

PAVIMENTOS: SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

NUNO BARROS RODRIGUES

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

Orientadora: Professora Doutora Ana Margarida Vaz Duarte Oliveira e Sá

JUNHO DE 2023

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2022/2023

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@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

✉ 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 em Engenharia Civil - 2022/2023 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2023*.

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

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

Ao meu avô

A persistência é o caminho do êxito

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que me ajudaram neste percurso:

À minha orientadora, Professora Doutora Ana Margarida Vaz Duarte Oliveira e Sá, pelo seu apoio, disponibilidade e orientação ao longo deste trabalho, transmitindo-me todo o seu conhecimento pela Engenharia Civil.

Aos meus pais e irmão, que sempre me apoiaram ao longo deste percurso e me proporcionaram as melhores condições.

A todos os meus amigos e colegas da Feup, que me acompanharam ao longo destes anos, por toda a amizade e ajuda.

A toda a minha família, por todo o apoio e carinho.

A todos o meu obrigado, este caminho tornou-se mais fácil com vocês.

RESUMO

A evolução na construção de pavimentos em edifícios, através de novos materiais ou técnicas inovadoras, tornou as soluções cada vez mais complexas e exigentes. Exigências de conforto térmico e acústico, exigências de salubridade, durabilidade dos materiais e das soluções construtivas e a procura de soluções económicas são alguns dos desafios a responder no projeto e execução dos elementos construtivos em estudo: os pavimentos.

A presente dissertação procura tornar a conceção dos pavimentos mais simples e organizada, facilitando a eleição dos materiais que melhor resultado apresentam tendo em conta o local e as suas características. A criação de uma classificação, considerando todas as exigências regulamentares, técnicas e posição dos constituintes, auxilia a tomada de decisão e procura dar apoio à seleção daquela que é a melhor alternativa.

Na primeira parte do trabalho são abordadas as principais exigências dos pavimentos, enumerados e caracterizados alguns dos materiais e diversas soluções presentes no mercado em Portugal, de acordo com os seus constituintes: revestimentos de teto e piso, lajes, isolamentos, entre outros.

Em seguida, os pavimentos são classificados por classes através da utilização de siglas, tendo em conta as suas exigências e posteriormente são dados exemplos de pormenores de diversas soluções construtivas com a respetiva classificação e comentários.

Em síntese, este trabalho pretende reunir o conjunto de informações necessárias à conceção de pavimentos, constituindo um manual didático e apoio à tomada de decisão no momento de escolha duma solução construtiva para os pavimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentos, Exigência funcionais, Lajes, Classificação, Pormenores Construtivos

ABSTRACT

The evolution of floors in buildings, through new materials or innovative techniques, has made solutions increasingly complex and demanding. Thermal and acoustic comfort requirements, health requirements, durability of materials and constructive solutions and the search for economic solutions are some of the challenges to be met in the design and execution of the constructive elements in study: the floors.

The present dissertation seeks to make the design of floors simpler and more organized, facilitating the choice of materials that present the best result, considering the location and its characteristics. The creation of a classification, considering all regulatory requirements, techniques, and the position of the constituents, helps decision-making and seeks to support the selection of the best alternative.

In the first part of the work, the main requirements of flooring are addressed, listed, and characterized some of the materials and various solutions on the market in Portugal, according to their constituents: ceiling and floor coverings, slabs, insulation, among others.

Then, the floors are classified by classes using abbreviations, considering their requirements and later examples of details of various constructive solutions are given with the respective classification and comments.

In summary, this work intends to bring together the set of information necessary for the design of floors, constituting a didactic manual and support for decision-making when choosing a constructive solution for pavements.

KEYWORDS: Flooring, Functional requirements, Slabs, Classification, Construction Details

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xI
INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. OBJETIVO DO TRABALHO	1
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	1
EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS.....	3
1.1. INTRODUÇÃO	3
2.2. EXIGÊNCIAS REFERENTES AOS REVESTIMENTOS DE PISO	3
2.2.1. SEGURANÇA	4
2.2.1.1. Resistência mecânica	4
2.2.1.2. Segurança na circulação	4
2.2.1.3. Segurança contra riscos de incêndio	4
2.2.1.4. Segurança contra riscos de electrocução	5
2.2.2. HABITABILIDADE.....	5
2.2.2.1. Estanquidade	5
2.2.2.2. Salubridade	5
2.2.2.3. Isolamento térmico	6
2.2.2.4. Isolamento acústico.....	6
2.2.2.5. Conforto na circulação	6
2.2.2.5. Conforto visual	6
2.2.2.6. Conforto tátil	6
2.2.3. DURABILIDADE.....	6
2.2.3.1. Durabilidade intrínseca.....	7
2.2.3.2. Durabilidade em função do uso	7
2.2.3.3. Limpeza, conservação e reparação	8
2.3. EXIGÊNCIAS REFERENTES ÀS LAJES	8
2.3.1. SEGURANÇA	8
2.3.1.1. Resistência mecânica	8

2.3.1.2. Resistência aos sismos	8
2.3.2. HABITABILIDADE	9
2.3.2.1. Estanquidade	9
2.3.2.2. Isolamento térmico	9
2.3.2.3. Isolamento acústico	10
2.3.2.4. Instalações	12
2.3.3. DURABILIDADE	12
2.3.3.1. Manutenção da qualidade	12
2.3.3.2. Conservação	13
2.3.3.3. Reparação	13
2.4. EXIGÊNCIAS REFERENTES AOS REVESTIMENTOS DE TETO	13
2.4.1. SEGURANÇA	13
2.4.1.1. Estabilidade	13
2.4.1.2. Riscos de incêndio	13
2.4.1.3. Segurança em uso	14
2.4.2. DURABILIDADE	14
2.4.3. CONFORTO VISUAL	15
2.4.4. HIGIENE	15
2.5. CLASSIFICAÇÕES E CERTIFICAÇÕES EM PAVIMENTOS.....	15
2.5.1. CLASSIFICAÇÃO UPEC	15
2.5.1.1. Classe U	16
2.5.1.2. Classe P	17
2.5.1.3. Classe E	18
2.5.1.4. Classe C	18
2.5.1.5. Exemplo de Classificação dos Locais	19
2.5.2. CLASSIFICAÇÃO GWS	20
2.5.2.1 CLASSE G	20
2.5.2.2. Classe w	21
2.5.2.3. Classe ws	21
2.5.2.4. Exemplo de Classificação dos Locais	21
2.5.3. CERTIFICAÇÃO ACERMI.....	22
2.5.3.1. Graus de Certificação.....	22
2.5.3.2. Níveis de Aptidão de Utilização	22

CONSTITUIÇÃO DOS PAVIMENTOS	29
3.1. INTRODUÇÃO	29
3.2. PAVIMENTOS	29
3.3. TIPOS DE ESTRUTURAS DE LAJE	29
3.3.1. PAVIMENTOS ELEVADOS	29
3.3.1.1 Lajes em madeira	32
3.3.1.2 Lajes em ferro	36
3.3.1.3 Lajes em betão	39
3.3.2 PISOS TÉRREOS.....	49
3.4. PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS REVESTIMENTOS DE PISO.....	57
3.4.1. MATERIAIS LENHOSOS	57
3.4.1.1. Lamparquet	57
3.4.1.2. Taco.....	58
3.4.1.3. Soalho	58
3.4.1.4. Painéis Compósitos – tipo “Viroc”	59
3.4.2. MATERIAIS MINERAIS	60
3.4.2.1. Ladrilhos cerâmicos	60
3.4.2.2. Pedras naturais	66
3.4.3. MATERIAIS TÊXTEIS	69
3.4.3.1 Alcatifa.....	70
3.4.3.1 Tapetes e passadeiras	70
3.4.4. MATERIAIS SINTÉTICOS	71
3.4.4.1. Revestimento Vinílico.....	71
3.4.4.2. Revestimento Linóleo.....	77
3.5. PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS REVESTIMENTOS DE TETO.....	80
3.5.1. GESSO.....	80
3.5.2. PLACAS DE GESSO	81
3.5.3. PAINÉIS DE MADEIRA OU DERIVADOS	83
3.5.4. PAINÉIS DE PVC.....	84
3.5.5. LAJE APARENTE	85
3.6. ISOLAMENTOS TÉRMICOS.....	85
3.6.1. ISOLANTES MINERAIS	86
3.6.2. ISOLANTES DE ORIGEM VEGETAL	89

3.6.3. ISOLANTES SINTÉTICOS.....	90
CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	95
4.1. OBJETIVO	95
4.2. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO À LOCALIZAÇÃO	95
4.3. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO À ESTRUTURA RESISTENTE.....	96
4.4. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO AO REVESTIMENTO DE PISO.....	97
4.5. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO AO REVESTIMENTO DE TETO.....	99
4.6. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO À LOCALIZAÇÃO DO ISOLAMENTO TÉRMICO.....	100
4.7. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO AO ISOLAMENTO ACÚSTICO.....	101
PORMENORES CONSTRUTIVOS DE PAVIMENTOS	103
5.1. OBJETIVO	103
5.2. PAVIMENTO QUE DIVIDE 2 HABITAÇÕES	103
5.3. PAVIMENTO QUE DIVIDE O INTERIOR DO EDIFÍCIO DO TERRENO	105
5.4. PAVIMENTO QUE DIVIDE UMA ÁREA QUENTE DE UMA ÁREA FRIA.....	108
5.5. PAVIMENTO QUE DIVIDE O INTERIOR DO EDIFÍCIO DO AR EXTERIOR.....	109
5.6. PAVIMENTO QUE DIVIDE UMA HABITAÇÃO DE UMA ZONA DE ESCRITÓRIOS/COMÉRCIO.....	110
CONCLUSÕES	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Classificação UPEC [14]	16
Fig.2 – Classificação Gws [14]	20
Fig.3 – Zonas de compressão e tração de uma laje [19].....	30
Fig.4 – Armadura numa laje típica de betão armado [19]	30
Fig.5 – Direções de armação da laje [5].....	30
Fig.6 – Tipos de materiais de pavimentos elevados	32
Fig.7 – Direções de armação da laje [21].....	33
Fig.8 – Organização em 2 níveis.....	33
Fig. 9 – Métodos de ligação das vigas secundárias com a viga mestra [5]	33
Fig.10 – Painéis de CLT.....	34
Fig.11 – Vigas em Glulam [22].....	35
Fig.12 – Estrutura de pavimento com vigas I [22]	35
Fig.13 – Pavimento misto madeira-betão [24]	36
Fig.14 – Lajes com perfis de ferro e blocos de aligeiramento [5].....	37
Fig.15 – Pavimento com viga treliçada [5]	38
Fig.16 – Laje colaborante [19]	38
Fig.17 – Pormenor de uma laje colaborante [19]	39
Fig.18 – Laje maciça sem vigas [19].....	40
Fig.19 – Laje maciça com vigas embutidas [19].....	41
Fig.20 – Laje fungiforme maciça [25]	42
Fig.21 – Laje fungiforme maciça com capitéis [25]	42
Fig.22 – Laje fungiforme aligeirada.....	42
Fig.23 – Laje com capitéis [19].....	43
Fig.24 – Laje com capitéis negativos [19]	44
Fig.25 – Pavimento com pré-lajes [19]	45
Fig.26 – Pré-laje [19]	46
Fig.27 – Laje aligeirada.....	46
Fig.28 – Pormenor de uma laje aligeirada.....	46
Fig.29 – Laje aligeirada sem betão complementar [19]	47
Fig.30 – Pavimento com lajes alveoladas [19].....	48
Fig.31 – Pormenor de ligação de 2 lajes alveolares [5].....	48
Fig.32 – Pormenor de ligação de 2 lajes TT [5].....	49
Fig.33 – Piso térreo de uma moradia unifamiliar [7]	50
Fig.34 a) e b) – Exemplos de execução do enrocamento [7].....	50
Fig.35 – Betonilha tradicional.....	51
Fig.36 – Painéis de poliestireno extrudido [27]	52
Fig.37 – Betão leve utilizado para tapar tubagens [28]	53
Fig.38 – Aplicação de manta geotêxtil [7]	54
Fig.39 – Planta de uma rede de drenagem superficial, em solo com nível freático ao nível do pavimento [7]	55
Fig.40 – Ensoleiramento geral	55
Fig.41 – Humidade ascensional	56
Fig.42 – Tipos de revestimento de piso.....	57
Fig.43 – Revestimento de piso em lamparquet [31].....	58
Fig.44 – Revestimento de piso com tacos	58

Fig.45 a) e b) – Soalho de madeira.....	59
Fig.46 – Placas de Viroc	59
Fig.47 – Aplicação de argamassa no tardo do ladrilho [3]	62
Fig.48 – Método semi-seco [3]	62
Fig.49 – Aplicação de argamassa sobre a camada de separação [3]	63
Fig.50 – Aplicação de cimento-cola/cola diretamente sobre o suporte [3]	63
Fig.51 – Aplicação de cimento-cola/cola previamente [3].....	63
Fig.52 – Tipos de juntas [14]	64
Fig.53 – Juntas estruturais [3]	65
Fig.54 – Juntas periféricas [3].....	65
Fig.55 – Juntas intermédias [3]	65
Fig.56 – Juntas entre ladrilhos.....	66
Fig.57 – Classificação das pedras naturais em termos de origem [14]	67
Fig.58 – Aplicação de peças de pedra natural [14]	68
Fig.59 – Batimento das pedras, formando um pano regular [14].....	69
Fig.60 – Revestimento em pedra natural concluído [14]	69
Fig.61 – Revestimento em alcatifa [14]	70
Fig.62 – Revestimento vinílico homogéneo [38]	71
Fig.63 – Revestimento vinílico compacto heterogéneo [38].....	72
Fig.64 – Revestimento vinílico heterogéneo acústico [38]	72
Fig.65 – Revestimento vinílico heterogéneo de segurança [38].....	73
Fig.66 – Revestimento vinílico para zonas húmidas [38]	74
Fig.67 – Suporte completamente limpo e sem gretas [38]	74
Fig.68 – Planeamento de aplicação das folhas de vinílico [38]	75
Fig.69 – Aplicação uniforme da cola [38].....	75
Fig.70 – Aplicação do rolo metálico [38].....	76
Fig.71 – Soldadura a quente [38]	76
Fig.72 – Proteção do revestimento de piso [38].....	77
Fig.73 – Linóleo homogéneo [39].....	78
Fig.74 – Linóleo acústico [39]	78
Fig.75 a) e b) – Exemplos de linóleo para suportar mobiliário [39]	79
Fig.76– Procedimento de aplicação de linóleo.....	80
Fig.77– Revestimento de teto em gesso	80
Fig.78 a) e b) – Placa A (Standard) [41]	81
Fig.79 a) e b) – Placa B (Hidrófuga) [41]	81
Fig.80 a) e b) – Placa F (Anti-fogo) [41]	82
Fig.81 a) e b) – Afastamento máximo dos perfis relativamente às paredes periféricas [41].....	82
Fig.82 a) e b) – Aplicação de perfis de remate [41]	82
Fig.83 – Aplicação de placas de gesso cartonado [41].....	83
Fig.84 – Colagem direta dos painéis de madeira.....	83
Fig.85 – Aplicação com perfis metálicos	84
Fig.86 – Aplicação com régua de madeira	84
Fig.87 – Revestimento de teto com diferentes tipos de painéis de PVC [42]	84
Fig.88 – Teto com vigas de madeira aparentes no teto	85
Fig.89 – Tipos de origens de isolamentos térmicos	85
Fig.90 – Rolos de lã de vidro	86
Fig.91 – Lã de rocha.....	87

Fig.92 – Isolamento de lâ de rocha sob o pavimento flutuante [21]	88
Fig.93 a) – Isolamento de lâ de rocha sobre a laje	88
Fig.94 – Pannel de aglomerado de cortiça [43].....	89
Fig.95 a) e b) – Regranulado de cortiça entre ripado de madeira [21].....	90
Fig.96 – Poliestireno expandido solto	90
Fig.97 – Isolamento de poliestireno expandido sob o pavimento flutuante [21]	91
Fig.98 – Isolamento de poliestireno expandido sob a laje [21].....	91
Fig.99 – Isolamento de poliestireno expandido na laje [21]	92
Fig.100 – Painéis de poliestireno extrudido	92
Fig.101 – Isolamento de poliestireno expandido sob a laje ou soleira [21]	93
Fig.102 – Isolamento de poliestireno expandido sobre a laje [21].....	93
Fig.103 – Esquema de um edifício de modo a diferenciar a localização dos diferentes pavimentos....	95
Fig.104 – Corte um edifício de modo a referenciar a localização do pavimento P5.....	96
Fig.105 – Esquema de zonas onde se podem localizar os isolamentos em relação à estrutura resistente [21].....	100
Fig.106 – Pormenor de um pavimento P1 em laje aligeirada CatalogoTecnico2015.pdf	104
Fig.107 – Pormenor de um pavimento P1 em vigas de madeira [8]	104
Fig.108 – Pormenor de um pavimento P1 com laje alveolar [8].....	105
Fig.109 – Pormenor de um pavimento P2 com isolamento térmico mínimo (fibrosom.com).....	106
Fig.110 – Pormenor de um pavimento P2 com isolamento térmico	107
Fig.111 – Pormenor de um pavimento P3 com laje aligeirada.....	108
Fig.112 – Pormenor de um pavimento P4.....	109
Fig.113 – Pormenor de um pavimento P5 em laje maciça de betão armado [8]	110

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 1 – Exigências de segurança em pavimentos [3].....	4
Quadro 2 – Exigências de habitabilidade [3]	5
Quadro 3 – Exigências de durabilidade [3]	7
Quadro 4 – Coeficientes de transmissão térmica máximos (Umáx)	10
Quadro 5 – Limites do valor $L'_{n,w}$ para edifícios habitacionais ou mistos [10]	11
Quadro 6 – Requisitos mínimos acústicos a sons aéreos [10]	11
Quadro 7 – Classes de desempenho de reação ao fogo para produtos de construção de pavimentos [6]	14
Quadro 8 – Classe U [14]	16
Quadro 9 – Classe P [14]	17
Quadro 10 – Classe E [14]	18
Quadro 11 – Classe C [14]	19
Quadro 12 – Classificação dos locais de Edifícios de Habitação Unifamiliares. [13]	19
Quadro 13 – Classificação dos locais quanto à classificação Gws [13]	21
Quadro 14 – ACERMI - Resistência térmica [16]	22
Quadro 15 – ACERMI - Compressibilidade [16]	23
Quadro 16 – Níveis de Compressibilidade [15]	23
Quadro 17 – ACERMI – Estabilidade dimensional [16]	23
Quadro 18 – Níveis de Estabilidade dimensional [15]	24
Quadro 19 – ACERMI – Comportamento à água [16]	24
Quadro 20 – Níveis de Comportamento à água [15]	24
Quadro 21 – ACERMI – Comportamento mecânico [16]	25
Quadro 22 – Níveis de Comportamento mecânico [15]	25
Quadro 23 – ACERMI – Permeabilidade ao vapor de água [16]	26
Quadro 24 – Níveis de Permeabilidade ao vapor de água [15]	26
Quadro 25 – Níveis mínimos de aptidão para isolantes térmicos em pavimentos segundo a classificação ISOLE [16]	27
Quadro 26 – Materiais cerâmicos e o seu processo de fabrico [3]	60
Quadro 27 – Tipos de juntas de construção e suas características [3]	64
Quadro 28 – Exemplos de pedras naturais	67
Quadro 29 – Vantagens de desvantagens da lã de vidro [43]	86
Quadro 30 – Vantagens de desvantagens da lã de rocha [43]	87
Quadro 31 – Vantagens de desvantagens da cortiça como isolamento [43]	89
Quadro 32 – Vantagens de desvantagens do poliestireno expandido [43]	90
Quadro 33 – Vantagens de desvantagens do poliestireno extrudido [43]	92
Quadro 34 – Vantagens de desvantagens do poliuretano [43]	94
Quadro 35 – Classe de pavimentos quanto à estrutura resistente	97
Quadro 36 – Classe de pavimentos quanto ao revestimento de piso	98
Quadro 37 – Classe de pavimentos quanto ao revestimento de teto	99
Quadro 38 – Classe de pavimentos quanto à localização do isolamento térmico	100
Quadro 39 – Classe de pavimentos quanto ao isolamento acústico	101
Quadro 40 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P1	104
Quadro 41 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P1	104
Quadro 42 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P1	105
Quadro 43 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P2	106

Quadro 44 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P2.....	107
Quadro 45 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P3.....	108
Quadro 46 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P4.....	109
Quadro 47 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P5.....	110

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ΔT – aumento de temperatura [$^{\circ}\text{C}$]

Δm – perda de massa [%]

t_f – tempo de presença de chama [s]

PCS – poder calorífico superior [MJ kg^{-1}]

F_s – propagação das chamas [mm]

U – coeficiente de transmissão térmica [$\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$]

R_{si} – resistência térmica superficial interior [$\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C/W}$]

R_j – resistência térmica da camada j [$\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C/W}$]

R_{ar} – resistência térmica dos espaços de ar não ventilados [$\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C/W}$]

R_{se} – resistência térmica superficial exterior [$\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C/W}$]

$L'_{n,w}$ – índice de isolamento sonoro a sons de percussão [dB]

$D_{2m, nT,w}$ – índice de isolamento sonoro que traduz o isolamento da envolvente exterior do edifício [dB]

λ – condutibilidade térmica [$\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$]

C – perda de espessura após aplicação progressiva uma pressão [mm]

$\Delta e/e$ – variação relativa de espessura [m/m]

S_n – retração ou dilatação natural relativa [m/m]

S_r – retração ou dilatação [m/m]

VHR – variações dimensionais relativas [m/m]

α – coeficiente de dilatação térmica linear [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]

G – módulo de elasticidade transversal [Pa]

e – espessura do isolamento [m]

R_L – resistência em tração longitudinal [N]

P – peso [N]

D – deformação por peso próprio [m]

R_t – resistência por tração perpendicular às faces [MPa]

A_r – alongamento à rotura [%]

R – Capacidade de suporte de carga

E – Estanquidade a chamas e gases quentes

I – Isolamento térmico

EF – Estável ao fogo

PC – Pára-chamas

CF – Corta fogo

Fluxo crítico – Fluxo radiante correspondente à extensão máxima da chama

nT – Tempo de reverberação de referência para o qual o isolamento deve ser padronizado

w – Tradução do isolamento por um índice

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A diversidade de soluções construtivas para pavimentos, torna difícil a escolha dos seus materiais e tecnologias de aplicação.

Com o decorrer dos anos, a construção caracteriza-se cada vez mais pela sua qualidade e não apenas pela sua resistência, procurando garantir certas exigências, como, conforto térmico, conforto acústico, estanquidade, entre outros.

Espera-se, portanto, que os pavimentos cumpram as exigências para os quais foram construídos com consumos de recursos controlados numa perspetiva quer financeira quer ecológica.

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é através de uma revisão bibliográfica, descrever e caracterizar as diferentes soluções construtivas disponíveis para pavimentos, existentes em Portugal.

Procurou-se que este fosse o mais didático possível, através de imagens, organogramas e tabelas. Sintetizando a informação, que por vezes é tão vasta e se encontra tão dispersa que torna difícil a sua recolha e compreensão.

Numa primeira fase, foram descritas as exigências dos pavimentos e dos seus constituintes, seguindo-se da sua caracterização, tendo em conta a laje, revestimentos de teto e piso, isolamentos, entre outras camadas.

Por último, com a elaboração de uma classificação, após a análise da compreensão em volta dos pavimentos, é esperado que esta possibilite uma fácil tomada de decisões informadas, bem como rapidez em diferenciar um pavimento na sua totalidade.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido em 6 capítulos.

No primeiro capítulo é feita a introdução do trabalho, em que é dada uma breve consideração inicial do tema e é explicado o objetivo da dissertação.

No segundo capítulo são apresentadas as exigências que devem ser respeitadas pelos pavimentos e seus constituintes, bem como certas classificações.

No terceiro capítulo são descritas as diferentes soluções e materiais de pavimentos, tendo em conta cada um dos seus constituintes.

No quarto capítulo, é apresentado um método de classificação dos pavimentos a partir de classes, que resultam que da sua localização, exigências ou posição dos seus constituintes.

No quinto capítulo, são dados exemplos de pormenores construtivos, com a sua correspondente classificação e algumas observações.

No último capítulo, é sintetizada toda a informação da dissertação, na conclusão.

2

EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

1.1. INTRODUÇÃO

Os diferentes constituintes dos pavimentos, têm de satisfazer, de acordo com o Regulamento Produtos de Construção os seguintes requisitos essenciais:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndio;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança e acessibilidade na utilização;
- Proteção contra o ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico;
- Utilização sustentável dos recursos naturais.

Para tal, são divididos em 3 principais grupos de exigências: segurança, habitabilidade e durabilidade. Estes garantem determinadas regras de qualidade imprescindíveis para o seu bom funcionamento e conforto de quem o utiliza.

2.2. EXIGÊNCIAS REFERENTES AOS REVESTIMENTOS DE PISO

O revestimento de piso tem elevada importância, pois para além do acabamento final e respetiva valorização estética sofre variadas solicitações, sendo o único elemento em contacto direto com o utilizador. [1]

Num revestimento destinado a uma habitação pretende-se um aspeto agradável, cómodo ao andar e de fácil limpeza.

Nas cozinhas e casas de banho o revestimento deverá:

- suportar, sem danos, a utilização de produtos de limpeza mais agressivos e apresentar uma maior resistência à presença de água.

Em escritórios:

- ser de fácil manutenção, apresentar uma boa absorção de ruído e resistir ao desgaste.

Em estabelecimentos de comércio:

- ter em especial atenção ao desgaste provocado pela circulação. Como são locais de algum ruído, este deve ser minimizado. [2]

2.2.1. SEGURANÇA

A segurança dos pavimentos visa garantir a integridade física dos ocupantes. No quadro seguinte (Quadro 1) apresentam-se as exigências de segurança requeridas a um revestimento de piso.

Quadro 1 – Exigências de segurança em pavimentos [2]

Exigências de Segurança	Resistência Mecânica	Suportar cargas permanentes e sobrecargas de utilização
	Segurança na circulação	Evitar riscos de escorregamentos e de mudanças bruscas de altura de piso
	Segurança contra risco de Incêndio	Combustibilidade Inflamabilidade Velocidade de propagação da chama
	Segurança contra risco de eletrocussão	Condutividade térmica baixa

2.2.1.1. Resistência mecânica

Os revestimentos de piso, apesar de um modo geral, não contribuirão para a estabilidade estrutural das construções, devem suportar as ações resultantes (cargas permanentes, sobrecargas) que neles atuam, sem a ocorrência de fendas, fraturas ou qualquer outro tipo de dano.

As deformações nas bases de assentamento devidas à atuação de cargas estáticas ou dinâmicas devem ser suportadas. [2]

2.2.1.2. Segurança na circulação

Os riscos devidos à circulação de pessoas devem ser minimizados pela correta escolha/aplicação dos revestimentos.

Portanto, os revestimentos não devem:

- apresentar superfície escorregadia, principalmente em locais húmidos, como casas de banho e zonas de lavagem;
- apresentar mudanças bruscas de altura, se possível ressalto inferiores aos degraus correntes, em locais de circulação. [2]

2.2.1.3. Segurança contra riscos de incêndio

Em caso de incêndio ou contacto com materiais quente ou inflamados o pavimento não deve:

- inflamar facilmente;
- propagar a chama rapidamente;
- libertar gases tóxicos durante a combustão.

2.2.1.4. Segurança contra riscos de electrocução

De forma a evitar quaisquer riscos de electrocução, os revestimentos devem apresentar condutividade térmica suficiente baixa, de forma minimizar fugas de corrente em caso de algum aparelho elétrico próximo apresentar alguma fuga.

2.2.2. HABITABILIDADE

A exigência relativa à habitabilidade está relacionada com a garantia de condições indispensáveis à vida e conforto dos ocupantes. No quadro seguinte (Quadro 2) apresentam-se as exigências de habitabilidade requeridas a um revestimento de piso. [2]

Quadro 2 – Exigências de habitabilidade [2]

Exigências de Habitabilidade	Estanquidade	Estanquidade à água
	Salubridade	Facilidade de limpeza Libertação de gases nocivos
	Isolamento térmico	Diminuição de perdas térmicas
	Isolamento acústico	Isolamento sonoro à transmissão de ruídos de percussão e aéreos
	Conforto na circulação	Planeza e horizontalidade do piso Resiliência do piso
	Conforto visual	Retilinearidade das arestas Ausência de defeitos Uniformidade da cor e do brilho
	Conforto tátil	Sensação de calor ou de frescura

2.2.2.1. Estanquidade

Em locais onde a presença de água, por tempo prolongado, é expectável, deve ser assegurada a sua estanquidade. Principal preocupação em pavimentos em contacto com o solo, as suas disposições construtivas devem ser adequadas.

