m ²
Soalho 1	-4,14	216,00	0,61	4,10	2,00	0,19	114,05	11,18	28,03
Soalho 2	-1,01	75,30	0,54	4,00	2,00	0,10	45,01	12,03	25,43
Soalho 3	-12,40	206,00	0,71	3,40	3,00	0,12	55,28	13,04	27,67
Soalho 4	-8,09	88,40	0,58	3,70	3,00	0,12	71,12	11,08	25,05

Quadro 5.6 - Indicadores normalizados de todas as soluções nos soalhos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	DurB	Fg	Rt	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Soalho 1	0,27	0,00	0,43	1,00	0,00	1,00	0,00	0,95	0,00
Soalho 2	0,00	1,00	0,00	0,86	0,00	0,00	1,00	0,52	0,87
Soalho 3	1,00	0,07	1,00	0,00	1,00	0,19	0,85	0,00	0,12
Soalho 4	0,62	0,91	0,24	0,43	1,00	0,26	0,62	1,00	1,00

DurB - Dureza de Brinell; **Fg** – Reação ao Fogo; **Rt** – Resistência Térmica

Quadro 5.7 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos soalhos.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Soalho 1	0,24	0,66	0,19	0,37
Soalho 2	0,30	0,28	0,86	0,44
Soalho 3	0,72	0,39	0,46	0,54
Soalho 4	0,59	0,56	0,81	0,64

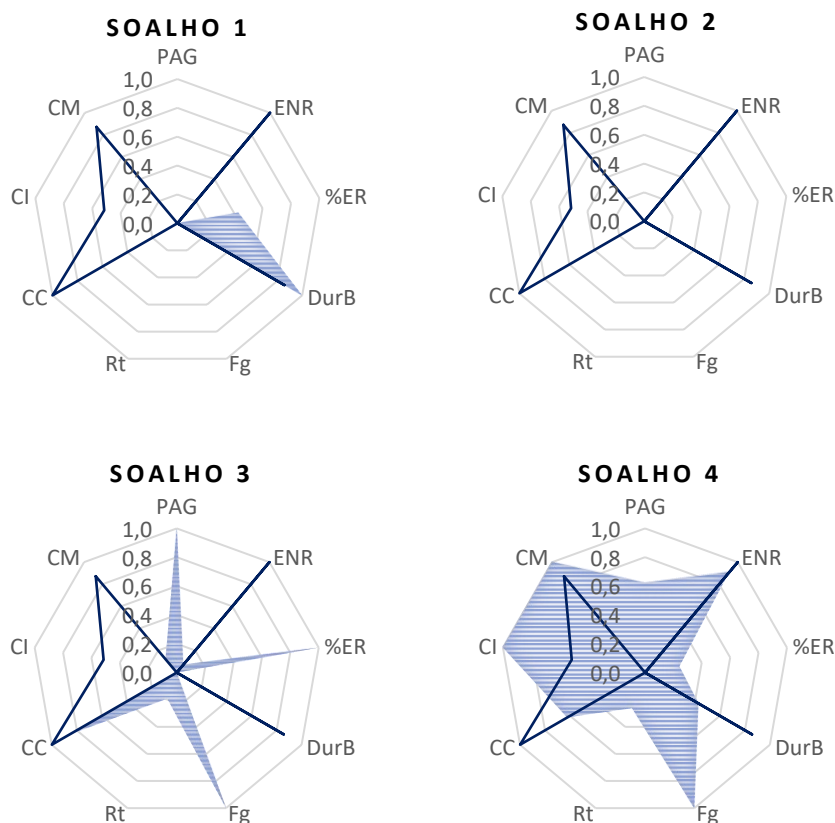


Fig. 5.2 - Gráficos radar de todas as soluções dos soalhos. Solução de referência (Soalho 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.

O Soalho 2 surge como a solução de referência, com um excelente desempenho económico e um comportamento funcional e ambiental muito abaixo da média. Destaca-se, apenas, o facto de a energia não renovável consumida ser a menor.

O Soalho 4 destaca-se como o revestimento com um maior nível de sustentabilidade, possuindo um bom desempenho ambiental e funcional, quase igualando a melhor solução a nível económico. Apesar de ser a melhor solução num elevado número de parâmetros, possui como pontos negativos a sua dureza, que é a segunda mais baixa.

O Soalho 1 apresenta-se como a solução com um pior desempenho global, especialmente a nível ambiental, onde é a solução com um maior uso de energia não renovável. Este encontra-se muito abaixo da solução de referência, além de ser pouco interessante a nível económico.

O Soalho 3 tem um desempenho ligeiramente inferior à solução de referência. Destaca-se com um bom valor no potencial de aquecimento global, no entanto, acaba prejudicado por um elevado consumo de energia não renovável. O seu fraco desempenho económico torna-o numa opção pouco viável.

5.2.3. PARQUET

A análise respeitante às soluções dos revestimentos de parquet encontra-se representada nos quadros 5.8, 5.9 e 5.10. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.3.

Quadro 5.8 - Valores base dos indicadores escolhidos para os pavimentos de parquet.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEspe	Fg	Dens	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	Classe	kg / m³	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Parquet 1	2,81	283,17	0,50	0,90	3,00	700,00	37,99	10,28	14,15
Parquet 2	-7,81	134,87	0,77	1,30	3,00	674,00	61,25	9,59	12,03
Parquet 3	-4,12	150,37	0,64	0,70	3,00	612,00	69,04	10,05	12,95
Parquet 4	-10,21	147,27	0,91	0,85	2,00	770,00	50,94	10,74	14,04

Quadro 5.9 - Indicadores normalizados de todas as soluções nos pavimentos de parquet.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEspe	Fg	Dens	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Parquet 1	0,00	0,00	0,00	0,67	1,00	0,56	1,00	0,40	0,00
Parquet 2	0,82	1,00	0,65	0,00	1,00	0,39	0,25	1,00	1,00
Parquet 3	0,53	0,90	0,33	1,00	1,00	0,00	0,00	0,60	0,57
Parquet 4	1,00	0,92	1,00	0,75	0,00	1,00	0,58	0,00	0,05

ΔEspe - Tolerância da Espessura; Fg - Reação ao Fogo; Dens - Densidade

Quadro 5.10 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos pavimentos de parquet.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Parquet 1	0,00	0,73	0,58	0,40
Parquet 2	0,82	0,46	0,63	0,65
Parquet 3	0,58	0,66	0,29	0,54
Parquet 4	0,97	0,58	0,31	0,67

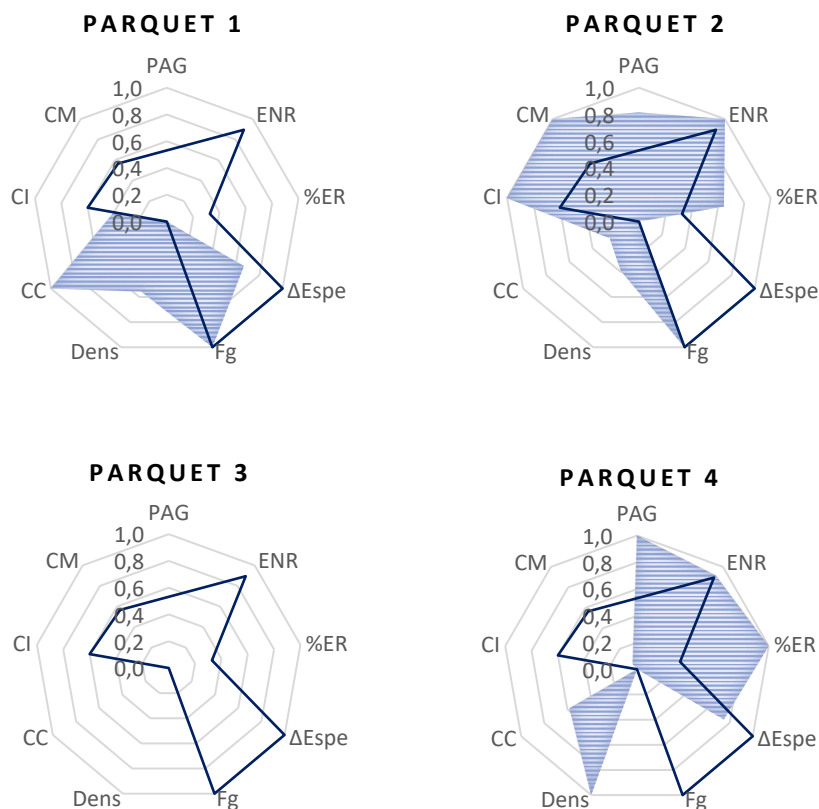


Fig. 5.3 - Gráficos radar de todas as soluções dos pavimentos de parquet. Solução de referência (Parquet 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é o Parquet 3, que apresenta, acima de tudo, um bom desempenho funcional, porém, possui um fraco desempenho económico e um mediano comportamento ambiental.

Os resultados indicam que as soluções 2 e 4 surgem como as opções com um maior nível de sustentabilidade, sendo facilmente perceptível após a análise dos gráficos radar. No que diz respeito ao Parquet 2, este é a melhor solução a nível económico e uma das melhores a nível ambiental, a par com o Parquet 4. Ao nível funcional, tanto o Parquet 2 como o 4, são as soluções com pior comportamento funcional, o que é um ponto bastante negativo. O Parquet 4 é das piores soluções no domínio económico, destacando-se apenas a elevada densidade, que pode indicar a presença de um material duro e resistente ao punçoamento.

Por último, o Parquet 1 fica bastante abaixo da solução de referência, destacando-se apenas o seu custo inicial e o facto de o seu comportamento funcional ser o segundo melhor. Este pavimento acaba por ser um caso interessante, por ser fortemente penalizado pela sua componente ambiental, tendo uma utilização de energia não renovável quase duas vezes superior à segunda pior.

5.2.4. CORTIÇAS

A análise respeitante às soluções dos pavimentos de cortiça encontra-se representada no 5.11, 5.12 e 5.13. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.4.

Quadro 5.11 - Valores base dos indicadores escolhidos para os pavimentos de cortiça.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	EDim	MRes	ΔLw	CC	CI	CM
Unidades	kg CO ₂ Eq / m ²	MJ / m ²	%	Ciclos	%	dB	€ / m ²	€ / m ²	€ / m ²
Cortiça 1	14,26	392,92	0,10	0,50	0,10	17,00	49,44	4,01	4,45
Cortiça 2	2,18	137,74	0,32	0,35	0,45	16,00	35,65	4,25	4,05
Cortiça 3	10,85	345,92	0,26	0,25	0,10	18,00	58,80	4,97	4,95
Cortiça 4	37,92	714,92	0,43	0,20	0,23	18,00	47,89	4,49	3,85

Quadro 5.12 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos pavimentos de cortiça.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	EDim	MRes	ΔLw	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Cortiça 1	0,66	0,56	0,00	0,00	1,00	0,50	0,40	1,00	0,45
Cortiça 2	1,00	1,00	0,65	0,50	0,00	0,00	1,00	0,75	0,82
Cortiça 3	0,76	0,64	0,48	0,83	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Cortiça 4	0,00	0,00	1,00	1,00	0,63	1,00	0,47	0,50	1,00

EDim - Estabilidade Dimensional; **MRes** - Mossa Residual após Carga Constante; **ΔLw** - Redução do Impacto Sonoro

Quadro 5.13 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos pavimentos de cortiça.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Cortiça 1	0,43	0,50	0,54	0,48
Cortiça 2	0,90	0,17	0,90	0,64
Cortiça 3	0,64	0,94	0,00	0,58
Cortiça 4	0,30	0,87	0,64	0,58

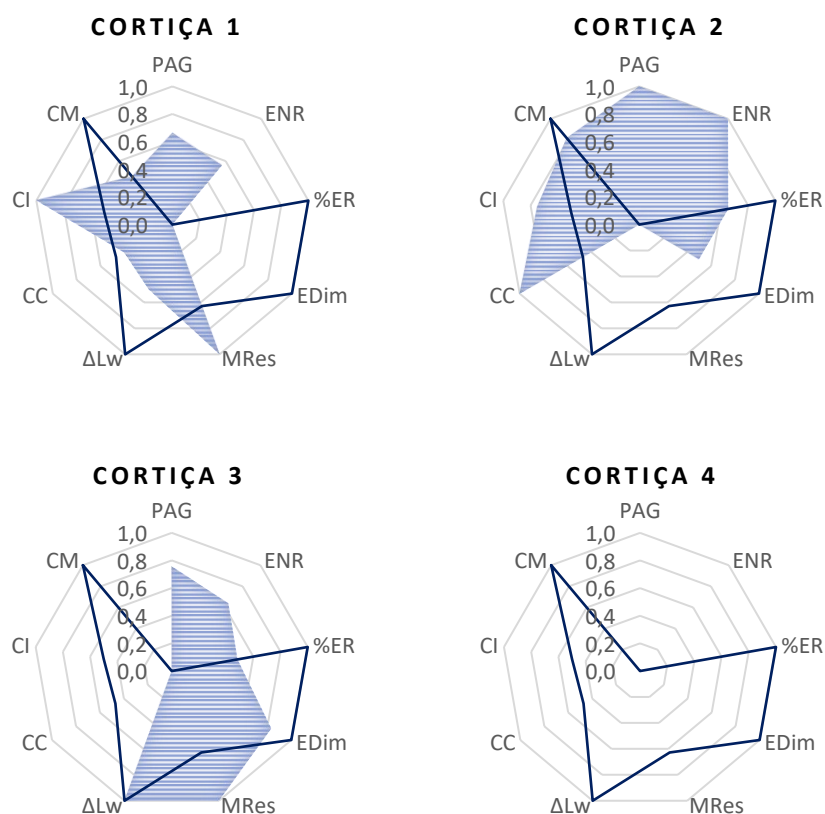


Fig. 5.4 - Gráficos radar de todas as soluções dos pavimentos de cortiça. Solução de referência (Cortiça 4) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é a Cortiça 4, caracterizando-se como uma solução muito forte no que diz respeito à dimensão funcional, contudo, ao nível das duas outras dimensões é das mais fracas. É de reparar que esta solução tem um elevado consumo de energia não renovável, que penaliza fortemente esta solução.

A Cortiça 2 apresenta-se como a solução mais sustentável, possuindo os melhores valores a nível ambiental (é a que consome menos energia não renovável), mas, em contrapartida, os piores a nível funcional, o que é um fator de peso na escolha de um revestimento de piso. É a melhor solução na vertente económica, tornando-a numa opção interessante.

A Cortiça 1 é o pior revestimento, visto que é a que tem um pior comportamento a nível ambiental, devido ao seu alto potencial de aquecimento global e ao elevado consumo de energia não renovável.

A Cortiça 3, surge como uma solução equivalente à de referência possuindo um desempenho funcional excelente, um desempenho económico médio e um comportamento ambiental acima da média.

5.2.5. VINÍLICOS

A análise respeitante às soluções vinílicas encontra-se representada nos quadros 5.14, 5.15 e 5.16. Os gráficos radar constam na Fig. 5.5.

Quadro 5.14 - Valores base dos indicadores escolhidos para os pavimentos vinílicos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	μ	EDesg	MRes	CC	CI	CM
Unidades	kg CO ₂ Eq / m ²	MJ / m ²	%	-	mm	mm	€ / m ²	€ / m ²	€ / m ²
Vinílico 1	14,80	287,00	0,11	0,30	0,55	0,10	22,99	6,40	16,62
Vinílico 2	6,72	122,00	0,09	0,30	0,70	0,05	37,15	6,53	17,41
Vinílico 3	-0,04	56,50	0,54	0,25	0,50	0,15	39,55	6,65	16,55
Vinílico 4	7,76	186,00	0,03	0,75	0,30	0,10	34,83	6,43	17,36

Quadro 5.15 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos pavimentos vinílicos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	μ	EDesg	MRes	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Vinílico 1	0,00	0,00	0,15	0,10	0,63	0,50	1,00	1,00	0,92
Vinílico 2	0,54	0,72	0,12	0,10	1,00	1,00	0,14	0,48	0,00
Vinílico 3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	1,00
Vinílico 4	0,47	0,44	0,00	1,00	0,00	0,50	0,29	0,88	0,06

μ - Resistência ao Deslizamento; **EDesg** - Espessura da Camada de Desgaste; **MRes** - Mossa Residual após Carga Constante

Quadro 5.16 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos pavimentos vinílicos.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Vinílico 1	0,04	0,40	0,98	0,40
Vinílico 2	0,47	0,69	0,17	0,47
Vinílico 3	1,00	0,17	0,30	0,53
Vinílico 4	0,32	0,50	0,34	0,39

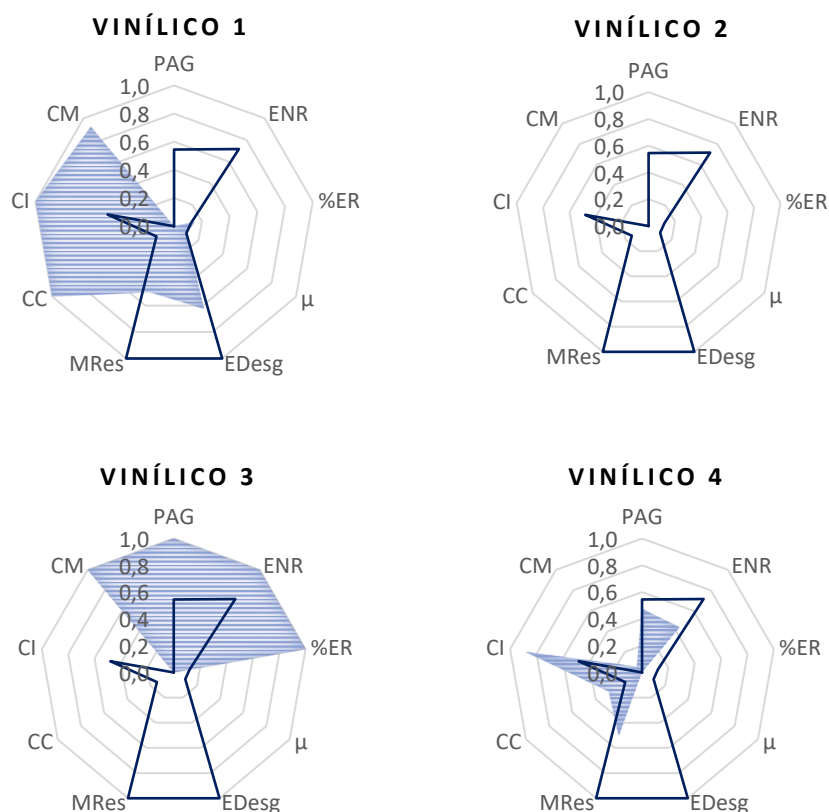


Fig. 5.5 - Gráficos radar de todas as soluções dos pavimentos vinílicos. Solução de referência (Vinílico 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é o Vinílico 2, que possui um desempenho ambiental mediano e um comportamento funcional bom, superando todos os outros revestimentos. Contrariamente, o desempenho económico surge como o pior de todas as opções avaliadas.

A melhor solução é o Vinílico 3, que se destaca pelo excelente comportamento ambiental, possuindo os melhores valores nos três indicadores. Em contrapartida, é o que tem pior comportamento funcional e um dos piores a nível económico, aliado ao maior custo de compra das soluções, o que pode ser um entrave para alguns clientes.

A pior solução é o Vinílico 4, que tem um comportamento funcional mediano. Além disso, o fraco desempenho ambiental é notório, aliado ao desempenho económico. É importante referir que possui a melhor resistência ao deslizamento.

O Vinílico 1, encontra-se a par da pior solução. Tem um péssimo desempenho ambiental, sobretudo devido ao potencial de aquecimento global e à altíssima energia não renovável. Apenas se destaca o seu preço de custo, que é dos mais baixos.

5.2.6. COMPARAÇÃO DAS MELHORES ALTERNATIVAS DE CADA TIPO

A análise correspondente às soluções destinadas aos compartimentos principais encontra-se nos quadros 5.17, 5.18 e 5.19. Os gráficos radar constam na Fig. 5.6.

Quadro 5.17 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos salas e quartos.

Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m ²	MJ / m ²	%	€ / m ²	€ / m ²	€ / m ²
Laminado 4	-7,26	94,00	0,62	20,81	3,75	5,82
Soalho 4	-8,09	88,40	0,58	71,12	11,08	25,05
Parquet 4	-10,21	147,27	0,91	50,94	10,74	14,04
Cortiça 2	2,18	137,74	0,32	35,65	4,25	4,05
Vinílico 3	-0,04	56,50	0,54	39,55	6,65	16,55

Quadro 5.18 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos salas e quartos.

Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3
Laminado 4	0,76	0,59	0,51	1,00	1,00	0,92
Soalho 4	0,83	0,65	0,44	0,00	0,00	0,00
Parquet 4	1,00	0,00	1,00	0,40	0,05	0,52
Cortiça 2	0,00	0,10	0,00	0,71	0,93	1,00
Vinílico 3	0,18	1,00	0,37	0,63	0,60	0,40

Quadro 5.19 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos salas e quartos.