Em pavimentos em contacto com o solo, os materiais e as suas disposições construtivas devem ser adequadas de modo a evitar a entrada de água através das humidades ascensionais.

2.2.2.2. Salubridade

Os revestimentos de piso devem facilitar a manutenção do estado de limpeza, não devendo ser afetados por ações de lavagem ou de limpeza (quer pelos efeitos dos produtos químicos usados nestas operações).

Não devem emanar, sob a ação de calor ou outras, gases nocivos ou odores incómodos.

2.2.2.3. Isolamento térmico

Os revestimentos, embora de reduzida espessura, podem contribuir para a diminuição de perdas térmicas através dos pavimentos.

A sua temperatura superficial deve ser limitada de forma a evitar condensações.

De modo a melhorar as condições de conforto térmico durante o Inverno, deve-se:

- aplicar um revestimento de piso com baixa condutividade térmica em pisos elevados sobre desvão;
- aplicar um revestimento de piso com alta condutividade térmica em pisos que apresentem instalações de aquecimento embebidas.

2.2.2.4. Isolamento acústico

- O isolamento sonoro dos revestimentos, à transmissão de ruídos por percussão, deve ser compatível com o tipo de utilização dos locais que separam;
- Sempre que os tempos de reverberação dos locais seja elevado, devem utilizar-se revestimentos de piso com alto coeficiente de absorção sonora.

2.2.2.5. Conforto na circulação

Os revestimentos de piso devem:

- ser suficientemente planos e horizontais, de modo, a não provocarem incomodidade na circulação;
- resilientes, para garantir uma boa comodidade de circulação.

2.2.2.5. Conforto visual

- A sua superfície deve ser regular, sem empenos ou defeitos aparentes (fendas, fissuras, mossas, empolamentos ou falhas);
- As suas arestas devem ser retilíneas, com vista a proporcionar superfícies contínuas com juntas regulares;
- A sua cor e brilho não devem apresentar contrastes incómodos, sendo constantes ou variar no tempo de modo uniforme e contínuo. A textura uniforme e lisa. [2]

2.2.2.6. Conforto tátil

- A sua temperatura deve ser adequada ao tipo de utilização do local, limitando a sensação de frescura ou calor quando em contacto com o piso;
- A sua superfície não deve ser pegajosa, nem deve apresentar aspereza, arestas ou outras discontinuidades que possam ser motivo de incómodo. [3]

2.2.3. DURABILIDADE

Pretende-se garantir a qualidade do revestimento durante o maior período possível. No quadro seguinte (Quadro 3) apresentam-se as exigências de durabilidade requeridas a um revestimento de piso.

Quadro 3 – Exigências de durabilidade [2]

Exigências de Durabilidade	Durabilidade intrínseca	Alterações das suas características devido a ações externas
	Durabilidade em função do uso	Resistência ao desgaste Resistência ao punçoamento Resistência ao choque Resistência ao arrancamento Comportamento sob ação da água Comportamento sob ação de agentes químicos
		Limpeza, conservação e reparação Facilidade de limpeza, conservação e reparação

2.2.3.1. Durabilidade intrínseca

- Quando submetidos a variações de temperatura, de humidade ou a radiações ultravioletas, os materiais constituintes dos revestimentos de piso não devem apresentar alterações significativas das suas características;
- Devem resistir às ações provocadas por agentes bióticos;
- A ação da humidade e da temperatura, podem originar variações dimensionais, importantes, e modificações nas suas características químicas, físicas e/ou biológicas. [3]

2.2.3.2. Durabilidade em função do uso

Relativamente ao desgaste, os revestimentos devem resistir ao tráfego pedestre, ou a outro qualquer, em função do tipo utilização do local, sem que, durante o seu tempo de vida útil, apresentem graves alterações do seu aspeto ou uma redução prematura das características.

Devem também resistir a ações provocadas pelo mobiliário (punçoamento estático ou dinâmico), sem que se verifiquem perfurações, roturas, mossas ou uma redução relevante das características.

Outras exigências:

- suportar situações de arrancamento, de modo a evitar desprendimentos;
- suportar ações da água ou humidade sem que se verifiquem alterações permanentes das suas características;
- resistência à ação de produtos de limpeza, ou outros produtos químicos agressivos.

2.2.3.3. Limpeza, conservação e reparação

Exigências relativas à facilidade de limpeza:

- Facilidade de limpeza de quaisquer degradações ou sujidades, em condições normais de uso;
- Não se devem sujar ou apresentar nódoas facilmente e permitir a fácil proliferação de bactérias.

Exigências relativas à facilidade de conservação e reparação:

- Periodicidade de trabalhos de conservação inferiores a 5 anos e com o mínimo de incómodo para os ocupantes;
- Facilidade de substituição dos revestimentos.

2.3. EXIGÊNCIAS REFERENTES ÀS LAJES

2.3.1. SEGURANÇA

2.3.1.1. Resistência mecânica

As lajes e todos os seus elementos constituintes devem poder suportar com suficiente segurança, em relação à rotura e à fissuração e deformação excessivas, todas as cargas de peso próprio e dos elementos de construção que neles apoiem e todas as sobrecargas distribuídas ou concentradas resultantes da sua ocupação normal.

Deve ser assegurada a segurança relativamente aos choques acidentais resultantes de condições normais de utilização.

E ainda, a garantia de uma solidarização transversal suficiente para repartir as cargas concentradas e evitar fissurações no sentido do vão.

As lajes devem poder suportar os esforços ou tensões resultantes das variações dimensionais dos materiais sob ação das variações higrótérmicas às quais poderão estar submetidas. [4]

A verificação da segurança da laje final envolve as seguintes verificações base:

- Estado limite último de resistência
- Estado limite de utilização

O estado limite último de resistência deverá envolver a verificação à flexão e ao esforço transversal e o estado limite de utilização a verificação à fendilhação e deformação. [5]

2.3.1.2. Resistência aos sismos

A utilização dos pavimentos deve fazer-se de acordo com as prescrições dos regulamentos nacionais em vigor que lhe são aplicáveis.

Devem comportar-se de modo que sejam reduzidas ao mínimo as destruições e desmoronamentos, e salvaguardadas as vidas humanas. [4]

2.3.2. HABITABILIDADE

2.3.2.1. Estanquidade

No caso corrente, os pavimentos entre andares, devem garantir uma suficiente estanquidade às águas de lavagem ou provenientes de derramamentos acidentais de curta duração.

Para os pavimentos em contacto com o solo, exige-se que possuam estanquidade suficiente de modo a proteger o interior do edifício contra qualquer penetração de águas (humidade do solo, água da chuva ou superficial e água subterrânea) ou insetos. [4]

Segundo a Norma DIN 4031, a construção deve ser protegida contra as águas freáticas, por meio de um invólucro estanque ou duma impermeabilização à prova de pressão. [6]

Os pavimentos em contacto com o ar exterior devem impedir a penetração do vento, poeiras, insetos, neve ou água.

2.3.2.2. Isolamento térmico

O isolamento térmico de uma solução construtiva é definido através do coeficiente de transmissão térmica (U), este traduz-se pela quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária de um elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa. Quanto maior, pior será a sua capacidade de isolar o elemento construtivo.

Quando constituído por elementos de um ou mais materiais, em camadas de espessura constante, este é obtido através da seguinte expressão:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{ar} + R_{se}} \quad (1)$$

em que:

R_{si} – resistência térmica superficial interior ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

$R_j = e_j/\lambda_j$ – resistência térmica da camada j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

R_{ar} – resistência térmica dos espaços de ar não ventilados ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

R_{se} – resistência térmica superficial exterior ($m^2 \cdot ^\circ C/W$).

O valor máximo do U para qualquer elemento da envolvente de um edifício, de acordo com a sua zona climática, é definido no quadro seguinte (Quadro 4).

Quadro 4 – Coeficientes de transmissão térmica máximos ($U_{\text{máx}}$)

	Zona climática		
	I1	I2	I3
Elementos exteriores em zona corrente (pavimentos)	1,25	1,00	0,90
Elementos interiores em zona corrente (pavimentos)	1,65	1,30	1,20

Os edifícios devem ser concebidos de modo a ser respeitadas as regras presentes no RCCTE, assegurando as exigências de conforto térmico, no seu interior, sem dispêndio excessivo de energia e para que os pavimentos não sofram efeitos patológicos derivados de condensações.

As propriedades de isolamento térmico de um produto devem ser expressas em termos de um dos seguintes conjuntos de valores, de acordo com o RCCTE [7]:

- condutibilidade térmica, λ , juntamente com a geometria do produto;
- resistência térmica do produto inteiro, R .

Os pavimentos, incluindo os seus revestimentos, devem:

- Garantir um isolamento suficiente relativamente ao meio exterior, quando em contacto com o ar exterior;
- Garantir um isolamento suficiente relativamente à caixa de ar quando, nos andares térreos dos edifícios, limitam um espaço inferior ventilado;
- Garantir um isolamento suficiente para reduzir trocas de calor, quando o pavimento separa espaços aquecidos de não aquecidos. [4]

2.3.2.3. Isolamento acústico

Os pavimentos devem ter uma capacidade de isolamento aos ruídos de percussão (decorrentes de ações de choque ou outras solicitações mecânicas aplicadas diretamente sobre o pavimento) e aos ruídos aéreos (quando na origem da emissão sonora não se verifica uma ação direta no pavimento) suficiente para assegurar condições de conforto aos ocupantes.

Os ruídos de percussão são maioritariamente isolados pelos revestimentos de piso e/ou teto, que devem ter natureza, composição e constituição apropriadas. Pode-se, portanto, dispensar a consideração do isolamento para as lajes.

“Pelo contrário, na transmissão de ruídos aéreos, o próprio pavimento, devido a um efeito de massa, tem um papel principal no isolamento acústico.” [4]

A partir da ação de percussão normalizada é possível medir, no compartimento recetor, o nível sonoro médio (L_i) daí resultante, a partir do qual se pode obter o índice de isolamento sonoro a sons de percussão ($L'_{n,w}$) definido na legislação nacional.

No quadro seguinte (Quadro 5) apresentam-se os limites impostos pelo Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios [8] para o valor $L'_{n,w}$, para edifícios habitacionais ou mistos:

Quadro 5 – Limites do valor $L'_{n,w}$ para edifícios habitacionais ou mistos [8]

	Locais		Índice $L'_{n,w}$ (dB)
	Emissão	Receção	
Edifícios habitacionais e mistos	Outros fogos ou locais de circulação comum	Quartos ou zonas de estar de fogos	≤ 60
	Locais destinados a comércio, indústria, serviços ou diversos	Quartos ou zonas de estar de fogos	≤ 50

Os sons aéreos são formados a partir da excitação direta do ar originada por uma fonte sonora, que pode ser materializada no ruído de tráfego exterior, funcionamento de equipamentos, ou da própria conversação e atividade humana.

De uma forma geral, estes sons, tendo em conta a sua origem, podem se dividir em 2 grupos: sons de proveniência exterior ou interiores. Estes 2 grupos irão determinar o tipo de isolamento acústico da envolvente ou entre compartimentos, respetivamente.

Define-se por $D_{2m, nT,w}$ o índice de isolamento sonoro que traduz o isolamento da envolvente exterior do edifício, caracterizando o isolamento a sons aéreos quando na sua medição o microfone é colocado a **2 m** da superfície da envolvente do edifício. O termo **nT** significa o tempo de reverberação de referência para o qual o isolamento deve ser padronizado

Relativamente às partições interiores, é o índice de isolamento sonoro a ruídos a ruídos de condução aérea padronizado, $D_{nT,w}$, que o caracteriza. [7]

No quadro seguinte (Quadro 6) são descritos os requisitos mínimos a sons aéreos:

Quadro 6 – Requisitos mínimos acústicos a sons aéreos [8]

	Locais		$D_{nT,w}$ (dB)	$D_{2m, nT,w}$ (dB)
	Emissão	Receção		
Edifícios habitacionais e mistos	Compartimentos de um fogo	Quartos ou zonas de estar de fogos	≥ 50	
	Locais destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão	Quartos ou zonas de estar de fogos	≥ 58	
	Entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos			≥ 33 (zonas mistas) ≥ 28 (sensíveis)

Sendo:

“Zona mista” a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;

“Zona sensível” a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.

Os pavimentos, incluindo os seus revestimentos, devem:

- Garantir, pelo seu próprio peso ou por uma constituição especial, um isolamento acústico, à transmissão de ruídos aéreos, suficiente para impedir o incómodo dos ocupantes, nas condições normais de utilização dos locais habitados;
- Evitar a transmissão de ruídos de percussão incómodos para os ocupantes;
- Garantir que não seja produzido nenhum ruído desagradável no próprio pavimento em consequência da utilização normal. [4]

2.3.2.4. Instalações

Os pavimentos e os seus revestimentos devem ser dispostos e constituídos de modo a permitir a realização das aberturas necessárias para a passagem das canalizações usuais (evacuação de esgotos, distribuição de água e gás, redes elétricas, etc) e suspensões para os dispositivos de iluminação.

As aplicações dos revestimentos de pavimento devem ser de fácil operação.

2.3.3. DURABILIDADE

2.3.3.1. Manutenção da qualidade

Apresentando condições de utilização e conservação normais, fora fatores ordinários (envelhecimento, corrosão, fungos, insetos, etc), os pavimentos devem satisfazer as diversas exigências funcionais durante um mínimo de 50 anos. [4]

Segundo o EC2 uma estrutura para cumprir os requisitos de durabilidade deve: [5]

- satisfazer, durante o seu tempo de vida, os requisitos de utilização, resistência e estabilidade, sem perda de utilidade nem excesso de manutenção não prevista;
- a estrutura deve ser definida considerando a utilização prevista, a vida útil de projeto, o programa de manutenção e as ações;
- deverá ser considerada a eventual importância das ações diretas e das deformações impostas, das condições ambientais e dos efeitos que delas resultam;
- a proteção contra a corrosão do aço das armaduras depende da compacidade, da qualidade e da espessura do recobrimento e da fendilhação. A compacidade e a qualidade do recobrimento obtêm-se controlando o valor máximo da relação água/cimento e o teor mínimo de cimento, podendo estar associadas a uma classe de resistência mínima do betão.

2.3.3.2. Conservação

As ações de conservação correspondem a uma série de medidas, preventivas ou outras, aplicadas à construção de forma a permitir que esta desempenhe as suas funções de forma satisfatória durante o seu período de vida. [3]

Os pavimentos devem ser otimizados para terem trabalhos de conservação eficazes e acessíveis.

2.3.3.3. Reparação

As lajes não devem carecer de reparação durante o uso espectável de utilização, mantendo as suas exigências. Tal só é admitido para elementos secundários do pavimento e acabamentos. [4]

2.4. EXIGÊNCIAS REFERENTES AOS REVESTIMENTOS DE TETO

Aos revestimentos de teto pede-se, essencialmente, em situações correntes,

- que eliminem as irregularidades do suporte e proporcionem uma superfície plana, horizontal e lisa;
- apresentem uma superfície higiénica e fácil de manter limpa.

Dos revestimentos dos espaços húmidos – cozinhas, instalações sanitárias, espaços de lavagem de roupa, espaços comuns de utilização coletiva, espaços de recolha ou evacuação de lixos, etc., espera-se ainda que resistam à ação da água e que, nos casos onde a presença deste agente seja prolongada, lhe sejam estanques. [9]

2.4.1. SEGURANÇA

2.4.1.1. Estabilidade

Os revestimentos de teto devem resistir, sem descolar nem cair, às solicitações combinadas a que estarão sujeitos em condições normais de uso, tal como o peso próprio e diversas ações decorrentes da utilização normal (choques).

2.4.1.2. Riscos de incêndio

Reação ao fogo

Os revestimentos de teto devem contribuir para minimizar o risco de deflagração e propagação do fogo e para garantir tempos de alarme, evacuação ou sobrevivência dos utentes. Não podem nunca favorecer a propagação do fogo, nem proporcionar o desprendimento de gotas inflamadas. [9]

A classificação de reação ao fogo é feita, com base nas Decisões da Comissão das Comunidades Europeias, estando estabelecida como forma de classes, sendo que esta se aplica a todos os produtos de construção de pavimentos, não só os revestimentos de teto. Os produtos de construção com classe “A1FL”, correspondem a produtos de construção de pavimentos que são menos combustíveis e os da classe “FFL” os mais, com deflagração através de apenas uma pequena chama, de acordo com os dados apresentados no quadro seguinte (Quadro 7).

Quadro 7 – Classes de desempenho de reação ao fogo para produtos de construção de pavimentos [10]

Classe	Fatores de classificação	Classificação complementar
A1FL	ΔT , Δm , t_f e PCS	
A2FL	ΔT , Δm e t_f , PCS e fluxo crítico	Produção de fumo (s1 ou s2)
BFL	Fluxo crítico e F_s	Produção de fumo (s1 ou s2)
CFL	Fluxo crítico e F_s	Produção de fumo (s1 ou s2)
DFL	Fluxo crítico e F_s	Produção de fumo (s1 ou s2)
EFL	F_s	
FFL	Desempenho não determinado	

Onde:

- ΔT – aumento de temperatura ($^{\circ}\text{C}$);
- Δm – perda de massa (%);
- t_f – tempo de presença de chama (s);
- PCS – poder calorífico superior (MJ kg^{-1});
- F_s – propagação das chamas (mm);
- Fluxo crítico – fluxo radiante correspondente à extensão máxima da chama.

A classificação complementar corresponde à suscetibilidade de produção de fumo, sendo s1 a ocorrência de produção de pouco fumo com lenta propagação e s2 média produção de fumo, com maior propagação.

2.4.1.3. Segurança em uso

Os revestimentos de teto não devem por si próprios originar condições de riscos ou de insegurança para os utentes dos edifícios, nem ser tóxicos (principalmente pela ação de escoamento de água que ocorrem em certos espaços húmidos), nem pela rugosidade ou temperatura da sua superfície, provocar ferimentos nos utentes.

2.4.2. DURABILIDADE

A durabilidade de um revestimento corresponde ao período ao qual se mantêm sem alteração significativa, em condições normais de uso e de conservação, as performances deste revestimento.

Para que as performances se mantenham constantes durante o período de durabilidade previsto é necessário que os revestimentos resistam satisfatoriamente aos agentes que sobre eles atuam em condições normais de utilização, sejam objeto de conservação e resistam às operações inerentes a esse processo de conservação. A extensão admissível das operações de conservação varia com o tipo de revestimento.

A durabilidade deve, então, ser vinculada às operações de limpeza, renovação e reparação localizada adequadas para cada tipo de revestimento e, ainda, à periodicidade e ao faseamento dessas operações.

2.4.3. CONFORTO VISUAL

O estado de superfície e o acabamento do teto deve ser agradável à vista.

A superfície do teto deve-se apresentar plano, horizontal e sem defeitos de superfície (fissuras, empolamentos, descolamentos, etc.) inaceitáveis. Não se devem notar defeitos de homogeneidade de cor ou de brilho, nem zonas de enodoamento.

2.4.4. HIGIENE

Devem ser concebidos de modo a não favorecerem a fixação de poeiras ou de micro-organismos. Para o evitar, a sua superfície não deve ser excessivamente áspera ou pegajosa, sobretudo em casos em que fique húmido frequentemente, pois facilitará a fixação de bolores ou outros microrganismos.

Não devem necessitar de processos de limpeza inusuais, nem devem exigir produtos de limpeza tóxicos, inflamáveis ou com cheiro intenso ou persistente. [9]

2.5. CLASSIFICAÇÕES E CERTIFICAÇÕES EM PAVIMENTOS

As classificações de pavimentos servem para categorizar os diferentes tipos de pavimentos com base em suas características e propriedades específicas.

As certificações de pavimentos garantem que determinados padrões de qualidade e de desempenho sejam atendidos em projetos e construções de pavimentos. Essas certificações são desenvolvidas e emitidas por organizações especializadas, e o seu objetivo é fornecer uma referência confiável para projetistas e construtores.

Existem já vários tipos de classificações e certificações para constituintes dos pavimentos, como a classificação UPEC e Gws para revestimentos de piso e a certificação ISOLE para isolantes térmicos.

2.5.1. CLASSIFICAÇÃO UPEC

A classificação UPEC permite correlacionar as exigências relativas às condições de utilização dos locais com as características dos materiais previstos para aplicação dos mesmos, através de um conjunto de letras, que munidas de índices, permitem indicar, de modo esquemático, mas suficientemente preciso, as exigências a satisfazer em obra.

A classificação dos locais é determinada com base no tipo e na severidade das condições de uso previstas, enquanto a classificação do revestimento avalia sua durabilidade em relação ao uso por meio de análises experimentais.

A durabilidade de um revestimento de piso, quando aplicado em áreas internas de edifícios destinadas principalmente à circulação e permanência de pessoas - áreas com tráfego pedestre predominante -, está relacionada à qualidade do revestimento e depende das condições de uso do local. Portanto, o problema da durabilidade possui dois aspetos complementares, resultando em uma classificação dupla:

- classificação dos locais em função da severidade de atuação sobre o piso dos agentes mecânicos, físicos e químicos de deterioração;
- classificação dos revestimentos segundo os tipos e os graus de resistência que apresentam relativamente a esses agentes. [11]

O revestimento considera-se adequado para um determinado local desde que a sua classificação seja igual ou superior à do local, tal como indicado na figura 1.

$$UPEC_{rev} \geq UPEC_{local}$$

Fig.1 – Classificação UPEC [12]

De acordo com esta classificação, a caracterização dum local de aplicação ou de um revestimento é simbolizada pela associação de quatro letras afetadas de índices que traduzem, no caso dos locais, as diferentes severidades de uso e, no caso dos revestimentos, os diferentes níveis de resistência aos agentes de deterioração. Essas letras são:

U: Uso – cobre os efeitos devidos à circulação das pessoas, quer se trate de movimentos unidirecionais ou com rotação, quer de calcamento em pé ou sentado (exceto a ação de tacões pontiagudos e das solas com protetores metálicos) (1, 2, 2s, 3, 3s, 4).

P: Punçamento – cobre os efeitos de agentes mecânicos como pés e rodas de móveis, queda de objetos, tacões pontiagudos e solas com protetores metálicos, cortes e arrancamentos, mossas, cortes das juntas de colagem e das camadas de barramento (1, 2, 3, 4, 4s).

E: Comportamento sob a ação da água ou sob ação da humidade – caracteriza a frequência de presença de água sobre o piso, tendo em conta, as operações de limpeza do piso (0, 1, 2, 3).

C: Atuação dos agentes químicos – caracteriza o emprego de substâncias cuja ação físico-química possa ter uma incidência sobre a durabilidade do revestimento (0, 1, 2, 3). [12]

2.5.1.1. Classe U

Os níveis referentes a esta classe, encontram-se descritos no quadro a seguir (Quadro 8).

Quadro 8 – Classe U [12]

Tipo de utilização	Intensidade da circulação	Classe U	Observações
Individual	Moderada	U1 ⁽¹⁾	
	Normal	U2	
	Intensa	U2s	
Coletiva	Moderada	U2s ⁽²⁾	
	Normal	U3	
	Intensa	U3s ⁽³⁾	Caso particular
	Intensa	U4	Caso corrente

(1) Esta classe não é utilizada nas tabelas de classificação dos locais, por corresponder a uma utilização muito moderada que não pode ter sido em conta na utilização corrente dos edifícios (corresponderia a uma divisória de utilização esporádica, como por exemplo um quarto de hóspedes);

(2) Equivalência convencional por questões de simplificação;

(3) Esta classe, embora se refira a uma intensidade de circulação equivalente à que se verifica em locais classificados como “U4”, é aplicável exclusivamente a locais onde se preveja a aplicação de revestimentos cuja limpeza se efetue por via seca, pressupondo ainda condições particulares de ocupação e de limpeza

2.5.1.2. Classe P

A atribuição dos índices da letra P faz-se da seguinte forma:

P1 - locais, tais como as circulações retilíneas, onde não se prevê a instalação de mobiliário nem a permanência de pessoas; este índice não é, contudo, utilizado em virtude de outras ações mecânicas previsíveis (por exemplo, quando da mudança de equipamento);

P2 - locais submetidos aos efeitos de punçãoamento resultantes da circulação de pessoas e onde se prevê a instalação corrente e sem precauções particulares de mobiliário fixo habitual, o qual não deve transmitir ao revestimento pressões superiores a 2 MPa; só se prevê a utilização nestes locais de mobiliário móvel leve equivalente ao utilizado nas habitações;

P3 - locais sujeitos a ações comparáveis às que se verificam nos escritórios equipados com cadeiras de rodas, nos corredores dos hospitais ou nas circulações onde se desloquem porta-paletes normais;

P4 - locais, com exceção dos locais industriais, submetidos sem restrições a todos os tipos de cargas fixas ou móveis (estes locais não são muito frequentes) [11].

Os níveis referentes a esta classe, encontram-se descritos no quadro a seguir (Quadro 9).

Quadro 9 – Classe P [12]

Tipo de utilização		Classe P
Mobiliário fixo	Mobiliário móvel	
		P1 ⁽¹⁾
Normal ⁽²⁾	Leve ⁽³⁾	P2
Normal ⁽²⁾	Normal ⁽⁴⁾	P3
Pesado ⁽⁵⁾	Pesado ⁽⁶⁾	P4
Pesado ⁽⁷⁾	Pesado ⁽⁸⁾	P4S

(1) Este índice corresponde a locais destinados exclusivamente à circulação de pessoas, contudo, a necessidade de ter de se prever o arrastamento de móveis durante, por exemplo, uma mudança, faz com que o mesmo não tenha utilização prática;

(2) Transmitem ao revestimento pressões não superiores a 2 MPa;

(3) Com características equivalentes ao mobiliário móvel leve utilizado em habitações;

(4) Com características equivalentes às do mobiliário móvel utilizado em escritório (cadeira de rolamentos, por exemplo) ou em estabelecimentos hospitalares (cama com rodas, por exemplo);

(5) Transmitem ao revestimento pressões superiores a 3 MPa;

(6) Com características idênticas às de um porta-paletes;

(7) Transmitem ao revestimento pressões superiores a 4 MPa

(8) Com características idênticas às de uma empilhadora.

2.5.1.3. Classe E

A atribuição dos índices da letra E faz-se da seguinte forma:

E0 - locais onde a presença de água sobre o piso é acidental; locais onde as limpezas diárias e gerais são efetuadas por via seca;

E1 - locais onde a presença de água sobre o piso é ocasional; locais onde a limpeza diária é efetuada por via seca e a limpeza geral por via húmida sem água abundante;

E2 - locais onde a presença de água sobre o piso é frequente, mas não sistemática; locais onde a limpeza diária é efetuada por via húmida e a limpeza geral por lavagem com água;

E3 - locais onde a presença de água sobre o piso pode ser prolongada; locais onde as limpezas diárias e gerais quase se confundem e são efetuadas por lavagem com água.

Os locais húmidos e os locais onde o dono de obra pretenda dispor de uma vasta gama de possibilidades para a escolha do tipo de limpeza devem ser classificados como E2.

Os locais húmidos cuja base de assentamento do revestimento seja constituída por uma estrutura de madeira, a qual necessita dum revestimento de piso impermeável às infiltrações de água, devem ser classificados como E3. [11]

Os níveis referentes a esta classe, encontram-se descritos no quadro a seguir (Quadro 10).

Quadro 10 – Classe E [12]

Tipo de manutenção		Classe E
Limpeza corrente ⁽¹⁾	Limpeza geral ⁽²⁾	
Via seca	Via seca	E0 ⁽³⁾
Via seca	Via húmida	E1
Via húmida	Com água	E2
Com água	Com água	E3

(1) Limpeza efetuada frequentemente (por exemplo, diária);

(2) Limpeza efetuada periodicamente (semanal ou mensal);

(3) Esta classe não é utilizada nas mais recentes tabelas de classificação dos locais, por corresponder a uma situação pouco exigente.

2.5.1.4. Classe C

Os produtos considerados para efeito de atribuição dos índices à letra C são:

a) Certos produtos correntemente utilizados na habitação como produtos alimentares, produtos de limpeza, produtos de higiene pessoal ou farmacêuticos;

b) Determinados produtos químicos que só ocasionalmente são manipulados na habitação.