Solução	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Económico (IE)	
	0,615	0,385	
Laminado 4	0,64	0,97	0,77
Soalho 4	0,66	0,00	0,40
Parquet 4	0,70	0,37	0,57
Cortiça 2	0,03	0,84	0,34
Vinílico 3	0,48	0,56	0,51

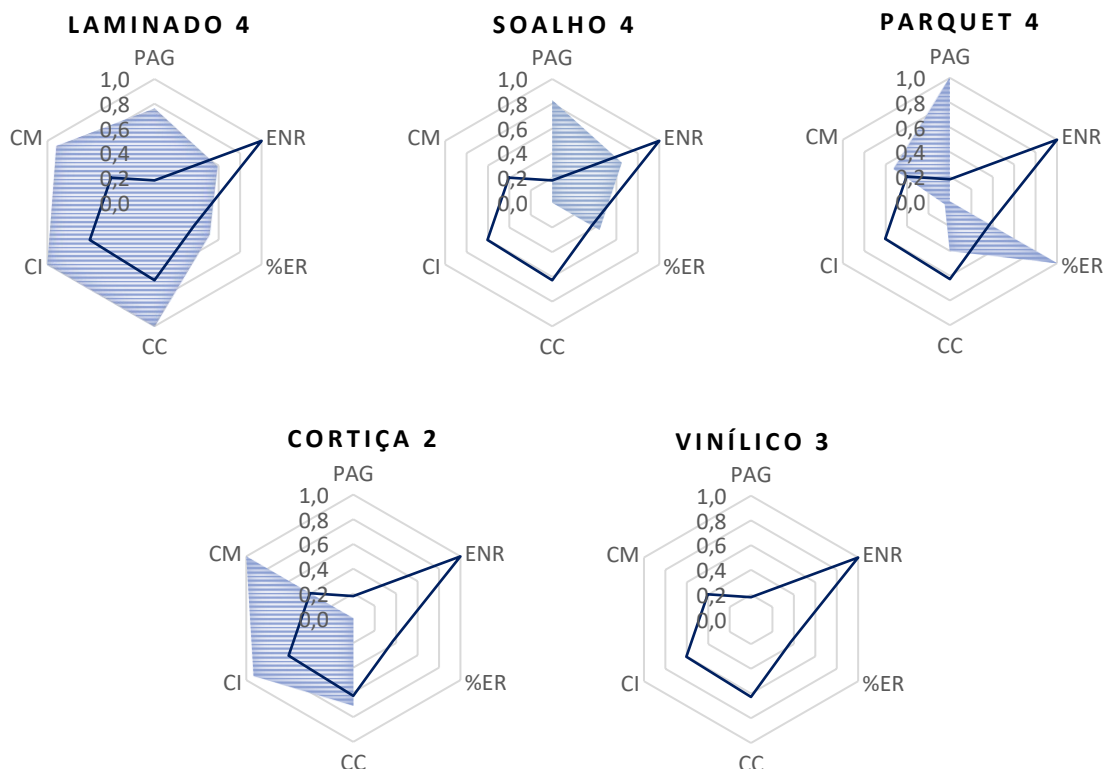


Fig. 5.6 - Gráficos radar de todas as soluções dos revestimentos para as salas e quartos. Solução de referência (Vinílico 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é o Vinílico 3, que demonstra um comportamento ambiental mediano destacando a baixa energia não renovável incorporada. O seu desempenho económico é satisfatório.

A solução que conseguiu atingir um maior nível de sustentabilidade foi o Laminado 4, destacando-se como uma solução extremamente equilibrada, apresentando os melhores preços dos três indicadores económicos. É ainda uma das melhores soluções a nível ambiental.

A Cortiça 2 surge com um nível de sustentabilidade baixo, devido sobretudo ao mau desempenho ambiental, possuindo um dos consumos de energia não renovável mais elevado. Em contrapartida, possui um bom resultado na vertente económica.

O Soalho 4 surge como uma solução abaixo da solução de referência, com um bom desempenho ambiental, pecando somente a nível económico. Este revestimento é o que apresenta os custos mais elevados para os três indicadores económicos, o que o torna uma opção difícil para a maior parte dos consumidores.

Por fim, o Parquet 4, que surge acima da solução de referência, está caracterizado pelo bom desempenho ambiental, contudo, tal como o soalho, apresenta-se como a segunda solução mais cara em praticamente todos os indicadores, o que acaba por prejudicar os seus resultados globais. Deste modo, torna-se uma solução mais agradável por possuir custos de manutenção inferiores aos soalhos.

5.3. REVESTIMENTOS PARA COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO

5.3.1. LADRILHOS CERÂMICOS

A análise respeitante às soluções de revestimentos cerâmicos encontra-se representada nos quadros 5.20, 5.21 e 5.22. Os gráficos radar podem ser observados na Fig. 5.7.

Quadro 5.20 - Valores base dos indicadores escolhidos para os ladrilhos cerâmicos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	Ret	MR	DTL	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	N / mm²	K¹	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Cerâmico 1	15,98	237,05	0,10	1,50	45,00	0,0000070	27,85	8,94	7,04
Cerâmico 2	8,86	134,45	0,02	2,50	35,00	0,0000080	48,55	9,45	10,67
Cerâmico 3	12,68	202,45	0,19	0,80	40,00	0,0000075	24,23	8,45	6,13
Cerâmico 4	10,40	178,45	0,03	0,40	51,00	0,0000077	20,37	9,05	5,39

Quadro 5.21 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos ladrilhos cerâmicos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	Ret	MR	DTL	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Cerâmico 1	0,00	0,00	0,51	0,48	0,63	1,00	0,73	0,51	0,69
Cerâmico 2	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cerâmico 3	0,46	0,34	1,00	0,81	0,31	0,50	0,86	1,00	0,86
Cerâmico 4	0,78	0,57	0,08	1,00	1,00	0,30	1,00	0,40	1,00

Ret - Retilinearidade dos Lados; **MR** - Módulo de Rutura; **DTL** - Dilatação Térmica Linear

Quadro 5.22 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos ladrilhos cerâmicos.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Cerâmico 1	0,15	0,69	0,68	0,47
Cerâmico 2	0,70	0,00	0,00	0,28
Cerâmico 3	0,59	0,54	0,89	0,64
Cerâmico 4	0,51	0,76	0,88	0,69

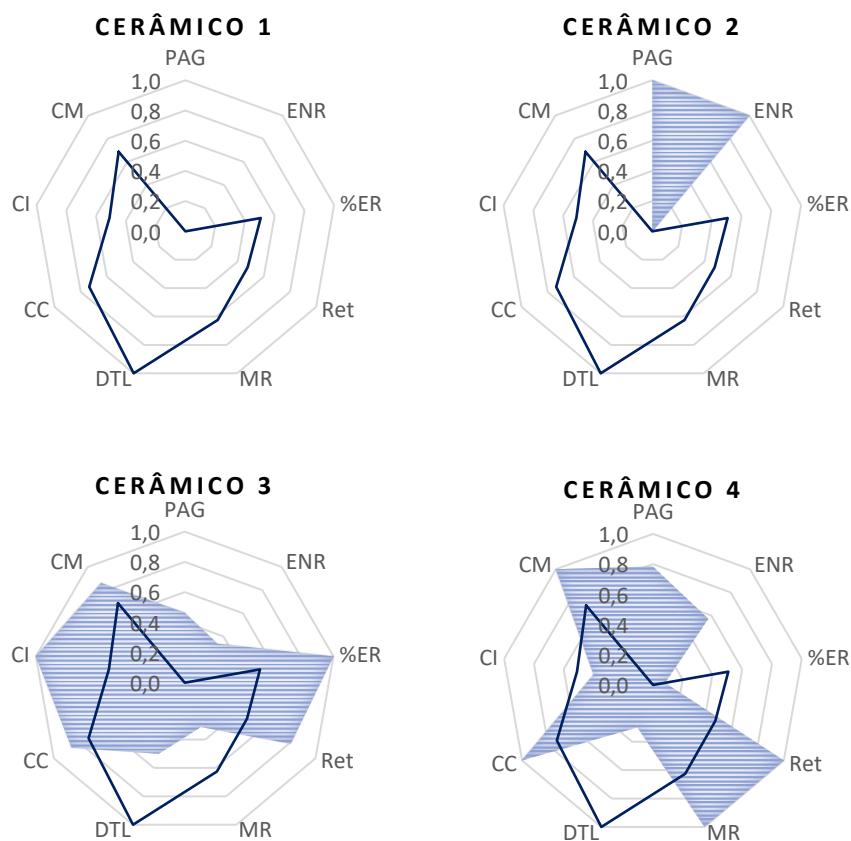


Fig. 5.7 - Gráficos radar de todas as soluções dos ladrilhos cerâmicos. Solução de referência (Cerâmico 1) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é o ladrilho Cerâmico 1, que se apresenta como uma opção equilibrada a nível funcional e económico. Contudo, o desempenho ambiental penaliza fortemente esta solução, sendo a pior neste campo. É de notar que possui o maior uso de energia não renovável entre todas as soluções.

A melhor solução é o ladrilho Cerâmico 4 que surge como uma solução bastante acima da solução de referência, salientando-se o comportamento funcional e económico, o que faz dela uma solução bastante equilibrada e sobretudo económica, devido ao seu baixo custo inicial e de manutenção. É ainda de referir, que esta opção é o revestimento mais resistente das opções analisadas.

De seguida, destaca-se a ladrilho Cerâmico 2 como a pior solução, apresentando, apenas, um desempenho ambiental satisfatório.

Por último, Cerâmico 3, que tem um comportamento funcional satisfatório, com um bom desempenho ambiental, em especial o uso de uma elevada percentagem de energia renovável. É, ainda, de salientar que os custos destes revestimentos são muito atrativos, o que faz dele uma solução interessante e equilibrada.

5.3.2. MÁRMORES

A análise relativa às soluções de revestimentos de mármore encontra-se representada nos quadros 5.23, 5.24 e 5.25. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.8.

Quadro 5.23 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos de mármore.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	MPa	mm	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Mármore 1	9,18	147,85	0,27	11,30	140,00	21,00	49,41	13,48	5,80
Mármore 2	21,79	348,30	0,26	13,90	164,00	26,90	39,80	16,45	4,98
Mármore 3	12,29	171,06	0,24	5,40	133,00	34,00	62,43	11,44	4,50
Mármore 4	9,57	95,40	0,38	10,70	115,00	24,00	165,71	15,16	10,61

Quadro 5.24 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos de mármore.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,40	0,30	0,30	0,33	0,33	0,33	0,50	0,20	0,30
Mármore 1	1,00	0,79	0,20	0,69	0,51	1,00	0,92	0,59	0,79
Mármore 2	0,00	0,00	0,14	1,00	1,00	0,55	1,00	0,00	0,92
Mármore 3	0,75	0,70	0,00	0,00	0,37	0,00	0,82	1,00	1,00
Mármore 4	0,97	1,00	1,00	0,62	0,00	0,77	0,00	0,26	0,00

RFC - Resistência à Flexão com Carga Centrada; **RC** - Resistência à Compressão; **RAS** - Resistência à Abrasão Superficial

Quadro 5.25 - Desempenho de cada dimensão e nível de desempenho (NS).

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Mármore 1	0,70	0,73	0,82	0,74
Mármore 2	0,04	0,84	0,78	0,50
Mármore 3	0,51	0,12	0,91	0,47
Mármore 4	0,99	0,46	0,05	0,57

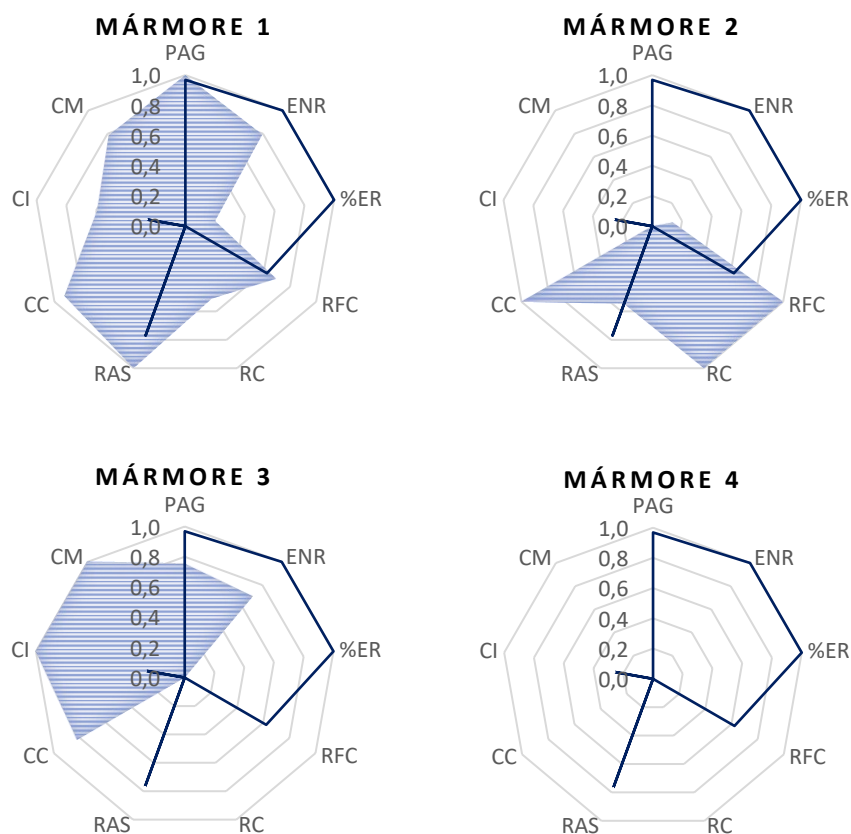


Fig. 5.8 - Gráficos radar de todas as soluções de revestimentos de mármore. Solução de referência (Mármore 4) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é o Mármore 4, que se apresenta com um excelente desempenho ambiental. No entanto, é uma solução extremamente cara devido a ser importado, o que, neste sentido, pode ser um fator eliminatório para uma boa parte dos utilizadores, apesar de a parte funcional ser razoável.

O Mármore 1 surge como o melhor revestimento entre os considerados. É uma opção extremamente equilibrada nas três dimensões. É de referir que este é o revestimento mais resistente à abrasão e um dos mais baratos, constituindo-se, assim, como uma opção muito cativante.

Por outro lado, o Mármore 3 obteve a pior classificação devido em parte ao seu desempenho ambiental satisfatório. O fator económico é um pró, já o seu comportamento funcional fica muito aquém e é o pior revestimento analisado, possuindo a menor resistência à abrasão, o que é um fator eliminatório.

O Mármore 2, aparece com um péssimo desempenho ambiental global onde o seu consumo de energia não renovável é elevadíssimo (quase o quádruplo do segundo pior), com um preço muito atrativo e um comportamento funcional muito interessante.

5.3.3. LADRILHOS HIDRÁULICOS

A análise respeitante às soluções de ladrilhos hidráulicos pode ser observada nos quadros 5.26, 5.27 e 5.28. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.9.

Quadro 5.26 - Valores base dos indicadores escolhidos para os ladrilhos hidráulicos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEsp	CR	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	N	mm	€ / m²	€ / m²	€ / m²
LH 1	14,19	132,50	0,24	1,50	700,00	20,00	29,85	25,54	7,39
LH 2	18,69	120,90	0,27	5,00	800,00	21,20	54,58	28,40	9,08
LH 3	16,29	107,90	0,29	3,00	1250,00	24,50	40,45	25,35	8,35
LH 4	6,26	62,25	0,43	0,50	1300,00	20,30	44,04	30,74	10,70

Quadro 5.27 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos ladrilhos hidráulicos.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEsp	CR	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
LH 1	0,36	0,00	0,00	0,78	0,00	1,00	1,00	0,96	1,00
LH 2	0,00	0,17	0,14	0,00	0,17	0,73	0,00	0,43	0,49
LH 3	0,19	0,35	0,22	0,44	0,92	0,00	0,57	1,00	0,71
LH 4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,43	0,00	0,00

ΔEsp - Tolerância Dimensional da Espessura; **CR** - Carga de Rutura; **RAS** - Resistência à Abrasão Superficial

Quadro 5.28 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos ladrilhos hidráulicos.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
LH 1	0,14	0,59	0,99	0,51
LH 2	0,09	0,30	0,23	0,20
LH 3	0,25	0,45	0,70	0,43
LH 4	1,00	0,97	0,21	0,79

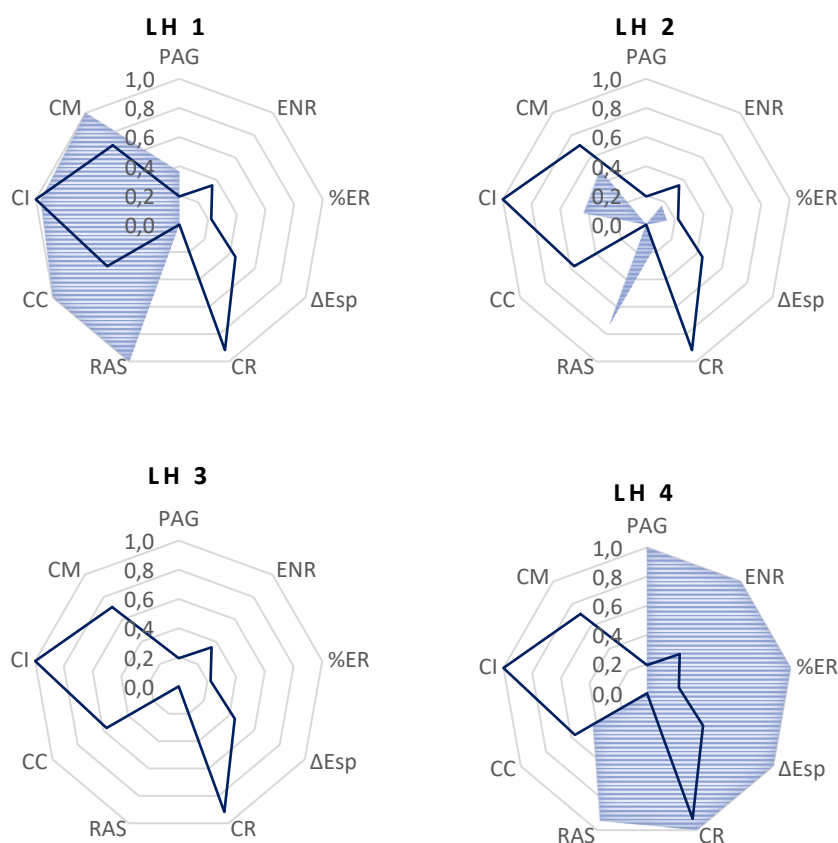


Fig. 5.9 - Gráficos radar de todas as soluções das ladrilhos hidráulicos. Solução de referência (LH 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é a solução LH 3, que se apresenta como uma solução boa a nível económico, razoável no comportamento funcional e má em termos de desempenho ambiental.

Por sua vez, o LH 4 é o revestimento com um maior nível de sustentabilidade, apresentando-se como o revestimento com um melhor desempenho ambiental, com uma elevada percentagem de energia renovável e um potencial de aquecimento global baixo. É, também, a melhor solução no que diz respeito ao comportamento funcional. Em contrapartida, é das soluções mais dispendiosas.

O LH 2 surge como o pior dos revestimentos analisados, devido, fundamentalmente, ao péssimo desempenho ambiental, com um dos maiores consumos de energia renovável e com pouca energia renovável incorporada. Além de ser a solução mais cara, o desempenho funcional fica aquém do esperado.

Por fim, o LH 1 está acima da solução de referência, possuindo um desempenho económico excelente, com um comportamento funcional satisfatório, com especial relevância o facto de ser o ladrilho hidráulico com a maior resistência à abrasão. O péssimo desempenho ambiental acaba por condicionar este revestimento na obtenção de um nível de sustentabilidade superior.

5.3.4. CALCÁRIOS

A análise respeitante as soluções de revestimentos de calcário encontra-se representada nos quadros 5.29, 5.30 e 5.31. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.10.

Quadro 5.29 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos de calcário.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RC	RF	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	MPa	MPa	mm	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Calcário 1	8,72	119,19	0,30	149,00	10,40	22,00	62,81	14,50	6,66
Calcário 2	43,92	709,53	0,00	152,00	14,30	24,00	77,57	14,05	5,72
Calcário 3	9,10	116,79	0,33	190,00	17,70	21,00	92,80	13,75	5,10
Calcário 4	24,59	337,99	0,57	134,00	15,00	20,50	48,23	14,96	5,34

Quadro 5.30 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos de calcário.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RC	RF	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Calcário 1	1,00	1,00	0,53	0,27	0,00	0,57	0,67	0,38	0,00
Calcário 2	0,00	0,00	0,00	0,32	0,53	0,00	0,34	0,75	0,60
Calcário 3	0,99	1,00	0,58	1,00	1,00	0,86	0,00	1,00	1,00
Calcário 4	0,55	0,63	1,00	0,00	0,63	1,00	1,00	0,00	0,85

RC - Resistência à Compressão; **RF** - Resistência à Flexão; **RAS** - Resistência à Abrasão Superficial

Quadro 5.31 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos de calcário.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Calcário 1	0,86	0,28	0,41	0,54
Calcário 2	0,00	0,28	0,50	0,22
Calcário 3	0,87	0,94	0,50	0,80
Calcário 4	0,71	0,54	0,75	0,66

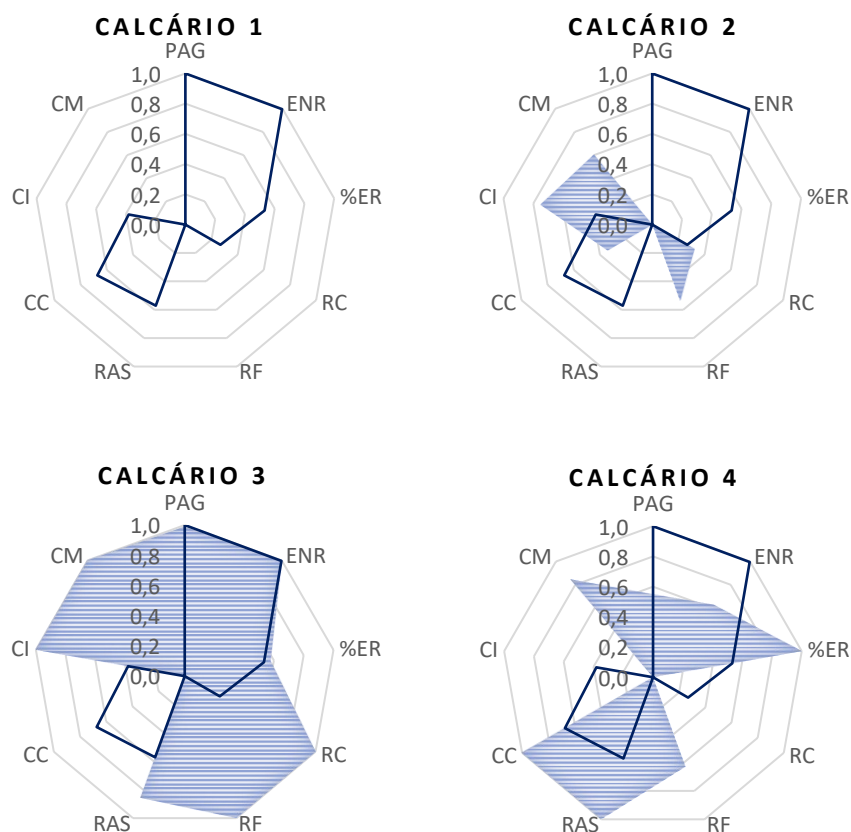


Fig. 5.10 - Gráficos radar de todas as soluções dos revestimentos de calcário. Solução de referência (Calcário 1) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é o Calcário 1, que apresenta um forte desempenho ambiental e um dos piores comportamentos funcionais. Apresenta, ainda, falhas ao nível do desempenho económico, sendo a pior alternativa entre as estudadas.

A solução que apresenta um maior nível de sustentabilidade é o Calcário 3, que demonstra um forte desempenho ambiental e funcional. Este é o revestimento com maior resistência à flexão e compressão, estando comprometido, apenas, na resistência à abrasão, onde fica num nível intermédio comparativamente com os restantes revestimentos. É a solução mais cara de todas as soluções analisadas, contudo possui o menor custo de instalação e manutenção. O que é aparentemente caro sai barato.

Por outro lado, o Calcário 2 surge como a pior alternativa. Este é o pior revestimento em todos os indicadores ambientais e possui um comportamento funcional a par da primeira solução. O preço acaba por ser um dos mais elevados, o que faz desta solução uma opção pouco viável.

Por último, o Calcário 4 apresenta-se como uma solução acima da solução de referência, sendo uma opção equilibrada nas três dimensões. O seu preço inicial e a presença de bons indicadores funcionais fazem desta solução uma opção muito atrativa.

5.3.5. GRANITOS

A análise respeitante às soluções de revestimentos de granito encontra-se representada nos quadros 5.32, 5.33 e 5.34. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.11

Quadro 5.32 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos de granito.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO ₂ Eq / m ²	MJ / m ²	%	MPa	MPa	mm	€ / m ²	€ / m ²	€ / m ²
Granito 1	20,32	328,80	0,29	14,90	221,00	15,00	40,99	13,65	8,92
Granito 2	42,20	652,00	0,00	14,70	189,00	16,20	43,40	12,05	6,34
Granito 3	17,15	245,06	0,21	13,00	126,00	19,40	50,40	12,45	5,90
Granito 4	23,23	495,28	0,21	14,20	247,00	21,00	65,20	12,85	10,73

Quadro 5.33 - Indicadores normalizados de todas as soluções dos revestimentos de granito.

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Granito 1	0,87	0,79	1,00	1,00	0,79	1,00	1,00	0,00	0,37
Granito 2	0,00	0,00	0,00	0,89	0,52	0,80	0,90	1,00	0,91
Granito 3	1,00	1,00	0,72	0,00	0,00	0,27	0,61	0,75	1,00
Granito 4	0,76	0,39	0,74	0,63	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00

RFC - Resistência à Flexão com Carga Centrada; **RC** - Resistência à Compressão; **RAS** - Resistência à Abrasão Superficial

Quadro 5.34 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos de granito.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Granito 1	0,89	0,92	0,61	0,83
Granito 2	0,00	0,73	0,92	0,49
Granito 3	0,92	0,09	0,76	0,59
Granito 4	0,64	0,54	0,10	0,47

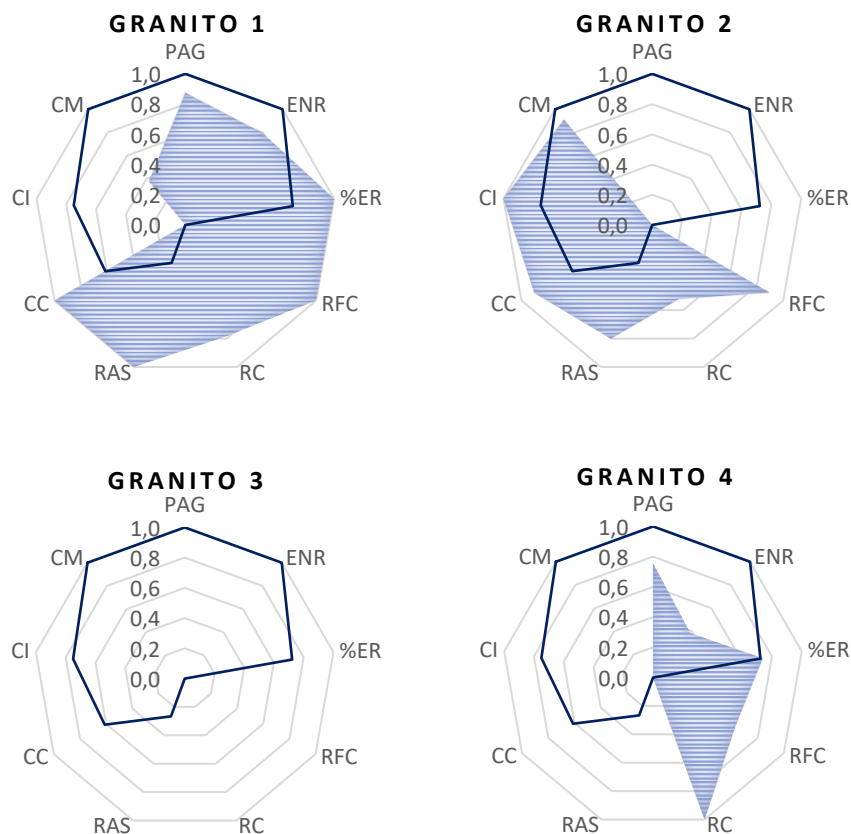


Fig. 5.11 - Gráficos radar de todas as soluções de revestimentos de granito. Solução de referência (Granito 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução de referência é o Granito 3, que possui um excelente desempenho ambiental com o menor consumo de energia não renovável e o menor potencial de aquecimento global. Esta é a segunda opção mais cara, contudo, o seu custo de manutenção é o menor. É ainda de referir que o seu comportamento funcional é o pior entre as alternativas em estudo.

A solução que obteve um nível de sustentabilidade mais elevado foi o Granito 1, que tem um elevado desempenho ambiental, com o segundo consumo de energia não renovável mais baixo e o que incorpora mais energia renovável até à finalização do produto. O seu desempenho económico é bastante interessante e o comportamento funcional é o melhor de todas as análises, o que torna este revestimento uma opção viável.

Por outro lado, o Granito 4 surge como a pior solução entre as analisadas sobretudo devido ao seu comportamento económico. Apesar de apresentar boas resistências, a menor resistência ao desgaste faz deste revestimento uma opção não muito interessante.

Por último, o Granito 2 surge como uma solução abaixo da referência, devido principalmente à vertente ambiental, visto que é a pior solução nos três indicadores em análise. O seu comportamento funcional é segundo melhor, devido as elevadas resistências. O desempenho económico é o melhor de todas as soluções devido ao baixo custo e a respetiva manutenção é das mais baratas.

5.3.6. COMPARAÇÃO DAS MELHORES ALTERNATIVAS DE CADA TIPO

A análise correspondente às soluções destinadas aos compartimentos de serviço encontra-se nos quadros 5.35, 5.36 e 5.37. Os gráficos radar estão representados na Fig. 5.12

Quadro 5.35 - Valores base dos indicadores escolhidos para os revestimentos dos compartimentos de serviço.

Solução	Ambiental			Funcional		Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	AbsA	CR	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	%	N	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Cerâmico 4	10,40	178,45	0,03	0,10	3059,00	20,37	9,05	5,39
Mármore 1	9,18	147,85	0,27	0,50	1753,00	49,41	13,48	5,80
LH 4	6,26	62,25	0,43	6,50	1300,00	44,04	30,74	10,70
Calcário 3	9,10	116,79	0,33	1,90	1945,00	92,80	13,75	5,10
Granito 1	20,32	328,80	0,29	0,3	2175,00	40,99	13,65	8,92

Quadro 5.36 - Legenda dos indicadores funcionais utilizados na comparação dos revestimentos destinados aos compartimentos de serviço.

Solução	Ambiental			Funcional		Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	AbsA	CR	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3
Cerâmico 4	0,71	0,56	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95
Mármore 1	0,79	0,68	0,59	0,94	0,26	0,60	0,80	0,88
LH 4	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00
Calcário 3	0,80	0,80	0,74	0,72	0,37	0,00	0,78	1,00
Granito 1	0,00	0,00	0,64	0,97	0,50	0,72	0,79	0,32

AbsA - Absorção de Água; **CR** - Carga de Rutura

Quadro 5.37 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos revestimentos dos compartimentos de serviço.

Solução	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Funcional (IF)	Económico (IE)	
	0,4	0,35	0,25	
Cerâmico 4	0,45	1,00	0,98	0,78
Mármore 1	0,70	0,60	0,72	0,67
LH 4	1,00	0,00	0,34	0,48
Calcário 3	0,78	0,54	0,46	0,62
Granito 1	0,19	0,73	0,61	0,49

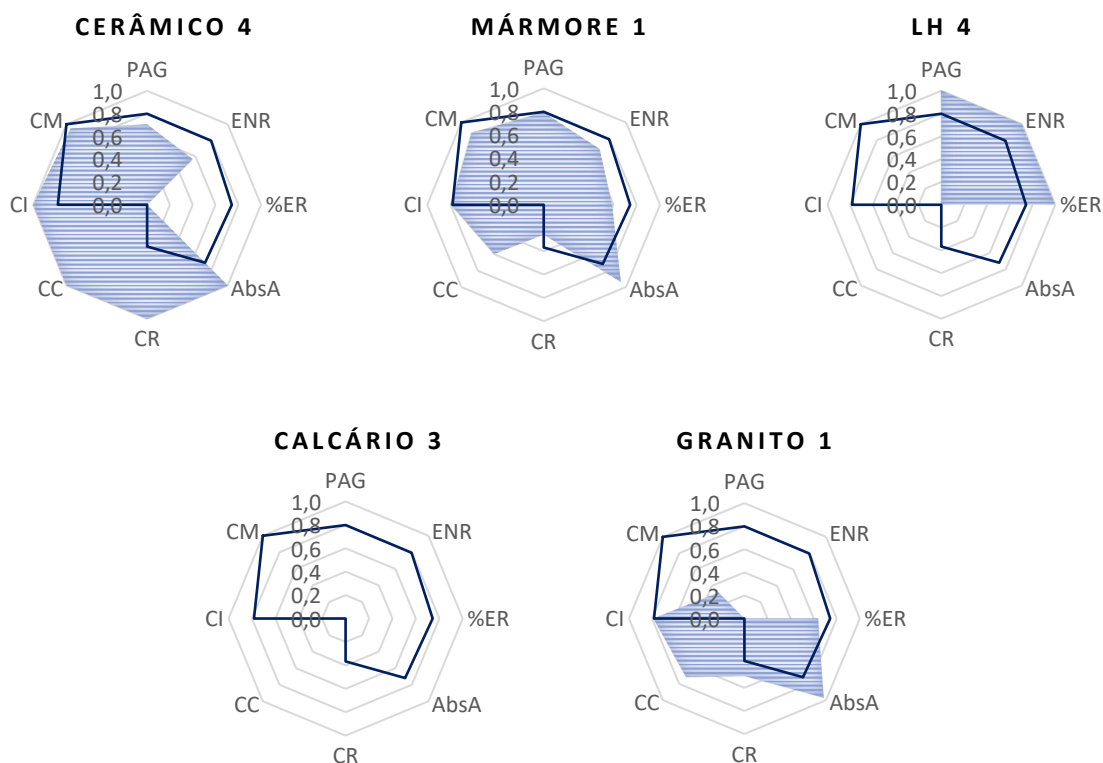


Fig. 5.12 - Gráficos radar de todas as soluções dos revestimentos para os compartimentos de serviço. Solução de referência (Calcário 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A solução Calcário 3 apresenta-se como a de referência, na medida em que possui um comportamento funcional e um desempenho ambiental acima da média. Porém, é prejudicada pelo seu elevado custo inicial.

A melhor solução foi o Cerâmico 4, devido, sobretudo, ao comportamento funcional e aos custos muito agradáveis. Acaba por ser uma solução muito equilibrada nestas duas vertentes, ficando apenas atrás no seu desempenho ambiental, sobretudo devido à baixa utilização de energia renovável.

A solução Granito 1 surge como a pior solução. Apresenta um bom comportamento a nível funcional e uns custos relativamente interessantes a nível económico. Acaba penalizado pelo desempenho ambiental, devido sobretudo à elevada utilização de energia incorporada.

O Mármore 1 aparece como uma solução superior à solução de referência, devido principalmente ao bom desempenho ambiental. A vertente económica acaba por ser interessante, devido principalmente ao baixo custo de manutenção.

Por último, o Ladrilho Hidráulico 4, que apresenta um desempenho ambiental excelente, conseguindo o melhor resultado em todos os indicadores. Acaba penalizado pelo seu comportamento funcional onde é pior solução nos dois indicadores em análise. No entanto, o seu pequeno formato e, consequentemente, o alto preço de instalação, são fatores que tornam esta opção pouco cativante.

5.4. COMPARAÇÃO GLOBAL DO NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE DOS REVESTIMENTOS

Todos os materiais analisados têm a mesma função, que é o revestimento de pisos. Apesar de não ser correto colocar alguns tipos de revestimentos em compartimentos de serviço, não deixa de ser interessante olhar para os resultados globais e fazer uma breve reflexão.

A análise global respeitante a todas as soluções de revestimentos de piso encontra-se nos quadros 5.38, 5.39 e 5.40. Todos os indicadores comuns foram novamente normalizados para obter um maior rigor nos resultados.

Quadro 5.38 - Valores base dos indicadores comuns para os melhores revestimentos dos diversos tipos.

Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Laminado 4	-7,26	94,00	0,62	20,81	3,75	5,82
Soalho 4	-8,09	88,40	0,58	71,12	11,08	25,05
Parquet 4	-10,21	147,27	0,91	50,94	10,74	14,04
Cortiça 2	2,18	137,74	0,32	35,65	4,25	4,05
Vinílico 3	-0,04	56,50	0,54	39,55	6,65	16,55
Cerâmico 4	10,40	178,45	0,03	20,37	9,05	5,39
Mármore 1	9,18	147,85	0,27	49,41	13,48	5,80
LH 4	6,26	62,25	0,43	44,04	30,74	10,70
Calcário 3	9,10	116,79	0,33	92,80	13,75	5,10
Granito 1	20,32	328,80	0,29	40,99	13,65	8,92

Quadro 5.39 - Indicadores normalizados dos indicadores comuns para os melhores revestimentos dos diversos tipos.

Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Ponderações	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3
Laminado 4	0,90	0,86	0,67	0,99	1,00	0,92
Soalho 4	0,93	0,88	0,62	0,30	0,73	0,00
Parquet 4	1,00	0,67	1,00	0,58	0,74	0,52
Cortiça 2	0,59	0,70	0,33	0,79	0,98	1,00
Vinílico 3	0,67	1,00	0,57	0,74	0,89	0,40
Cerâmico 4	0,32	0,55	0,00	1,00	0,80	0,94
Mármore 1	0,37	0,66	0,27	0,60	0,64	0,92
LH 4	0,46	0,98	0,45	0,67	0,00	0,68
Calcário 3	0,37	0,78	0,34	0,00	0,63	0,95
Granito 1	0,00	0,00	0,29	0,72	0,63	0,77

Quadro 5.40 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos melhores revestimentos em geral.

Solução	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Económico (IE)	
	0,615	0,385	
Granito 1	0,09	0,71	0,33
Calcário 3	0,48	0,41	0,45
Mármore 1	0,43	0,70	0,53
Cerâmico 4	0,30	0,94	0,54
LH 4	0,61	0,54	0,59
Soalho 4	0,82	0,30	0,62
Cortiça 2	0,55	0,89	0,68
Vinílico 3	0,74	0,67	0,71
Parquet 4	0,90	0,59	0,78
Laminado 4	0,82	0,97	0,88

O Soalho 4 apresenta-se como a solução de referência, com um desempenho ambiental excelente. Contudo, o seu elevado preço de custo e de manutenção acaba por penalizar fortemente esta solução.

No topo do nível de sustentabilidade está a solução vencedora dos Laminados, que apresenta os melhores resultados no domínio económico, o que faz desta solução a vencedora. No desempenho ambiental, esta solução é a segunda melhor, a par com o Soalho 4.

O Granito 1 surge como a pior das soluções devido ao fraco desempenho ambiental, apresentando o maior consumo de energia não renovável.

A par das melhores soluções está o Parquet 4, que consegue um ótimo resultado ambiental, aliado a um bom resultado na vertente económica. Trata-se de uma solução bastante interessante, por ser equilibrada.

É de notar que nenhuma das soluções para os compartimentos de serviço está no pódio, isto deve-se fundamentalmente ao elevado consumo de energia e a menor incorporação de energia renovável nos seus processos. O potencial de aquecimento global também surge com valores mais altos comparativamente com as soluções para os compartimentos principais. O fator económico também pesa nestas soluções, sobretudo o custo de compra que em certos revestimentos é elevado, principalmente nas pedras naturais. É de destacar o comportamento do Ladrilho Hidráulico, que apresenta um desempenho ambiental mediano, superando assim todos os revestimentos destinados aos compartimentos de serviço.

5.5. COMPARAÇÃO DOS PRODUTOS DE COLAGEM

5.5.1. COLAS

A análise das soluções destinadas à colagem de revestimentos derivados de madeira encontra-se nos quadros 5.41, 5.42 e 5.43. Os gráficos radar constam na Fig. 5.13.

Quadro 5.41 - Valores base dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para derivados de madeira.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²
Cola 1	2,59	63,17	0,20	2,35
Cola 2	3,73	71,36	0,03	5,67
Cola 3	3,94	79,90	0,05	3,20
Cola 4	5,87	119,00	0,03	4,77

Quadro 5.42 - Indicadores normalizados dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para derivados de madeira.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Cola 1	1,00	1,00	1,00	1,00
Cola 2	0,65	0,85	0,02	0,00
Cola 3	0,59	0,70	0,09	0,74
Cola 4	0,00	0,00	0,00	0,27

Quadro 5.43 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos produtos de colagem para derivados de madeira.

Solução	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Económico (IE)	
	0,615	0,385	
Cola 1	1,00	1,00	1,00
Cola 2	0,52	0,00	0,32
Cola 3	0,47	0,74	0,58
Cola 4	0,00	0,27	0,10

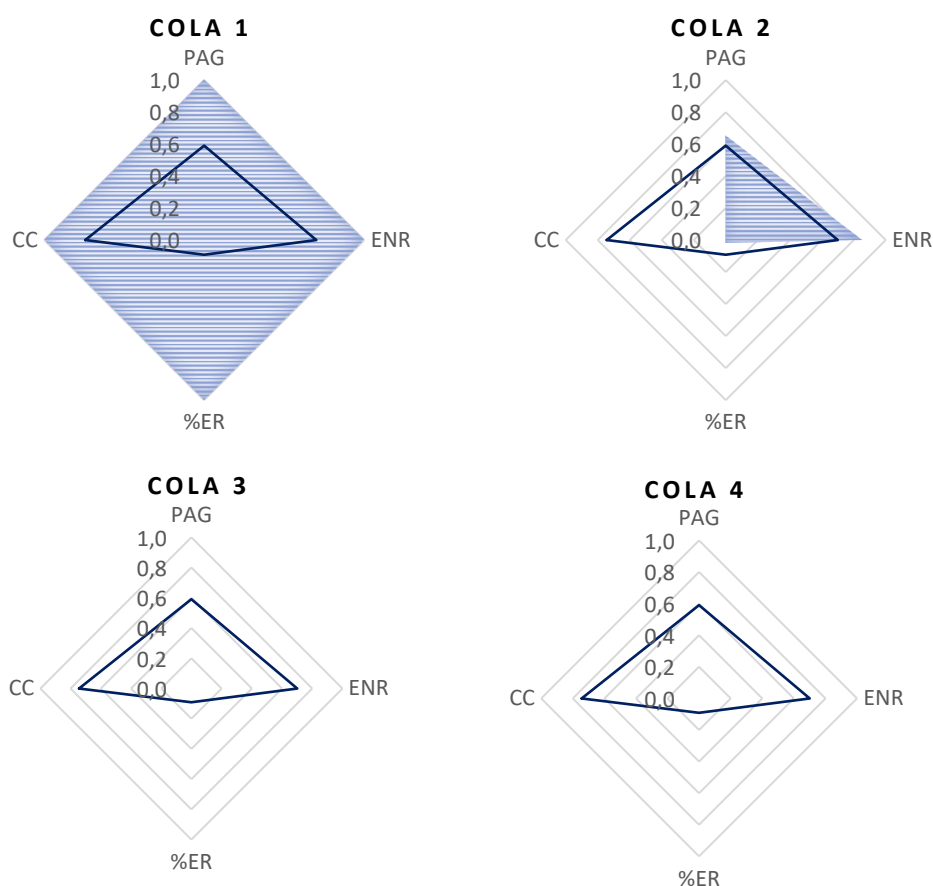


Fig. 5.13 - Gráficos radar de todas as soluções de produtos de colagem. Solução de referência (Cola 3) em linha e as restantes soluções preenchidas.