A atribuição dos índices faz-se da seguinte forma:

C0 – locais onde produtos da categoria a) não são manipulados senão a título excecional;

C1 – locais onde os produtos da categoria a) são manipulados ocasionalmente e onde a sua ação sobre o piso é acidental;

C2 – locais onde os produtos da categoria a) são correntemente utilizados e onde a sua ação sobre o piso pode, portanto, ser considerada como um risco corrente, pelo que as nódoas a que deem origem

devem poder ser eliminadas por meio de lavagem com água (eventualmente adicionada de sabões ou detergentes comuns);

C3 – locais onde são correntemente utilizados produtos especiais. [11]

Os níveis referentes a esta classe, encontram-se descritos no quadro a seguir (Quadro 11).

Quadro 11 – Classe E [12]

Produtos manipulados		Classe C	Exemplo
Produtos correntes	Produtos químicos		
Raramente	Não utilizados	C0	Hall de entrada
Ocasionalmente	Não utilizados	C1	Sala de restaurante
Frequentemente	Não utilizados	C2	Cozinha
Frequentemente	Frequentemente	C3	Laboratório

2.5.1.5. Exemplo de Classificação dos Locais

No quadro a seguir (Quadro 12) são apresentados exemplos de classificação de locais de Edifícios de Habitação Unifamiliares.

Quadro 12 – Classificação dos locais de Edifícios de Habitação Unifamiliares. [11]

Ref.	LOCAIS	CLASSIFICAÇÃO
Compartimentos principais (locais secos) e circulações		
U1	Hall de entrada e circulações no r/chão	
U2	Zona de estar, sala de jantar ou compartimento em comunicação direta com a zona de estar	
U3	Compartimento em comunicação direta com o exterior	U2S P2 E1 C0
U4	Compartimento destinado a atividades de carácter profissional	
U5	Escadas sem proteção no focinho do degrau	
U6	Compartimento sem comunicação direta com o exterior, quarto num piso elevado, arrumos, vestiário	
U7	Circulações num piso elevado	U2 P2 E1 C0
U8	Escadas em que exista uma proteção no focinho de degrau independente do revestimento	
Compartimentos de serviço (locais húmidos)		
U9	Cozinha, canto de cozinha integrado na zona de estar	U2 P2 E2 C2
U10	Local de máquina de lavar, casa de banho, duche e WC	U2 P2 E2 C1
U11	Local de máquina de lavar, casa de banho, duche cu WC situados num piso elevado, em que o revestimento assente	U2 P2 E3 C1

2.5.2. CLASSIFICAÇÃO GWS

A classificação Gws diverge da anterior (UPEC) na medida em que os aspetos do comportamento do revestimento às ações mecânicas (uso e punçoamento) são quantificados por intermédio de índices associados à letra "G", enquanto os aspetos do comportamento à ação da água ou da humidade são quantificados exclusivamente pelo uso das letras "w" ou "ws" (deixando, portanto, neste caso de haver um critério de classificação alfanumérico). [11]

O significado de cada índice encontra-se descrito na figura a seguir (fig.2).

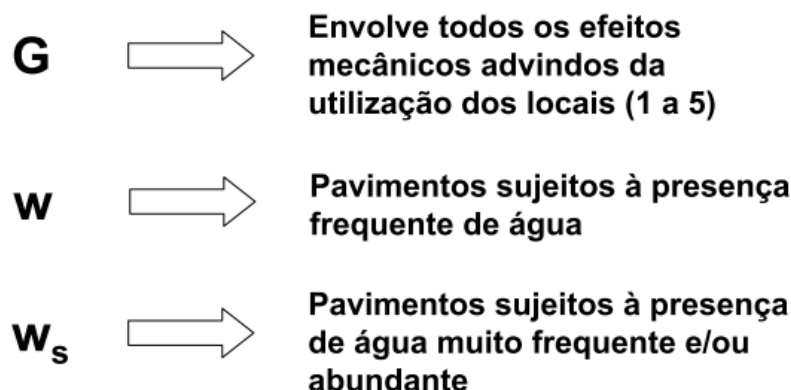


Fig.2 – Classificação Gws [12]

Este tipo de classificação não tem em conta o comportamento dos revestimentos à ação de produtos químicos e domésticos devido às suas características para este tipo ações.

As propriedades que servem de base à classificação são:

- o desgaste devido à circulação dos utentes (uso) e às ações mecânicas inerentes à utilização de mobiliário, fixo ou móvel, simbolizadas pela letra "G" associada a índices que quantificam o grau de severidade dos agentes da deterioração, sendo que estes efeitos são sempre tidos em conta na seleção do revestimento;
- a frequência da presença de água sobre o piso, simbolizada pelas letras "W" ou "Ws", nos casos em que tais ações sejam de ter em conta na seleção do revestimento. [11]

2.5.2.1 CLASSE G

A condição de atribuição de classes "G" tendo em conta a natureza e importância da circulação prevista para os locais é feita da seguinte forma:

G1 – locais de utilização individual com circulação ligeira;

G2 – locais de utilização individual com circulação normal e locais de utilização coletiva com circulação ligeira (os locais onde as condições de utilização são inferiores a G1 não são contemplados na classificação G, devendo ser considerados com G1);

G3 – locais de utilização individual com circulação intensa e locais de utilização coletiva com circulação normal;

G4 – locais de utilização coletiva com circulação normal (a diferença entre a classe G3 reside essencialmente no tipo de mobiliário utilizado e não na intensidade de tráfego pedestre);

G5 – locais de utilização coletiva com circulação intensa. [11]

2.5.2.2. Classe w

A classificação de um local não comporta a letra “w” se o mesmo não for considerado local húmido e se a sua limpeza não for feita por via húmida. [11]

Locais que apresentem uma destas condições são classificados com a letra “w”:

- O piso pode ser molhado em consequência das condições correntes de utilização, contudo a água derramada não deverá permanecer durante longos períodos;
- A limpeza é efetuada, normalmente, por via húmida e a lavagem geral por lavagem com água.

2.5.2.3. Classe ws

Locais que apresentem uma destas condições são classificados como “ws”:

- O revestimento de piso pode estar permanentemente húmido (escoamento contínuo de água ou presença sistemática de água estagnada sem limitação de tempo);
- A limpeza diária e a limpeza geral são efetuadas com recurso a água abundante.

2.5.2.4. Exemplo de Classificação dos Locais

No seguinte quadro (Quadro 13) são apresentados exemplos de classificação dos locais de Edifícios de Habitação Unifamiliares quanto à classificação Gws.

Quadro 13 – Classificação dos locais quanto à classificação Gws [11]

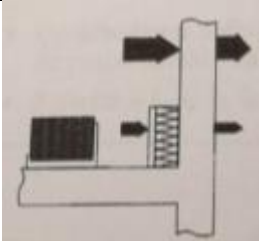
Ref.	LOCAIS	CLASSIFICAÇÃO
Compartimentos principais (locais secos) e circulações		
U1	Hall de entrada e circulações no r/chão	
U2	Zona de estar, sala de jantar ou compartimento em comunicação direta com a zona de estar	
U3	Compartimento em comunicação direta com o exterior	G2
U4	Compartimento destinado a atividades de carácter profissional	
U5	Escadas sem proteção no focinho do degrau	
U6	Compartimento sem comunicação direta com o exterior, quarto num piso elevado, arrumos, vestiário	
U7	Circulações num piso elevado	G1
U8	Escadas em que exista uma proteção no focinho de degrau independente do revestimento	
Compartimentos de serviço (locais húmidos)		
U9	Cozinha, canto de cozinha integrado na zona de estar	G2 w
U10	Local de máquina de lavar, casa de banho, duche e WC	G1 w
U11	Local de máquina de lavar, casa de banho, duche cu WC situados num piso elevado, em que o revestimento assente	G1 ws

2.5.3. Certificação ACERMI

A Certificação ACERMI, cuja responsável é a Association pour la Certification des Matériaux Isolants, aplica-se somente a isolantes pré-fabricados sob a forma de placas, painéis ou rolos, apresentando ou não revestimentos delgados com condutibilidade térmica (λ) $\leq 0,065$ W/m.°C e resistência térmica ($R=e/\lambda$) $> 0,5$ m² °C/W. [13]

O quadro a seguir (Quadro 14), caracteriza a resistência térmica em isolantes.

Quadro 14 – ACERMI - Resistência térmica [14]

R – Resistência térmica	
	• Caracteriza o poder isolante do material • Tanto maior quanto mais eficaz for o isolante térmico

Esta certificação permite que cada material de isolamento térmico adquira uma quantificação objetiva das diferentes propriedades. Podem ser constituídos por um ou mais isolantes, no entanto, produtos não homogêneos não podem ser certificados.

2.5.3.1. Graus de Certificação

Preconizam-se 3 graus de certificação:

Certificado A: certifica a resistência térmica real (**R**) e garante os níveis mínimos (I₁S₁O₁L₁E₁) de aptidão de utilização;

Certificado B: certifica a resistência térmica (**R**) e garante os níveis de aptidão de utilização (ISOLE).

Certificado C: certifica a resistência térmica real (**R**) e garante os níveis de aptidão de utilização (ISOLE). [14]

2.5.3.2. Níveis de Aptidão de Utilização

A aptidão de utilização pode ser caracterizada por cinco parâmetros:

I – Compressibilidade

S – Estabilidade dimensional

O – Comportamento à água

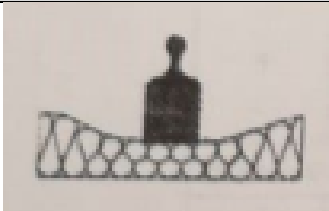
L – Comportamento mecânico

E – Permeabilidade a vapor de água

A fim de garantir a aplicação adequada do isolamento térmico, o perfil de adequação ao uso - ISOLE e a resistência térmica dos materiais de isolamento, **R**, são comparados aos valores mínimos exigidos para uma aplicação específica. Com esse propósito, a ACERMI oferece uma visão geral das possíveis aplicações e seus respectivos níveis mínimos de ISOLE, com base nas aplicações de isolamento mais

comumente utilizadas, apresentados em forma de quadros. Os 2 primeiros quadros (Quadro 15 e 16), caracterizam e apresentam os níveis para o parâmetro Compressibilidade.

Quadro 15 – ACERMI - Compressibilidade [14]

I - Compressibilidade	
	• Caracteriza a deformabilidade do material isolante • 5 níveis – I₁, I₂, I₃, I₄, I₅

Quadro 16 – Níveis de Compressibilidade [13]

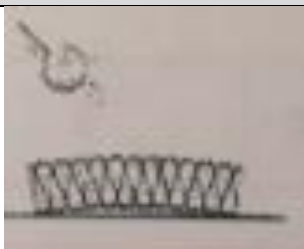
Nível	Deformação
I ₁	$\Delta e/e \leq 25 \%$
I ₂	$C \leq 12 \text{ mm}$
I ₃	$C \leq 3 \text{ mm}$
I ₄	$C \leq 0,5 \text{ mm}$
I ₅	$C \leq 0,3 \text{ mm}$

Em que:

- C [mm]: representa a perda de espessura após aplicação progressiva, por patamares (24 h), de uma pressão de 0,01 MPa até 0,04 MPa, conforme o NF P 75-301;
- $\Delta e/e$ [mm]: variação relativa de espessura sob pressão de 100 Pa, em relação a uma pressão inicial de 50 Pa, conforme NF B 20-101 (não são admitidos valores individuais superiores a 35 %).

Os quadros a seguir (Quadro 17 e 18) caracterizam e apresentam os níveis para o parâmetro Estabilidade dimensional.

Quadro 17 – ACERMI – Estabilidade dimensional [14]

S – Estabilidade dimensional	
	• Caracteriza a estabilidade das dimensões sob influência das variações de temperatura e de humidade, e de solicitações mecânicas • 4 níveis – S₁, S₂, S₃, S₄

Quadro 18 – Níveis de Estabilidade dimensional [13]

Nível	Exigências
S ₁	$ S_n + V_{HR} \leq 0,01 \text{ m/m}$
S ₂	$G \cdot S_n \cdot e \leq 400 \text{ P} \cdot \text{am}$
S ₃	$ S_r \leq 0,004 \text{ (*) m/m}$
S ₄	$(50 \cdot \alpha + V_{HR} + S_r) \cdot G \leq 15 \times 10^3 \text{ Pa}$
(*) sem valores individuais > 0,0045 m/m	

Em que:

- S_n [m/m]: retração ou dilatação natural relativa, a partir da saída da fábrica;
- S_r [m/m]: retração ou dilatação a 20 °C, após aquecimento a 70 °C durante 7 dias;
- V_{HR} [m/m]: variações dimensionais relativas em função da humidade relativa entre dois ambientes a 20 °C / 15 %HR e 20 °C / 90 %HR;
- α [°C⁻¹]: coeficiente de dilatação térmica linear;
- G [Pa]: módulo de elasticidade transversal, obtido conforme o NF T 56-118;
- e [m]: espessura do isolamento.

Nos quadros a seguir (Quadro 19 e 20) são caracterizados e apresentados os níveis do parâmetro Comportamento à água.

Quadro 19 – ACERMI – Comportamento à água [14]

O – Comportamento à água	
	• Caracteriza o comportamento à água, absorção de água e impermeabilidade • 3 níveis – O₁, O₂, O₃

Quadro 20 – Níveis de Comportamento à água [13]

Nível	Exigências
O ₁	• variação de espessura após humedificação parcial (*) < 7,5% • teor de humidade higroscópica (#) (% em peso) < 15 % • teor de humidade higroscópica (#) (% em volume) < 1,5 %
O ₂	não hidrófilo (+)
O ₃	• impermeabilidade à água em ensaio de absorção por gravidade (em 24 h) (o) • teor de humidade higroscópica (#), (% em volume) < 0.05 %

(*) projeção de um litro de água sobre um provete de $0,35 \times 0,35$ m e medição da espessura sob a ação de 50 Pa

(#) o teor de humidade higroscópico é obtido pela diferença entre dois ambientes: 15% e 90 %

(+) conforme NF P 75-305

(o) conforme NF P 75-302

Nos quadros a seguir (Quadro 21 e 22) são caracterizados e apresentados os níveis do parâmetro Comportamento mecânico.

Quadro 21 – ACERMI – Comportamento mecânico [14]

L – Comportamento mecânico	
	• Caracteriza o comportamento mecânico em coesão e flexão • 4 níveis – L₁, L₂, L₃, L₄

Quadro 22 – Níveis de Comportamento mecânico [13]

Nível	Exigências
L ₁	$RL > P$
L ₂ (*)	$D \leq 0,12$ m
L ₃ (#)	$R_t \geq 0,05$ MPa $A_r \geq 1,5$ %
L ₄ (+)	$R_t \geq 0,18$ MPa $A_r \geq 1$ %

(*) define o limite de inclusão na família dos isolantes semi-rígidos

(#) valores a satisfazer por pelo menos 95 % dos provetes

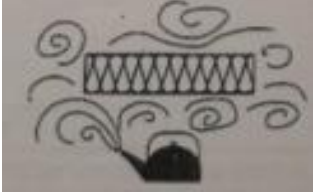
(+) valores a satisfazer por pelo menos 80 % dos provetes

Em que:

- R_L [N]: resistência em tração longitudinal;
- P [N]: peso de 10 metros para os produtos em rolo ou 3 painéis, com a mesma espessura e largura que os provetes de ensaio;
- D [m]: deformação por peso próprio (afastamento, em suspensão, de 0,35 m do provete em relação a um plano de referência);
- R_t [MPa]: resistência por tração perpendicular às faces;
- A_r [%]: alongamento à rotura.

Os quadros a seguir apresentados (Quadro 23 e 24) caracterizam e apresentam os níveis para o parâmetro Permeabilidade ao vapor de água.

Quadro 23 – ACERMI – Permeabilidade ao vapor de água [14]

E – Permeabilidade ao vapor de água	
	• Caracteriza a capacidade do material isolante de se opor à passagem do vapor de água (permeância)
	• 5 níveis – E₁, E₂, E₃, E₄, E₅

Quadro 24 – Níveis de Permeabilidade ao vapor de água [13]

Nível	Exigências
	Permeância - $Pe = \pi/e$ [kg/(m²·s·Pa)] (*)
E ₁	$Pe > 6,25 \times 10^{-10}$
E ₂	$1,25 \times 10^{-10} < Pe \leq 5 \cdot 6,25 \times 10^{-10}$
E ₃	$3,13 \times 10^{-11} < Pe \leq 1,25 \times 10^{-10}$
E ₄	$2,08 \times 10^{-12} < Pe \leq 5 \cdot 3,13 \times 10^{-11}$
E ₅	$Pe \leq 2,08 \times 10^{-12}$
(*) $1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) = 4,800 \times 10^8 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$ e espessura do isolante [ml]	

Na construção tradicional a escolha dos materiais de isolamento e as tecnologias de construção eram praticamente sempre definidas, a priori, em especificações prescritivas. No entanto, na construção moderna, a diversidade de materiais exige uma descrição do desempenho a atingir pelas soluções adotadas. É por isso, necessário conhecer as características dos produtos de forma a compatibilizar o desempenho exigível à solução.

A existência de um manual exigencial facilita a adequada seleção dos materiais, de uma forma prática. Este define as exigências a satisfazer por cada produto, de forma a cumprir o desempenho pretendido para a solução em estudo. [15]

No quadro 25 são dados exemplos de níveis mínimos de aptidão para isolantes térmicos em pavimentos segundo a classificação ISOLE, tendo em conta a sua localização.

Quadro 25 – Níveis mínimos de aptidão para isolantes térmicos em pavimentos segundo a classificação ISOLE [14]

Solução	I			S			O			L			E											
Pavimentos sobre espaços exteriores e interiores não aquecidos com isolante exterior																								
Teto falso com isolante na caixa de ar	1			1			1			1			2 – Escolas/ escritórios 3 – Habitações (não sobre ocupadas e corretamente ventiladas) 4 – Habitações (com ventilação reduzida)											
Isolante fixado diretamente ao pavimento (fixação mecânica)	1			1			1			2			1											
Pavimentos sobre espaços exteriores e interiores não aquecidos com isolante interior																								
Isolante interior entre a laje e o revestimento (prever situações de inversão de fluxo com para-vapor sobre o isolante)	3 – Carga ≤ 5 KN/m²			4 – 5 KN/m² < carga ≤ 10 KN/m²			5 – Carga > 10 KN/m²			1			2			2			2 – Escolas/ escritórios 3 – Habitações (não sobre ocupadas e corretamente ventiladas) 4 – Habitações (com ventilação reduzida)					
Pavimentos térreos																								
Isolante sob a laje armada (a aplicação do isolante ao nível de todo o pavimento é recomendável)	3 – Carga ≤ 5 KN/m²			4 – 5 KN/m² < carga ≤ 10 KN/m²			5 – Carga > 10 KN/m²			1			2			2			1			(pára-vapor sobre o isolante)		
Isolante sob a laje armada em câmaras frigoríficas (a aplicação do isolante ao nível de todo o pavimento é recomendável)	Respeitar NF P 75-401-1			1			2			2			1			1			(pára-vapor sob o isolante)					

3

CONSTITUIÇÃO DOS PAVIMENTOS

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordados os diferentes constituintes dos pavimentos de um edifício: tipos de estruturas de laje de acordo com a localização do pavimento, revestimentos de teto e piso, isolantes e outros elementos integrantes. A variedade de escolha é considerável e, portanto, é necessário saber escolher as melhores opções de materiais e técnicas utilizadas, de modo a determinar aquela que é a escolha ideal, tendo em conta o local e o propósito para o qual este será executado.

3.2. PAVIMENTOS

Entende-se como pavimento de um edifício, o elemento que cumpre a função de separar horizontalmente entre andares do mesmo edifício, apoiando os seus ocupantes, bem como tudo que nele se encontra.

Quando a este se encontra ao nível do solo ou apresenta a face superior localizada aproximadamente à cota do nível da rua, este é designado de pavimento térreo, sendo em certos casos elevado.

3.3. TIPOS DE ESTRUTURAS DE LAJE

3.3.1. PAVIMENTOS ELEVADOS

A escolha do tipo de laje está frequentemente relacionada com os métodos construtivos típicos de uma determinada região geográfica. Entre os diversos tipos e classificações de lajes disponíveis, alguns têm uma tradição maior de uso em projetos de construção convencionais.

Os principais critérios para escolher uma solução de laje são o tipo e magnitude das cargas que a estrutura enfrentará ao longo de sua vida útil, bem como as restrições arquitetónicas específicas do projeto. [16]

- **Funcionamento de uma laje**

Ao vencer um vão, partes de uma laje ficam à compressão e outras à tração. Na figura a seguir (fig. 3) é enumerada, simplificada, a constituição de um pavimento, bem como as zonas em que este se encontra à compressão ou tração. [17]

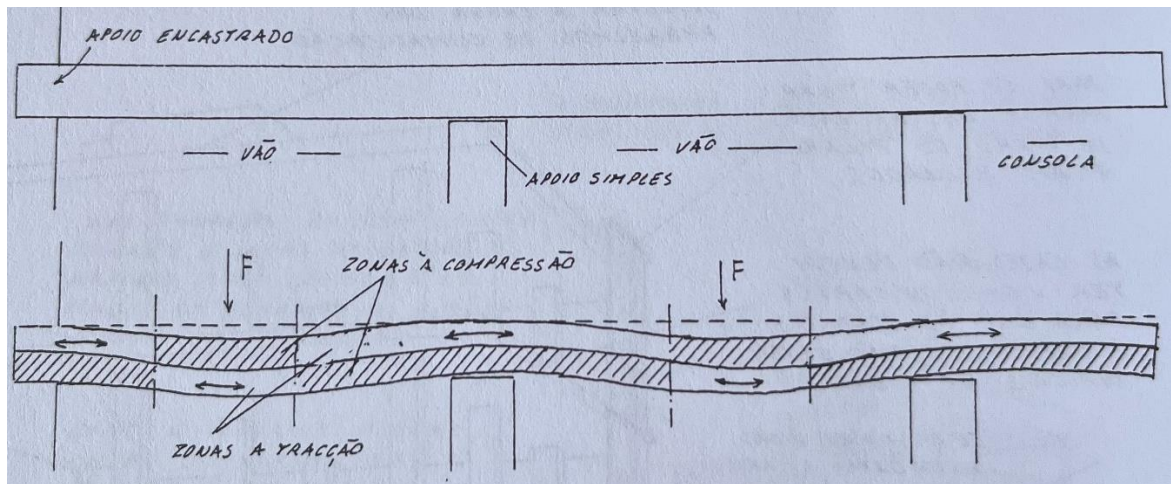


Fig.3 – Zonas de compressão e tração de uma laje [17]

Junto aos apoios a armadura sobe em diagonal, para contrariar a tensão diagonal (tração) que poderia provocar uma rotura nessa zona, tal como se observa na figura 4.

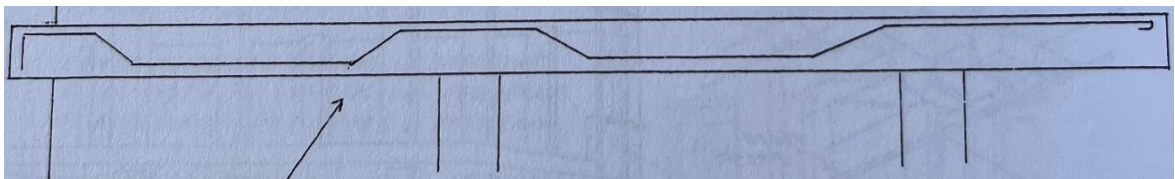


Fig.4 – Armadura numa laje típica de betão armado [17]

- **Funcionamento das lajes quanto à descarga dos esforços**

As lajes podem ser armadas numa ou 2 direcções (fig.5), consoante os esforços atuam numa direcção ou 2 (sobretudo quando a laje se aproxima de dimensões quadradas), respetivamente.

Transmitindo sempre as cargas às vigas pelo caminho mais curto. [5]

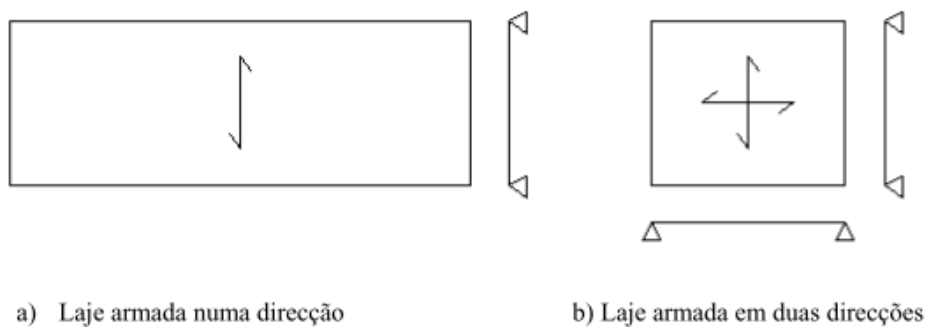


Fig.5 – Direcções de armação da laje [5]

- **Preocupações a ter na conceção de pavimentos elevados [17]**

As lajes devem ser:

- Leves:
 - Incorporadas com elementos leves ou ocos
 - Gasta-se menos betão e torna a estrutura mais fácil de calcular
 - Uma estrutura mais leve torna as secções dos pilares e fundações menores
- Delgadas:
 - Consegue-se construir mais pisos para o mesmo volume de construção
 - A inexistência de vigas ou de capitéis na parte inferior facilita a instalação de infraestruturas nos tetos
- Resistentes às sobrecargas:
 - Edifícios de habitação 2 KN/m²
 - Edifícios de escritório 5 a 6 KN/m²
- Capazes de vencer grandes vãos
 - Com menos pilares há uma maior liberdade para a utilização dos espaços
- Simples de executar
 - No trabalho do armador de ferro (uso de malhas eletrossoldadas)
 - Na construção da cofragem
- Rápidas de executar
 - Elementos pré-fabricados que reduzam a utilização de cofragem e betonagem em obra
- Económicas na utilização do aço
- Versáteis, podendo se executar:
 - Recortes
 - Consolas
 - Pendentes de telhados
 - Formas arredondadas ou oblíquas
 - Uma modulação pouco rígida
 - A eliminação de pilares nos pisos inferiores
- Bem acabadas na parte inferior
 - Sem irregularidades e com a possibilidade de introdução de pontos de luz
- Passíveis de executar com cofragens standardizadas fáceis de montar e desmontar
- Passíveis de se executar aberturas

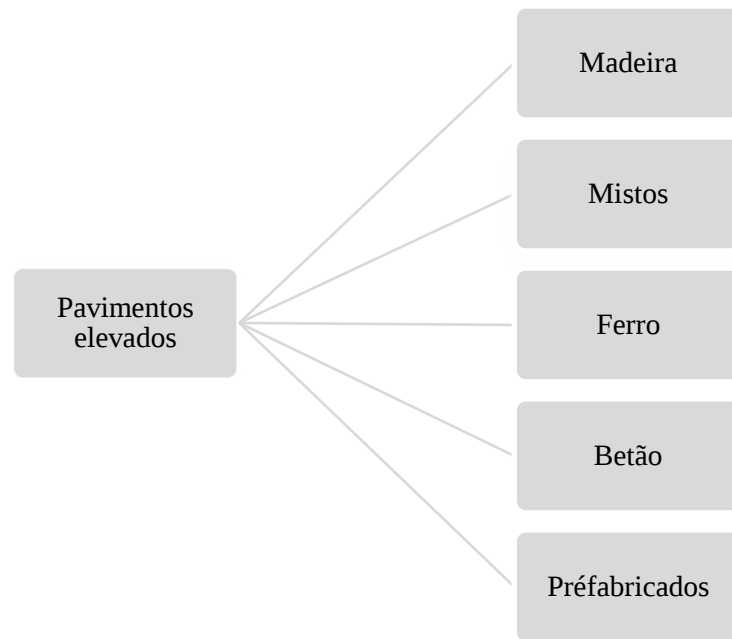


Fig.6 – Tipos de materiais de pavimentos elevados

3.3.1.1 Lajes em madeira

Na indústria da construção, a madeira foi utilizada em conjunto com outros materiais, como tijolos e pedras, de acordo com os avanços tecnológicos da época. Com o surgimento do betão armado no início do século XX, a madeira acabou perdendo espaço.