A Cola 3 é a solução de referência e apresenta um desempenho ambiental médio e um preço bastante agradável, o que, por sua vez, a torna uma solução bastante equilibrada.

Na análise dos revestimentos que foram colados, foi utilizada a Cola 1, que surge como a melhor solução das alternativas. É a opção mais barata e com o melhor desempenho ambiental.

A Cola 2 tem um nível de sustentabilidade abaixo da solução de referência. Esta é a solução mais dispendiosa e uma das que tem uma menor energia não renovável incorporada.

Por último, a Cola 4 é a pior opção, no sentido em que possui um péssimo desempenho ambiental com os parâmetros mais elevados e é a segunda opção mais cara, tornando-a numa solução a descartar.

É de referir que, se cada um dos revestimentos tivesse respetivamente um destes produtos de colagem (i.e., se fossem os indicados pelo fabricante do revestimento), os resultados iriam variar, visto que a energia incorporada varia bastante, tal como os seus preços por metro quadrado.

5.5.2. CIMENTOS COLA

A análise respeitante das soluções destinadas à colagem de revestimentos cerâmicos encontra-se nos quadros 5.44, 5.45 e 5.46. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.14.

Quadro 5.44 - Valores base dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para cerâmicas.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m ²	MJ / m ²	%	€ / m ²
Cimento Cola 1	0,68	7,45	0,06	1,40
Cimento Cola 2	1,27	8,75	0,29	1,95
Cimento Cola 3	2,74	27,75	0,24	1,61
Cimento Cola 4	0,52	4,53	0,08	1,91

Quadro 5.45 - Indicadores normalizados dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para cerâmicas.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Cimento Cola 1	0,93	0,87	0,00	1,00
Cimento Cola 2	0,66	0,82	1,00	0,00
Cimento Cola 3	0,00	0,00	0,80	0,61
Cimento Cola 4	1,00	1,00	0,09	0,07

Quadro 5.46 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos produtos de colagem para as cerâmicas.

Solução	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Económico (IE)	
	0,615	0,385	
Cimento Cola 1	0,63	1,00	0,77
Cimento Cola 2	0,81	0,00	0,50
Cimento Cola 3	0,24	0,61	0,38
Cimento Cola 4	0,73	0,07	0,48

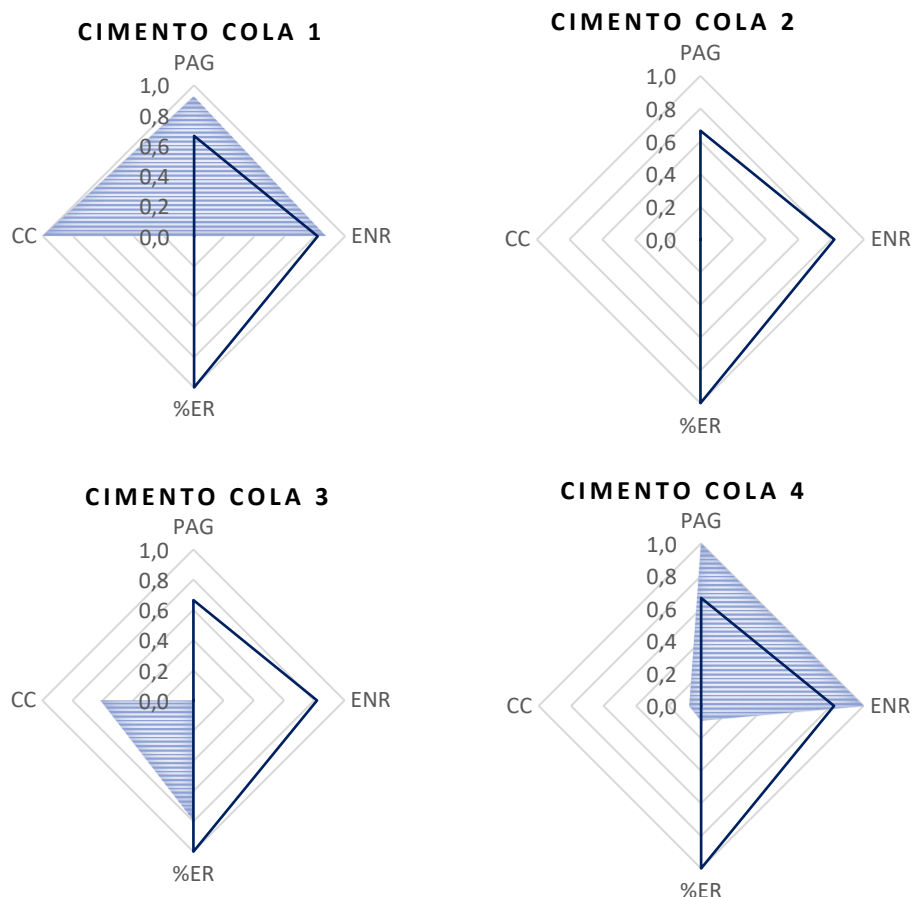


Fig. 5.14 - Gráficos radar de todas as soluções de cimentos cola. Solução de referência (Cimento Cola 2) em linha e as restantes soluções preenchidas.

O Cimento Cola 2 aparece como a referência, com um desempenho ambiental excelente, possuindo a maior percentagem de energia renovável incorporada. Infelizmente, perde por ser a solução mais cara por metro quadrado.

A melhor opção reside no Cimento Cola 1, que foi o utilizado na análise das cerâmicas. Possui um desempenho ambiental bastante interessante, apesar de ser a opção que utiliza menos energia renovável. Além disso, o seu custo é o menor de todas as soluções.

O Cimento Cola 3 é a pior opção, na medida em que é o que consome mais energia não renovável e o que tem um potencial de aquecimento global maior. Esta é a segunda melhor opção económica.

O Cimento Cola 4 é equivalente ao de referência, tendo um bom desempenho ambiental, apenas prejudicado pela fraca utilização de energia renovável.

No que diz respeito a estas soluções, os valores base não são tão significativos. Apenas a solução 3 apresenta um valor de energia não renovável superior, o que poderia causar alguma diferença nos resultados das cerâmicas. Os custos são, também, bastante parecidos, o que não causaria grandes flutuações nos resultados globais.

5.5.3. CIMENTOS-COLA FLEXÍVEIS

A análise respeitante às soluções destinadas à colagem de pedras naturais encontra-se nos quadros 5.47, 5.48 e 5.49. Os gráficos radar encontram-se representados na Fig. 5.15.

Quadro 5.47 - Valores base dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para pedras naturais.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²
Cimento Cola Flexível 1	3,89	43,30	0,45	2,35
Cimento Cola Flexível 2	1,82	15,20	0,21	2,49
Cimento Cola Flexível 3	2,53	46,94	0,16	3,75
Cimento Cola Flexível 4	3,51	32,64	0,17	4,31

Quadro 5.48 - Indicadores normalizados dos indicadores respeitantes aos produtos de colagem para pedras naturais.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Cimento Cola Flexível 1	0,00	0,11	1,00	1,00
Cimento Cola Flexível 2	1,00	1,00	0,17	0,93
Cimento Cola Flexível 3	0,66	0,00	0,00	0,29
Cimento Cola Flexível 4	0,18	0,45	0,04	0,00

Quadro 5.49 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos produtos de colagem para pedras naturais.

Solução	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Económico (IE)	
	0,615	0,385	
Cimento Cola Flexível 1	0,33	1,00	0,59
Cimento Cola Flexível 2	0,75	0,93	0,82
Cimento Cola Flexível 3	0,26	0,29	0,27
Cimento Cola Flexível 4	0,22	0,00	0,13

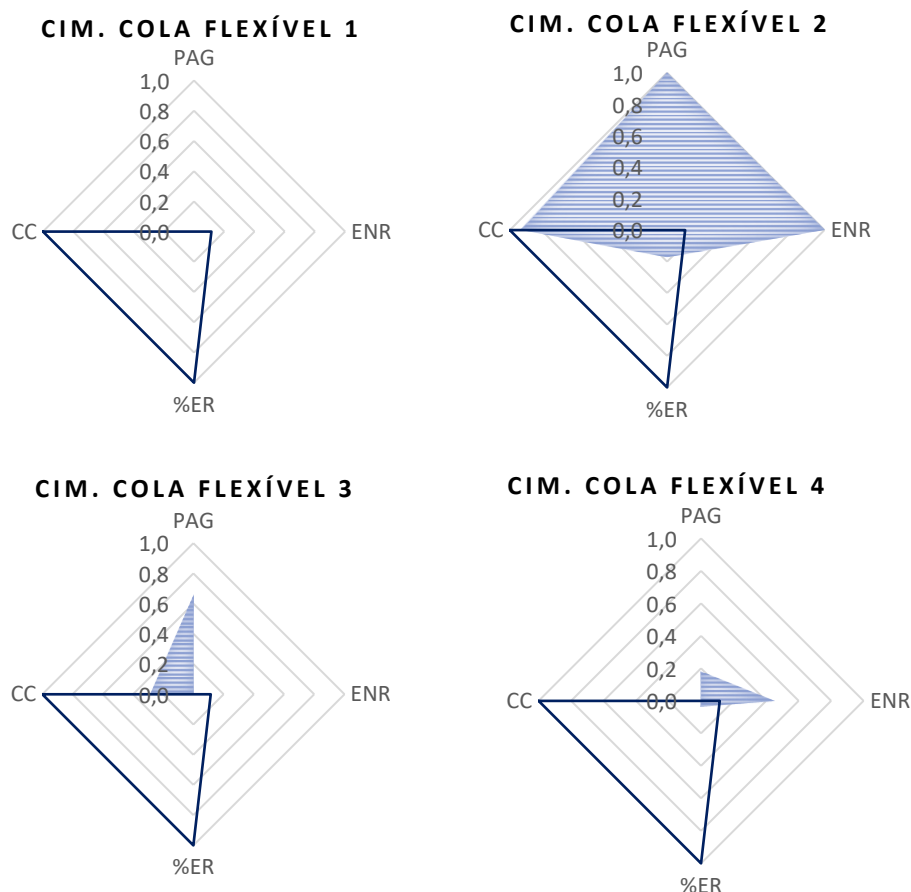


Fig. 5.15 - Gráficos radar de todas as soluções de cimentos cola flexíveis. Solução de referência (Cimento Cola Flexível 1) em linha e as restantes soluções preenchidas.

O Cimento Cola Flexível 1 surge como a referência, tendo sido a opção utilizada para todos os revestimentos de pedra natural. Esta é a solução mais barata a nível económico, no entanto, é das piores soluções a nível ambiental.

O Cimento Cola Flexível 2 apresenta-se como a melhor solução, que possui um excelente desempenho ambiental, mas uma baixa utilização de energia renovável incorporada. O seu preço é muito agradável, o que torna esta opção bastante interessante.

O Cimento Cola Flexível 3 aparece como uma das piores soluções, com um desempenho ambiental péssimo, com a maior energia não renovável incorporada. O seu custo é dos mais altos, fazendo desta uma opção inviável.

Por último, o Cimento Cola Flexível 4 é uma solução equivalente à anterior com um desempenho ambiental péssimo. O seu custo alto faz desta solução uma opção pouco viável.

No que diz respeito a estas soluções, a solução usada para as análises locais tinha um desempenho ambiental baixo. Assim, alguns desses revestimentos poderiam ter beneficiado de uma solução ambientalmente superior, sobretudo relativamente à energia incorporada.

5.6. OPCIONAIS – O CASO DOS REPELENTES DE ÁGUA

A análise respeitante às soluções de repelentes de água está apresentada nos quadros 5.50, 5.51 e 5.52. Os gráficos radar estão apresentados na Fig. 5.16.

Quadro 5.50 - Valores base dos indicadores respeitantes a repelentes de água.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²
Repelente de Água 1	1,94	44,70	0,03	4,34
Repelente de Água 2	0,80	19,79	0,05	3,43
Repelente de Água 3	2,03	60,86	0,04	2,94
Repelente de Água 4	1,05	24,00	0,06	4,85

Quadro 5.51 - Valores normalizados dos indicadores respeitantes a repelentes de água.

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Repelente de Água 1	0,08	0,39	0,00	0,27
Repelente de Água 2	1,00	1,00	0,64	0,74
Repelente de Água 3	0,00	0,00	0,40	1,00
Repelente de Água 4	0,80	0,90	1,00	0,00

Quadro 5.52 - Desempenho de cada dimensão e nível de sustentabilidade (NS) dos repelentes de água.

Solução	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)
	Ambiental (IA)	Económico (IE)	
	0,615	0,385	
Repelente de Água 1	0,15	0,27	0,19
Repelente de Água 2	0,89	0,74	0,84
Repelente de Água 3	0,12	1,00	0,46
Repelente de Água 4	0,89	0,00	0,55

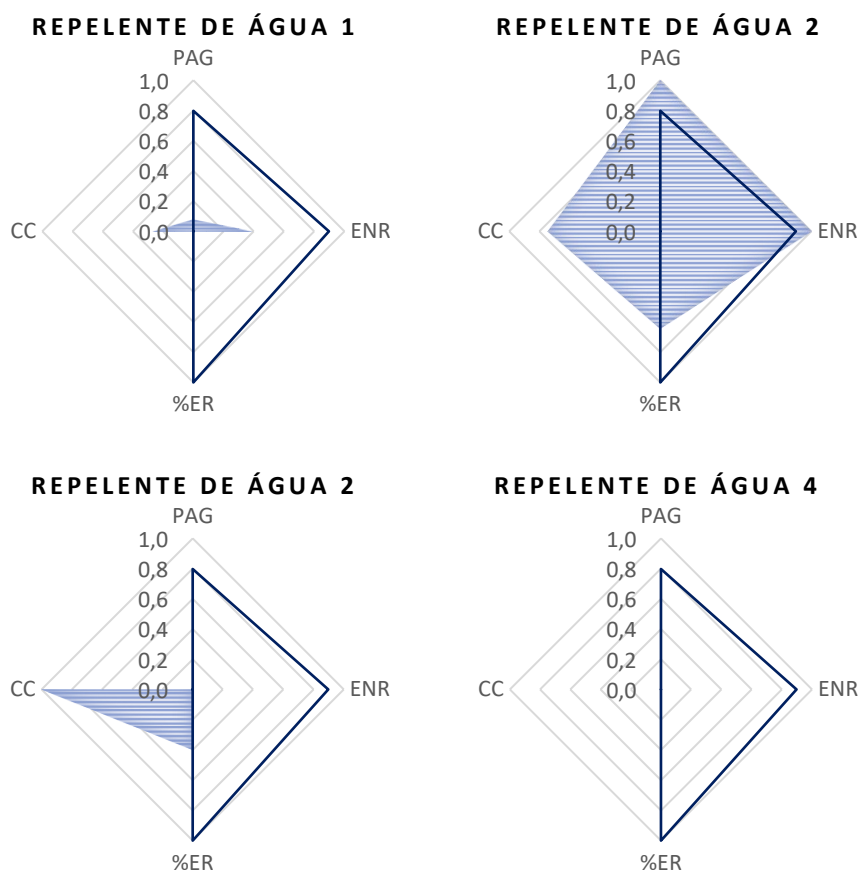


Fig. 5.16 - Gráficos radar de todas as soluções repelentes de água. Solução de referência (Repelente de Água 4) em linha e as restantes soluções preenchidas.

O Repelente de Água 4, surge como a solução de referência, apresenta-se como a solução mais cara de todas as analisadas e com um desempenho ambiental muito bom a par da melhor solução.

O Repelente de Água 2 é o que apresente um maior nível de sustentabilidade, devido sobretudo ao seu excelente desempenho ambiental, aliado a um bom custo de compra que é o segundo mais barato.

Por outro lado, o Repelente de Água 1 surge como a solução com um menor nível de sustentabilidade, devido ao fraco desempenho ambiental. O fator económico também pesa, por ser a segunda solução mais cara.

Por último, o Repelente de Água 3 surge como uma solução abaixo da solução de referência. Apesar do excelente custo, é fortemente penalizada pelo desempenho ambiental.

6

CONCLUSÃO

6.1. CONCLUSÕES FINAIS

Com a crescente preocupação ambiental e com um tema atual como a construção sustentável, é muito importante o estudo dos diversos materiais presentes na construção. Com esta dissertação, pretendia-se avaliar o nível de sustentabilidade de diferentes soluções de revestimentos de piso para diferentes tipos de divisões, de modo a encontrar soluções equilibradas relativamente às três dimensões da sustentabilidade.

Neste sentido, foram identificados diversos indicadores das diferentes dimensões da sustentabilidade, sendo que alguns foram muito difíceis de quantificar devido à falta de dados. No que diz respeito aos indicadores ambientais, apesar de os parâmetros serem os mesmos, as declarações não são abundantes e para certos tipos de soluções são muito escassas. Esta situação verifica-se, igualmente, nos parâmetros funcionais, na medida em que diversas fichas técnicas possuem muito poucos parâmetros úteis. Por fim, alguns indicadores económicos são difíceis de quantificar, sobretudo os ligados à manutenção.

Contudo, é imperativo que haja uma maior consciencialização, devido sobretudo aos problemas ambientais que todos temos vivenciado, desde os fabricantes deste tipo de materiais, ao arquiteto e engenheiros que definem os materiais a aplicar e ao próprio consumidor final. É muito importante não descurar o papel ambiental de um produto, porque os indicadores refletem perfeitamente os recursos e os impactos utilizados em todo o ciclo de vida do mesmo.

Infelizmente, vivemos numa sociedade consumista, onde o que importa é o preço de custo. Normalmente, os produtos mais baratos aparecem como as melhores soluções para o promotor e em especial para o consumidor final. No entanto, a realidade é bastante diferente e, através dos resultados desta dissertação, é mais uma vez demonstrado que o barato por vezes sai caro, devido, principalmente, à durabilidade e ao custo de substituição, mas também ao custo da respetiva manutenção. Porém, o contrário também acontece, isto é, nem sempre o produto mais caro é o que apresenta melhor comportamento funcional ou até mesmo ambiental. Esta situação vem reforçar a importância deste tipo de análises comparativas de soluções.

Globalmente, os revestimentos de piso propostos para os compartimentos principais conseguiram um nível de sustentabilidade superior às soluções para os compartimentos de serviço. Os revestimentos destinados aos compartimentos de serviço, particularmente as pedras naturais acabam por ser altamente prejudicados pela vertente ambiental, devido fundamentalmente ao elevado consumo de energia não renovável, sobretudo nas etapas de extração da matéria-prima e na respetiva fabricação. A baixa incorporação de energia renovável e um maior potencial de aquecimento global, também são aspetos que não jogam a favor destas soluções.

As soluções destinadas para os compartimentos principais apresentam-se como soluções mais equilibradas nas três vertentes da sustentabilidade, algumas delas, como é o caso dos laminados e alguns vinílicos, apresentam-se como soluções muito competitivas relativamente ao desempenho económico comparando diretamente com os revestimentos destinados aos compartimentos de serviço, principalmente as pedras naturais. É de ressaltar que, algumas das soluções em pedra natural, apresentam custos de manutenção bastante baixos, equivalentes às melhores soluções dos compartimentos principais.

A escolha de diferentes indicadores poderia mudar drasticamente os resultados, e a falta de indicadores funcionais comparáveis entre os diferentes revestimentos vem prejudicar um pouco os resultados globais, devido ao nível de incerteza causado por não haver normalização de parâmetros nesta dimensão. Todavia, a parte funcional poderia ser controlada, desde que possuíssem um desempenho capaz de satisfazer as exigências de uso (como a classificação UPEC) e, assim, a avaliação poderia ser limitada à vertente ambiental e económica. Contudo, um desempenho funcional mais elevado contribui para um aumento de durabilidade e, consequentemente aumenta a sua sustentabilidade.

O facto de a solução ser considerada como um todo significa que são contabilizados todos os impactos relativamente aos produtos de colagem, imprescindíveis para certos tipos de soluções. Estes podem trazer um resultado negativo a uma solução que poderia ter um nível de sustentabilidade elevado, devido, especialmente, aos altos valores de energia não renovável.

A utilização de aditivos ou de outros produtos, nomeadamente repelentes de água é comum em revestimentos muito porosos, principalmente em alguns revestimentos de pedra natural. Deste modo, a sua utilização pode condicionar a solução base, sobretudo o desempenho ambiental destas soluções, que pode ficar comprometido, além de acrescentarem um custo superior a este tipo de opções, que, por si só, já têm preços avultados.