Apesar disso, em países como Estados Unidos, Norte da Europa e Japão, a madeira ainda é uma opção relevante para a construção de habitações. Recentemente, a indústria ligada à madeira tem ganho destaque como uma alternativa viável, impulsionada pela crescente preocupação ambiental, pelo surgimento de novos processos tecnológicos e pelo desenvolvimento de derivados da madeira que eliminam defeitos, como nós e fissuras, além de melhorar suas propriedades estruturais e físicas de acordo com sua aplicação específica. [18]

- Tecnologia tradicional

As soluções mais antigas caracterizam-se por tábuas de soalho sustentadas por vigas aplicadas transversalmente a estas. As vigas eram normalmente em pinho, com largura a variar entre 8 e 12 cm e altura entre 18 e 24 cm. A distância entre as vigas é normalmente de 40 a 60 cm, dependendo da distância entre as paredes em que serão apoiadas.

No caso de pavimentos em contato com áreas externas e não aquecidas, o método comumente utilizado é o da figura 7. Nos casos, de pisos intermediários entre duas áreas aquecidas, a camada de estuque tipicamente aplicada na parte inferior das vigas serve como isolante e também permite a criação de uma caixa-de-ar entre as ripas de madeira que seguram o estuque e as tábuas de soalho formadas na zona das vigas. [19]

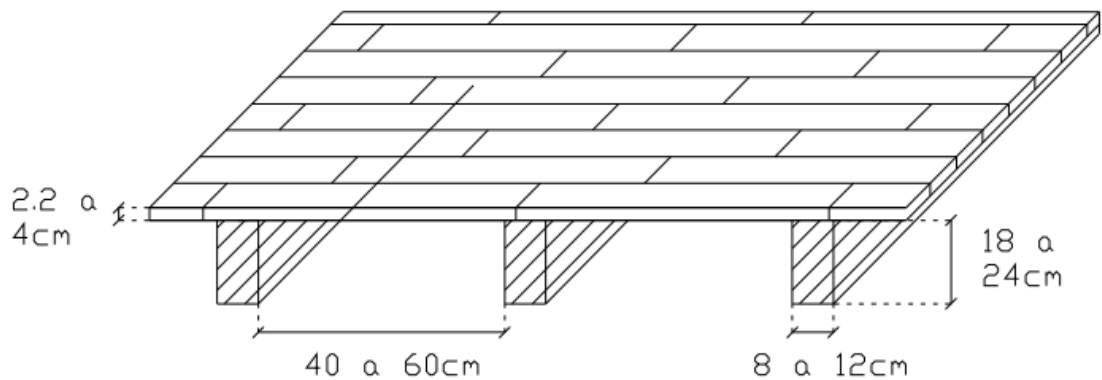


Fig.7 – Direções de armação da laje [19]

Estes pavimentos podem ser constituídos por 2 ou 3 níveis, tal como se verifica nas figuras 8.1 e 8.2, sendo que a sua organização estrutural depende da geometria do pavimento.

Em vãos pequenos as vigas apoiam-se diretamente nas paredes paralelas ao lado mais curto. No entanto, para vãos maiores, superiores a 5 metros, colocava-se uma viga mestra paralela ao lado maior que suporta as vigas secundárias.

A distância entre as vigas depende das sobrecargas existentes e do vão.

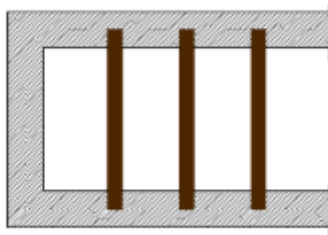


Fig.8.1 – Organização em 2 níveis [5]

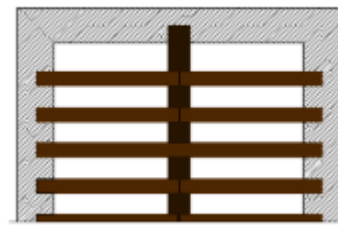


Fig.8.2 – Organização em 3 níveis [5]

A ligação entre as vigas secundárias e a viga mestra era feita, como por exemplo, pelos métodos apresentados na figura 9.

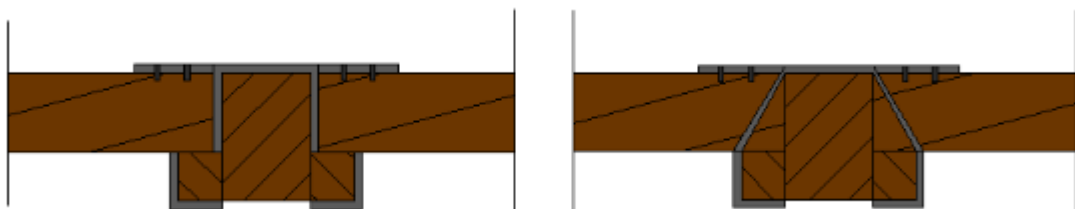


Fig.9 – Métodos de ligação das vigas secundárias com a viga mestra [5]

Os extremos das vigas são encastrados nas paredes da fachada, em até pelo menos 25 cm. [5]

- Pré-fabricação e Novas tecnologias

Nos sistemas pré-fabricados, os pavimentos geralmente consistem em vigas que são dispostas numa direção específica, determinando assim o sentido de transmissão das cargas. É semelhante ao uso de armaduras em uma laje de betão, embora haja exceções, principalmente em sistemas prefabricados que utilizam módulos de grandes dimensões, em que os painéis de madeira maciça ou de madeira lamelada colada suportam diretamente as cargas e as transmitem para as paredes verticais exteriores. [18]

CLT

Os painéis CLT (cross laminated timber) são painéis maciços pré-fabricados indicados para construção estrutural em madeira, conforme visualizado na figura 10. Estes são produzidos em grandes dimensões, formados por camadas alternadas de casquinha branca, coladas a vácuo com cola melamina classe E1. Esta composição confere a estes painéis uma grande estabilidade e resistência, tornando-os indicados para aplicação como componentes de pavimentos. [20]



Fig.10 – Painéis de CLT

Madeira lamelada colada

A madeira lamelada colada, também conhecida como Glulam, é um produto tecnologicamente avançado utilizado na construção de estruturas (fig.11), sendo composta por madeira de pinho nórdico proveniente de florestas sustentáveis.

As vigas de madeira lamelada são formadas por lâminas de madeira coladas entre si, sendo o corte realizado de acordo com as dimensões desejadas. A colagem pode ser feita com cola de resorcina (de cor escura) ou de melamina (de cor clara).

É um material aconselhado para a construção de estruturas de grande porte, sendo altamente versátil em termos de arquitetura, permitindo uma variedade de formas e a criação de estruturas com grandes vãos. [20]



Fig.11 – Vigas em Glulam [20]

Vigas I

As vigas em I são estruturas de madeira projetada em forma de "I", fortes e leves que atendem aos padrões de desempenho exigentes. As vigas em I são compostas por flanges superior e inferior, que resistem à flexão, unidas com almas, que fornecem excelente resistência ao cisalhamento. O material do flange é normalmente madeira laminada folheada (LVL) ou madeira maciça serrada, e o seu núcleo em OSB. A sua combinação robusta, de características estruturais resulta numa estrutura versátil e econômica que é fácil de instalar em projetos residenciais e comerciais leves. [21]

Na figura a seguir (fig.12) é apresentada uma estrutura composta com vigas I.



Fig.12 – Estrutura de pavimento com vigas I [20]

Principais vantagens:

- Laje de peso muito reduzido;
- Rapidez de montagem;
- Solução seca;
- Ausência de cofragem;
- Solução mais econômica que os sistemas tradicionais;
- Em projetos de reabilitação, evita a montagem de uma segunda estrutura para suportar a laje;
- Fácil manuseamento e colocação fácil;
- Ausência de meios de elevação pesada;
- Desmontável;
- Permite a passagem de condutas técnicas no meio da laje, já que as vigas podem ser furadas (até diâmetros de 175mm nas secções maiores). [20]

- Laje mista madeira-betão

Solução mista de reabilitação madeira-betão

Com a crescente necessidade de cumprir requisitos de segurança e conforto, esta é uma abordagem de reabilitação que não envolve apenas a substituição dos elementos do pavimento, mas que se concentra em preservar os materiais que possam interagir com os elementos novos. Esta abordagem de reabilitação, sistema misto madeira-betão, permite preservar a estrutura de madeira, enquanto melhora os parâmetros mecânicos do conjunto por meio da adição de um novo material, o betão, conforme representado na figura a seguir. [22]

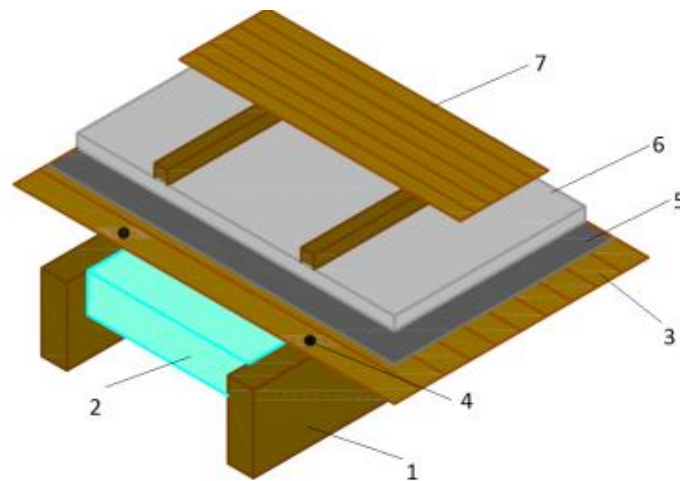


Fig. 2.11 -Tipologia típica de um pavimento misto madeira-betão. Legenda: 1. Viga de madeira; 2. Isolamento; 3. Soalho/cofragem; 4. Ligador; 5. Membrana impermeabilizante; 6. Laje de betão; 7. Revestimento de piso.

Fig.13 – Pavimento misto madeira-betão [22]

3.3.1.2 Lajes em ferro

- Pavimentos clássicos de ferro

Estes pavimentos eram inicialmente formados por vigas I de ferro laminado encastradas na alvenaria, com abobadilhas de tijolo maciço ou oco, colocando-se sobre estas uma camada de betão ligeiro, que recebe o pavimento. No entanto, este tipo de abobadilhas eram muito pesadas e não apresentavam a planeza necessária, pelo que a sua aplicabilidade era limitada. [5]

Sendo assim, foi necessário procurar novas soluções para resolver este problema:

- lajes formadas com placas de cerâmica de grandes dimensões apoiados na parte inferior das vigas, podendo-se utilizar ou não peças de ferro que servem para evitar a formação de fendas na face inferior da laje devido à heterogeneidade da superfície. (fig. 14 a);
- lajes formadas com blocos cerâmicos especiais (fig. 14 b);
- lajes formadas com uma primeira camada de placas cerâmicas para proporcionar superfície plana e outra camada em arco para reduzir esforços (fig. 14 c);
- por último, lajes com blocos de aligeiramento de betão leve, como por exemplo de pedra-pomes (fig. 14 d).

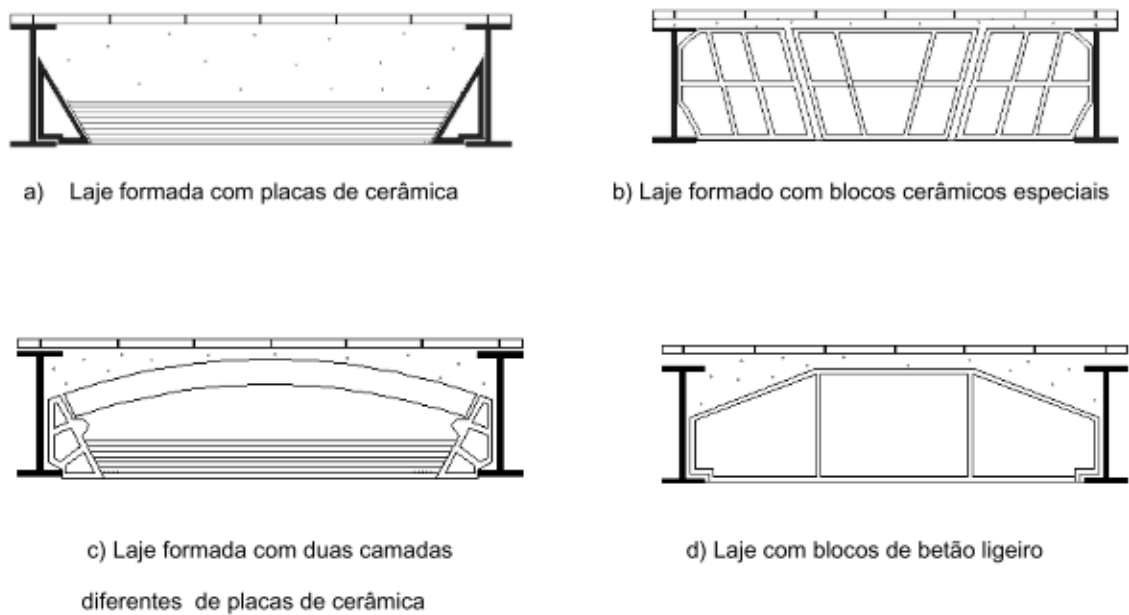


Fig.14 – Lajes com perfis de ferro e blocos de aligeiramento [5]

- Pavimentos com vigas treliçadas

Os pavimentos com vigas em treliça constituem uma solução a considerar para cumprir requisitos de leveza, rigidez e resistência, de forma a responderem melhor às exigências arquitetónicas.

Existe a possibilidade de colocar na sua constituição uma camada de betão complementar por cima das vigas. Esta tem a vantagem de aumentar a rigidez da estrutura, proporcionando uma maior aptidão para separar as várias plantas dos edifícios.

As vigas treliçadas apresentam apoios simples e nunca encastradas, sendo que estes devem ser estudados com cuidado, pois deles depende toda a estabilidade da estrutura.

Principais vantagens desta solução:

- estrutura muito ligeira, o que poderá significar um aligeiramento importante da estrutura de suporte (pilares e vigas), facilidade de transporte e colocação em obra;
- possibilidade de criar um espaço de ar entre a viga e face inferior da laje onde é possível colocar as canalizações de forma a ocultá-las;
- por se tratar de vigas préfabricadas permitem assegurar qualidade e a precisão do produto. [5]

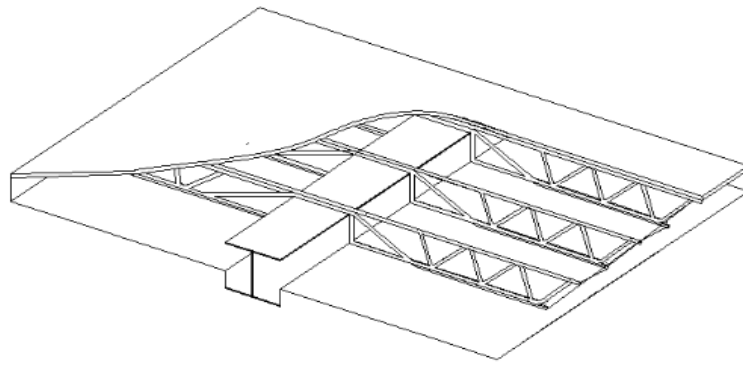


Fig.15 – Pavimento com viga treliçada [5]

- Pavimento de laje colaborante

O objetivo inicial do desenvolvimento deste tipo de laje era substituir as vigas de aço tradicionais por vigas mais leves e económicas. Através do ajuste da espessura da chapa, da altura das vigas ou da forma do perfil, é possível criar lajes com diferentes capacidades de carga e diferentes aplicações. Esta flexibilidade é uma vantagem significativa, uma vez que não era possível obter esta variedade de características nas vigas de aço clássicas.

Para reduzir as deformações na parte comprimida da chapa, é adicionada uma camada de betão, tal como se verifica na figuras 16 e 17, para absorver os esforços de compressão e evitar o colapso da chapa. Para melhorar a aderência entre os dois materiais, são criadas ranhuras na chapa, o que evita o deslizamento. Este sistema é caracterizado pela sua leveza e rapidez de instalação em obra. [5]

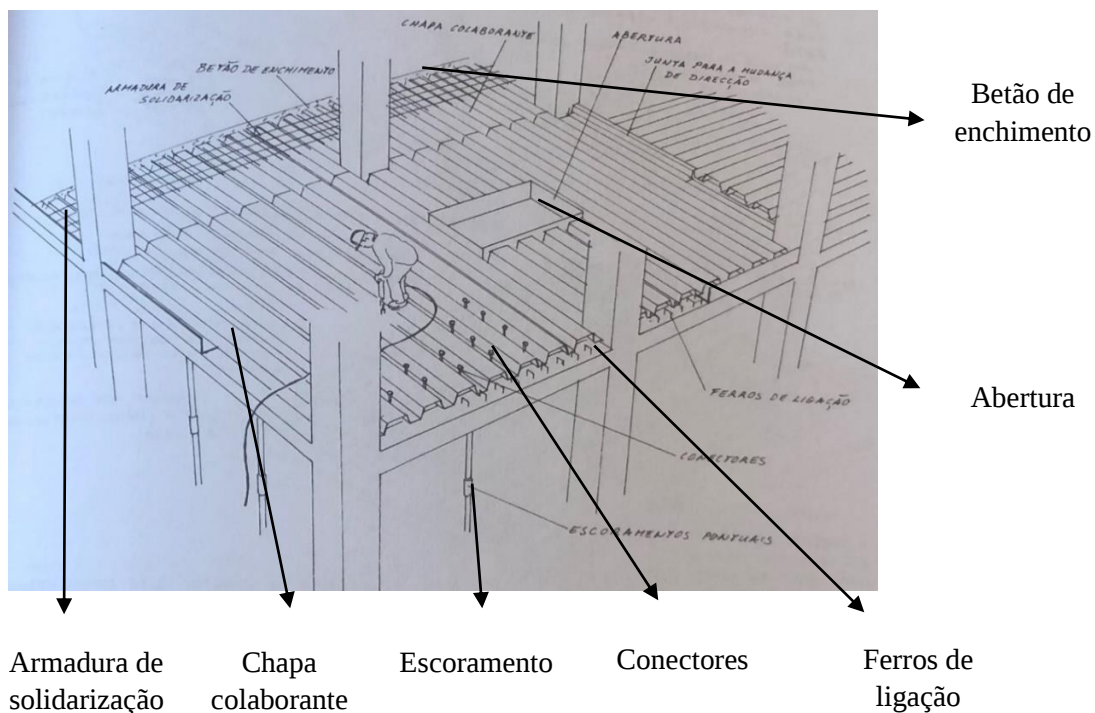


Fig.16 – Laje colaborante [17]

Tem como principais vantagens:

- rápida e pouco trabalhosa
- a chapa funciona como cofragem e armadura
- a chapa cria de imediato uma plataforma segura de trabalho
- a chapa funciona eficazmente como reforço à tensão
- a geometria da chapa permite poupar 30% de betão
- na parte inferior pode-se acomodar instalações

Função da malha eletrossoldada [17]:

- solidarizar o conjunto
- ajudar a distribuir as cargas
- evitar a fissuração durante a cura pela retração do betão

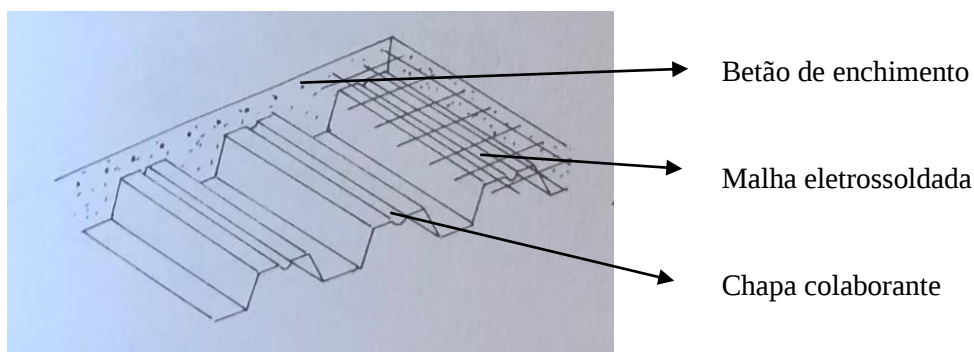


Fig.17 – Pormenor de uma laje colaborante [17]

3.3.1.3 Lajes em betão

O betão armado é o material mais utilizado na construção de lajes, apresentando uma grande evolução na busca de soluções para as tornar mais eficazes, diminuindo a quantidade de betão utilizada.

Existem, neste momento, muitas opções disponíveis para lidar com os diferentes problemas de construção.

A pré-fabricação foi uma das soluções que permitiu economizar mão-de-obra e tempos de produção, reduzindo substancialmente a complexidade das obras e aumentando a rapidez das mesmas. Esta mecanização de processos e o facto de se trabalhar com elementos construtivos já elaborados permite a eliminação de uma série de tarefas que nas obras são dificilmente mecanizáveis e que só com grande dificuldade podem ser realizadas ao mesmo tempo.

São a seguir descritos apenas os tipos de lajes mais importantes:

Lajes Maciças

Estes tipos de lajes são realizados exclusivamente com betão armado, no entanto a grande quantidade de betão utilizado, torna a construção pouco económica e pesada.

✓ Laje maciça sem vigas

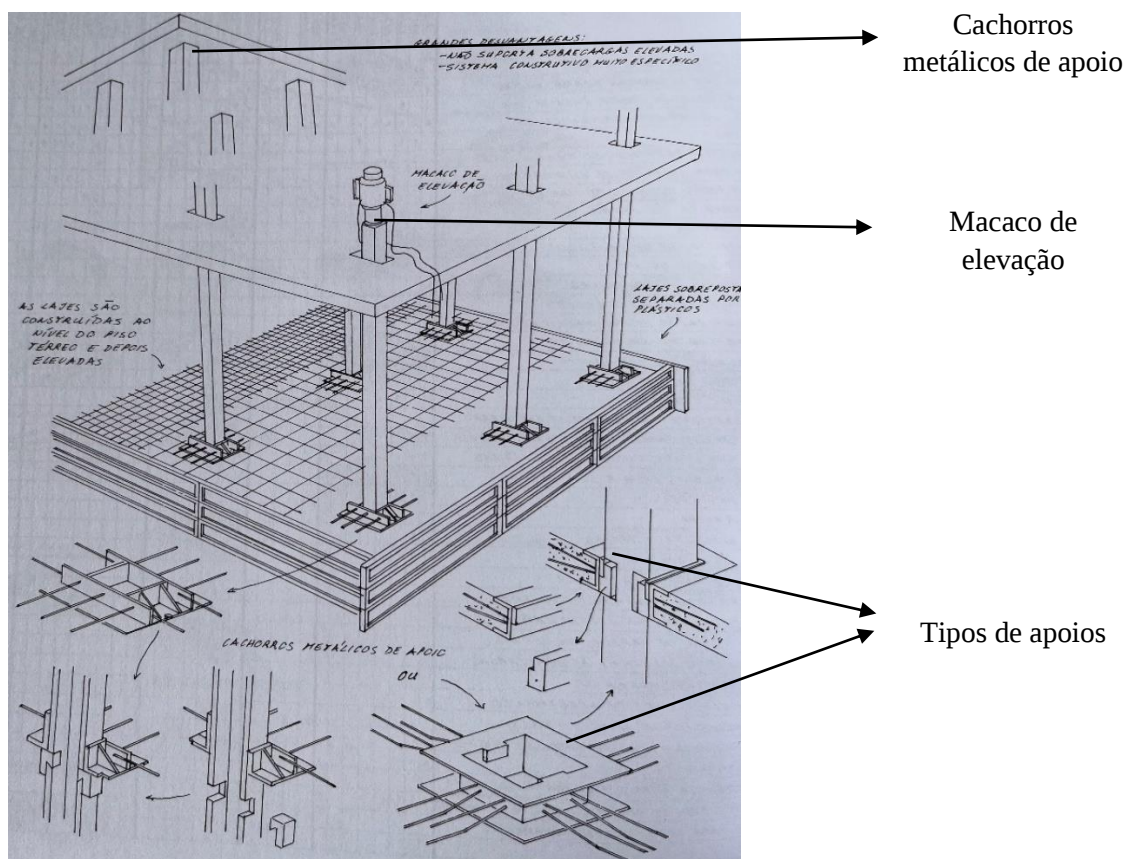


Fig.18 – Laje maciça sem vigas [17]

Têm como principais vantagens:

- não apresentarem vigas ou capitéis
- serem delgadas

Grandes desvantagens [17]:

- não suportam sobrecargas elevadas
- sistema construtivo muito específico

✓ Laje maciça com vigas embutidas

Na figura a seguir (fig.19), é apresentado um exemplo de uma laje com vigas deitadas, que posteriormente betonadas, ficam embutidas na laje.

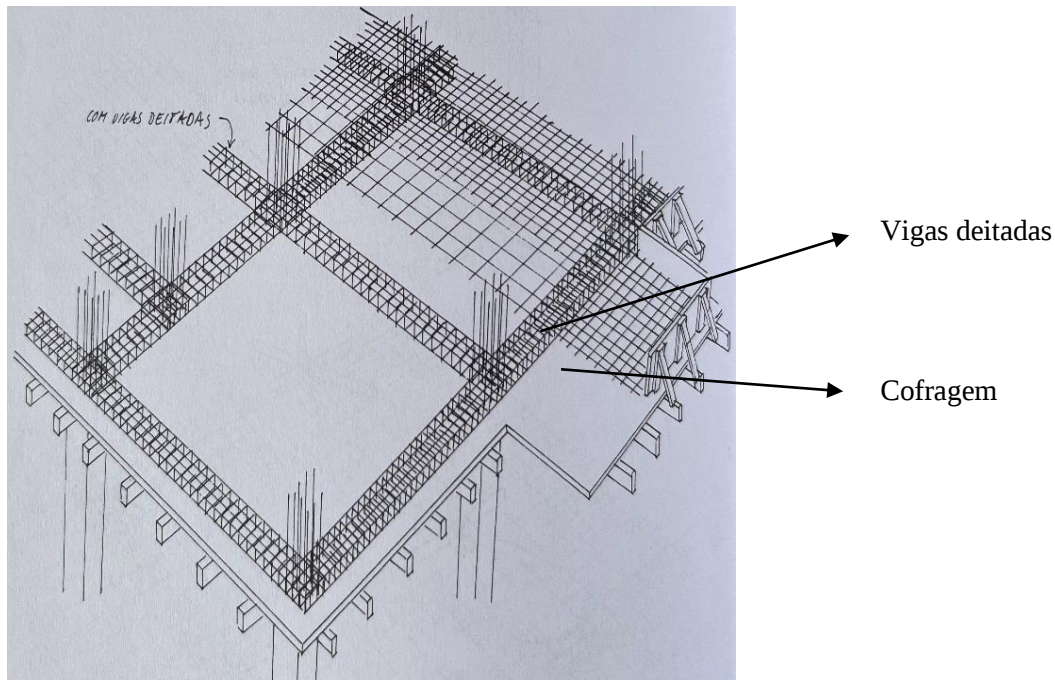


Fig.19 – Laje maciça com vigas embutidas [17]

Têm como principais vantagens:

- não apresentarem vigas ou capitéis salientes
- boa resistência a sismos

Desvantagens:

- peso elevado
- maior espessura da laje
- muito trabalho para fazer a armadura

Lajes fungiformes

A laje fungiforme é uma peça laminar com um comportamento estrutural muito particular. Esta laje é apoiada diretamente em pilares, geralmente armada nas duas direções, podendo ser maciça ou aligeirada. [23]

Existem várias soluções de lajes fungiformes, adequadas a diferentes soluções, quer do ponto de vista dos vãos a vencer, dos níveis e tipo de cargas a suportar quer ainda exigências do ponto de vista arquitetónico. [24]

✓ Lajes fungiformes maciças

Estas lajes constituem a solução mais económica para vãos desta grandeza e têm a vantagem de proporcionar tetos lisos. A sua vantagem económica resulta ainda na facilidade de execução e da menor incorporação de mão-de-obra em comparação com outras soluções (fig.20).



Fig.20 – Laje fungiforme maciça [24]

✓ Lajes fungiformes maciças com capitéis

Para maiores vãos ou cargas mais elevadas, necessita-se de maior espessura que a necessária para os esforços de flexão, para que sejam transmitidas as cargas verticais aos pilares. Para resolver este problema procede-se ao alargamento da secção do pilar na zona superior de ligação com a laje, tal como se verifica na figura 21.



Fig.21 – Laje fungiforme maciça com capitéis [24]

✓ Lajes fungiformes aligeiradas com blocos de aligeiramento perdidos

Com o objetivo de reduzir o peso próprio da laje, incorporam-se nesta blocos de aligeiramento, tal como se observa na figura 22. Correntemente na zona do pilar define-se uma zona maciça, para aumentar a resistência às forças de corte. [24]



Fig.22 – Laje fungiforme aligeirada [24]

Lajes com capitel

O capitel é um reforço aplicado na extremidade do pilar na região de contacto com a laje com a finalidade de reduzir o efeito do punçoamento. Uma desvantagem deste tipo de laje é a possibilidade de punção da laje que ocorre devido à concentração de tensões na ligação entre a laje e o pilar.

Este tipo de solução oferece diversas vantagens arquitetónicas e construtivas. Proporciona versatilidade no uso do espaço e um processo de construção simples e fácil de executar.

A figura a seguir (fig.23) apresenta um exemplo de laje com capitéis, onde são identificados alguns elementos do seu processo de construção.

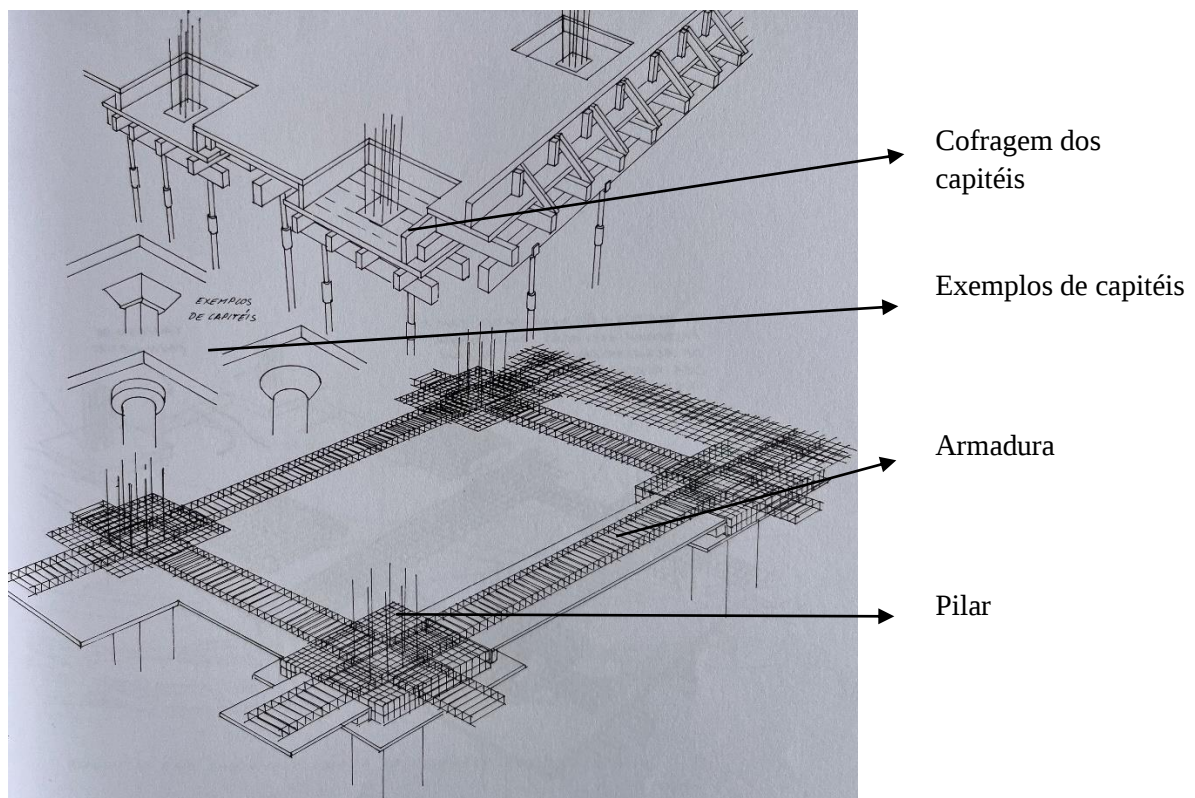


Fig.23 – Laje com capitéis [17]

✓ Capitéis negativos

A execução da camada de regularização, posterior aos capitéis, possibilita que estes sejam disfarçados, criando também espaço para a colocação de algumas instalações, como se verifica na figura 24. A cofragem fica facilitada, resumindo-se a uma plataforma contínua.

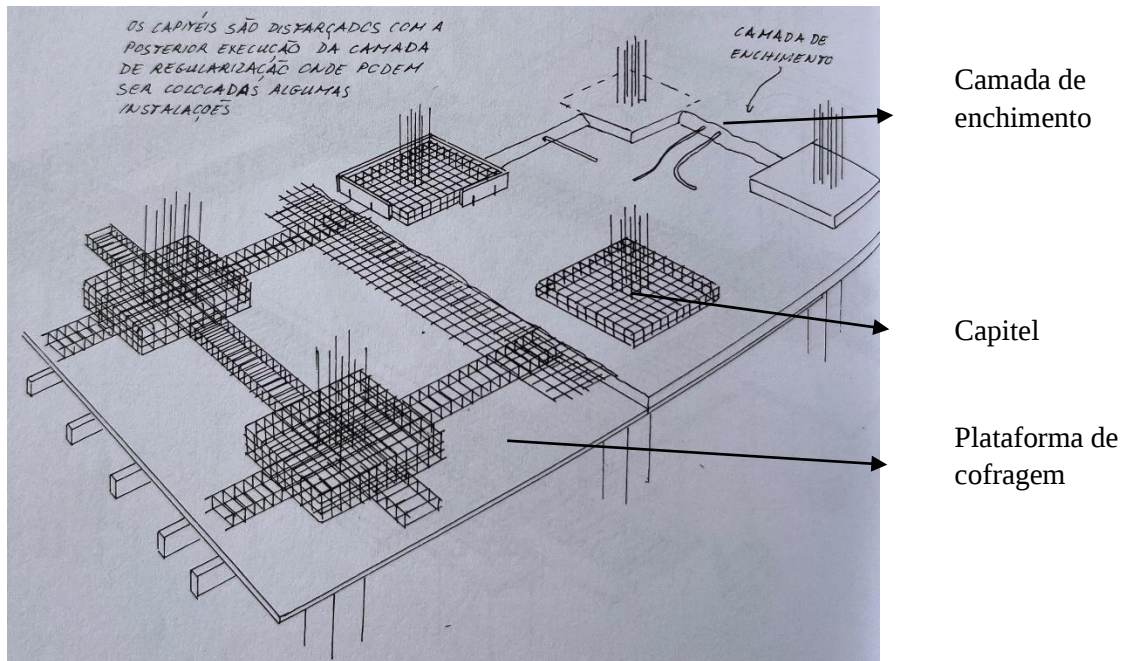


Fig.24 – Laje com capitéis negativos [17]

Soluções de Préfabricados

“Designam-se por pavimentos prefabricados aqueles, em cuja constituição intervêm elementos previamente fabricados” [25] , estes podem ser parcialmente prefabricados ou totalmente prefabricados.

São uma solução cada vez mais utilizada em Portugal, proporcionando reconhecidas vantagens, na economia de tempo, energia e recursos associada a uma elevada competitividade económica, qualidade das soluções e facilidade de processos construtivos.

Os principais sistemas de prefabricação existentes em Portugal são [5]:

- ✓ Pré-lajes;
- ✓ Sistemas de vigotas com elementos de aligeiramento;
- ✓ Lajes com vigas duplo “T”;
- ✓ Lajes alveolares.

Pré-laje

Os pavimentos de pré-lajes são constituídos por lajes préfabricadas de betão armado ou betão pré-esforçado de pequena espessura, contíguas, que funcionam como uma cofragem permanente do betão armado colocado “in situ”, formando juntos um conjunto solidarizado.

As pré-lajes são constituídas por uma armadura principal resistente e uma armadura de distribuição na transversal, sendo o seu funcionamento estrutural comparável ao de uma laje maciça com armadura resistente unidireccional. Para isso, é necessário garantir a aderência entre as pré-lajes e o betão complementar, o que é assegurado pela superfície superior rugosa da pré-laje e pelas armaduras complementares. [5]

Na figura a seguir (fig.25) encontra-se representada uma construção com painéis de pré-laje, bem como a identificação de alguns elementos da construção.

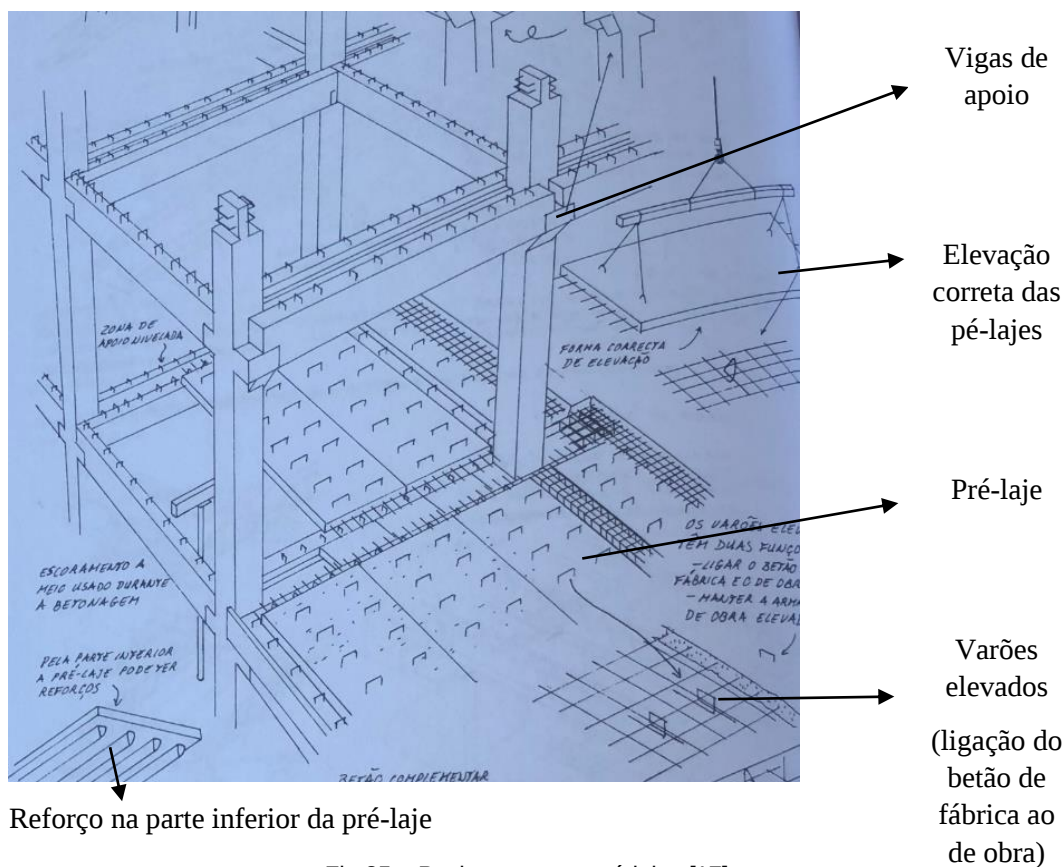


Fig.25 – Pavimento com pré-lajes [17]

Tem como principais vantagens:

- execução rápida e prática em obra
- sem necessidade de cofragem
- menos betão aplicado em obra
- menos trabalho de armadura em obra
- o betão aplicado em obra ao retrair durante a cura comprime o betão de fábrica tornando-o mais resistente
- bom acabamento inferior

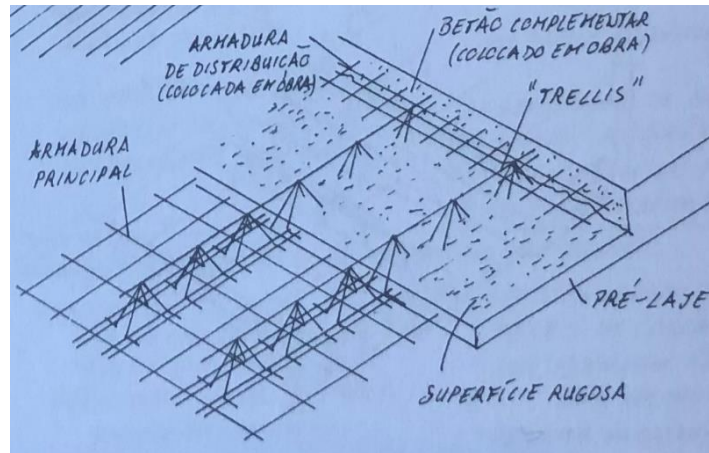


Fig.26 – Pré-laje [17]

Laje aligeirada

A laje aligeirada é um sistema realizado por combinação de vigotas dispostas paralelamente entre si, apoiadas por um escoramento provisório, e blocos de cofragem colocados entre elas, recebendo em obra um enchimento de betão armado, em camada contínua, com função resistente e de solidarização do conjunto, tal como se verifica nas imagens a seguir expostas.

Em termos de funcionamento estrutural pode-se comparar a uma laje com armadura resistente disposta numa só direção (unidirecional). [5]

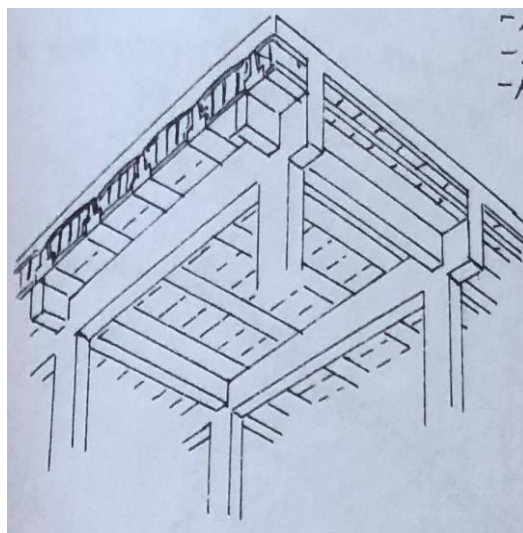


Fig.27 – Laje aligeirada [17]

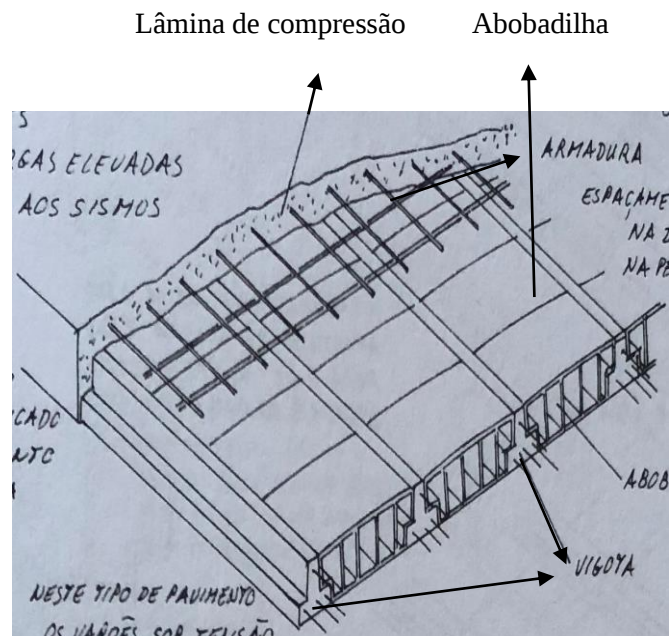


Fig.28 – Pormenor de uma laje aligeirada [17]

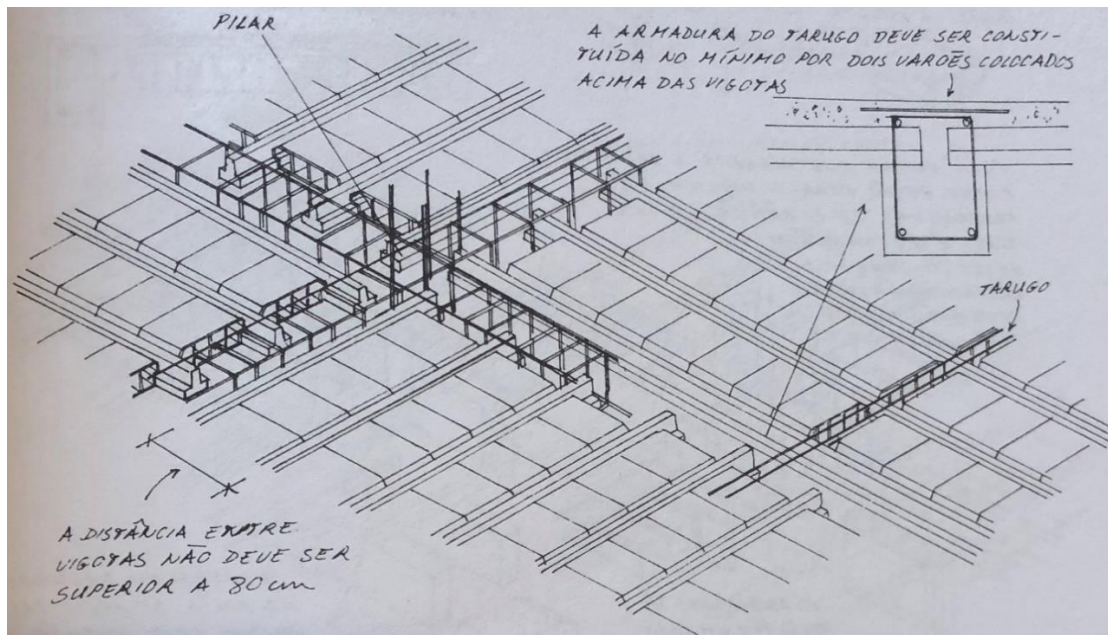


Fig.29 – Laje aligeirada sem betão complementar [17]

Tem como principais vantagens [17]:

- economia e ligeiresa
- facilidade de calcular
- pouco betão em obra
- armadura reduzida

Desvantagens:

- vigas salientes
- não suporta cargas elevadas
- menos resistente aos sismos

Laje alveolada

Os pavimentos alveolares consistem em pranchas pré-fabricadas de betão armado ou pré-esforçado, com uma secção vazada, disposto lado a lado e com espaços livres entre elas, onde é colocado o betão de solidarização, o pormenor da figura 31 é exemplo disso. Em Portugal, a maioria das lajes alveolares é feita com pranchas pré-esforçadas, sendo que estas pranchas podem ou não receber uma camada adicional de betão. Se receberem, a armadura de distribuição é colocada após o assentamento das pranchas, seguida pela camada de betão complementar, que serve para resistir e solidificar o conjunto. Essas características proporcionam uma estrutura funcionalmente comparável a uma laje de betão monolítica com armadura resistente unidirecional.

É corrente a execução, em obra, de furos com reduzida secção, para passagem de tubos de pequenos diâmetros ou cabos elétricos. [5]

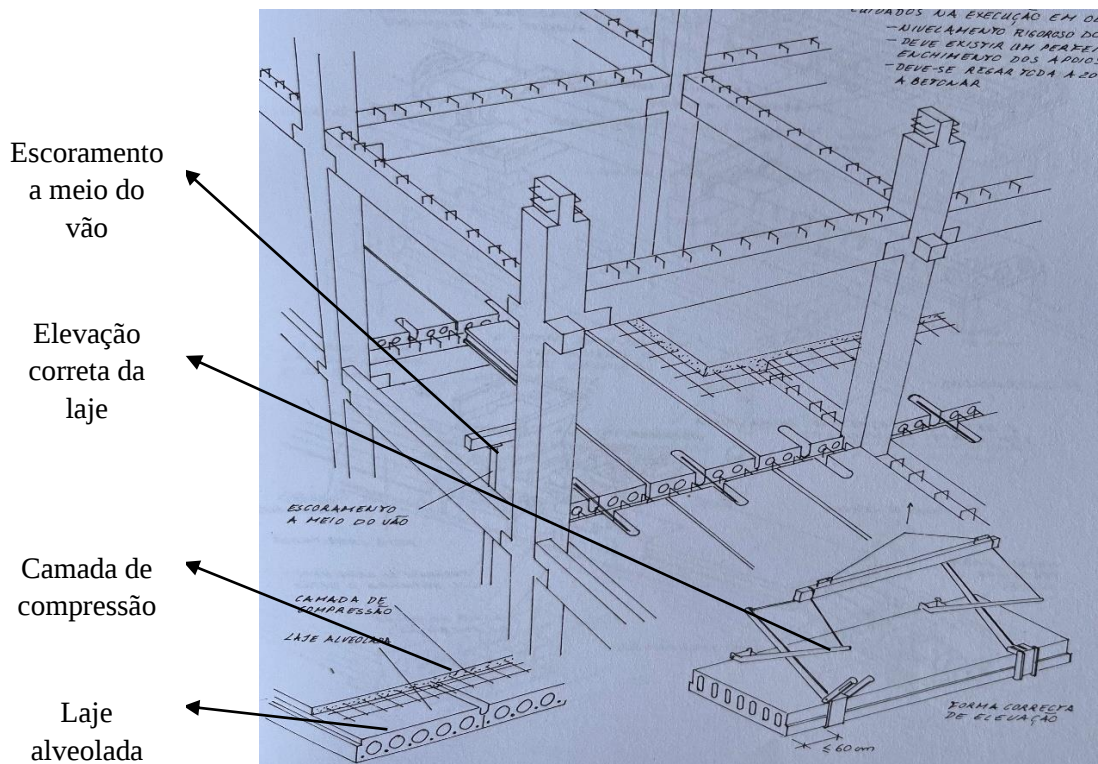


Fig.30 – Pavimento com lajes alveoladas [17]

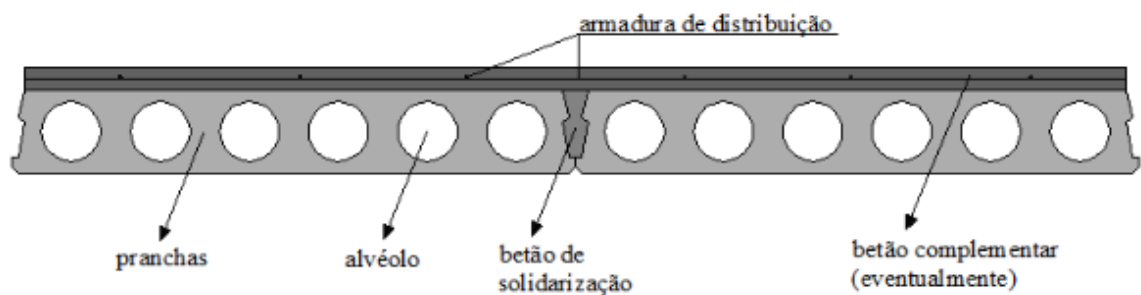


Fig.31 – Pormenor de ligação de 2 lajes alveolares [5]

Tem como principais vantagens [17]

- dispensa cofragem e escoramento
- tem um bom acabamento superior e inferior
- tem um menor peso em relação à altura devido aos vazamentos

Desvantagens:

- exige equipamento de elevação possante em obra
- por vezes podem apresentar curvaturas

Cuidados na execução em obra:

- nivelamento rigoroso dos apoios
- perfeito enchimento dos apoios

Lajes TT

Estas são compostas por elementos de betão pré-esforçado dispostos lado a lado, que possuem larguras entre 1,2 e 2,4 metros. A altura desses elementos pode variar de 0,3 a 1 metro. A escolha das dimensões adequadas depende das cargas, sobrecargas e vãos a serem suportados. Após a montagem das peças pré-fabricadas, uma camada de betão complementar é aplicada sobre elas, como se verifica na figura 32.

São especialmente recomendadas para vencer grandes vãos, podendo alcançar até 24 metros, e suportar cargas de utilização elevadas. Elas são utilizadas em centros comerciais, pavilhões industriais, estacionamentos, caves e coberturas planas. [5]

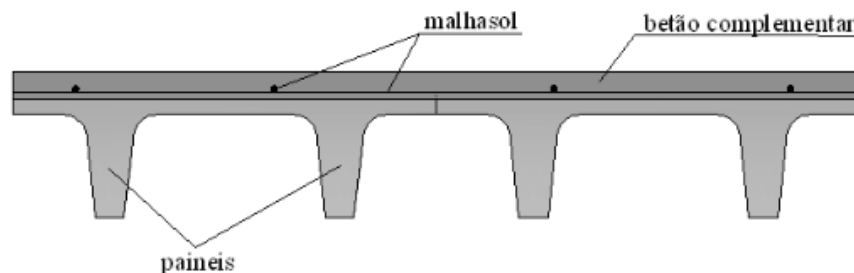


Fig.32 – Pormenor de ligação de 2 lajes TT [5]

Tem como principais vantagens [17]:

- dispensa cofragem e escoramento
- utilização imediata após montagem
- bons acabamentos superficiais
- em certos casos podem dispensar a camada de betão complementar

3.3.2 PISOS TÉRREOS

O piso térreo de um edifício é o nível mais baixo ou o primeiro andar do edifício, que geralmente fica em contacto com o solo.

É fundamental conhecer o tipo, características e comportamento do solo deste tipo de piso, pois, conforme as suas características (rocha, terra, areia, nível freático), será definida a sua composição por camadas e a definição dos métodos e soluções de impermeabilização a adotar.

O primeiro procedimento a realizar na elaboração do projeto de uma construção deverá ser a análise geológica do terreno onde esta será implantada, o que implicará a solução a adotar para o piso.

Para uma boa solução final é necessário aplicar corretamente 3 fatores:

- ✓ terreno;
- ✓ materiais;
- ✓ processo construtivo.

A realização de um piso térreo corretamente influencia o comportamento dos espaços contíguos, contribuindo para a qualidade e resistência dos revestimentos de piso a aplicar, bem como nas condições de salubridade do próprio espaço. [6]

Os pavimentos das habitações atuais podem apresentar a constituição da figura seguinte (fig.33):

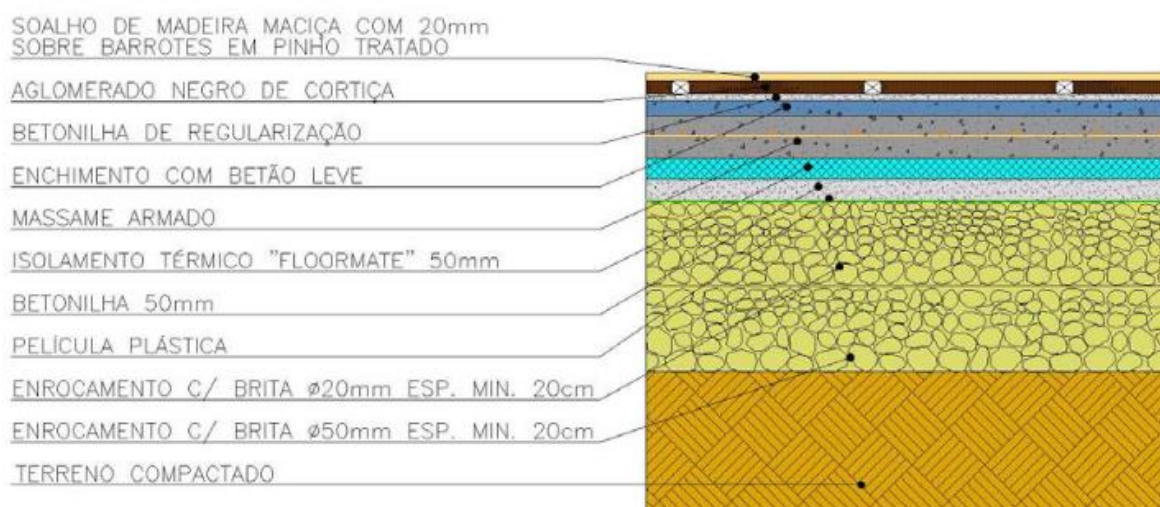


Fig.33 – Piso térreo de uma moradia unifamiliar [6]

Compactação do terreno

Primeiramente ocorre a escavação do terreno até a cota necessária para que caibam as diversas camadas de materiais que formam o piso. Seguidamente o terreno é calcado a maço ou a cilindro, se a superfície a pavimentar for grande, e devidamente regularizado.

Enrocamento

O enrocamento permite distribuir a carga superior dos massames ao terreno e evitar a ascensão por capilaridade da água, permitindo a drenagem do solo.

Sobre o terreno compactado, coloca-se uma camada de enrocamento de pedra arrumada à mão, um pouco mais alta do que o nível final pretendido para que, depois de devidamente regada e apertada a maço, fique com uma espessura média igual à indicada no projeto. Este poderá incluir a colocação de manilhas de betão para assegurar eventuais saídas de águas drenadas.