Em suma, é esperado que, depois desta demonstração, este método possa ser aplicado por todos, de modo a se realizar uma análise comparativa entre diferentes soluções e refletir sobre os prós e contras de cada uma delas.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A aplicação deste tipo de metodologias requer muita informação para os resultados serem diversificados. Ao longo da escrita desta dissertação, a falta de dados foi uma constante. Assim, encontram-se, de seguida, algumas sugestões para as três dimensões da sustentabilidade:

- Ambiental: a falta de DAP é uma frequente, principalmente no contexto português. Verifica-se uma extrema dificuldade em obter este tipo de informação em determinado tipo de soluções. Assim, a sensibilização para os benefícios de obter este tipo de declarações deveria ser benéfico e aconselhável;
- Funcional: algumas das fichas técnicas consultadas tinham muito pouca informação, nomeadamente ao nível das características de resistência à abrasão e desgaste (principalmente parâmetros quantitativos). Existem, também, empresas que não têm as fichas técnicas publicadas, o que, nos tempos em que vivemos, é indispensável;
- Económico: os indicadores relativos à manutenção são extremamente difíceis de quantificar, sendo que a maior parte da informação é qualitativa, o que dificulta a utilização desta informação nestes métodos. Deste modo, era interessante existir uma base de dados completa, com informação relevante para este aspeto.

Assim, no futuro seria interessante haver trabalhos académicos que se focassem em quantificar custos, através de métodos existentes ou a criação de novos, que permitissem quantificar os diversos custos de um revestimento. Seria, ainda interessante, perceber o porquê da falta de dados técnicos e ambientais, através de um levantamento de dados em empresas e propor soluções para minimizar este problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] World Commission on Environment and Development, W. *Nosso Futuro Comum (Relatório de Brundtland)*. 10/1987.
- [2] Haapio, A. ,Viitaniemi, P. *A critical review of building environmental assessment tools*. Environmental Impact Assessment Review, 13/01/2008, 469-482, Elsevier BV, Reino Unido.
- [3] <https://sustentarqui.com.br/tendencias-da-construcao-sustentavel-2017>. 14/04/2021.
- [4] Bribián, I. Z., Capilla, A. V.,Usón, A. A. *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential*. Building and environment, 15/05/2011, 1133-1140, Elsevier BV, Reino Unido.
- [5] Nunes, P. A. d. P. *Afinal o que é a sustentabilidade na construção?* Dissertação de Mestrado, FCTUC, 2016.
- [6] <https://www.isover.pt/sustentabilidade/construcao-sustentavel>. 15/04/2021.
- [7] <https://www.isover.co.za/life-cycle-analysis-environmental-product-declarations>. 15/04/2021.
- [8] Torgal, F. ,Jalali, S. *Construção sustentável: o caso dos materiais de construção*. Congresso Construção 2007, 17/12/2007, Coimbra, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- [9] Fernandes, Á. M. V. *Métodos de avaliação da sustentabilidade das construções*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.
- [10] <https://pre-sustainability.com/articles/five-crucial-lca-features-in-simapro>. 16/04/2021.
- [11] Silvestre, J., de Brito, J.,Pinheiro, M. *Certificação Ambiental de Materiais e Soluções Construtivas-aplicação á realidade portuguesa*. Congresso de Inovação na Construção sustentável - CINCOS, 11/2010, Curia, Coimbra, 201-213, CentroHabitat, Coimbra.
- [12] OERCO2. *Declarações ambientais de produtos de construção em Portugal*. 2017. https://oerco2.eu/wp-content/uploads/2013/02/1.2.2.-Report-EPD-in-Portugal_PT.pdf. 03/05/2021.
- [13] https://www.daphabitat.pt/pt_PT/dap/dap-registadas/ttViewD/8. 01/05/2021.
- [14] Del Borghi, A. *LCA and communication: Environmental Product Declaration*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 02/2013, 293-295, Springer Science and Business Media LLC, Alemanha.
- [15] Singh, A., Berghorn, G., Joshi, S.,Syal, M. *Review of Life-Cycle Assessment Applications in Building Construction*. Journal of Architectural Engineering, 03/2011, 15-23, American Society of Civil Engineers (ASCE), Estados Unidos.
- [16] <https://www.daphabitat.pt/>. 01/05/2021.
- [17] <https://www.aenor.com/certificacion/certificacion-de-producto/declaraciones-ambientales-de-producto>. 01/05/2021.
- [18] www.environdec.com. 01/05/2021.
- [19] <https://www.eco-platform.org/>. 01/05/2021.
- [20] <https://www.csostenible.net>. 01/05/2021.
- [21] <https://ibu-epd.com/>. 01/05/2021.

- [22] Barbosa, M. T., Almeida, M. G. d., Castañon, J. A. *Ambiente construído e estratégias sustentáveis*. Editora da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Rio de Janeiro, 2019.
- [23] <https://www.blogdaarquitectura.com/saiba-como-obter-o-selo-leed-de-sustentabilidade-para-o-seu-projeto>. 15/04/2021.
- [24] <https://www.buildup.eu/en/explore/links/leadership-energy-and-environmental-design-leed-0>. 15/04/2021.
- [25] <https://thepropertyagent.es/what-is-the-breeam-certificate/>. 15/04/2021.
- [26] <http://www.lidera.info/?p=MenuPage&MenuId=29>. 15/04/2021.
- [27] <https://new.csustentavel.com/>. 17/04/2021.
- [28] <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english>. 24/04/2021.
- [29] <https://www.vmzinc.com/zinc-and-sustainability/vmzinc-hqe/the-hqe-method.html>. 17/04/2021.
- [30] <https://www.ecopassivehouses.com/worldwide-certifications-and-labels>. 17/04/2021.
- [31] Lannoy, M. C. *Especificação de pisos e revestimentos: um exercício de aplicação de critérios da sustentabilidade*. Dissertação de Mestrado, UNB, 2013.
- [32] <https://www.blog.artesana.com.br/o-que-e-o-certificado-aqua-e-como-foi-adaptado-a-realidade-brasileira>. 24/04/2021.
- [33] Bragança, L., Mateus, R. *Sustentabilidade de soluções construtivas*. II Congresso sobre construção sustentável, 27/10/2006, Porto, Ordem dos Engenheiros, Porto.
- [34] Mateus, R., Bragança, L. *Avaliação da sustentabilidade da construção: Desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação a sustentabilidade de soluções construtivas*. Congresso sobre construção sustentável, 10/2004, Leça da Palmeira, Ordem dos Engenheiros, Porto.
- [35] Mateus, R. *Avaliação da sustentabilidade na construção: Propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis*. Tese de Doutoramento, EEUM, 2009.
- [36] Bragança, L. *Princípios de desenho e metodologias de avaliação da sustentabilidade das construções*. Revista Espaços, 12/2005.
- [37] Bragança, L., Mateus, R. *Avaliação do ciclo de vida dos edifícios – Impacte ambiental de soluções construtivas*. Guimarães Editores, Guimarães, 2011.
- [38] Macedo, A., Mateus, R. *Avaliação do desempenho ambiental de soluções de reabilitação de fachadas*. Sustentabilidade na reabilitação urbana: O novo paradigma do mercado da construção, 10/2011, Associação iiSBE Portugal, Guimarães.
- [39] Macedo, A., Mateus, R., Silva, S. M. *Avaliação da sustentabilidade de soluções de reabilitação energética para paredes exteriores de um edifício de habitação*. Seminário Reabilitação Energética de Edifícios, 2012, Guimarães, Universidade do Minho, Guimarães.
- [40] Macedo, A., Mateus, R., Silva, S. *Avaliação da sustentabilidade de soluções de reabilitação energética para coberturas de um edifício de habitação*. II Workshop on Sustainable Building and Rehabilitation, 10/2014, Guimarães, 1-11, Universidade do Minho, Guimarães.

- [41] Bragança, L., Mateus, R. *Avaliação da sustentabilidade das operações de reabilitação urbana*. II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável: do edifício para a escala urbana, 11/2017, Pavilhão do Conhecimento, Lisboa, 21-30, Universidade do Minho, Guimarães.
- [42] Berge, B. *The ecology of building materials*. Taylor & Francis, 2009.
- [43] Faria, J. *Controlo da qualidade de revestimentos de piso*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2018.
- [44] Martins, A. J. G. *Estudo da durabilidade dos revestimentos de piso*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2012.
- [45] Pommier, R., Grimaud, G., Prinçaud, M., Perry, N., Sonnemann, G. *Comparative environmental life cycle assessment of materials in wooden boat ecodesign*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 14/04/2016, 265-275, Springer Science + Business Media, Alemanha.
- [46] <https://www.csustentavel.com/alcatifa-balsan-custom-copy>. 26/04/2021.
- [47] <https://goma.eco>. 26/04/2021.
- [48] https://www.haro.com/en/parquet/all_about_parquet/finish.php. 28/04/2021.
- [49] <https://evaluation.cstb.fr/en/certifications-products-services/mark/qb-upec>. 26/04/2021.
- [50] <https://evaluation.cstb.fr/en/search/>. 30/04/2021.
- [51] <http://pavigres.com/pt/area-tecnica/caracteristicas-tecnicas>. 30/04/2021.
- [52] CSTB. *Revêtements de sol: Notice sur le classement UPEC et Classement UPEC des locaux*. 11/2004. <http://www.cstb.fr/assets/documents/cstb-notice-classement-upec-locaux.pdf>. 03/05/2021.
- [53] <https://margres.com/pt/produtos/prestige>. 30/05/2021.
- [54] Delgado, A., de Brito, J. *Classificação das anomalias mais comuns apresentadas por revestimentos de piso lenhosos*. II Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios - PATORREB, 20/03/2006, Porto, 20-31, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- [55] <https://engenharia360.com/piso-vinilico-ou-piso-laminado-diferenca>. 26/04/2021.
- [56] <https://www.quick-step.com.pt/pt-pt/laminado/instalacao>. 26/04/2021.
- [57] https://www.quick-step.com.pt/pt-pt/laminado/impressivo/iml847_carvalho-classico-bege-regua-unica. 26/04/2021.
- [58] https://casa.tarkett.pt/pt_PT/visualização-coleção-C000190-pure. 27/04/2021.
- [59] https://home.tarkett.co.uk/en_GB/node/segno-decorative-parquet-collection-7613. 27/04/2021.
- [60] <https://www.amorimcorkflooring.pt/amorim-wise>. 27/04/2021.
- [61] Reis, A. M. P. *Revestimentos de pisos em aglomerado de cortiça*. Dissertação de Mestrado, ISEL, 2011.
- [62] <https://internetflooringsupplies.co.uk/blog/exactly-what-is-karndean-flooring>. 27/04/2021.
- [63] <https://www.qualityhomes.com.br/piso-vinilico-click-em-bauru>. 27/04/2021.
- [64] <https://baldocer.com/en/product/york-navy-60x120-10mm>. 27/04/2021.
- [65] Santos, Y. M. *Análise de patologias de pisos cerâmicos*. Boletim do Gerenciamento, 20/12/2019, 31-42, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- [66] Amaral, P., Fernandes, J., Pires, V., Rosa, L. Rochas Ornamentais. In *Ciência e Engenharia de Materiais de Construção*, 463-517, IST Press, 2012.
- [67] <https://www.levantina.com/en/product/marble/ranges-and-colours/white-marble/portobellosuper-white-by-naturamia-collection>. 28/04/2021.
- [68] Lamas, M., Longo, O., Souza, V. *A produção de ladrilho e o ofício de ladrilhar: método de produção de ladrilhos do século XVIII aos nossos dias*. Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material, 06/25/2018.
- [69] <http://www.roca.pt/rocalife/ceramicas-hidraulicas-estilo-com-o-melhor-desempenho>. 28/04/2021.
- [70] Gonçalves, M. J. P. H. ,da Silveira, P. A. M. *Revestimento de piso em pedra calcária: Manutenção e limpeza*. CLB-MCS 2014, 05/03/2014, Guimarães, Universidade do Minho, Guimarães.
- [71] <https://lsi-stone.com/stones/limestone/moleanos>. 28/04/2021.
- [72] Gonçalves, M. J. P. H. *Revestimento de piso em pedra calcária: Adequabilidade, patologia e manutenção*. Dissertação de Mestrado, ISEL, 2013.
- [73] Gonçalves, M. J. P. H. ,da Silveira, P. A. M. *Revestimento de piso em pedra calcária: Patologia e manutenção*. Dissertação de Mestrado, ISEL, 2013.
- [74] <http://www.realgranito.pt/MateriaisHTML/AmareloReal.html>. 02/06/2020.
- [75] Camposinhos, R., Pires, V., Simão, J., Garcia, M. *Patologia em Pedra Natural. Manchas em revestimento de Granito Amarelo Luzelos*. 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (PATORREB), 18/03/2009, Porto, FEUP, Porto.
- [76] Allacker, K. *Environmental and economic optimisation of the floor on grade in residential buildings*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 13/03/2012, 813-827, Springer Science and Business Media LLC.
- [77] Buyle, M., Braet, J., Audenaert, A. *Life cycle assessment in the construction sector: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26/06/2013, 379-388, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Reino Unido.
- [78] <https://www.levantina.com/en/downloads/>. 02/05/2021.
- [79] <http://www.floorsymbols.com/>. 03/05/2021.
- [80] Mosa. *Walking safety*. 2021.
<https://www.mosa.com/application/files/2516/1847/8746/Walking-safety-info-sheet-Mosa.pdf>. 07/05/2021.
- [81] NP EN 13893:2003. *Revestimentos de piso resilientes, laminados e têxteis; Determinação do coeficiente de fricção dinâmica na superfície de pisos secos*. 2003.
- [82] NP EN 13329:2016+A1:2017. *Laminate floor coverings. Specifications, requirements and test methods*. 2017.
- [83] <https://www.premiumfloors.com.au/brands/quickstep-laminate/technicalspecificationstests/>. 08/05/2021.
- [84] <http://portalacustica.info/como-reduzir-o-ruído-de-impacto-o-famoso-toc-toc-entre-lajes/>. 08/05/2021.

- [85] ISO 140-8:1997. *Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor*. 1997.
- [86] Pereira, A., Godinho, L., Mateus, D., Ramis, J., Branco, F. *Avaliação de uma metodologia simplificada na determinação experimental da redução sonora de revestimentos de piso*. VIII Congresso Ibero-Americano De Acústica, Évora, 1/10/2012.
- [87] EN ISO 10456:1999. *Building materials and products : Procedures for determining declared and design thermal values*. 1999.
- [88] Foelkel, C. E. B., Brasil, M. A. M., Barrichelo, L. E. G. *Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas*. IPEF, 1971, 65-74.
- [89] NP EN 13489:2017. *Wood-flooring and parquet; Multi-layer parquet elements*. 2017.
- [90] NP EN 13501:2016. *Fire classification of construction products and building elements*. 2016.
- [91] Santos, C. P. *Comportamento dos materiais na legislação de SCIE e possíveis evoluções na perspetiva do LNEC*. 2014. https://proteger.pt/nfpa/2014/wp-content/uploads/2014/presentations/I_11_PinaSantos.pdf. 03/05/2021.
- [92] Lykidis, C., Nikolakakos, M., Sakellariou, E., Biribilis, D. *Assessment of a modification to the Brinell method for determining solid wood hardness*. Materials and Structures, 30/01/2015, 961-967, Springer Science and Business Media LLC.
- [93] *Dureza Brinell*. http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM336/durezabrinell.pdf. 08/05/2021.
- [94] EN 1534:2020. *Wood flooring and parquet. Determination of resistance to indentation. Test method*. 2020.
- [95] NP EN 13489:2017. *Wood-flooring and parquet; Multi-layer parquet elements*. 2017.
- [96] NP EN 669:2000. *Revestimentos de piso resistentes. Determinação da estabilidade dimensional dos ladrilhos de linóleo causada por alterações na humidade atmosférica*. 2000.
- [97] EN ISO 24343-1:2007. *Resilient and laminate floor coverings: Determination of indentation and residual indentation. Part 1: Residual indentation*. 2007.
- [98] ISO 24340:2006. *Resilient floor coverings: Determination of thickness of layers*. 2006.
- [99] <https://www.hunker.com/13711361/a-homeowners-guide-to-vinyl-flooring>. 10/05/2021.
- [100] <http://pavigres.com/pt/area-tecnica/caracteristicas-tecnicas>. 11/05/2021. 15/05/2021.
- [101] NP EN ISO 10545-2. *Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 2: Determinação das dimensões e da qualidade de superfície*. 2019.
- [102] NP EN ISO 10545-4. *Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 4: Determinação do módulo de rutura e da tensão de rutura*. 2019.
- [103] <http://www.mzkj168.com/english/productss.asp?id=1462>. 16/04/2021.
- [104] Lodi, I. E. *Rochas ornamentais - Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais*. Grafitusa, Cachoeiro de Itapemirim/ ES, 2013.
- [105] NP EN ISO 10545-8. *Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 8: Determinação da dilatação linear de origem térmica*. 2019.

- [106] NP EN 12372:2008. *Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação da resistência à flexão sob carga centrada*. 2008.
- [107] NP EN 1926. *Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação da resistência à compressão uniaxial*. 2008.
- [108] NP EN 14157:2017. *Natural stone test methods: Determination of the abrasion resistance*. 2017.
- [109] Rochas, A. *Guia de aplicação de rochas em revestimentos*. Brasília, 2021.
- [110] NP EN 13748-1:2010. *Ladrilho hidráulico. Parte 1: Ladrilho hidráulico para utilização em interiores*. 2010.
- [111] ASTM C 880-06. *Standard test method for flexural strength of dimension stone*. 2006.
- [112] Tikul, N. *Environmental and Economic of Flooring Building Materials*. Applied Environmental Research, 17/02/2014, 47-59, Environmental Research Institute, Chulalongkorn University, Tailândia.
- [113] <https://www.fluxpumpsusa.com/en-US/life-cycle-cost/life-cycle-cost-defined.html>. 02/05/2021.
- [114] <http://www.geradordeprecos.info/>. 02/05/2021.
- [115] Ignatovich, L., Krivoblotski, A., Utgof, S. *Integrated assessment of floor covering quality, costs of its laying and maintenance*. Forest and woodworking industry, 16/03/2012, Minsk, 86-89, BSTU, Minsk.
- [116] Noor, M., Aizuddin, N. *Whole life cycle costing and quality satisfaction: public housing floor material*. Advanced Materials Research, 07/2013, 877-883, Trans Tech Publ, Australia.
- [117] United States Environmental Agency, E. S. A. B., SAB. *Reducing Risk: Setting Priorities and Strategies for Environmental Protection*. 09/2000, Washington, D.C, 13-14.
- [118] Ajusree, P. A., Jenson, J. *Environmental and Economic Impact Assessment of Flooring Materials*. SECON 2019, 10/06/2019, Boston, 83-89, Springer Internacional Publishing.