O enrocamento poderá ser constituído por duas camadas, sendo a primeira composta por pedra com cerca de 5 cm de diâmetro e a seguinte por pedra de 2 cm de diâmetro, também com o objetivo de criar um nível relativamente regularizado. [6]



Fig.34 a) e b) – Exemplos de execução do enrocamento [6]

Película plástica

A utilização de um revestimento plástico posicionado entre o enrocamento e o massame apresentará duas finalidades distintas: em primeiro lugar, impedirá que a argamassa do massame penetre no enrocamento, e em segundo lugar, evitará que a humidade ou outras substâncias nocivas presentes no enrocamento danifiquem o massame, em situações em que não haja outra camada de impermeabilização aplicada. Além disso, essa película também prevenirá que os movimentos do suporte sejam transmitidos ao revestimento.

Betonilha

A betonilha é uma mistura composta por cimento e areia, com espessura reduzida, que é normalmente utilizada para nivelar massames e funciona como um revestimento sobre uma superfície plana. Em alguns casos, ela pode servir como acabamento final para pavimentos. Se a betonilha for aplicada diretamente no solo, a camada precisará de ser mais espessa e incluirá brita na sua composição. [6]



Fig.35 – Betonilha tradicional

Isolamento térmico

- Poliestireno extrudido

Os painéis de poliestireno extrudido são fabricados especialmente para o isolamento térmico de pavimentos, uma vez que as perdas de calor pelo pavimento podem chegar a representar 20% das perdas térmicas totais. Possuem elevada resistência à compressão, são insensíveis à humidade e à água, e são resistentes ao apodrecimento ao longo da vida útil do edifício. Geralmente, estes painéis são instalados com juntas desencontradas e podem ser fixados por meio de processos de colagem a quente ou a frio, ou por meio de fixação mecânica. [6]



Fig.36 – Painéis de poliestireno extrudido [26]

- Lã de rocha

Os painéis de lã de rocha de alta densidade sem revestimento são fabricados especificamente para serem usados no interior de edifícios como isolamento térmico (e acústico) para pavimentos. São incombustíveis, não possuem capilaridade, apresentam bom comportamento em relação à absorção de água e possuem uma estrutura estável, imune à deterioração, não corrosiva e não é afetada por sais ou ácidos.

Massame

O massame é um tipo de betão simples ou reforçado, dependendo das cargas às quais o pavimento estará sujeito, com uma espessura média de 10 cm, que é utilizado como base para pavimentos diretamente assentes sobre o solo.

Se o solo for firme e seco, sem infiltrações, o massame pode ser aplicado diretamente, no entanto, pode-se introduzir uma fina camada de areia ou cascalho para evitar que, no caso de o solo possuir argila, esta se misture com a primeira camada de massa, impedindo que ela endureça.

O massame pode ser composto por diferentes materiais, como [6]:

- ✓ betão simples de cal, areia e brita;
- ✓ Cal hidráulica, areia e brita;
- ✓ Cimento, areia e brita.

Caso haja dúvidas quanto à confiabilidade do enrocamento e/ou do solo, ou se a utilização do pavimento exigir cargas superiores às normalmente encontradas em uma residência, será necessário reforçar o massame com uma malha de varões de aço eletrossoldada simples ou dupla (dependendo se os varões estão isolados ou agrupados em pares em uma determinada direção) para distribuir melhor as cargas por maiores zonas do enrocamento, evitando assim fissuras.

Betão leve

É um tipo de betão que é utilizado como enchimento, podendo ter como agregados argila expandida, esferovite ou granulado de cortiça. A sua função é constituir uma camada de forma como enchimento, como por exemplo, para passagem de tubagens (fig.38), evitando roços no massame, ou para proporcionar uma determinada inclinação. [6]

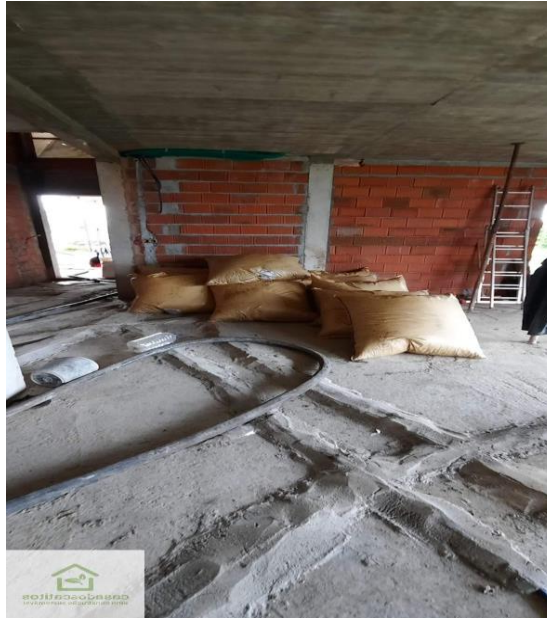


Fig.37 – Betão leve utilizado para tapar tubagens [27]

Elementos separadores

São elementos que se destinam a evitar o contacto das camadas impermeabilizantes com alguns materiais que formam as camadas consequentes ou subsequentes, podendo servir como elementos anti-punçoamento (antes da colocação terá de se verificar a inexistência de vestígios de pedras ou qualquer elemento perfurante).

- Camada de dessolidarização

O objetivo é salvaguardar o revestimento impermeável das agressões mecânicas, reduzindo a fricção e o esforço de punçoamento localizado. Para esse fim, pode ser composta por diversos materiais, como geotêxteis, filmes de polietileno, membranas betuminosas, camadas de areia, poliéster calandrado ou cartão betuminoso.

- Barreira pára-vapor

É um elemento aplicado na face quente do sistema termo-impermeabilizante, evitando a migração do vapor de água da zona quente para a zona fria com risco de condensar no interior do isolamento térmico, reduzindo-lhe as suas capacidades. [6]

As barreiras para-vapor mais utilizadas são:

- filmes de polietileno;
- membranas butílicas;
- feltros betuminosos;
- membranas com armadura metálica.

Manta geotêxtil

É feita de fibras sintéticas de polipropileno ou poliéster, projetada para drenar e resistir à deterioração causada por microrganismos. Ela é solta, aplicada diretamente sobre o suporte, com uma faixa de sobreposição de 10 cm.

Tem como propriedades hidráulicas: resistência à tração, alongamento na rotura, resistência ao rasgamento e espessura sob pressão. [6]

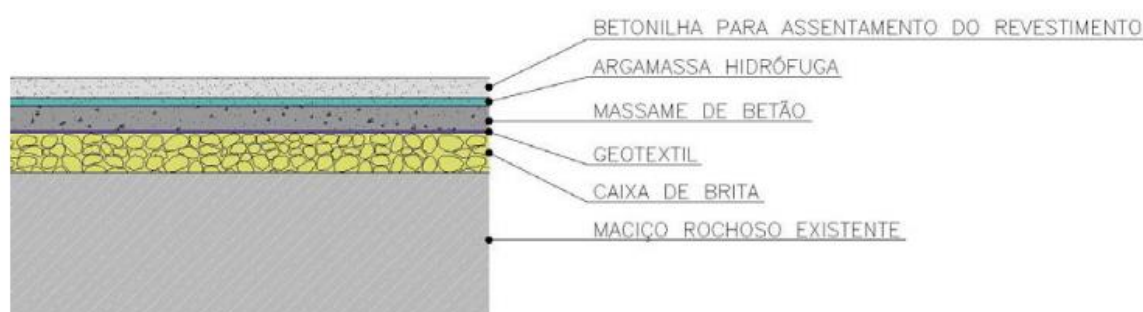


Fig.38 – Aplicação de manta geotêxtil [6]

Na imagem anterior (fig.38), foi aplicada uma camada de dessolidarização, constituída por uma manta geotêxtil, para que o massame não aglomere a brita usada no enrocamento.

Drenagem

Recomenda-se a instalação de um sistema de drenagem periférico ao redor das paredes das caves, tal como se verifica na figura 39, utilizando um geodreno, de modo a reduzir o nível freático no terreno. Esta medida é particularmente importante em pavimentos de grandes áreas, pois a pressão da água (impulsão) pode resultar no abaulamento do pavimento. Os drenos devem coletar as águas e direcioná-las para uma caixa de reunião (poço de bombagem), a partir da qual serão transportadas para um nível acima do coletor público que serve a área. É crucial evitar que as águas sejam descarregadas diretamente no coletor público, mesmo que sua cota permita, para evitar o alagamento da cave em caso de funcionamento em carga do coletor público. [6]

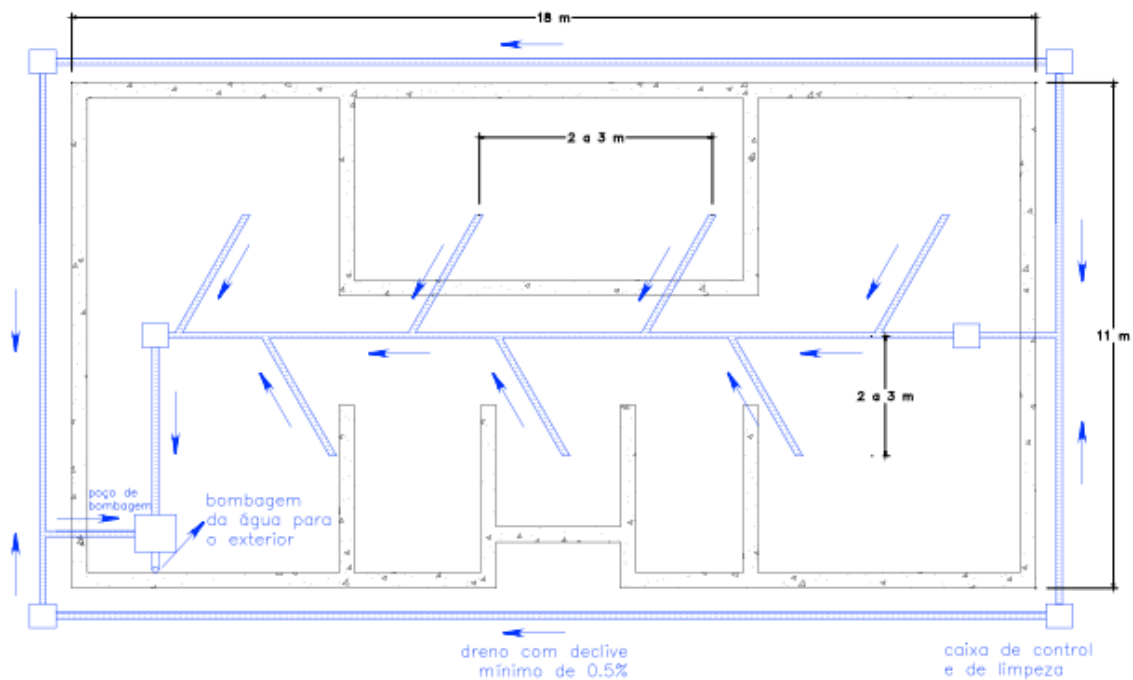


Fig.39 – Planta de uma rede de drenagem superficial, em solo com nível freático ao nível do pavimento [6]

Ensoleiramento geral

Um ensoleiramento é uma fundação superficial de grande extensão, em betão armado, que normalmente é utilizada como a fundação completa de uma estrutura. Essas fundações são projetadas por engenheiros quando as cargas da estrutura são elevadas ou quando as características do solo exigem que as sapatas ocupem mais da metade da área de implantação do edifício.

Quando as fundações estão situadas abaixo do nível freático, a impermeabilização da mesma torna-se importante. Deste modo, sendo os ensoleiramentos estruturas monolíticas, estas constituem barreiras de impermeabilização por si só que também resistem à impulsão provocada pelo nível freático devido ao seu peso.



Fig.40 – Ensoleiramento geral

Humidade ascensional

A humidade ascendente pode ser definida como o fluxo vertical de água que consegue ascender do solo - através do fenómeno da capilaridade - para uma estrutura permeável.

Neste caso, os pavimentos térreos são os mais afetados. A solução para esse problema será: para evitar a ascensão capilar, deve-se aplicar uma camada impermeável sob o pavimento. No entanto, ao criar uma barreira estanque sobre o solo húmido, impede-se a evaporação da água, o que pode resultar em um aumento da ascensão capilar nas paredes adjacentes. Portanto, ao executar uma barreira estanque nos pavimentos térreos, é importante também combater a ascensão capilar nas paredes. [28]

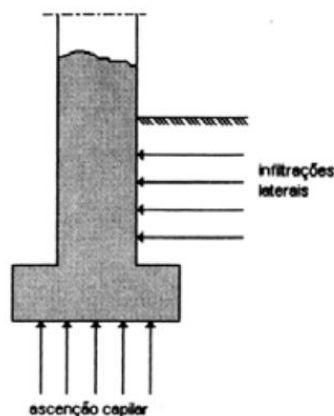


Fig.41 – Humidade ascensional [28]

No entanto, a melhor solução é mesmo a criação de um piso térreo com cave, esta ajuda a mitigar o problema das humidades ascensionais, proporcionando uma barreira natural de isolamento contra a humidade, protegendo os pavimentos e paredes acima dela, que resultam em manchas, deterioração dos materiais e desconforto ambiental. Aliada a soluções construtivas que permitam uma adequada ventilação da cave, geralmente por grelhas de ventilação, o que permite que haja evaporação nas paredes junto ao solo, impedindo que a migração da água pela parede se verifique.

3.4. PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS REVESTIMENTOS DE PISO

Existem diversas opções de revestimentos de piso disponíveis para serem utilizados em um pavimento. Todavia, é fundamental considerar o propósito para o qual o pavimento será utilizado, a fim de selecionar um revestimento que atenda adequadamente às necessidades inerentes a essa utilização.

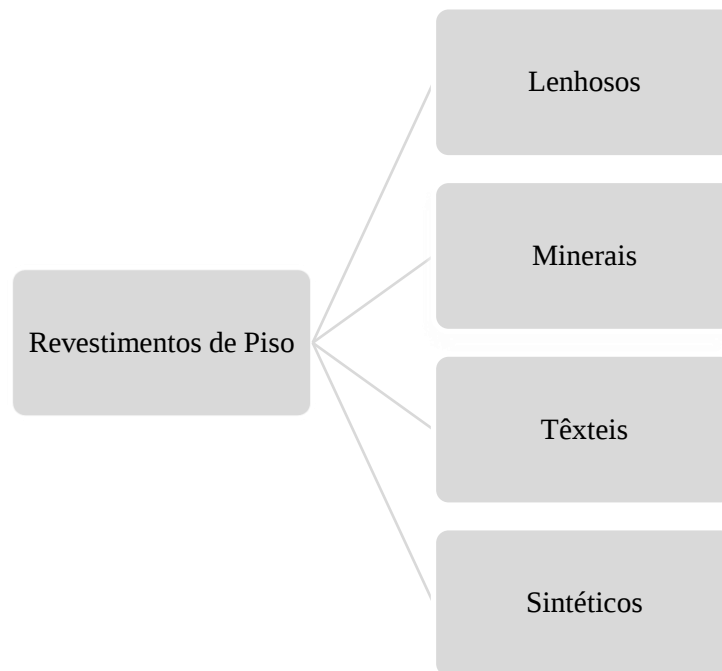


Fig.42 – Tipos de revestimento de piso

3.4.1. MATERIAIS LENHOSOS

Os revestimentos de piso lenhosos mais utilizados atualmente dividem-se em dois tipos: maciços e compostos (madeira e sintéticos). [12]

A madeira é um material de revestimento de piso versátil que pode ser aplicado de várias maneiras, com o objetivo de conferir uma aparência estética agradável e garantir uma durabilidade mínima de 10 anos sem a necessidade de intervenções. Existem diversas espécies de madeira disponíveis, bem como diferentes tamanhos de peças para uso como revestimento de piso. No entanto, é importante observar que nem todas as madeiras são apropriadas para revestimentos de piso ou para aplicação em determinados locais, especialmente em áreas que estão sujeitas a variações frequentes nas condições de umidade ambiental. [29]

3.4.1.1. Lamparquet

O lamparquet é um pavimento tradicional de madeira maciça, possuindo áreas retangulares com dimensões diversas, sendo a mais frequente de 300x60 mm, com espessura de 10 mm.

Este é colado diretamente ao suporte com cola à base de uma mistura de resinas sintéticas em solventes orgânicos e pode apresentar diferentes formatos de aplicação: corrido, espinhado, mosaico entre outros.



Fig.43 – Revestimento de piso em lamparquet [30]

3.4.1.2. Taco

Os tacos são feitos de madeira maciça, podem ser instalados em diferentes posições, dessa forma formam desenhos variados. As medidas de um taco podem variar entre largura – 70 a 90 mm, espessura, 17 a 22 mm e comprimento – 210 a 600 mm. Este material apresenta uma boa durabilidade e resistência. Relativamente ao sistema de encaixe verifica-se que pode existir o sistema macho e fêmea, designando-se por taco machedado, ou pode não apresentar nenhum tipo de encaixe, identificando-se por taco tradicional. O taco é colado diretamente sobre a camada suporte. [31]

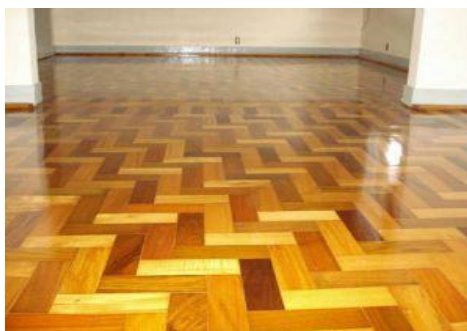


Fig.44 – Revestimento de piso com tacos

3.4.1.3. Soalho

O soalho pode ser composto por régua de madeira maciça (fig.45 a)) ou por lâminas de madeira (fig.45 b)).

Os soalhos são geralmente feitos de madeiras nobres, como o carvalho, o pinho, o mogno e o ipê, mas também podem ser encontrados em outras espécies de madeira. Eles são considerados uma opção de piso durável e resistente, que pode durar muitos anos se for bem cuidado.

Estas régua apresentam um sistema de encaixe designado de macho e fêmea que permite a junção de todos os elementos até se perfazer o piso. O sistema de encaixe pode ser integral (as régua ligam-se umas às outras por todos os lados) ou as régua ligam-se apenas em dois dos lados efetuando-se as restantes ligações com cola.

O soalho maciço pode ser pregado sobre um ripado de madeira que é fixado à camada suporte ou pode ser colado diretamente ao mesmo. [31]

Por sua vez, quando se trata de elementos laminados, normalmente aplica-se o sistema flutuante. As peças são fornecidas com a espessura exata, já com os vernizes e polimentos aplicados (permitem assim a imediata utilização). Em geral coloca-se uma película de polietileno ou de cortiça (camada resiliente) na sua interface, consoante especificação técnica do produto.



Fig.45 a) – Soalho de madeira [32]



Fig.45 b) – Revestimento de piso em soalho flutuante [33]

3.4.1.4. Painéis Compósitos – tipo “Viroc”

O Viroc é um painel compósito constituído por uma mistura de partículas de madeira e cimento designado de Cement Bonded Particle Board (CBPB). Este combina a flexibilidade e a durabilidade da madeira com a resistência do cimento, permitindo uma vasta gama de aplicações.

Apresenta uma aparência heterogênea, característica natural do produto. É produzido em diferentes cores, como se observa na figura 46. Pode ser calibrado ou lixado, uma vez calibrado, apresenta partículas de madeira visíveis na superfície. [28]

Os painéis compostos do tipo "Viroc" apresentam uma resistência notável contra impactos, fogo, humidade, variações de temperatura e fungos. Vale ainda ressaltar que também possuem boas propriedades de isolamento acústico para sons aéreos e de percussão. Eles são amplamente utilizados em projetos residenciais e comerciais e são uma excelente solução para remodelações e renovações, como a substituição de pisos de madeira convencionais em áreas húmidas, como cozinhas e instalações sanitárias. [31]

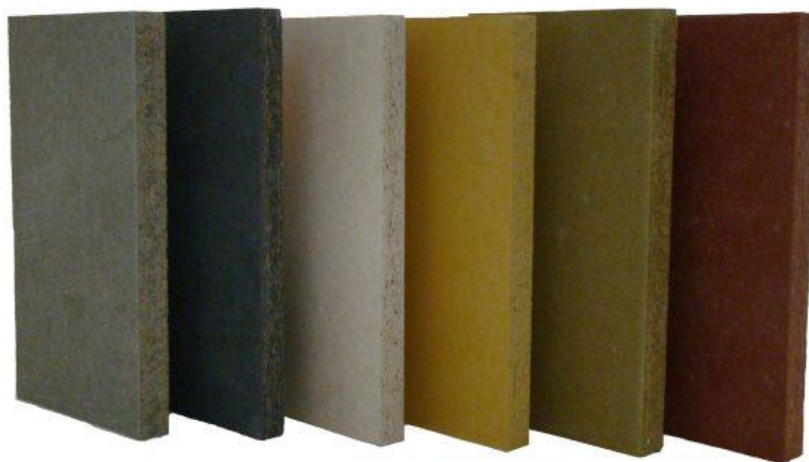


Fig.46 – Placas de Viroc

3.4.2. MATERIAIS MINERAIS

3.4.2.1. Ladrilhos cerâmicos

Os ladrilhos são produzidos a partir de uma mistura de várias matérias-primas argilosas, incluindo argila e caulino, juntamente com fundentes como areia e feldspato, entre outras substâncias. Eles podem apresentar diversos acabamentos, tais como natural, polido e vidrado. Os ladrilhos vidrados são normalmente decorados e requerem matérias-primas adicionais, como vidro e corantes.

Os principais processos de fabricação utilizados são a prensagem e a extrusão. No processo de extrusão, a pasta cerâmica pode ser preparada de forma seca ou semi-seca. No seguinte quadro (Quadro 26) encontram-se representados alguns dos diferentes tipos de materiais cerâmicos por processo de fabrico: [3]

Quadro 26 – Materiais cerâmicos e o seu processo de fabrico [3]

Extrudido

Grés Extrudido

Klinker

Terracota

Tijoleira Rústica

Prensagem a seco



Porcelânico



Grés Porcelânico



Pavimento de monocozedura



Revestimento de monocozedura



Azulejo

Elementos de fixação

Os sistemas de fixação deste tipo de revestimentos de piso evoluíram em consonância com o desenvolvimento dos produtos cerâmicos, estando disponíveis no mercado materiais de fixação por colagem como: argamassas tradicionais, cimentos-cola, colas. [3]

- Argamassas tradicionais

Mistura de cimento, areia, água e eventualmente adjuvantes, preparadas em obra.

Esta pode ser aplicada por 3 métodos:

- Aplicação de argamassa no tardo dos ladrilhos que deve cobrir toda a superfície e concavidades para a criação de uma melhor aderência. A argamassa de colagem deverá ter no final uma espessura de cerca de 10 a 20mm e deve proceder-se ao ajuste dos ladrilhos imediatamente após a aplicação (fig. 47). [3]

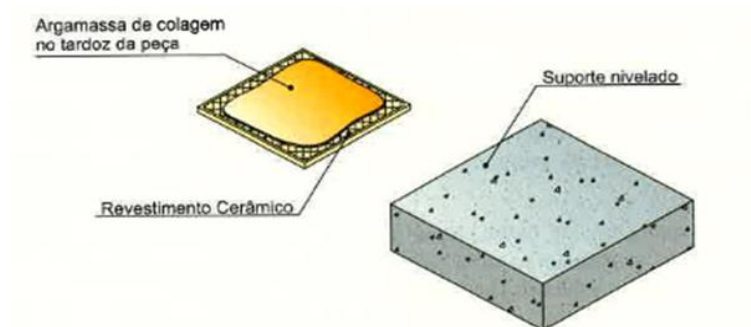


Fig.47 – Aplicação de argamassa no tardo do ladrilho [3]

- Aplicação pelo método semi-seco, a argamassa é espalhada sobre o suporte com um pequeno teor de água de amassadura com espessura cerca de 10% a 15% superior à desejada que será depois obtida por apiloamento da argamassa. Sobre a argamassa aplica-se uma calda de cimento ou um adesivo à base de cimento, com espessura de 2mm, seguindo-se a aplicação dos ladrilhos (fig. 48).

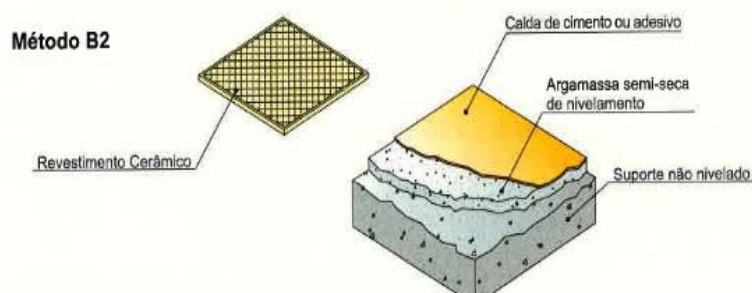


Fig.48 – Método semi-seco [3]

- Aplicação da argamassa sobre uma camada de separação, previamente instalada sobre o suporte. Esta pode ser constituída por uma folha de polietileno, uma camada de areia ou uma tela betuminosa. Sempre que possível devem utilizar-se espessuras de pelo menos 40mm seguindo mesmos procedimentos que os do método semi-seco. Caso não se verifique isso, a argamassa tem de ser mais fluida e finalizada com régua e talocha, espalhando-se de seguida a calda para assentar o ladrilho (fig.49). [3]

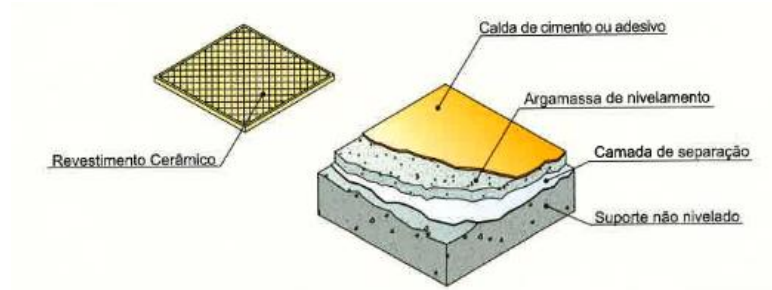


Fig.49 – Aplicação de argamassa sobre a camada de separação [3]

- Colas e cimentos-cola

Existem 2 técnicas de assentamento para este tipo de materiais:

- Assentamento do cimento-cola/cola diretamente sobre o suporte, sendo recomendada no caso de suportes rígidos (fig.50).

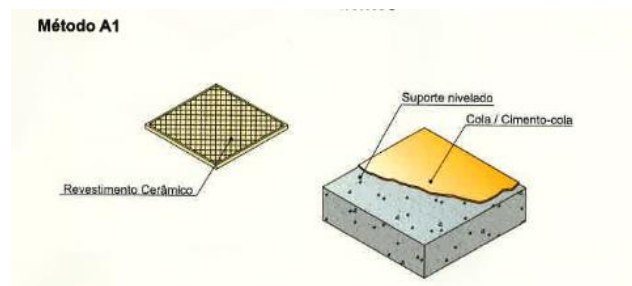


Fig.50 – Aplicação de cimento-cola/cola diretamente sobre o suporte [3]

- Assentamento do cimento-cola/cola sobre uma camada previamente instalada sobre o suporte existente, de forma a permitir pequenos ajustes (fig.51). [3]

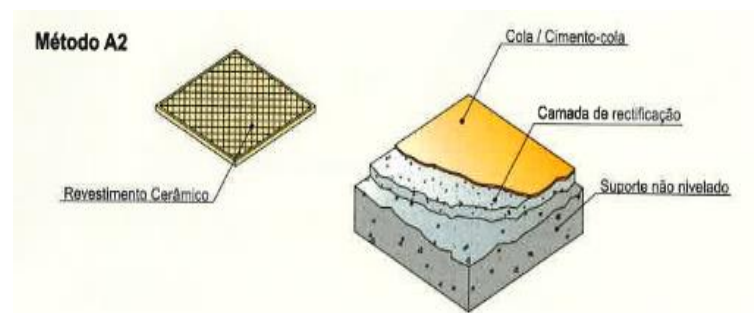
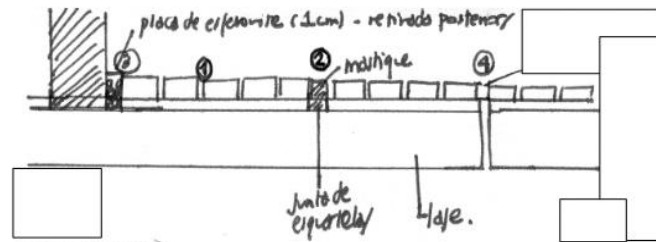


Fig.51 – Aplicação de cimento-cola/cola previamente [3]

Juntas

Designam-se por juntas todos os sistemas que interrompem a continuidade de uma estrutura. O bom funcionamento só é conseguido desde que seja possível o movimento de algumas das partes que a constituem. Esses movimentos são habitualmente de origem térmica (expansão e contração) e por ação de cargas concentradas e distribuídas.