ANEXO 1

INDICADORES AMBIENTAIS

AMBIENTAIS												
UTILIZAÇÃO	GRUPO	Soluções Construtivas	Global Warming Potential (100 years)	Total Use of Renewable Primary Energy Resources	Total Use of non Renewable Primary Energy Resources	ER ENR+ER	Acidification Potential	Eutrophication Potential (FreshWater)	Ozone Layer Depletion Potential (Steady State)	Photochemical – Ozone Creation Potential	Abiotic Depletion – Elements	Abiotic Depletion – Fossil Fuels
			PAG	ENR	PENRT	%ER	AP	EP	ODP	POCP	ADPE	ADPF
			kg CO2 Equivalent	Mj	Mj	%	kg SO2 Equivalent	kg PO4 3- Equivalent	kg CFC-11 Equivalent	kg C2H4 Equivalent	kg Sb Equivalent	MJ
Compartimentos Principais	Laminados	Laminado 1	-2,96	143,00	122,00	54%	0,016000	0,003750	0,0000000032800	0,0029600	0,0000014	94,10
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,20
		Σ	-2,45	148,03	133,90	53%	0,016885	0,003897	0,0000000032801	0,0030498	0,0000015	105,30
		Laminado 2	-6,01	184,00	91,40	67%	0,008890	0,002620	0,0000000000077	0,0014100	0,0000008	88,70
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,20
		Σ	-5,50	189,03	103,30	65%	0,009775	0,002767	0,0000000000078	0,0014998	0,0000010	99,90
		Laminado 3	-5,27	151,00	130,00	54%	0,019600	0,006680	0,0000004450000	0,0053600	0,0000031	105,00
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,20
		Σ	-4,76	156,03	141,90	52%	0,020485	0,006827	0,0000004450001	0,0054498	0,0000033	116,20
		Laminado 4	-7,77	151,00	82,10	65%	0,024000	0,000661	0,0000006160000	0,0160000	0,0000188	73,00
		Underlay	0,51	5,03	11,90	30%	0,000885	0,000147	0,0000000000001	0,0000898	0,0000002	11,20
		Σ	-7,26	156,03	94,00	62%	0,024885	0,000808	0,0000006160001	0,0160898	0,0000190	84,20
	Soalhos	Soalho 1	-4,14	339,00	216,00	61%	0,078600	0,032900	0,0000016700000	0,0088000	0,0000329	208,00
		Soalho 2	-1,01	88,20	75,30	54%	0,017800	0,004100	0,0000003130000	0,0027600	0,0004410	44,90
		Soalho 3	-12,40	494,00	206,00	71%	0,076200	0,014500	0,0000000327000	0,0236000	0,0000052	183,00
		Soalho 4	-8,09	122,00	88,40	58%	0,074500	0,000000	0,0000000000490	0,0510000	0,0000012	87,60
	Parquet	Parquet 1	0,22	273,00	220,00	55%	0,122000	0,011600	0,0000000012000	0,0087700	0,0000014	209,00
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,33
		Σ	2,81	288,54	283,17	50%	0,128229	0,032639	0,0000000012080	0,0094654	0,0000333	261,33
		Parquet 2	-10,40	431,00	71,70	86%	0,017300	0,003730	0,0000000165000	0,0062400	0,0000028	64,40
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,33
		Σ	-7,81	446,54	134,87	77%	0,023529	0,024769	0,0000000165080	0,0069354	0,0000347	116,73
		Parquet 3	-6,71	250,00	87,20	74%	0,020300	0,004860	0,0000000669000	0,0032400	0,0000039	74,70
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,33
		Σ	-4,12	265,54	150,37	64%	0,026529	0,025899	0,0000000669080	0,0039354	0,0000358	127,03
		Parquet 4	-12,80	1540,00	84,10	95%	0,053800	0,009830	0,0000000591000	0,0281000	0,0000067	76,60
		Adhesive	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,33
		Σ	-10,21	1540,00	147,27	91%	0,060029	0,030869	0,0000000591080	0,0287954	0,0000386	128,93
	Cortica	Cortica 1	9,34	40,60	292,00	12%	0,056800	0,017800	0,0000003720000	0,0028200	0,0000080	262,00
		Cola	4,92	4,93	100,92	5%	0,014880	0,001344	0,0000000103080	0,0019680	0,0000204	94,08
		Σ	14,26	45,53	392,92	10%	0,071680	0,019144	0,0000003823080	0,0047880	0,0000284	356,08
		Cortica 2	-2,74	59,21	36,82	62%	0,004840	0,001280	0,0000000000046	0,0006700	0,0000030	35,68
		Cola	4,92	4,93	100,92	5%	0,014880	0,001344	0,0000000103080	0,0019680	0,0000204	94,08
		Σ	2,18	64,14	137,74	32%	0,019720	0,002624	0,0000000103126	0,0026380	0,0000234	129,76
		Cortica 3	5,93	118,00	245,00	33%	0,095000	0,277000	0,0000013300000	0,0048700	0,0000282	232,00
		Cola	4,92	4,93	100,92	5%	0,014880	0,001344	0,0000000103080	0,0019680	0,0000204	94,08
		Σ	10,85	122,93	345,92	26%	0,109880	0,278344	0,0000013403080	0,0068380	0,0000486	326,08
		Cortica 4	33,00	536,00	614,00	47%	0,289000	0,036900	0,0000026900000	0,0123000	0,0000214	587,00
		Cola	4,92	4,93	100,92	5%	0,014880	0,001344	0,0000000103080	0,0019680	0,0000204	94,08
		Σ	37,92	540,93	714,92	43%	0,303880	0,038244	0,0000027003080	0,0142680	0,0000418	681,08
	Vinil	Vinílico 1	14,80	35,30	287,00	11%	0,058600	0,011900	0,0000005160000	0,0123000	0,0001700	244,00
		Vinílico 2	6,72	12,80	122,00	9%	0,037700	0,002550	0,0000000002440	0,0036000	0,0000160	121,00
		Vinílico 3	-0,04	65,80	56,50	54%	0,035800	0,009010	0,0000000167000	0,0015000	0,0000026	53,70
		Vinílico 4	7,76	6,61	186,00	3%	0,023800	0,005770	0,0000001360000	0,0019700	0,0000210	120,00

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE COLAS											
Lenhosos	Cola 1	2,59	15,54	63,17	20%	0,006229	0,021039	0,0000000000080	0,0006954	0,0000319	52,33
	Cola 2	3,73	2,54	71,36	3%	0,011440	0,002136	0,0000000272000	0,0020000	0,0000204	69,60
	Cola 3	3,94	3,90	79,90	5%	0,011780	0,011780	0,0000000081605	0,0015580	0,0000162	78,40
	Cola 4	5,87	3,86	119,00	3%	0,015600	0,004740	0,0000000344000	0,0029100	0,0000374	114,00

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE PRODUTOS DE COLAGEM											
Normal	Cimento Cola 1	0,68	0,47	7,45	6%	0,002920	0,000227	0,0000000012400	0,0002160	0,0000008	6,96
	Cimento Cola 2	1,27	3,59	8,75	29%	0,003560	0,001615	0,0000000645000	0,0000057	0,0000057	8,00
	Cimento Cola 3	2,74	8,94	27,75	24%	0,008000	0,002425	0,0000001550000	0,0003781	0,0000034	24,69
	Cimento Cola 4	0,52	0,40	4,53	8%	0,002330	0,000000	0,0000000010800	0,0001680	0,0000007	3,95
Flex	Cimento Cola Fl. 1	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380000	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
	Cimento Cola Fl. 2	1,82	3,99	15,20	21%	0,005150	0,001980000	0,0000000930000	0,0000137	0,0000011	1,60
	Cimento Cola Fl. 3	2,53	8,78	46,94	16%	0,001556	0,007699550	0,0000000844785	0,0005082	0,0000042	43,87
	Cimento Cola Fl. 4	3,51	6,59	32,64	17%	0,010240	0,003104000	0,0000001984000	0,0004840	0,0000043	31,60

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE REPELENTES DE ÁGUA											
RA	Repelente 1	1,94	1,36	44,70	3%	0,012100	0,000930000	0,0000009390000	0,0009800	0,0136000	43,20
	Repelente 2	0,80	1,09	19,79	5%	0,130000	0,000564000	0,0000000161000	-	-	-
	Repelente 3	2,03	2,78	60,86	4%	0,001330	0,000100000	0,0000000163000	0,0008800	0,0000011	4,28
	Repelente 4	1,05	1,66	24,00	6%	0,012600	0,000595000	0,0000000659000	0,0006330	0,0040300	22,70

AMBIENTAIS												
UTILIZAÇÃO	GRUPO	Soluções Construtivas	Global Warming Potential (100 years)	Total Use of Renewable Primary Energy Resources	Total Use of non Renewable Primary Energy Resources	ER ENR+ER	Acidification Potential	Eutrophication Potential	Ozone Layer Depletion Potential (Steady State)	Photochemical – Ozone Creation Potential	Abiotic Depletion – Elements	Abiotic Depletion – Fossil Fuels
			PAG	ENR	PENRT	%ER	AP	EP	ODP	POCP	ADPE	ADPF
			kg CO2 Equivalent	Mj	Mj	%	kg SO2 Equivalent	kg PO4 3- Equivalent	kg CFC-11 Equivalent	kg C2H4 Equivalent	kg Sb Equivalent	MJ
Compartmentos Serviço	Cerâmicas	Cerâmico 1	15,30	27,33	229,60	11%	0,057828	0,004904	0,0000021716000	0,0029036	0,0000290	223,26
		Cimento Cola	0,68	0,47	7,45	6%	0,002920	0,000227	0,0000000012400	0,0002160	0,0000008	6,96
		Σ	15,98	27,80	237,05	10%	0,060748	0,005131	0,0000021728400	0,0031196	0,0000299	230,22
		Cerâmico 2	8,18	1,82	127,00	1%	0,038400	0,025400	0,0000023400000	0,0020800	0,0000086	75,80
		Cimento Cola	0,68	0,47	7,45	6%	0,002920	0,000227	0,0000000012400	0,0002160	0,0000008	6,96
		Σ	8,86	2,29	134,45	2%	0,041320	0,025627	0,0000023412400	0,0022960	0,0000094	82,76
		Cerâmico 3	12,00	47,30	195,00	20%	0,024100	0,003370	0,000000000599	0,0018300	0,0000775	187,00
		Cimento Cola	0,68	0,47	7,45	6%	0,002920	0,000227	0,0000000012400	0,0002160	0,0000008	6,96
		Σ	12,68	47,77	202,45	19%	0,027020	0,003597	0,0000000012999	0,0020460	0,0000783	193,96
		Cerâmico 4	9,72	5,26	171,00	3%	0,053000	0,004790	0,0000005100000	0,0023400	0,0000034	173,00
		Cimento Cola	0,68	0,47	7,45	6%	0,002920	0,000227	0,0000000012400	0,0002160	0,0000008	6,96
		Σ	10,40	5,73	178,45	3%	0,055920	0,005017	0,0000005112400	0,0025560	0,0000043	179,96
	Mármore	Mármore 1	5,29	18,44	104,55	15%	0,010347	0,002549	0,0000000092800	0,0011093	0,0000102	81,07
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	9,18	53,54	147,85	27%	0,026547	0,006929	0,0000002302800	0,0027693	0,0000208	121,57
		Mármore 2	17,90	85,40	305,00	22%	0,176000	0,011000	0,0000280000000	0,1300000	0,0001530	305,00
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	21,79	120,50	348,30	26%	0,192200	0,015380	0,0000030210000	0,1316600	0,0001636	345,50
		Mármore 3	8,40	18,18	127,76	12%	0,023873	0,002223	0,0000000019131	0,0013731	0,0000011	111,63
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	12,29	53,28	171,06	24%	0,040073	0,006603	0,0000002229131	0,0030331	0,0000117	152,13
		Mármore 4	5,68	23,20	52,10	31%	0,030900	0,000096	0,0000007840000	0,0299000	0,0000002	73,70
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	9,57	58,30	95,40	38%	0,047100	0,004476	0,0000010050000	0,0315600	0,0000108	114,20
	Ladrilho Hidráulico	LH 1	10,30	7,66	89,20	8%	0,034400	0,009920	0,0000007120000	0,0013060	0,0000074	79,20
		Cimento Cola	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	14,19	42,76	132,50	24%	0,050600	0,014300	0,0000009330000	0,0029660	0,0000180	119,70
		LH 2	14,80	9,84	77,60	11%	0,018500	0,006380	0,0000001150000	0,0009020	0,0000013	75,20
		Cimento Cola	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	18,69	44,94	120,90	27%	0,034700	0,010760	0,0000003360000	0,0025620	0,0000119	115,70
		LH 3	12,40	8,01	64,60	11%	0,018000	0,005760	0,0000001560000	0,0005120	0,0000102	62,90
		Cimento Cola	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	16,29	43,11	107,90	29%	0,034200	0,010140	0,0000003770000	0,0021720	0,0000208	103,40
		LH 4	2,37	12,05	18,95	39%	0,009190	0,000043	0,0000001680952	0,0077619	0,0000136	18,95
		Cimento Cola	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	6,26	47,15	62,25	43%	0,025390	0,004423	0,0000003890952	0,0094219	0,0000242	59,45
	Calcários	Calcário 1	4,83	16,77	75,89	18%	0,015093	0,003616	-0,0000000015200	-0,0011573	0,0000012	66,13
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	8,72	51,87	119,19	30%	0,031293	0,007996	0,0000002194800	0,0005027	0,0000118	106,63
		Calcário 2	43,40	0,74	705,00	0%	0,190000	0,020000	0,0000049200000	0,0100000	0,0000279	640,00
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	43,92	1,14	709,53	0%	0,192330	0,020000	0,0000049210800	0,0101680	0,0000286	643,95
		Calcário 3	5,21	21,98	73,49	23%	0,031399	0,008347	0,0000006756757	0,0010731	0,0000076	71,42
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	9,10	57,08	116,79	33%	0,047599	0,012727	0,0000008966757	0,0027331	0,0000182	111,92
		Calcário 4	20,70	408,48	294,69	58%	0,140283	0,038967	0,0000032635168	0,0048709	0,0000682	283,05
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	24,59	443,58	337,99	57%	0,156483	0,043347	0,0000034845168	0,0065309	0,0000788	323,55
	Calcários	Granito 1	16,43	96,45	285,50	25%	0,094000	0,006000	0,0000015900000	0,0690000	0,0000935	164,00
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	20,32	131,55	328,80	29%	0,110200	0,010380	0,0000018110000	0,0706600	0,0001041	204,50
		Granito 2	42,20	0,37	652,00	0%	0,270000	0,020000	0,0000041100000	0,0100000	0,0000199	624,00
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	42,20	0,37	652,00	0%	0,270000	0,020000	0,0000041100000	0,0100000	0,0000199	624,00
		Granito 3	13,26	28,70	201,76	12%	0,037700	0,003510	0,0000000030212	0,0021684	0,0000017	176,28
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	17,15	63,80	245,06	21%	0,053900	0,007890	0,0000002240212	0,0038284	0,0000123	216,78
		Granito 4	19,34	97,34	451,98	18%	0,081220	0,013950	0,0000032798000	0,0046128	0,0001308	257,92
		Cim. Cola Flexível	3,89	35,10	43,30	45%	0,016200	0,004380	0,0000002210000	0,0016600	0,0000106	40,50
		Σ	23,23	132,44	495,28	21%	0,097420	0,018330	0,0000035008000	0,0062728	0,0001414	298,42

ANEXO 2

INDICADORES FUNCIONAIS - COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS

FUNCIONAIS - COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS

Norma	Parameter	Parâmetro	Unidade	Laminado 1	Laminado 2	Laminado 3	Laminado 4	Soalho 1	Soalho 2	Soalho 3	Soalho 4	Parquet 1	Parquet 2	Parquet 3	Parquet 4	Cortiça 1	Cortiça 2	Cortiça 3	Cortiça 4	Vinílico 1	Vinílico 2	Vinílico 3	Vinílico 4
	UPEC	UPEC		U3P2E1C2				U2P3E3C2								U2P2E2C1				U3P3E2C2	U3P3E2C2	U4P3E1C2	
EN 13893	Slip resistance [μ]	Resistência ao deslizamento [μ]	≥	0,3	0,3	0,35	0,4	NPD					R9 / R10		0,4				0,75	0,3	0,3	0,25	0,75
EN 13501	Reaction to fire	Reação ao fogo						Dfl-s1	Dfl – s1	Cfl – S1	Cfl – S1	Cfl-s1	Cfl-s1	Cfl-s1	Dfl-s1	Bfl-s1	Efl s1	C fl-s1	C fl-s1	Bfl-s1	Bfl-S1	Bfl-S1	Bfl-S1
EN 14041:2018	Water-tightness	Estanquidade		NPD																			
EN 14041:2018	Electrical behavior (antistatic)	Comportamento elétrico (anti-estático)	kV	≤ 2	< 2	≤ 2	≤ 2													≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
EN 14041:2018	Thermal conductivity	Condutividade térmica [λ]	W / m · K		0,12		0,18	0,105	0,14	0,17	0,153	0,14		0,14	0,17	0,11				0,25	0,17		
EN 14041:2018	Thermal resistance	Resistência térmica [R]	m² · K / W	0,051	0,067	0,048	0,044	0,192	0,100	0,118	0,124	0,11	0,11	0,07	0,08	0,055	0,102	0,11	0,11	0,04	0,012	0,0147059	0,0149
EN ISO 10545-2	Thickness of the element	Espessura	mm	7	8	9	8	22	14	20	19	14	13,5	10	14	6	4	2,7	10	4,5	3	2,5	4,5
EN ISO 10545-2	Wear thickness	Espessura da camada de desgaste	mm		0,2	0,2		4				3				0,5	0,2			0,55	0,7	0,5	0,3
EN 13489	Density	Densidade	kg / m³	900	920	905	905	532	500	790	711	700	674	612	770	1400	760	430	849		1700	1200	
ISO 24334		Resistência do perfil longitudinal	kN/m	≥ 1,0																			
ISO 24334		Resistência do perfil transversal	kN/m	≥ 2,0																			
ISO 24337	Maximum deviation: Lenght	Tolerâncias dimensionais: Comprimento	± mm	± 0,5	± 0,5		≤ 0,20			± 1		0,2	1	0,15	0,2	± 2	± 2	± 2	± 2				
ISO 24337	Maximum deviation: Width	Tolerâncias dimensionais: Largura	± mm	± 0,1	± 0,1		≤ 0,20			± 0,2		0,2	1	0,15	0,2	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,6				
EN 14389	Maximum deviation: Thickness	Tolerâncias dimensionais: Espessura	± mm	0,5	0,5	0,25	0,15			± 0,2		0,9	1,3	0,7	0,85	± 0,25							
EN 14085	Dimensional Stability	Estabilidade dimensional	mm			≤ 0,9										0,5	0,35	0,25	0,2	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	
EN 13329	Squareness of the elements	Ortogonalidade	mm			≤ 0,10										≤ 0,50		≤ 0,20					
EN 13329	Determination of Linearity	Linearidade	mm / m			≤ 0,10																	
EN 669	Straightness measured at the surface layer	Planimetria	mm													≤ 0,30		≤ 0,30					
EN 14085	Openings between panels	Aberturas entre painéis	mm													≤ 0,20		≤ 0,20					
EN 14085	Height difference between panels	Diferença de altura entre painéis	mm													≤ 0,20		≤ 0,15					
EN 14085	Flatness of the panel	Planimetria do painel	%													≤ 0,50 / ≤ 1,0		≤ 0,50 / ≤ 1,0					
EN 13329	Block alignment	Alinhamento do bloco	mm			± 2																	
	Warranty	Garantia	Anos	20	20	Lifetime	15				35	33				25	15		30	20			Lifetime
EN 13329	Usage class	Classe de uso	Class	23	32	23	32													23	23	23	
EN 13329	Wear resistance	Resistência à abrasão	≥ Cycles	4000	4000	6000	5000																
EN 13329	Wear class	Classe da resistência à abrasão	Class	AC4	AC4	AC5	AC4					900											
EN 13329	Impact resistance	Resistência ao impacto	N	IC2	≥ 12	≥ 12	≥ 12																
EN 438-2, 25	Scratch resistance	Resistência aos riscos	N	≥ 5																			
ISO 4918	Effect of a castor chair	Teste de resistência a rodas de cadeiras	Visual	No change	No change	No change	No change					25000				25000		No dmg	Yes	No dmg	No dmg	No dmg	No dmg
ISO 24336	Thickness swelling	Dilatação da espessura	%	15	18	12	18																
ISO 24334	Locking strength	Força de travamento	kN / m	≥ 1												≤ 15							
EN 424	Effect of a furniture leg	Efeito da perna do móvel	Visual	No dmg	No dmg	No dmg	No dmg									No dmg			No dmg	No dmg			No dmg
EN 13329	Surface soundness	Solidez da superfície	N / mm²	≥ 1,5			≥ 1,25												Yes				
EN 1534	Resistance to indentation (Brinell)	Dureza de Brinell	N / mm²					4,1	4	3,4	3,7				3,7								
EN 433	Static indentation	Mossa estática	Visual	No chng															No change				
ISO 24343	Indentation-residual	Mossa após carga constante	mm		≤ 0,05	≤ 0,05										0,1	0,45	0,1	0,23	0,1	0,05	0,15	0,1
EN 438	Resistance to staining	Resistência às manchas	Class	5		5	4					Class 3							No				
EN ISO 105 B02	Light fastness	Comportamento à Luz	Class	8		4														≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 7
ISO 712/2	Impact sound reduction [ΔLw]	Redução do impacto sonoro [ΔLw]	Db	19	16	14	17	20				18				17	16	18	18	3		5	4
EN 438-2,30	Burning cigarette	Queimadura de cigarros	Class	5		4					Class 3								Yes			No melt	

ANEXO 3

INDICADORES FUNCIONAIS - COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO

FUNCIONAIS - COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO

Norma	Parameter	Parâmetro	Unidade	Cerâmica 1	Cerâmica 2	Cerâmica 3	Cerâmica 4	Mármore 1	Mármore 2	Mármore 3	Mármore 4	LH 1	LH 2	LH 3	LH 4	Calcário 1	Calcário 2	Calcário 3	Calcário 4	Granito 1	Granito 2	Granito 3	Granito 4
	UPEC	UPEC		U4P4E3C2	U4P4E3C2	U3P3E3C2	U3P3E3C2	U4P4E3C2															
EN 14041:2018	Slip resistance	Anti-derrapagem		Yes	0,5		Yes	8							0,4	10	9						
96/603/EC	Reaction to fire	Reação ao fogo						A1		A2						A1							
EN 438	Resistance to staining	Resistência as manchas	Class	2	3	3																	
EN ISO 10545-7	Abrasion Resistance	Resistência à abrasão	Class				3																
EN ISO 10545-6	Deep Scratch	Riscos profundos	mm²	130																			
EN ISO 10545-2	Thickness	Espessura	mm	10,5	10	11	10	20	20	12	20	20	18	16	15	20	15	10	20	19	20	20	20
	Length	Comprimento	mm	400		600	800					250	200	200	100	400	600		600		600		800
	Width	Largura	mm	400		600	800					250	200	200	100	400	600		600		600		600
EN 323	Density	Densidade	kg / m³					2720		2460	2705					2520	2420	2680	2435	2620	2640	2610	3105
ISO 24337	Maximum deviation: Length	Tolerâncias dimensionais: Comp	mm	± 2	± 6	± 1	± 4					0,3	2	2	2								
ISO 24337	Maximum deviation: Width	Tolerâncias dimensionais: Larg	mm	± 2	± 6	± 1	± 4					0,3	2	2	2								
EN 13748	Maximum deviation: Thickness	Tolerâncias dimensionais: Esp	mm	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 3					1,5	5	3	0,5								
ISO-10545-2	Straightness of sides	Retilidade dos lados	± mm	1,5	2,5	0,8	0,4						1		1,5								
ISO-10545-2	Rectangularity	Ortogonalidade	± mm	2	3	1,5	2,4						1		2								
EN ISO 10545-3	Water absorption	Absorção de água	%	0,1	0,3	0,2	0,1	0,5	0,3	0,08	0,22	6	7,1	7,6	6,5	2,5	3,1	1,7	1,9	0,3	0,2	0,26	0,15
EN ISO 10545-4	Breaking strength	Carga de rutura	N	2600	1500	2000	3059	1753	2104	1630	1540	700	800	1250	1300	1700		1945		2175	2015	1850	1930
EN 12372	Flexural strength under concentrated load	Resistência à flexão com carga centrada	MPa					11,3	13,9	5,4	10,7					11,1				14,9	14,7	13	14,2
EN 1926	Compression resistance	Resistência à compressão	MPa					140	164	133	115					149	152	190	134	221	189	126	247
ASTM C 170-06	Compressive Strength	Força de compressão	MPa					159	192	130,6	106					70,5		46					
ASTM C 880-06	Flexural strength	Resistência à flexão	MPa					4,9	7,1			5	2,8			10,4	14,3	17,7	15				
EN ISO-10545-4	Modulus of rupture	Módulo de rutura	N / mm²	45	35	40	51								35								
EN ISO 10545-7	Resistance to surface abrasion	Resistência à abrasão superficial	mm					21	26,9	34	24	20	21,2	24,5	20,3	22	24	21	20,5	15	16,2	19,4	21
EN 12524	Permeability to water steam	Permeabilidade ao vapor de água						250															
EN ISO 10545-8	Linear thermal dilatation	Dilatação térmica linear	K¹	7,00E-06	8,00E-06	7,50E-06	7,70E-06													9,0E-05	8,2E-05	7,5E-05	
EN ISO 10545-9	Resistance to thermal shock	Resistência ao choque térmico		Resistent		Resistent																	
EN ISO 10545-11	Resistance to hair cracking	Resistência à fendilhagem		Garantido		Garantido																	
EN ISO 10545-13	Resistance to household products	Resistência a produtos domésticos		Garantido		Garantido																	
	Open Porosity	Porosidade Aberta	%																	0,56	0,6	0,7	0,3

ANEXO 4

INDICADORES ECONÓMICOS

ECONÓMICOS					
UTILIZAÇÃO	GRUPO	Soluções Construtivas	Custo de Compra (CC)	Custo de Instalação (CI)	Custo de Manutenção (CM)
			€/ m²	€/ m²	€/ m²
SALAS / QUARTOS	Laminados	Laminado 1	16,21	-	-
		Underlay	7,52	-	-
		Σ	23,73	3,28	4,35
		Laminado 2	19,79	-	-
		Underlay	7,52	-	-
		Σ	27,31	3,35	5,34
		Laminado 3	29,99	-	-
		Underlay	7,52	-	-
		Σ	37,51	3,25	4,01
		Laminado 4	13,29	-	-
		Underlay	7,52	-	-
		Σ	20,81	3,75	5,82
	Soalhos	Soalho 1	114,05	11,18	28,03
		Soalho 2	45,01	12,03	25,43
		Soalho 3	55,28	13,04	27,67
		Soalho 4	71,12	11,08	25,05
	Parquet	Parquet 1	35,64	-	-
		Adhesive	2,35	-	-
		Σ	37,99	10,28	14,15
		Parquet 2	58,90	-	-
		Adhesive	2,35	-	-
		Σ	61,25	9,59	12,03
		Parquet 3	66,69	-	-
		Adhesive	2,35	-	-
		Σ	69,04	10,05	12,95
		Parquet 4	48,59	-	-
		Adhesive	2,35	-	-
		Σ	50,94	10,74	14,04
	Cortiça	Cortiça 1	45,78	-	-
		Cola	3,66	-	-
		Σ	49,44	4,01	4,45
		Cortiça 2	31,99	-	-
		Cortiça 1	3,66	-	-
		Σ	35,65	4,25	4,05
		Cortiça 3	55,14	-	-
		Cola	3,66	-	-
		Σ	58,80	4,97	4,95
		Cortiça 4	44,23	-	-
		Cola	3,66	-	-
		Σ	47,89	4,49	3,85
	Vinyl	Vinílico 1	22,99	6,40	16,62
		Vinílico 2	37,15	6,53	17,41
		Vinílico 3	39,55	6,65	16,55
		Vinílico 4	34,83	6,43	17,36

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE COLAS				
Normal	Cola 1	2,35	-	-
	Cola 2	5,67	-	-
	Cola 3	3,20	-	-
	Cola 4	4,77	-	-

AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS DE COLAGEM				
Normal	Cimento Cola 1	1,40	-	-
	Cimento Cola 2	1,95	-	-
	Cimento Cola 3	1,61	-	-
	Cimento Cola 4	1,91	-	-
Flexível	Cimento Cola Fl. 1	2,35	-	-
	Cimento Cola Fl. 2	2,49	-	-
	Cimento Cola Fl. 3	3,75	-	-
	Cimento Cola Fl. 4	4,31	-	-

ECONÓMICOS					
UTILIZAÇÃO	GRUPO	Soluções Construtivas	Custo de Compra (CC)	Custo de Instalação (CI)	Custo de Manutenção (CM)
			€/ m²	€/ m²	€/ m²
WC / COZINHAS	Cerâmicas	Cerâmica 1	26,45	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	27,85	8,94	7,04
		Cerâmica 2	47,15	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	48,55	9,45	10,67
		Cerâmica 3	22,83	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	24,23	8,45	6,13
		Cerâmica 4	18,97	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	20,37	9,05	5,39
	Mármore	Mármore 1	47,06	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	49,41	13,48	5,80
		Mármore 2	37,45	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	39,80	16,45	4,98
		Mármore 3	60,08	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	62,43	11,44	4,50
		Mámore 4	163,36	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	165,71	15,16	10,61
	Ladrilho Hidráulico	LH 1	28,45	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	29,85	25,54	7,39
		LH 2	53,18	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	54,58	28,40	9,08
		LH 3	39,05	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	40,45	25,35	8,35
		LH 4	42,64	-	-
		Cimento Cola	1,40	-	-
		Σ	44,04	30,74	10,70
	Calcários	Calcário 1	60,46	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	62,81	14,50	6,66
		Calcário 2	75,22	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	77,57	14,05	5,72
		Calcário 3	90,45	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	92,80	13,75	5,10
		Calcário 4	45,88	-	-
		Cimento Cola Flexível	2,35	-	-
		Σ	48,23	14,96	5,34
Granitos	Granito 1	38,64	-	-	
	Cimento Cola Flexível	2,35	-	-	
	Σ	40,99	13,65	8,92	
	Granito 2	41,05	-	-	
	Cimento Cola Flexível	2,35	-	-	
	Σ	43,40	12,05	6,34	
	Granito 3	48,05	-	-	
	Cimento Cola Flexível	2,35	-	-	
	Σ	50,40	12,45	5,90	
	Granito 4	62,85	-	-	
	Cimento Cola Flexível	2,35	-	-	
	Σ	65,20	12,85	10,73	

AVALIAÇÃO DE REPELENTES DE ÁGUA				
RA	Repelente 1	4,34	-	-
	Repelente 2	3,43	-	-
	Repelente 3	2,94	-	-
	Repelente 4	4,85	-	-

ANEXO 5

RESULTADOS - COMPARTIMENTOS PRINCIPAIS

LAMINADOS						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
Laminado 1		0,05	0,33	0,84	0,35	Inferior
Laminado 2		0,80	0,13	0,54	0,50	Referência
Laminado 3		0,19	0,50	0,50	0,38	Inferior
Laminado 4		0,94	0,69	0,50	0,75	Superior

Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	µ	RAbr	ΔLw	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	-	Ciclos	dB	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Laminado 1	-2,45	133,90	0,53	0,30	4000,00	19,00	23,73	3,28	4,35
Laminado 2	-5,50	103,30	0,65	0,30	4000,00	16,00	27,31	3,35	5,34
Laminado 3	-4,76	141,90	0,52	0,35	6000,00	14,00	37,51	3,25	4,01
Laminado 4	-7,26	94,00	0,62	0,40	5000,00	17,00	20,81	3,75	5,82
Pior	-2,45	141,90	0,52	0,30	4000,00	14,00	37,51	3,75	5,82
Melhor	-7,26	94,00	0,65	0,40	6000,00	19,00	20,81	3,25	4,01

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	µ	RAbr	ΔLw	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Laminado 1	0,00	0,17	0,01	0,00	0,00	1,00	0,83	0,94	0,81
Laminado 2	0,63	0,81	1,00	0,00	0,00	0,40	0,61	0,80	0,27
Laminado 3	0,48	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
Laminado 4	1,00	1,00	0,82	1,00	0,50	0,60	1,00	0,00	0,00

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Porcentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
µ	Resistência ao Deslizamento	ΔLw	Redução do Impacto Sonoro
RAbr	Resistência à Abrasão		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Instalação		

Média	0,49
-------	------

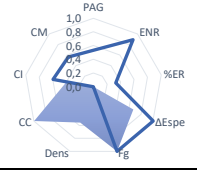
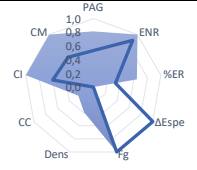
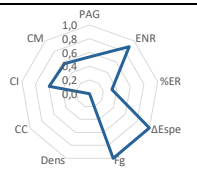
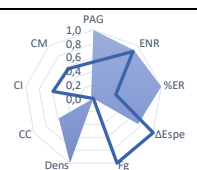
SOALHOS						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
Soalho 1		0,24	0,66	0,19	0,37	Inferior
Soalho 2		0,30	0,28	0,86	0,44	Referência
Soalho 3		0,72	0,39	0,46	0,54	Superior
Soalho 4		0,59	0,56	0,81	0,64	Muito Superior

Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	DurB	Fg	Rt	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	N / mm²	Classe	m² . K / W	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Soalho 1	-4,14	216,00	0,61	4,10	2,00	0,19	114,05	11,18	28,03
Soalho 2	-1,01	75,30	0,54	4,00	2,00	0,10	45,01	12,03	25,43
Soalho 3	-12,40	206,00	0,71	3,40	3,00	0,12	55,28	13,04	27,67
Soalho 4	-8,09	88,40	0,58	3,70	3,00	0,12	71,12	11,08	25,05
Pior	-1,01	216,00	0,54	3,40	2,00	0,10	114,05	13,04	28,03
Melhor	-12,40	75,30	0,71	4,10	3,00	0,19	45,01	11,08	25,05

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	DurB	Fg	Rt	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Soalho 1	0,27	0,00	0,43	1,00	0,00	1,00	0,00	0,95	0,00
Soalho 2	0,00	1,00	0,00	0,86	0,00	0,00	1,00	0,52	0,87
Soalho 3	1,00	0,07	1,00	0,00	1,00	0,19	0,85	0,00	0,12
Soalho 4	0,62	0,91	0,24	0,43	1,00	0,26	0,62	1,00	1,00

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Porcentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
DurB	Dureza de Brinell	Fg	Reação ao Fogo
Rt	Resistência Térmica		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Instalação		

Média	0,50
-------	------

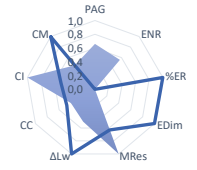
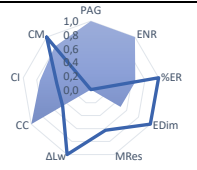
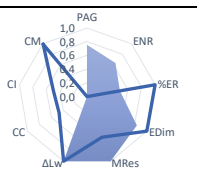
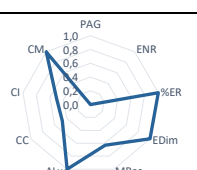
PARQUET						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
Parquet 1		0,00	0,73	0,58	0,40	Inferior
Parquet 2		0,82	0,46	0,63	0,65	Superior
Parquet 3		0,58	0,66	0,29	0,54	Referência
Parquet 4		0,97	0,58	0,31	0,67	Superior

Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEspe	Fg	Dens	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	Classe	kg / m³	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Parquet 1	2,81	283,17	0,50	0,90	3,00	700,00	37,99	10,28	14,15
Parquet 2	-7,81	134,87	0,77	1,30	3,00	674,00	61,25	9,59	12,03
Parquet 3	-4,12	150,37	0,64	0,70	3,00	612,00	69,04	10,05	12,95
Parquet 4	-10,21	147,27	0,91	0,85	2,00	770,00	50,94	10,74	14,04
Pior	2,81	283,17	0,50	1,30	2,00	612,00	69,04	10,74	14,15
Melhor	-10,21	134,87	0,91	0,70	3,00	770,00	37,99	9,59	12,03

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEspe	Fg	Dens	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Parquet 1	0,00	0,00	0,00	0,67	1,00	0,56	1,00	0,40	0,00
Parquet 2	0,82	1,00	0,65	0,00	1,00	0,39	0,25	1,00	1,00
Parquet 3	0,53	0,90	0,33	1,00	1,00	0,00	0,00	0,60	0,57
Parquet 4	1,00	0,92	1,00	0,75	0,00	1,00	0,58	0,00	0,05

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
ΔEspe	Tolerância da Espessura	Fg	Reação ao Fogo
Dens	Densidade		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Manutenção		

Média	0,56
-------	------

CORTIÇA						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
Cortiça 1		0,43	0,50	0,54	0,48	Inferior
Cortiça 2		0,90	0,17	0,90	0,64	Superior
Cortiça 3		0,64	0,94	0,00	0,58	Equivalente
Cortiça 4		0,30	0,87	0,64	0,58	Referência

Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	EDim	MRes	ΔLw	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	Ciclos	%	dB	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Cortiça 1	14,26	392,92	0,10	0,50	0,10	17,00	49,44	4,01	4,45
Cortiça 2	2,18	137,74	0,32	0,35	0,45	16,00	35,65	4,25	4,05
Cortiça 3	10,85	345,92	0,26	0,25	0,10	18,00	58,80	4,97	4,95
Cortiça 4	37,92	714,92	0,43	0,20	0,23	18,00	47,89	4,49	3,85
Pior	37,92	714,92	0,10	0,50	0,45	16,00	58,80	4,97	4,95
Melhor	2,18	137,74	0,43	0,20	0,10	18,00	35,65	4,01	3,85

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	EDim	MRes	ΔLw	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Cortiça 1	0,66	0,56	0,00	0,00	1,00	0,50	0,40	1,00	0,45
Cortiça 2	1,00	1,00	0,65	0,50	0,00	0,00	1,00	0,75	0,82
Cortiça 3	0,76	0,64	0,48	0,83	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Cortiça 4	0,00	0,00	1,00	1,00	0,63	1,00	0,47	0,50	1,00

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
EDim	Estabilidade Dimensional	ΔLw	Redução do Impacto Sonoro
MRes	Mossa Residual após Carga Constante		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Instalação		

Média	0,57
-------	------

VINÍLICOS						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
Vinílico 1		0,04	0,40	0,98	0,40	Inferior
Vinílico 2		0,47	0,69	0,17	0,47	Referência
Vinílico 3		1,00	0,17	0,30	0,53	Equivalente
Vinílico 4		0,32	0,50	0,34	0,39	Inferior

COMPARAÇÃO GERAL LOCAL					
Solução	Perfil	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Econ. (IE)		
		0,615	0,385		
Laminado 4		0,64	0,97	0,77	Muito Superior
Soalho 4		0,66	0,00	0,40	Inferior
Parquet 4		0,70	0,37	0,57	Equivalente
Cortiça 2		0,03	0,84	0,34	Muito Inferior
Vinílico 3		0,48	0,56	0,51	Referência

Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	μ	EDesg	MRes	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	-	mm	mm	€/ m²	€/ m²	€/ m²
Vinílico 1	14,80	287,00	0,11	0,30	0,55	0,10	22,99	6,40	16,62
Vinílico 2	6,72	122,00	0,09	0,30	0,70	0,05	37,15	6,53	17,41
Vinílico 3	-0,04	56,50	0,54	0,25	0,50	0,15	39,55	6,65	16,55
Vinílico 4	7,76	186,00	0,03	0,75	0,30	0,10	34,83	6,43	17,36
Pior	14,80	287,00	0,03	0,25	0,30	0,15	39,55	6,65	17,41
Melhor	-0,04	56,50	0,54	0,75	0,70	0,05	22,99	6,40	16,55

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	μ	EDesg	MRes	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Vinílico 1	0,00	0,00	0,15	0,10	0,63	0,50	1,00	1,00	0,92
Vinílico 2	0,54	0,72	0,12	0,10	1,00	1,00	0,14	0,48	0,00
Vinílico 3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	1,00
Vinílico 4	0,47	0,44	0,00	1,00	0,00	0,50	0,29	0,88	0,06

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
μ	Resistência ao Deslizamento	MRes	Mossa Residual após Carga Constante
EDesg	Espessura da Camada de Desgaste		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Instalação		

Média	0,45
-------	------

Cálculos Auxiliares						
Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Laminado 4	-7,26	94,00	0,62	20,81	3,75	5,82
Soalho 4	-8,09	88,40	0,58	71,12	11,08	25,05
Parquet 4	-10,21	147,27	0,91	50,94	10,74	14,04
Cortiça 2	2,18	137,74	0,32	35,65	4,25	4,05
Vinílico 3	-0,04	56,50	0,54	39,55	6,65	16,55
Pior	2,18	147,27	0,32	71,12	11,08	25,05
Melhor	-10,21	56,50	0,91	20,81	3,75	4,05

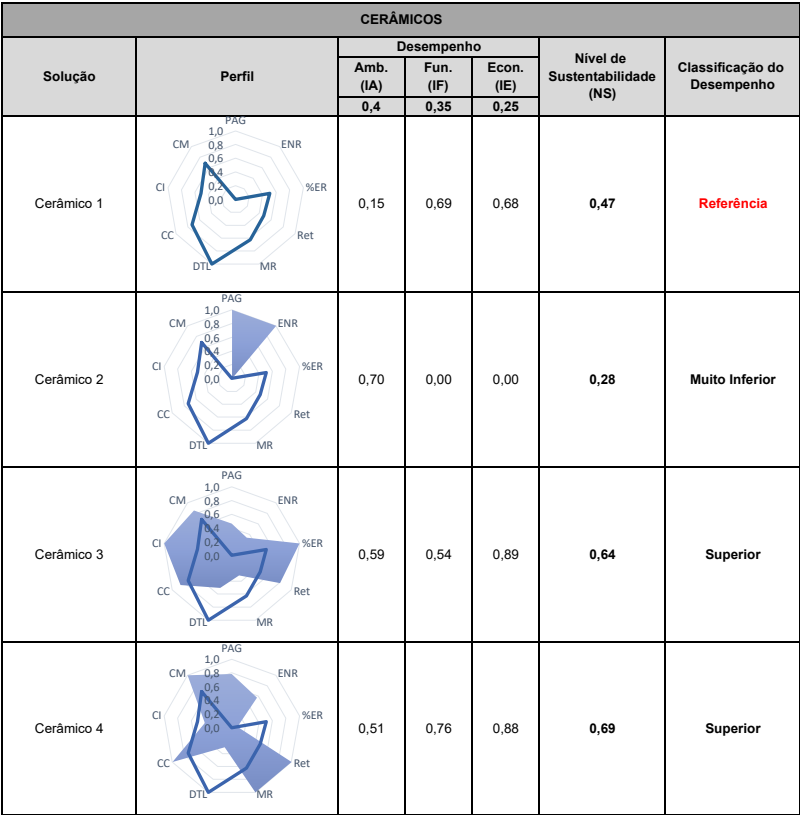
Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3
Laminado 4	0,76	0,59	0,51	1,00	1,00	0,92
Soalho 4	0,83	0,65	0,44	0,00	0,00	0,00
Parquet 4	1,00	0,00	1,00	0,40	0,05	0,52
Cortiça 2	0,00	0,10	0,00	0,71	0,93	1,00
Vinílico 3	0,18	1,00	0,37	0,63	0,60	0,40