Existem então 2 tipos de juntas, juntas de construção e juntas entre ladrilhos, sendo esta representadas na figura a seguir (fig.52). [3]



1. juntas entre ladrilhos (junta larga 8-10 mm; junta fina 1-2 mm);
2. juntas de esquadramento (interior $A > 36 \text{ m}^2$; terraços $A > 9 \text{ m}^2$);
3. juntas periféricas / de remate contra paredes (1 cm);
4. juntas estruturais / de dilatação (respeitar!).

Fig.52 – Tipos de juntas [12]

Juntas de construção – cuja finalidade é limitar o risco de levantamento e ruturas provocadas por movimentos estruturais (contração/expansão, flexão). [3]

Estas podem ser estruturais, periféricas ou intermédias, de acordo com os dados apresentados no quadro a seguir (Quadro 27) e exemplos das figuras.

Quadro 27 – Tipos de juntas de construção e suas características [3]

Tipos de juntas de construção	Dimensões	Posição	Construção
Estruturais	Largura $\geq$ junta de suporte	Imediatamente sobre e na continuação das juntas estruturais do suporte	Feitas em obra ou pré-fabricadas
Periféricas	Largura mínima de 5 mm	Nos limites da superfície revestida	Feitas em obra ou pré-fabricadas
Intermédias	Largura mínima de 5 mm	As áreas mínimas entre juntas devem ser especificadas, de acordo com o tipo de ambiente.	Feitas em obra ou pré-fabricadas

- Juntas estruturais

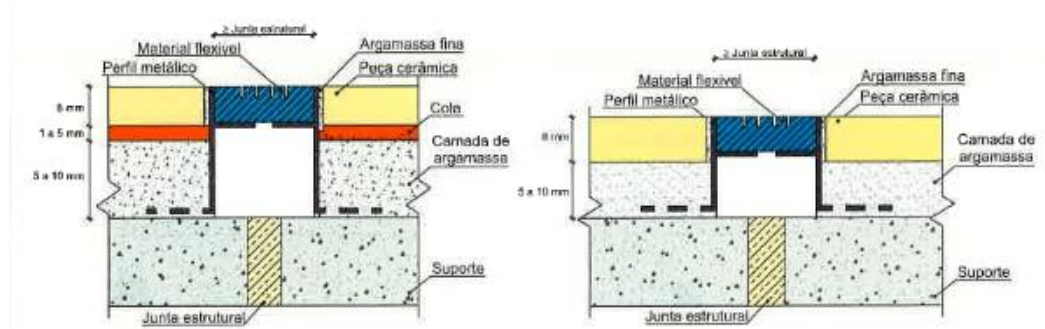


Fig.53 – Juntas estruturais [3]

- Juntas periféricas

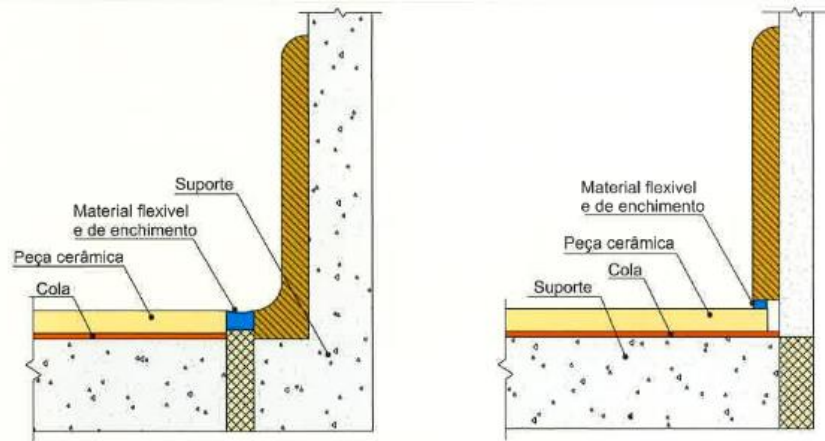


Fig.54 – Juntas periféricas [3]

- Juntas intermédias

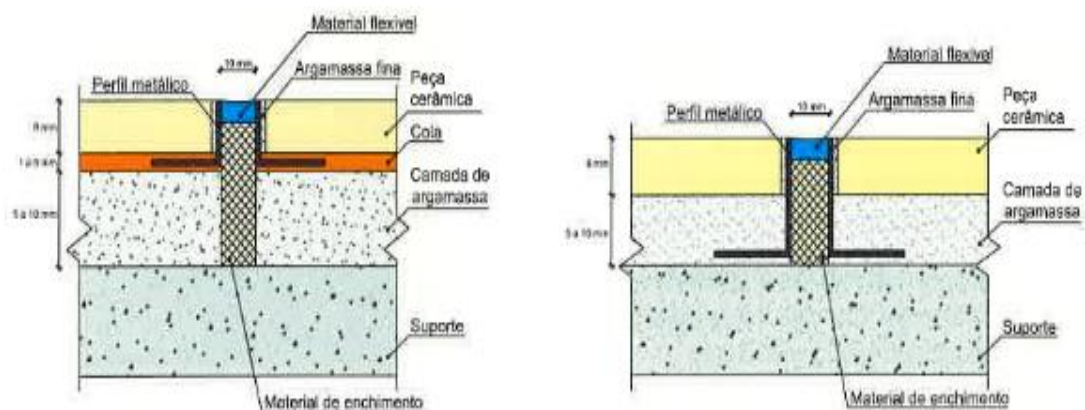


Fig.55 – Juntas intermédias [3]

Juntas entre ladrilhos – destinam-se a aplicações de refecho de juntas, têm em conta as tensões normais resultantes da aplicação de pavimento e o seu uso nas juntas permite atenuar tais tensões. [3]

Estas juntas são definidas pelo fabricante de acordo com as características dos ladrilhos, particularmente, a deformabilidade resultante das solicitações higrotérmicas e do tipo de aplicação prevista.

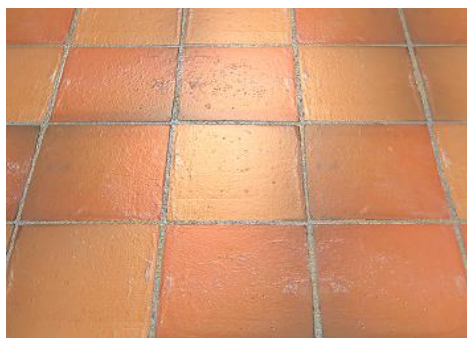


Fig.56 – Juntas entre ladrilhos

3.4.2.2. Pedras naturais

Os revestimentos de piso em pedras naturais oferecem uma opção durável e elegante para um visual sofisticado nas habitações. As pedras naturais como o mármore, granito, travertino e ardósia possuem uma beleza atemporal e oferecem características únicas, como resistência e durabilidade, tornando-se uma excelente escolha para ambientes com alta circulação de pessoas.

Existem várias classificações possíveis para pedras naturais, mas uma maneira comum de agrupá-las é pela sua origem geológica. Nesse sentido, podemos dividir as pedras naturais em três grupos distintos:

Rochas ígneas: são as pedras formadas a partir da solidificação do magma. O granito, por exemplo, é uma rocha ígnea muito comum em revestimentos de piso. Outros exemplos incluem o basalto, o gabro e o diorito.

Rochas sedimentares: são as pedras formadas a partir da deposição e compactação de sedimentos, como areia, argila e conchas. O calcário é uma rocha sedimentar muito utilizada em revestimentos de piso, assim como o arenito e o travertino.

Rochas metamórficas: são as pedras que se formam a partir da transformação de outras rochas por pressão e temperatura elevadas. O mármore, por exemplo, é uma rocha metamórfica que tem origem no calcário, enquanto a ardósia é uma rocha metamórfica formada a partir de argila ou sedimentos vulcânicos. Outros exemplos incluem o quartzito e o gnaisse. [34] [31]

Esses três grupos, resumidos na figura a seguir (fig.57) apresentam características distintas que influenciam em suas propriedades físicas e estéticas, tornando cada uma delas adequadas para diferentes tipos de aplicações em revestimentos de piso.

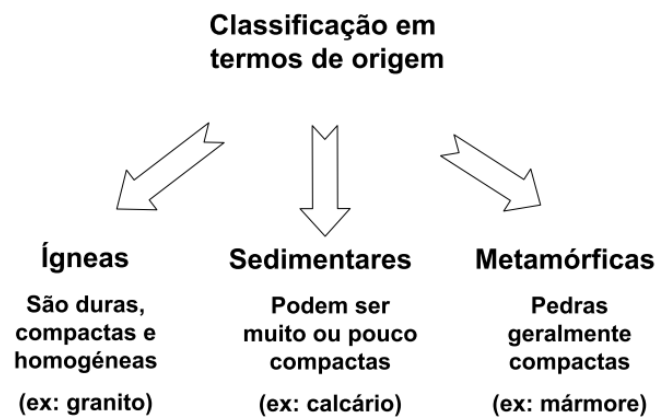
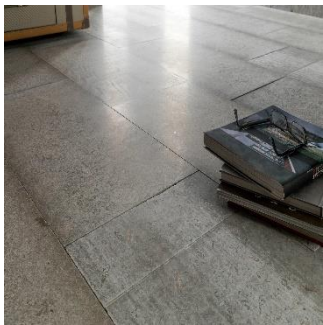


Fig.57 – Classificação das pedras naturais em termos de origem [12]

No seguinte quadro (Quadro 28) encontram-se representados alguns tipos de pedras naturais: [35]

Quadro 28 – Exemplos de pedras naturais

Mármore	
	Arctic White • Acabamento "clássico" ou "polido" • Espessura de 15 ou 20 mm
Calcário	
	Amsterdam grey • Acabamento jateado + corte com disco • Espessura de 14 mm

Travertino



Moka antico

- Acabamento envelhecido, antiderrapante e mate
- Espessura de 12 mm

Ardósia



Bhutan

- Acabamento envelhecido, antiderrapante e mate
- Espessura de 12 ou 20 mm
- -

Sistemas de assentamento

Na aplicação destes revestimentos não se utilizam, normalmente, argamassas tradicionais, utilizam-se cimentos cola de ligantes mistos e o método de colagem dupla. [12]

A aplicação da pedra natural em pavimentos interiores é feita sobre um suporte rígido como lajes de betão armado ou pavimentos térreos, devido ao peso considerável da pedra. Sobre esse suporte rígido, podem ser adicionadas argamassas de assentamento, bem como materiais de isolamento térmico e acústico. [1]

- Aplicação das placas de pedra natural

Primeiramente, deve-se estender o cimento cola sobre o suporte em panos pequenos, adequados às condições de temperatura e humidade atmosféricas (fig.58). Seguidamente, regularizar a superfície obtida com pente ou talocha denteada adequada à peça a aplicar. A peça a colar deve ser pressionada contra o suporte com o auxílio de um maço de borracha, até se obter o total esmagamento dos cordões do cimento cola.



Fig.58 – Aplicação de peças de pedra natural [12]

Com uma régua assente sobre as mestras e com um batedor de pega, vão-se batendo uma a uma todas as pedras até fazerem um pano regular entre si, ficando certas com as mestras (fig.59). [12]



Fig.59 – Batimento das pedras, formando um pano regular [12]

Concluído o pavimento, preenche-se as juntas com a mistura de cimento e cal, que se vai introduzindo sempre em pontos certos e não ao longo da junta, para que o ar possa sair (fig.60). [12]



Fig.60 – Revestimento em pedra natural concluído [12]

3.4.3. MATERIAIS TÊXTEIS

Os materiais têxteis para revestimentos de piso possuem diversas características vantajosas, apesar de não serem uma das soluções mais utilizadas ao nível de revestimentos:

- Oferecem uma sensação de conforto e aconchego ao toque dos pés
- Isolamento térmico e acústico
- São resistentes e duráveis, especialmente se forem escolhidos e instalados corretamente
- Variedade de cores e texturas
- Sustentabilidade, sendo vários feitos a partir de outros materiais renováveis ou reciclados

3.4.3.1 Alcatifa



Fig.61 – Revestimento em alcatifa [12]

As alcatifas são fixadas ao rodapé, ou seja, ocupam toda a área da divisão onde forem colocadas e são uma das formas mais fáceis de decorar ou renovar qualquer divisão. O piso em carpete é fabricado em diversas cores, texturas e materiais, no entanto, têm vindo a tornar-se num elemento decorativo menos popular nos últimos anos.

A sua aplicação pode ser por colagem ou a fixação mecânica (*grippers* – réguas colocadas junto ao rodapé). [12]

Na fixação por colagem, esta pode ocorrer total ou parcialmente, devendo ser aplicada uma cola específica para cada local, geralmente à base de emulsões acrílicas, e que cumpra as especificações do produto. [1]

3.4.3.1 Tapetes e passadeiras

Segundo a norma NP 2925 [36]:

“Tapete” – Cobertura têxtil de chão com formato predeterminado e de dimensões limitadas;

“Passadeira” – Cobertura têxtil de chão que se utiliza para cobrir, ao longo de todo o comprimento e de parte da largura, o chão de corredores e escadas.

Estes estão bastante associados à decoração de áreas de um edifício, existindo diferentes formas, cores e texturas em que estes podem ser aplicados.

São, na sua maioria, associados a outros tipos de revestimentos, sendo colocados na parte superior destes, sem qualquer tipo de fixação. As passadeiras colocadas nas escadas são exceção, devido à necessidade da sua fixação, evitado a ocorrência de escorregamentos. [1]

3.4.4. MATERIAIS SINTÉTICOS

3.4.4.1. Revestimento Vinílico [37]

Em seguida, serão apresentados os vários tipos de revestimentos vinílicos existentes no mercado nacional:

- Revestimento vinílico homogêneo

Este é constituído por uma ou mais camadas de material com a mesma composição e padrão, sendo que a sua espessura pode variar entre 1,5 e 2 mm.

Geralmente, o revestimento recebe um tratamento de superfície em poliuretano para facilitar a manutenção. Devido à sua homogeneidade, a sua camada de desgaste será igual à sua espessura total, garantindo assim uma alta resistência a diferentes tipos de desgaste. Além disso, não absorve as irregularidades da superfície de assentamento, tornando-as facilmente identificáveis na superfície do revestimento (por exemplo, fissuras na superfície de assentamento).



Fig.62 – Revestimento vinílico homogêneo [37]

- Revestimento vinílico compacto heterogêneo

Este é constituído por uma camada de desgaste e outras que diferem da primeira em composição e/ou padrão, podendo conter um reforço, normalmente em rede de fibra de vidro.

A espessura total pode variar de 2 mm a 3 mm, com a camada de desgaste tendo cerca de 0,7 mm de espessura. A camada de desgaste recebe geralmente um tratamento de superfície em poliuretano para facilitar a manutenção. Este revestimento oferece conforto ao pisar devido às propriedades de absorção das camadas inferiores, que são normalmente em espuma de PVC. Ele também melhora o conforto térmico e acústico do ambiente. A camada de desgaste é mais fina em relação aos pavimentos homogêneos, sendo que da mesma forma, não absorve as irregularidades da superfície de assentamento.

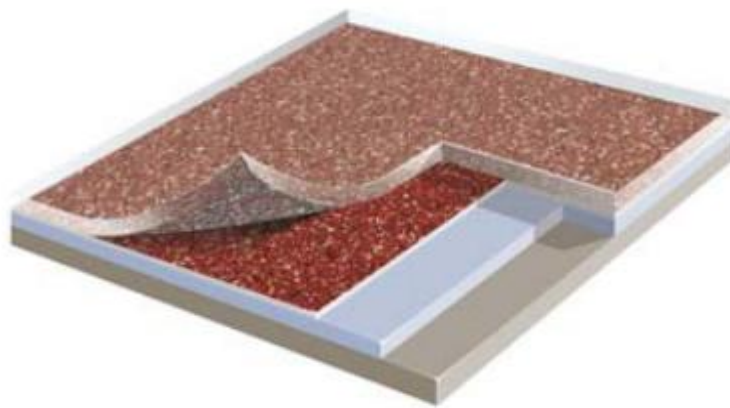


Fig.63 – Revestimento vinílico compacto heterogêneo [37]

- Revestimento vinílico heterogêneo acústico

O pavimento é constituído por uma camada de desgaste e outras camadas com diferentes composições e/ou padrões, podendo incluir um reforço em rede de fibra de vidro. A espessura total do pavimento pode variar de 3 a 4 mm, sendo que a camada de desgaste terá mais de 1 mm de espessura. Essa camada geralmente possui um tratamento de superfície em poliuretano (PUR) para facilitar a manutenção e pode incluir tratamentos bacteriológicos e anti-fúngicos. Este tipo de pavimento é frequentemente utilizado em áreas de alto tráfego e que necessitam de isolamento acústico, como hospitais, escolas e escritórios. Além disso, é confortável devido às propriedades de absorção de som das camadas inferiores, normalmente compostas por espuma de PVC, podendo reduzir o ruído em até 18 dB, dependendo do fabricante.

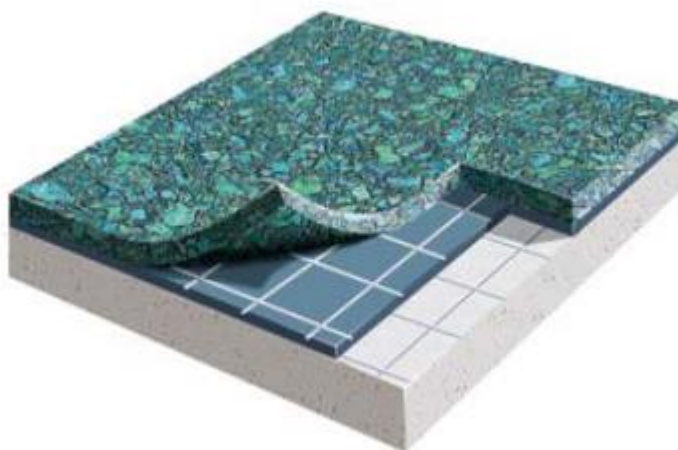


Fig.64 – Revestimento vinílico heterogêneo acústico [37]

- Revestimento vinílico heterogêneo de segurança

Este tipo de pavimento é formado por uma camada de desgaste e outras camadas que diferem da primeira em composição e/ou padrão, podendo conter um reforço de fibra de vidro. A sua espessura total pode variar entre 2mm e 3mm, sendo que a camada de desgaste possui uma espessura superior a 1mm. Para torná-lo antiderrapante, são incorporadas partículas de carboneto de silício, cristais de quartzo ou óxido de alumínio na camada de desgaste. Além disso, o pavimento possui um tratamento de superfície bactericida e antifúngico. É muito utilizado em locais de grande circulação, onde a segurança e higiene são imprescindíveis, como hospitais, cozinhas industriais e ginásios.

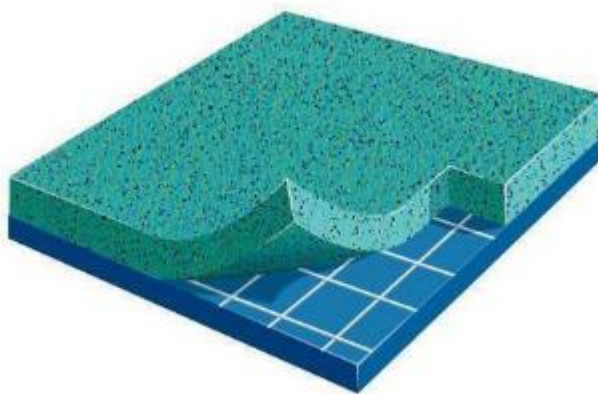


Fig.65 – Revestimento vinílico heterogêneo de segurança [37]

- Revestimentos vinílicos especiais

- a) Revestimento vinílico estático

São normalmente designados por dissipativos ou condutivos de eletricidade estática e são amplamente conhecidos internacionalmente como pavimentos ESD. Eles são pavimentos homogêneos projetados para garantir as mesmas propriedades em toda a sua área e espessura. Para se conectar à terra, eles utilizam bandas metálicas apropriadas em locais específicos. A espessura típica é de 2 mm e são utilizados em fábricas de componentes eletrônicos, laboratórios, salas de diagnóstico e, devido aos tratamentos bacteriológicos e anti-fúngicos, podem ser usados em salas de operações. Devido às suas especificidades, a aplicação desses pavimentos requer grande cuidado.

- b) Revestimento vinílico para zonas húmidas

Os revestimentos de piso recomendados para estas áreas podem ser do tipo homogêneo ou heterogêneo, ambos com superfícies antiderrapantes que contêm partículas de carboneto de silício, cristais de quartzo ou óxido de alumínio. Em muitos casos, apresentam relevos em forma de pitons para melhor aderência. Geralmente, a espessura total é de 2 mm e, como outros tipos de pavimentos, são tratados com soluções bactericidas e antifúngicas.



Fig.66 – Revestimento vinílico para zonas húmidas [37]

Aplicação do revestimento

Sendo o material vinílico o acabamento final e a “face” visível de todo o sistema de piso, deverá existir especial preocupação no seu manuseamento, aplicação e proteção antes da entrada em serviço. Assim para um melhor resultado, dever-se-á seguir as recomendações do fabricante.

Antes de assentar o revestimento, é fundamental assegurar que o suporte se encontra liso, seco, sem gretas (aplicar massa de regularização, se necessário) e limpo, o que pode ser feito por varredura ou aspiração (fig.67). É importante ressaltar que a limpeza com água é proibida. [12]



Fig.67 – Suporte completamente limpo e sem gretas [37]

Para evitar problemas durante a instalação, é recomendado que um planeamento cuidadoso seja realizado antes da aplicação do revestimento. Isso inclui a definição da direção das folhas na área de instalação para evitar a coincidência das juntas com portas, caminhos de trânsito principais, pias, entre outros elementos que possam comprometer a qualidade do resultado final (fig.68). [37]

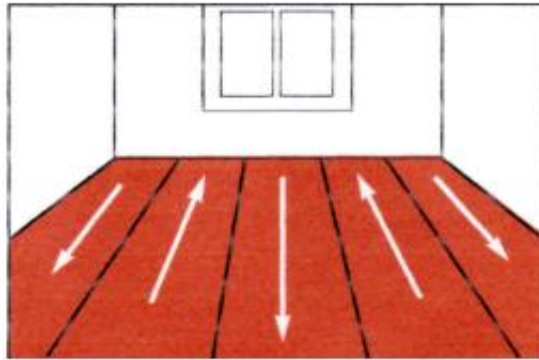


Fig.68 – Planeamento de aplicação das folhas de vinílico [37]

A temperatura ambiente deve ser mantida durante toda a instalação acima dos 18°C, assim como a humidade relativa no interior da sala deve ser de 50-60%.

Para aplicar o revestimento, pode-se utilizar cola em mosaicos ou em rolos. No entanto, atualmente a aplicação em rolo é mais comum e, por isso, será abordada aqui. Normalmente, é utilizada cola unilateral à base de resina acrílica em dispersão aquosa, embora possa haver variações dependendo do fabricante do revestimento.

A cola deve ser aplicada uniformemente com o auxílio de uma talocha dentada, sendo que a taxa de cobertura pode variar entre os 250 e 350 g/m², dependendo do tipo de cobertura, talocha utilizada e condições do substrato (fig.69).

Se a quantidade recomendada de cola não for aplicada, esta será incapaz de segurar o material no lugar. Por sua vez, se não se der tempo suficiente para a água ou solvente se evaporar, há o risco de provocar empoamento e descolagem, por evaporação tardia destes. [37]



Fig.69 – Aplicação uniforme da cola [37]

Logo após a aplicação do revestimento vinílico (exceto pavimentos acústicos), deverá ser utilizado um rolo metálico apropriado para o efeito chamado de “rolo prensa”, o qual prensa o reverso do revestimento contra a cola, garantindo também que não ficam bolsas de ar que causariam posteriormente empolamentos no material (fig.70).



Fig.70 – Aplicação do rolo metálico [37]

Após o revestimento vinílico ter sido colocado, é necessária a soldadura das juntas para evitar qualquer penetração de água. Estas podem ser soldadas a quente com cordão de soldar ou a frio com uma cola apropriada.

A soldadura a quente é necessária, principalmente, em zonas húmidas, pavimentos aquecidos, revestimentos condutores e áreas de segurança onde se exija resistência ao escorregamento, assim como todos os tipos de vinílicos em rolo. Esta proporciona uma fusão homogênea do material, garantindo uma estanquidade permanente e uma maior durabilidade do revestimento (fig.71). [37]



Fig.71 – Soldadura a quente [37]

A soldadura a frio é menos utilizada, portanto não irá ser abordada.

Efetuada algum trabalho após a instalação do revestimento vinílico, este deverá ser coberto para proteção (fig.72). Sendo importante evitar o tráfego pesado com rodas em um revestimento de pavimento recém-instalado, pois isso pode causar a dispersão da cola sob o revestimento. É recomendado que se aguarde um período antes de permitir esse tipo de tráfego na área para garantir a aderência adequada do revestimento. [37]



Fig.72 – Proteção do revestimento de piso [37]

3.4.4.2. Revestimento Linóleo

O linóleo é um tipo de revestimento de piso resiliente feito a partir de matérias-primas naturais e renováveis, tendo como principal componente o óleo de linhaça. Disponível numa variedade de texturas, cores e padrões, ele oferece a possibilidade de criar diferentes ambientes de acordo com o uso dos espaços. Além disso, suas propriedades e características, combinadas com tecnologias construtivas modernas, permitem um bom desempenho acústico, incluindo a absorção de ruído. [1]

Em seguida, serão apresentados os vários tipos de revestimentos de linóleo existentes no mercado nacional:

- Linóleo homogêneo (com apoio de juta)

Este tipo de revestimento é composto por uma camada de linóleo sobre uma camada de apoio de juta, sendo que a sua superfície recebe um tratamento que lhe confere resistência à abrasão. Com uma espessura que varia entre 2 mm e 2,5 mm e disponível em diversas cores e padrões, é indicado para ambientes que possuem tráfego doméstico intenso, como salas de estar ou átrios, bem como para áreas comerciais e industriais com tráfego moderado, tais como salas de aula, pequenos escritórios e salas de montagem eletrônica. [38]

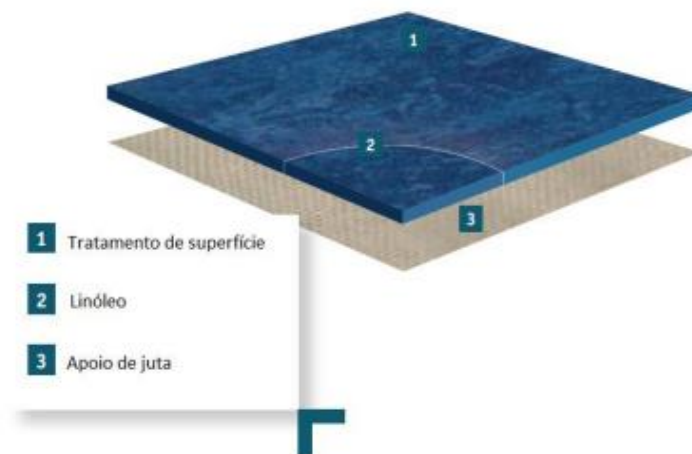


Fig.73 – Linóleo homogêneo [38]

- Linóleo homogêneo acústico

Este tipo de revestimento consiste em uma camada de linóleo com um tratamento de superfície para aumentar a resistência ao desgaste, uma camada de suporte de juta e uma camada de suporte de espuma de poliuretano ou cortiça, que proporciona uma redução de ruído de impacto de cerca de 17 dB. A sua espessura varia entre 3,5 e 4 mm. Este revestimento pode ser utilizado em áreas de alto tráfego em ambientes domésticos, como corredores, e em áreas de alto tráfego em ambientes comerciais ou públicos, como escritórios, armazéns ou vestíbulos. [38]

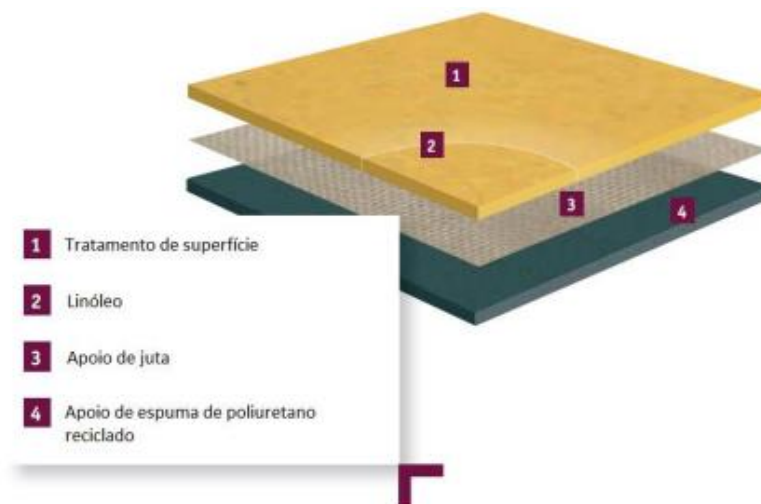


Fig.74 – Linóleo acústico [38]

- Linóleo dissipativo

Este tipo de linóleo tem uma espessura de 2,5 mm e possui alta resistência elétrica. Ele cumpre as normas de condutividade elétrica (EN 1081) garantindo a segurança individual e protegendo equipamentos sensíveis à eletricidade estática, como equipamentos de informática. É um revestimento dissipativo recomendado para escritórios e outras áreas com equipamentos eletrônicos, bem como para áreas com outros equipamentos que possam ser afetados por descargas de energia estática.