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Manutenção		

Média	0,52
-------	------

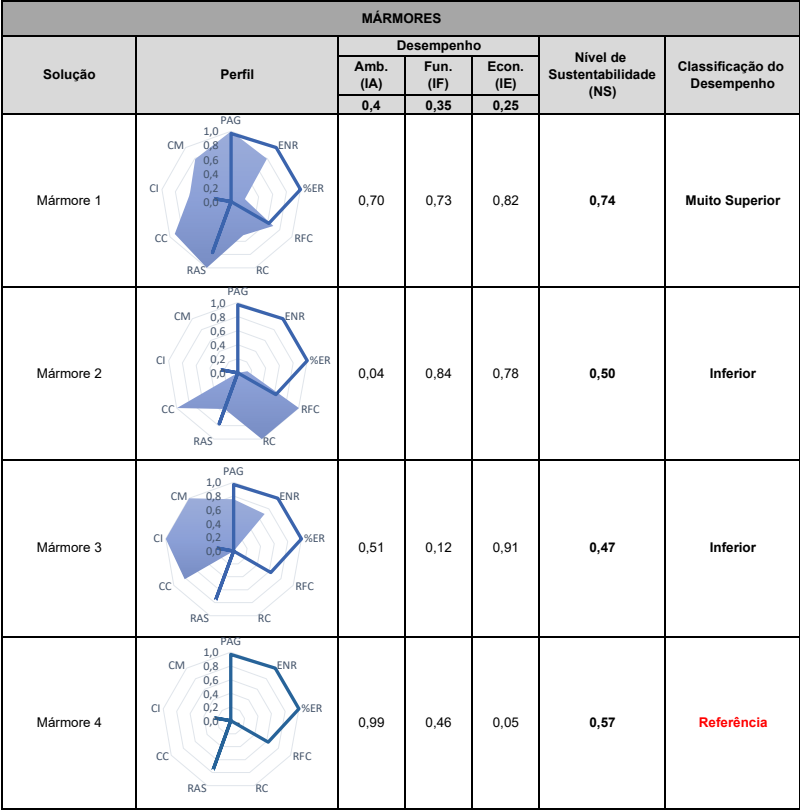
ANEXO 6

RESULTADOS - COMPARTIMENTOS DE SERVIÇO



Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	Ret	MR	DTL	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	N / mm²	K'	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Cerâmico 1	15,98	237,05	0,10	1,50	45,00	0,0000070	27,85	8,94	7,04
Cerâmico 2	8,86	134,45	0,02	2,50	35,00	0,0000080	48,55	9,45	10,67
Cerâmico 3	12,68	202,45	0,19	0,80	40,00	0,0000075	24,23	8,45	6,13
Cerâmico 4	10,40	178,45	0,03	0,40	51,00	0,0000077	20,37	9,05	5,39
Pior	15,98	237,05	0,02	2,50	35,00	0,0000080	48,55	9,45	10,67
Melhor	8,86	134,45	0,19	0,40	51,00	0,0000070	20,37	8,45	5,39

	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	Ret	MR	DTL	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Cerâmico 1	0,00	0,00	0,51	0,48	0,63	1,00	0,73	0,51	0,69
Cerâmico 2	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cerâmico 3	0,46	0,34	1,00	0,81	0,31	0,50	0,86	1,00	0,86
Cerâmico 4	0,78	0,57	0,08	1,00	1,00	0,30	1,00	0,40	1,00
Legenda									
PAG	Aquecimento Global			%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada				
ENR	Energia Não Renovável								
Ret	Retilnearidade dos Lados			DTL	Dilatação Térmica Linear				
MR	Módulo de Rutura								
CC	Custo de Compra			CM	Custo de Manutenção				
CI	Custo de Instalação								
Média	0,52								



Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	MPa	mm	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Mármore 1	9,18	147,85	0,27	11,30	140,00	21,00	49,41	13,48	5,80
Mármore 2	21,79	348,30	0,26	13,90	164,00	26,90	39,80	16,45	4,98
Mármore 3	12,29	171,06	0,24	5,40	133,00	34,00	62,43	11,44	4,50
Mármore 4	9,57	95,40	0,38	10,70	115,00	24,00	165,71	15,16	10,61
Pior	21,79	348,30	0,24	5,40	115,00	34,00	165,71	16,45	10,61
Melhor	9,18	95,40	0,38	13,90	164,00	21,00	39,80	11,44	4,50

Ambiental				Funcional			Económico		
Solução Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,40	0,30	0,30	0,33	0,33	0,33	0,50	0,20	0,30
Mármore 1	1,00	0,79	0,20	0,69	0,51	1,00	0,92	0,59	0,79
Mármore 2	0,00	0,00	0,14	1,00	1,00	0,55	1,00	0,00	0,92
Mármore 3	0,75	0,70	0,00	0,00	0,37	0,00	0,82	1,00	1,00
Mármore 4	0,97	1,00	1,00	0,62	0,00	0,77	0,00	0,26	0,00
Legenda									
PAG	Aquecimento Global			%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada				
ENR	Energia Não Renovável								
RC	Resistência à Compressão			RFC	Resistência à Flexão com Carga Centrada				
RAS	Resistência à Abrasão Superficial								
CC	Custo de Compra			CM	Custo de Manutenção				
CI	Custo de Instalação								
Média	0,57								

LADRILHOS HIDRÁULICOS						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
LH 1		0,14	0,59	0,99	0,51	Equivalente
LH 2		0,09	0,30	0,23	0,20	Muito Inferior
LH 3		0,25	0,45	0,70	0,43	Referência
LH 4		1,00	0,97	0,21	0,79	Superior

Cálculos Auxiliares									
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Solução	Ambiental			Funcional			Econômico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEsp	CR	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	mm	N	mm	€ / m²	€ / m²	€ / m²
LH 1	14,19	132,50	0,24	1,50	700,00	20,00	29,85	25,54	7,39
LH 2	18,69	120,90	0,27	5,00	800,00	21,20	54,58	28,40	9,08
LH 3	16,29	107,90	0,29	3,00	1250,00	24,50	40,45	25,35	8,35
LH 4	6,26	62,25	0,43	0,50	1300,00	20,30	44,04	30,74	10,70

Pior	18,69	132,50	0,24	5,00	700,00	24,50	54,58	30,74	10,70
Melhor	6,26	62,25	0,43	0,50	1300,00	20,00	29,85	25,35	7,39

Solução	Ambiental			Funcional			Econômico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	ΔEsp	CR	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
LH 1	0,36	0,00	0,00	0,78	0,00	1,00	1,00	0,96	1,00
LH 2	0,00	0,17	0,14	0,00	0,17	0,73	0,00	0,43	0,49
LH 3	0,19	0,35	0,22	0,44	0,92	0,00	0,57	1,00	0,71
LH 4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,43	0,00	0,00

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
ΔEsp	Tolerância Dimensional da Espessura	RAS	Resistência à Abrasão Superficial
CR	Carga de Rutura		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Instalação		

Média	0,46
-------	------

CALCÁRIOS						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
Calcário 1		0,86	0,28	0,41	0,54	Referência
Calcário 2		0,00	0,28	0,50	0,22	Muito Inferior
Calcário 3		0,87	0,94	0,50	0,80	Muito Superior
Calcário 4		0,71	0,54	0,75	0,66	Superior

Cálculos Auxiliares									
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

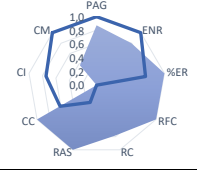
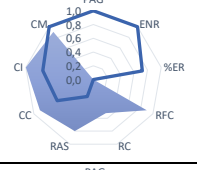
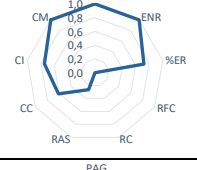
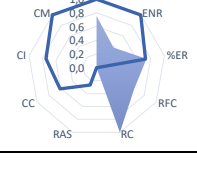
Solução	Ambiental			Funcional			Econômico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RC	RF	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	MPa	MPa	mm	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Calcário 1	8,72	119,19	0,30	149,00	10,40	22,00	62,81	14,50	6,66
Calcário 2	43,92	709,53	0,00	152,00	14,30	24,00	77,57	14,05	5,72
Calcário 3	9,10	116,79	0,33	190,00	17,70	21,00	92,80	13,75	5,10
Calcário 4	24,59	337,99	0,57	134,00	15,00	20,50	48,23	14,96	5,34

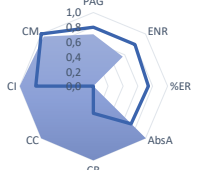
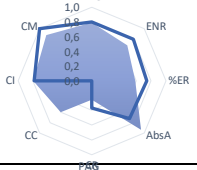
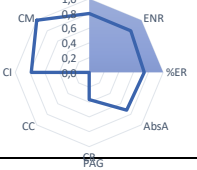
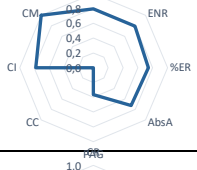
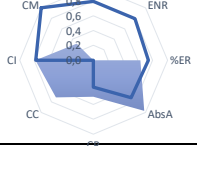
Pior	43,92	709,53	0,00	134,00	10,40	24,00	92,80	14,96	6,66
Melhor	8,72	116,79	0,57	190,00	17,70	20,50	48,23	13,75	5,10

Solução	Ambiental			Funcional			Econômico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RC	RF	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Calcário 1	1,00	1,00	0,53	0,27	0,00	0,57	0,67	0,38	0,00
Calcário 2	0,00	0,00	0,00	0,32	0,53	0,00	0,34	0,75	0,60
Calcário 3	0,99	1,00	0,58	1,00	1,00	0,86	0,00	1,00	1,00
Calcário 4	0,55	0,63	1,00	0,00	0,63	1,00	1,00	0,00	0,85

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
RC	Resistência à Compressão	RAS	Resistência à Abrasão Superficial
RF	Resistência à Flexão		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Instalação		

Média	0,56
-------	------

GRANITOS						
Solução	Perfil	Desempenho			Nota Sustentável (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
Granito 1		0,89	0,92	0,61	0,83	Superior
Granito 2		0,00	0,73	0,92	0,49	Inferior
Granito 3		0,92	0,09	0,76	0,59	Referência
Granito 4		0,64	0,54	0,10	0,47	Inferior

COMPARAÇÃO GERAL LOCAL						
Solução	Perfil	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Fun. (IF)	Econ. (IE)		
		0,4	0,35	0,25		
Cerâmico 4		0,45	1,00	0,98	0,78	Superior
Mármore 1		0,70	0,60	0,72	0,67	Inferior
LH 4		1,00	0,00	0,34	0,48	Inferior
Calcário 3		0,78	0,54	0,46	0,62	Referência
Granito 1		0,19	0,73	0,61	0,49	Inferior

Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	MPa	MPa	mm	€ / m²	€ / m²	€ / m²
Granito 1	20,32	328,80	0,29	14,90	221,00	15,00	40,99	13,65	8,92
Granito 2	42,20	652,00	0,00	14,70	189,00	16,20	43,40	12,05	6,34
Granito 3	17,15	245,06	0,21	13,00	126,00	19,40	50,40	12,45	5,90
Granito 4	23,23	495,28	0,21	14,20	247,00	21,00	65,20	12,85	10,73
Pior	42,20	652,00	0,00	13,00	126,00	21,00	65,20	13,65	10,73
Melhor	17,15	245,06	0,29	14,90	247,00	15,00	40,99	12,05	5,90

Solução	Ambiental			Funcional			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	RFC	RC	RAS	CC	CI	CM
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,5	0,2	0,3
Granito 1	0,87	0,79	1,00	1,00	0,79	1,00	1,00	0,00	0,37
Granito 2	0,00	0,00	0,00	0,89	0,52	0,80	0,90	1,00	0,91
Granito 3	1,00	1,00	0,72	0,00	0,00	0,27	0,61	0,75	1,00
Granito 4	0,76	0,39	0,74	0,63	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
RC	Resistência à Compressão	RFC	Resistência à Flexão com Carga Centrada
RAS	Resistência à Abrasão Superficial		
CC	Custo de Compra	CM	Custo de Manutenção
CI	Custo de Instalação		

Média	0,59
-------	------

Cálculos Auxiliares									
Solução	Ambiental			Funcional		Económico			
Indicador	PAG	ENR	%ER	AbsA	CR	CC	CI	CM	
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	%	N	€ / m²	€ / m²	€ / m²	
Cerâmico 4	10,40	178,45	0,03	0,10	3059,00	20,37	9,05	5,39	
Mármore 1	9,18	147,85	0,27	0,50	1753,00	49,41	13,48	5,80	
LH 4	6,26	62,25	0,43	6,50	1300,00	44,04	30,74	10,70	
Calcário 3	9,10	116,79	0,33	1,90	1945,00	92,80	13,75	5,10	
Granito 1	20,32	328,80	0,29	0,3	2175,00	40,99	13,65	8,92	
Pior	20,32	328,80	0,03	6,50	1300,00	92,80	30,74	10,70	
Melhor	6,26	62,25	0,43	0,10	3059,00	20,37	9,05	5,10	

Solução	Ambiental			Funcional		Económico			
Indicador	PAG	ENR	%ER	AbsA	CR	CC	CI	CM	
Ponderação	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3	
Cerâmico 4	0,71	0,56	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	
Mármore 1	0,79	0,68	0,59	0,94	0,26	0,60	0,80	0,88	
LH 4	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	
Calcário 3	0,80	0,80	0,74	0,72	0,37	0,00	0,78	1,00	
Granito 1	0,00	0,00	0,64	0,97	0,50	0,72	0,79	0,32	

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
AbsA	Absorção de Água	CR	Carga de Rutura
CC	Custo de Compra		
CI	Custo de Manutenção	CM	Custo de Manutenção

Média	0,64
-------	------

ANEXO 7

RESULTADOS - COMPARAÇÃO GLOBAL

COMPARAÇÃO GLOBAL					
Solução	Perfil	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Econ. (IE)		
		0,615	0,385		
Laminado 4		0,82	0,97	0,88	Muito Superior
Soalho 4		0,82	0,30	0,62	Referência
Parquet 4		0,90	0,59	0,78	Muito Superior
Cortiça 2		0,55	0,89	0,68	Equivalente
Vinílico 3		0,74	0,67	0,71	Superior
Cerâmico 4		0,30	0,94	0,54	Inferior
Mármore 1		0,43	0,70	0,53	Muito Inferior
LH 4		0,61	0,54	0,59	Equivalente
Calcário 3		0,48	0,41	0,45	Inferior
Granito 1		0,09	0,71	0,33	Muito Inferior

Cálculos Auxiliares						
---------------------	--	--	--	--	--	--

Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²	€ / m²	€ / m
Laminado 4	-7,26	94,00	0,62	20,81	3,75	5,82
Soalho 4	-8,09	88,40	0,58	71,12	11,08	25,05
Parquet 4	-10,21	147,27	0,91	50,94	10,74	14,04
Cortiça 2	2,18	137,74	0,32	35,65	4,25	4,05
Vinílico 3	-0,04	56,50	0,54	39,55	6,65	16,55
Cerâmico 4	10,40	178,45	0,03	20,37	9,05	5,39
Mármore 1	9,18	147,85	0,27	49,41	13,48	5,80
LH 4	6,26	62,25	0,43	44,04	30,74	10,70
Calcário 3	9,10	116,79	0,33	92,80	13,75	5,10
Granito 1	20,32	328,80	0,29	40,99	13,65	8,92

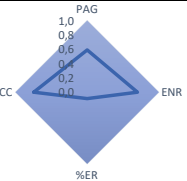
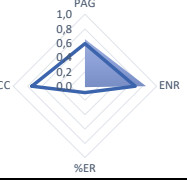
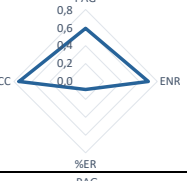
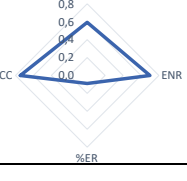
Pior	20,32	328,80	0,03	92,80	30,74	25,05
Melhor	-10,21	56,50	0,91	20,37	3,75	4,05

Solução	Ambiental			Económico		
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC	CI	CM
Ponderações	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3
Laminado 4	0,90	0,86	0,67	0,99	1,00	0,92
Soalho 4	0,93	0,88	0,62	0,30	0,73	0,00
Parquet 4	1,00	0,67	1,00	0,58	0,74	0,52
Cortiça 2	0,59	0,70	0,33	0,79	0,98	1,00
Vinílico 3	0,67	1,00	0,57	0,74	0,89	0,40
Cerâmico 4	0,32	0,55	0,00	1,00	0,80	0,94
Mármore 1	0,37	0,66	0,27	0,60	0,64	0,92
LH 4	0,46	0,98	0,45	0,67	0,00	0,68
Calcário 3	0,37	0,78	0,34	0,00	0,63	0,95
Granito 1	0,00	0,00	0,29	0,72	0,63	0,77

Média	0,64
-------	------

ANEXO 8

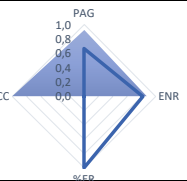
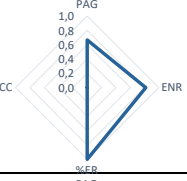
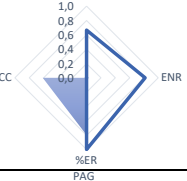
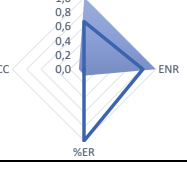
RESULTADOS - PRODUTOS DE COLAGEM

Colas					
Solução	Perfil	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Econ. (IE)		
		0,615	0,385		
Cola 1		1,00	1,00	1,00	Muito Superior
Cola 2		0,52	0,00	0,32	Inferior
Cola 3		0,47	0,74	0,58	Referência
Cola 4		0,00	0,27	0,10	Muito Inferior

Cálculos Auxiliares				
Solução		Ambiental		Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²
Cola 1	2,59	63,17	0,20	2,35
Cola 2	3,73	71,36	0,03	5,67
Cola 3	3,94	79,90	0,05	3,20
Cola 4	5,87	119,00	0,03	4,77
Pior	5,87	119,00	0,03	5,67
Melhor	2,59	63,17	0,20	2,35

Solução		Ambiental		Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Cola 1	1,00	1,00	1,00	1,00
Cola 2	0,65	0,85	0,02	0,00
Cola 3	0,59	0,70	0,09	0,74
Cola 4	0,00	0,00	0,00	0,27

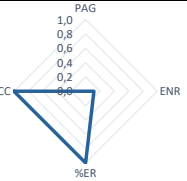
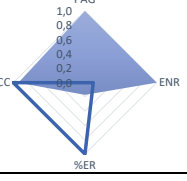
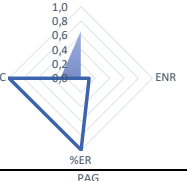
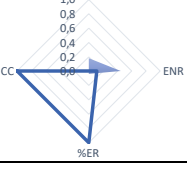
Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
CC	Custo de Compra		
Média	0,50		

Cimentos Cola					
Solução	Perfil	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Econ. (IE)		
		0,615	0,385		
Cimento Cola 1		0,63	1,00	0,77	Sueprior
Cimento Cola 2		0,81	0,00	0,50	Referência
Cimento Cola 3		0,24	0,61	0,38	Equivalente
Cimento Cola 4		0,73	0,07	0,48	Equivalente

Cálculos Auxiliares				
Solução		Ambiental		Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²
Cimento Cola 1	0,68	7,45	0,06	1,40
Cimento Cola 2	1,27	8,75	0,29	1,95
Cimento Cola 3	2,74	27,75	0,24	1,61
Cimento Cola 4	0,52	4,53	0,08	1,91
Pior	2,74	27,75	0,06	1,95
Melhor	0,52	4,53	0,29	1,40

Solução		Ambiental		Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Cimento Cola 1	0,93	0,87	0,00	1,00
Cimento Cola 2	0,66	0,82	1,00	0,00
Cimento Cola 3	0,00	0,00	0,80	0,61
Cimento Cola 4	1,00	1,00	0,09	0,07

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
CC	Custo de Compra		
Média	0,53		

Cimentos Cola Flexíveis					
Solução	Perfil	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Econ. (IE)		
		0,615	0,385		
Cimento Cola Flexível 1		0,33	1,00	0,59	Referência
Cimento Cola Flexível 2		0,75	0,93	0,82	Superior
Cimento Cola Flexível 3		0,26	0,29	0,27	Muito Inferior
Cimento Cola Flexível 4		0,22	0,00	0,13	Muito Inferior

Cálculos Auxiliares				
Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²
Cimento Cola Flexível 1	3,89	43,30	0,45	2,35
Cimento Cola Flexível 2	1,82	15,20	0,21	2,49
Cimento Cola Flexível 3	2,53	46,94	0,16	3,75
Cimento Cola Flexível 4	3,51	32,64	0,17	4,31
Pior	3,89	46,94	0,16	4,31
Melhor	1,82	15,20	0,45	2,35

Solução	Ambiental			Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Cimento Cola Flexível 1	0,00	0,11	1,00	1,00
Cimento Cola Flexível 2	1,00	1,00	0,17	0,93
Cimento Cola Flexível 3	0,66	0,00	0,00	0,29
Cimento Cola Flexível 4	0,18	0,45	0,04	0,00

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
CC	Custo de Compra		
Média	0.45		

ANEXO 9

RESULTADOS – REPELENTES DE ÁGUA

REPELENTES DE ÁGUA					
Solução	Perfil	Desempenho		Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação do Desempenho
		Amb. (IA)	Econ. (IE)		
		0,615	0,385		
Repelente de Água 1		0,15	0,27	0,19	Muito Inferior
Repelente de Água 2		0,89	0,74	0,84	Muito Superior
Repelente de Água 3		0,12	1,00	0,46	Equivalente
Repelente de Água 4		0,89	0,00	0,55	Referência

Cálculos Auxiliares				
Solução		Ambiental		Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Unidades	kg CO2 Eq / m²	MJ / m²	%	€ / m²
Repelente de Água 1	1,94	44,70	0,03	4,34
Repelente de Água 2	0,80	19,79	0,05	3,43
Repelente de Água 3	2,03	60,86	0,04	2,94
Repelente de Água 4	1,05	24,00	0,06	4,85
Pior	2,03	60,86	0,03	4,85
Melhor	0,80	19,79	0,06	2,94

Solução		Ambiental		Económico
Indicador	PAG	ENR	%ER	CC
Ponderação	0,4	0,3	0,3	1,0
Repelente de Água 1	0,08	0,39	0,00	0,27
Repelente de Água 2	1,00	1,00	0,64	0,74
Repelente de Água 3	0,00	0,00	0,40	1,00
Repelente de Água 4	0,80	0,90	1,00	0,00

Legenda			
PAG	Aquecimento Global	%ER	Percentagem de Energia Renovável Utilizada
ENR	Energia Não Renovável		
CC	Custo de Compra		
Média	0,51		