- Linóleo para mobiliário

Uma película de linóleo com 2 mm ou 2,5 mm de espessura pode ser aplicada em superfícies de móveis, com uma variedade de cores e texturas disponíveis. Este revestimento é flexível, resistente a manchas, apresenta uma superfície fosca, é anti estático e fácil de aplicar. Além disso, as suas cores não desbotam e as impressões digitais não ficam marcadas na sua superfície. A sua estrutura é composta por três camadas: uma inferior de papel ou juta (dependendo do modelo), uma camada média de linóleo e uma camada superior de acabamento [38].

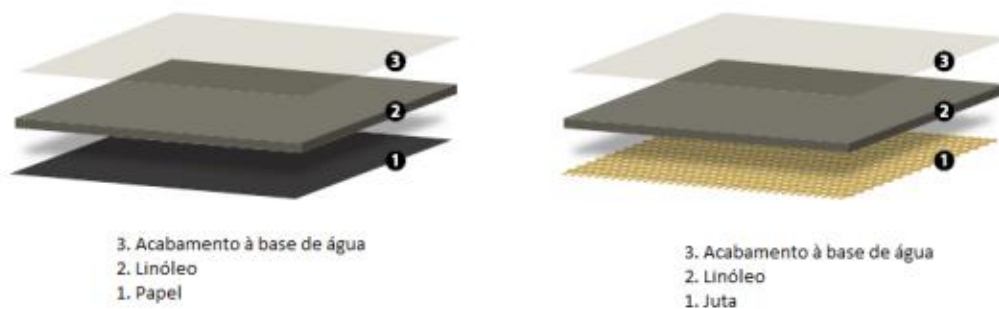


Fig.75 a) e b) – Exemplos de linóleo para suportar mobiliário [38]

Aplicação do revestimento

É possível aplicar o linóleo em diversos tipos de superfícies, tais como betão, madeira, mosaicos cerâmicos, revestimentos resilientes já existentes, alumínio, aço, aço inoxidável ou cobre.

Para a instalação correta do revestimento, é importante que os rolos ou mosaicos sejam armazenados por um período mínimo de 24 a 48 horas, a uma temperatura de pelo menos 18 °C. Essa temperatura deve ser mantida durante toda a instalação. Além da temperatura, a humidade do ar deve ser mantida entre 50% e 60%, devido à cola utilizada. [38]

Antes de assentar o revestimento, é fundamental assegurar que o suporte se encontra liso, seco, sem gretas e limpo. [12]

Para fixar os revestimentos de piso, são utilizados adesivos ou colas, que devem ser escolhidos cuidadosamente, tendo em conta o tipo de superfície a ser revestida, as condições ambientais e as características do próprio revestimento.

Aplicação

Utilizar colas adequadas, à base de resinas, e espalhar com uma espátula de dentes médios



Fixar os panos, um de cada vez



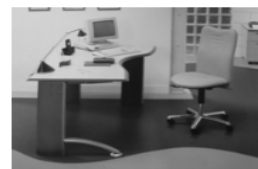
Remover as bolhas de ar



Finalizar a operação com rolo compressor



Não utilizar o local antes de passadas 24 h



[12] Fig.76– Procedimento de aplicação de linóleo

3.5. PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS REVESTIMENTOS DE TETO

3.5.1. GESSO [39]

Os revestimentos à base de gesso continuam a ser amplamente utilizados em tetos (fig.77), especialmente em áreas secas, devido ao seu comportamento desfavorável em contato com a água. Possui boa aderência ao suporte (desde que este seja cuidadosamente avaliado e preparado), é facilmente moldável, possui boa resistência ao fogo e oferece um desempenho térmico e acústico apreciável.

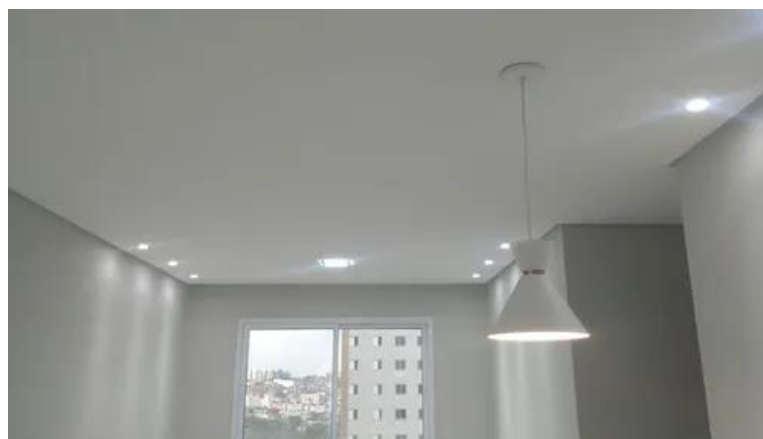


Fig.77– Revestimento de teto em gesso

Aplicação

Este tipo de revestimento requer, normalmente uma camada inicial de salpico para preparar o suporte e melhorar a aderência. Em seguida, é aplicada uma camada base, que pode ser feita em uma única camada com espessura de 10 a 15 mm, seguida pelo acabamento de estuque com uma camada de esboço de 3 a 5 mm, proporcionando-lhe assim a preparação para receber a segunda e última camada do revestimento que é feita utilizando uma mistura de gesso branco e cal apagada. Essa camada é aplicada para proporcionar um acabamento superficial perfeito, que é posteriormente pintado.

3.5.2. PLACAS DE GESSO

As placas de gesso laminado, também conhecidas como placas de gesso cartonado, são amplamente utilizadas no revestimento de tetos e paredes. Essas placas são fabricadas industrialmente através de um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas camadas de cartão, seguindo a Norma EN 520.

São disponibilizadas em forma de placas retangulares, com espessuras e dimensões variáveis, atendendo às necessidades específicas de cada projeto. [40]

Alguns exemplos:

- Placa A (standard): indicada para obras secas em espaços interiores.



Fig.78 a) e b) – Placa A (Standard) [40]

- Placa B (Hidrófuga): tratada com um agente hidrófugo para diminuir a absorção de água, sendo adequada para zonas de humidade controlada.



Fig.79 a) e b) – Placa B (Hidrófuga) [40]

- Placa F (Anti-fogo): reforçada com fibra de vidro, é caracterizada por uma muito boa coesão do gesso a altas temperaturas, sendo adequada para zonas que necessitem de elevada resistência ao fogo.



Fig.80 a) e b) – Placa F (Anti-fogo) [40]

Aplicação

1- Implantação do sistema: seleção do tipo de fixação mais adequada, em função do elemento de suporte em causa, e definir a modulação da estrutura, tendo em consideração o tipo de fixação, tipo de perfil, número de placas de gesso e sobrecargas previstas [40]

2- Aplicação da estrutura portante: os perfis devem ser aplicados paralelamente às paredes periféricas, numa das direções, devendo respeitar-se uma distância máxima de 100 mm entre o eixo do perfil e a parede, como mostram as figuras 81 a) e b). [40]

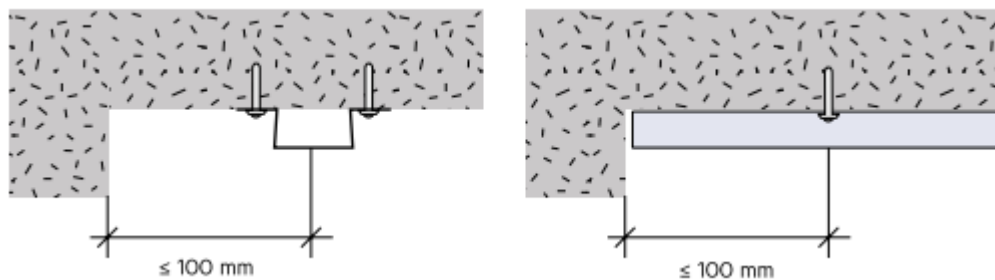


Fig.81 a) e b) – Afastamento máximo dos perfis relativamente às paredes periféricas [40]

Devem ser aplicados, na zona da parede periférica, perfis do mesmo tipo, que podem ser contínuos ou em troços de 150 a 300 mm de desenvolvimento, aplicados entre os perfis da estrutura portante, dependendo da modulação do teto (fig.82 a) e b)).

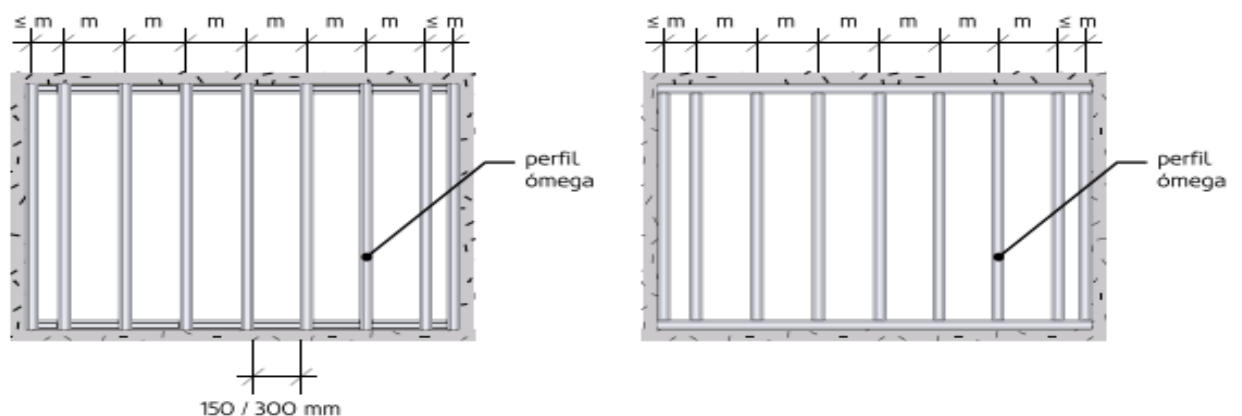


Fig.82 a) e b) – Aplicação de perfis de remate [40]

3- Aplicação das placas: A fixação deve ser realizada, sequencialmente, a partir do centro para as extremidades da placa. [40]

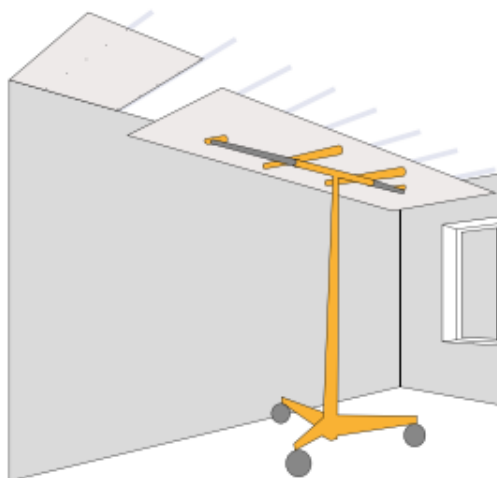


Fig.83 – Aplicação de placas de gesso cartonado [40]

3.5.3. PAINÉIS DE MADEIRA OU DERIVADOS

Os painéis de madeira são bastante utilizados no revestimento de tetos, estes podem ser instalados de diferentes formas e formatos, régua, painéis pré-fabricados com derivados de madeira, tábuas. Podem ser instalados de forma contínua ou em padrões decorativos.

Além da sua beleza estética, estes podem também oferecer benefícios funcionais, como isolamento acústico ou térmico.

Aplicação

Estes podem ser aplicados de diferentes formas, dependendo do tipo de formato.

Alguns exemplos são:

- **Colagem direta**



Fig.84 – Colagem direta dos painéis de madeira

- **Com perfis metálicos**

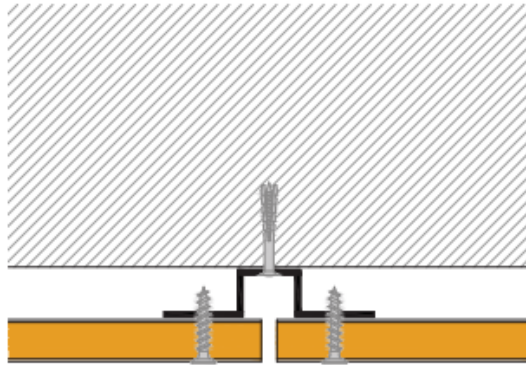


Fig.85 – Aplicação com perfis metálicos

- **Direto com réguas**

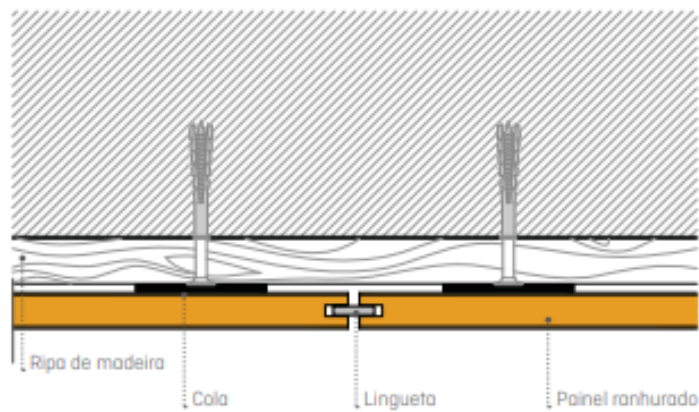


Fig.86 – Aplicação com réguas de madeira

3.5.4. PAINÉIS DE PVC

Os painéis de PVC, feitos de policloreto de vinila, utilizados como revestimentos de teto, apresentam uma grande variedade de design, texturas e cores, tal como representado na figura 88..

Estes são duráveis, resistentes à humidade, leves e são acessíveis economicamente.

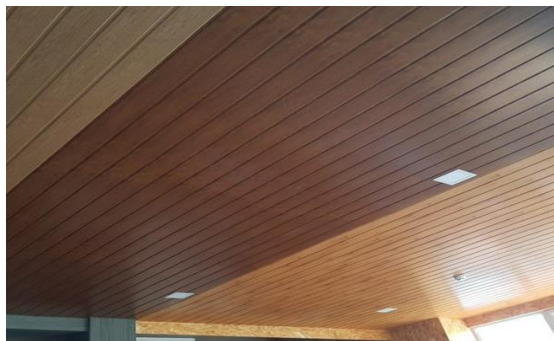


Fig.87 – Revestimento de teto com diferentes tipos de painéis de PVC [41]

3.5.5. LAJE APARENTE

A laje fica visível, sem nenhum tipo de revestimento adicional, sendo finalizada e tratada de maneira a apresentar um aspeto agradável e estético.

Oferece outros benefícios como maior aproveitamento da altura do teto, menos gastos com materiais e facilidade de manutenção. No entanto, pode apresentar dificuldades relativamente a isolamentos acústicos e térmicos, sendo, portanto, uma variável a ter em conta.



Fig.88 – Teto com vigas de madeira aparentes no teto

3.6. ISOLAMENTOS TÉRMICOS

Isolamento térmico é uma técnica utilizada para reduzir a transferência de calor entre objetos que estão em contacto térmico ou próximos o suficiente para influência radiativa. Esta técnica é alcançada por meio da utilização de materiais com baixa condutividade térmica, combinados para obter uma condutividade ainda menor do sistema. Existem métodos e processos específicos para alcançar o isolamento térmico, além da utilização de formas e materiais adequados aos objetos em questão.

Em seguida serão apresentados os isolantes térmicos mais utilizados na construção em Portugal, podendo estes ser classificados como materiais de origem mineral, sintética, vegetal ou animal, sendo que estes últimos não serão retratados.

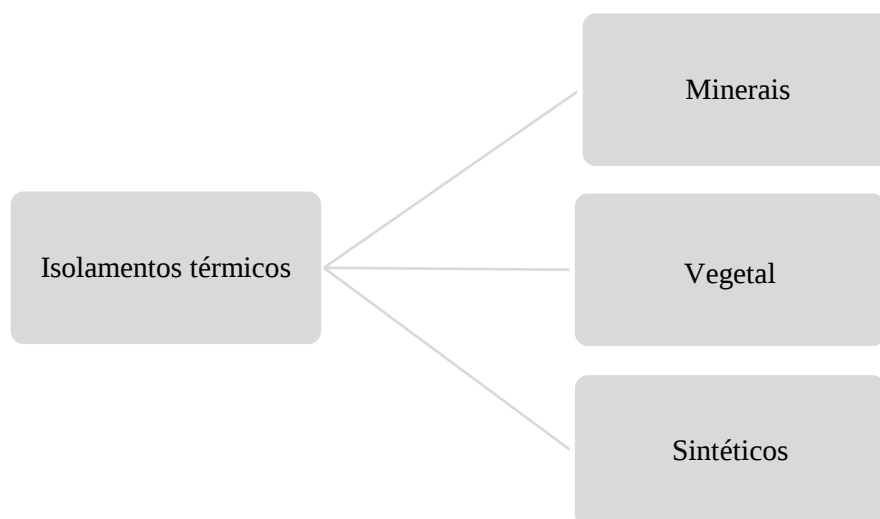


Fig.89 – Tipos de origens de isolamentos térmicos

3.6.1. ISOLANTES MINERAIS

- Lã de vidro

A lã de vidro é um material composto principalmente por areia e cacos de vidro reciclado. Devido à sua natureza incombustível, a lã de vidro é passiva em relação à reação ao fogo, o que ajuda a impedir a propagação das chamas. Embora a sua resistência à água seja aceitável a curto prazo, em condições de forte humidade, o seu desempenho térmico pode ser comprometido. Para obter um desempenho térmico ideal, a durabilidade da lã de vidro é de cerca de dez anos, após o qual pode ocorrer compressão e diminuição do seu desempenho. [42]

Este isolante para obter um desempenho de qualidade deve possuir espessuras maiores do que 8cm e deve ser colocada uma barreira de vapor em papel kraft asfaltado. [19]



Fig.90 – Rolos de lã de vidro

No quadro seguinte (Quadro 29) apresentam-se as vantagens e desvantagens de um isolamento em lã de vidro.

Quadro 29 – Vantagens e desvantagens da lã de vidro [42]

Vantagens	Desvantagens
○ Baixo custo para uma configuração de 100mm de espessura ○ Apresenta também grandes resistências acústicas	○ Mau desempenho mecânico e mau desempenho térmico na presença de humidade ○ Proteção limitada da estrutura em caso de incêndio ○ Recurso não-renovável ○ Impacto na saúde e impacto ambiental ○ Material inflamável

Este tipo de isolamento não é o mais utilizado sobre pavimentos devido à sua fraca resistência à compressão, sendo preferencial a sua colocação sob a laje e apoiados num teto falso. [19]

- Lã de rocha

A produção da lã de rocha tem como matéria-prima uma rocha vulcânica chamada diábase, que passa por um processo químico de fusão. Esse material isolante é incombustível e tem total permeabilidade ao ar e vapor de água, sem absorvê-la. Embora seja altamente compressível, apresenta baixa resistência ao corte. [42]

É indeformável com o passar dos anos e não serve de propagação a micro-organismos nem de alimento para roedores. [19]



Fig.91 – Lã de rocha

No quadro seguinte (Quadro 30) apresentam-se as vantagens e desvantagens de um isolamento em lã de rocha.

Quadro 30 – Vantagens e desvantagens da lã de rocha [42]

Vantagens	Desvantagens
○ Baixo custo, para uma configuração com 100mm de espessura para painéis, sendo que os rolos têm um preço mais baixo	○ Danos mecânicos e desempenho térmico na presença de humidade ○ Proteção necessária para a sua colocação ○ Recurso não-renovável ○ Impacto na saúde e impacto ambiental. ○ Material inflamável

Este pode ser aplicado:

➤ Sob pavimento flutuante

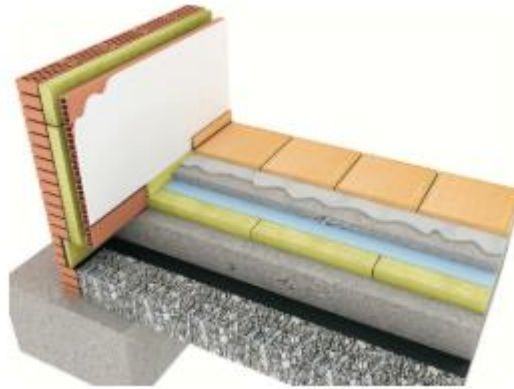


Fig.92 – Isolamento de lâ de rocha sob o pavimento flutuante [19]

➤ Sobre e sob a laje

Esta técnica é utilizada para isolar termicamente e acusticamente pavimentos que entram em contato com o exterior ou com áreas não aquecidas. Quando o pavimento está em contato com o exterior, é necessário colocar uma camada que separe fisicamente o isolante dos agentes externos. Essa camada pode ser feita de materiais cerâmicos fixados à laje do pavimento, nunca ao isolante, já que ele não é capaz de suportar cargas. Já em pavimentos em contato com áreas não utilizadas, não é necessário utilizar essa camada e o isolante pode ser deixado exposto ou revestido com um material leve. [19]

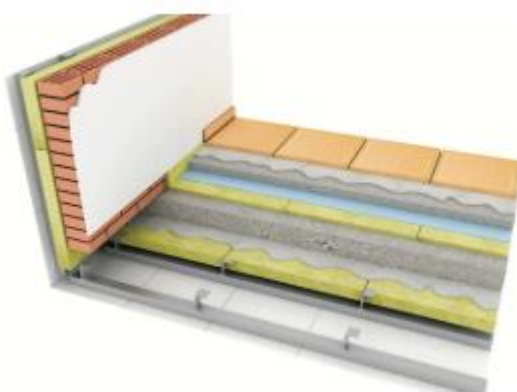


Fig.93 a) – Isolamento de lâ de rocha sobre a laje [19]

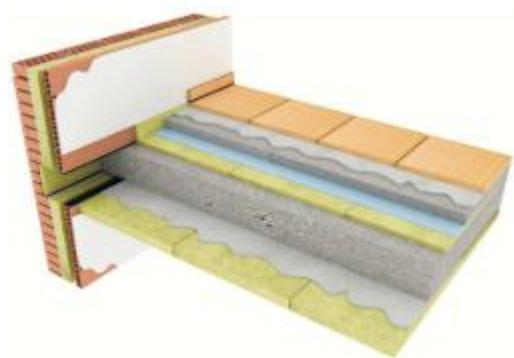


Fig.93 b) – Isolamento de lâ de rocha sob a laje [19]

3.6.2. ISOLANTES DE ORIGEM VEGETAL

- Cortiça

Este pode ser apresentado sob a forma de aglomerado expandido ou regranulado expandido.

O aglomerado de cortiça expandida é um material derivado da cortiça, uma matéria-prima totalmente natural e renovável (fig.94). A extração da cortiça da árvore é realizada dentro do seu ciclo de vida. Este produto é completamente natural, inalterável, eficiente e reciclável. [42]

A cortiça é um material com capacidade e características de isolamento térmico, acústico e antivibrático, mantendo todas as suas propriedades indefinidamente. [19]



Fig.94 – Paineis de aglomerado de cortiça [42]

No quadro seguinte (Quadro 31) apresentam-se as vantagens e desvantagens de um isolamento em cortiça.

Quadro 31 – Vantagens e desvantagens da cortiça como isolamento [42]

Vantagens	Desvantagens
○ Fácil colocação ○ Material renovável e reciclável e abundante ○ Não liberta emissões tóxicas em caso de incêndio ○ Não apresenta riscos para a saúde humana	○ Custo elevado ○ Energia incorporada e balanço de CO₂ bastante elevados

Com o objetivo de tentar melhorar as características térmicas, pode também ser utilizado o regranulado de cortiça sem a adição de cimento ou areia no preenchimento de espaços vazios existente nos pavimentos (fig.95 a) e b)). [19]

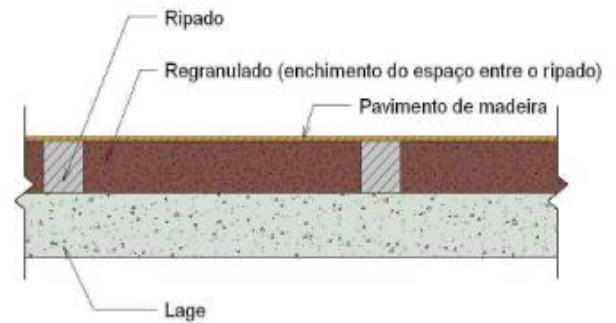


Fig.95 a) e b) – Regranulado de cortiça entre ripado de madeira [19]

3.6.3. ISOLANTES SINTÉTICOS

- Poliestireno expandido

O Poliestireno expandido é um material produzido a partir de petróleo bruto, e é conhecido pela sua excelente capacidade de isolamento térmico. Além disso, é um material leve e resistente, o que facilita o seu manuseamento e instalação. No entanto, a sua capacidade de isolamento acústico é baixa e o seu processo de fabricação é considerado poluente, sendo também combustível em caso de incêndio. O Poliestireno expandido é comumente utilizado na forma de painéis e também pode ser usado solto para criar betões leves. [42]



Fig.96 a) Poliestireno expandido solto [42]



Fig.96 b) Poliestireno expandido em painéis [42]

No quadro seguinte (Quadro 32) apresentam-se as vantagens e desvantagens de um isolamento em poliestireno expandido.

Quadro 32 – Vantagens e desvantagens do poliestireno expandido [42]

Vantagens	Desvantagens
○ Fácil colocação ○ Boa permeabilidade ao vapor de água ○ Muito boa resistência à compressão ○ Material leve e de fácil utilização ○ Baixo custo	○ Mau isolamento acústico ○ Método de fabrico poluente ○ Libertação de gases tóxicos em caso de incêndio ○ Altamente inflamável, deve ser associado a um revestimento à prova de fogo

Este pode ser aplicado:

➤ sob pavimento flutuante

Coloca-se uma placa de EPS sobre a laje e sobre o isolante é colocada a lajeta de betão que posteriormente terá sobre esta o revestimento do piso (fig.97). [19]

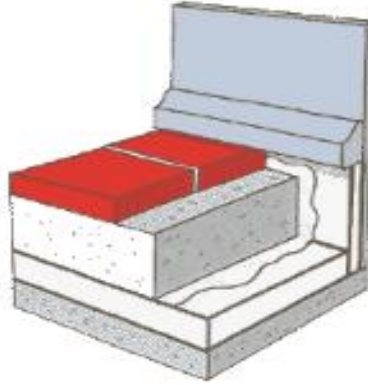


Fig.97 – Isolamento de poliestireno expandido sob o pavimento flutuante [19]

➤ sob laje

A sua fixação deve ser por colagem, mecanicamente por pregos ou parafusos de modo que este não se separe da laje. Posteriormente este pode ser pintado ou revestido com materiais apropriados (fig.98).

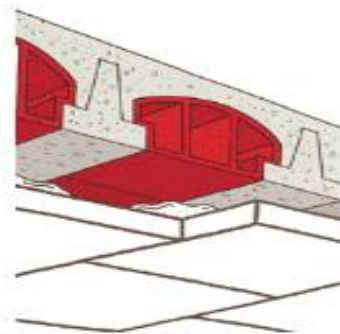


Fig.98 – Isolamento de poliestireno expandido sob a laje [19]

➤ na laje

A abobadilha é uma solução viável para substituir blocos cerâmicos ou de betão convencionais em pavimentos. A sua aplicação é semelhante à dos restantes blocos, havendo duas opções disponíveis: abobadilhas normais e com abas que cobrem a parte inferior da viga, permitindo a formação de um elemento contínuo. Além de possuir propriedades térmicas superiores a outras soluções para lajes aligeiradas, a abobadilha reduz significativamente o peso da laje (fig.99). [19]

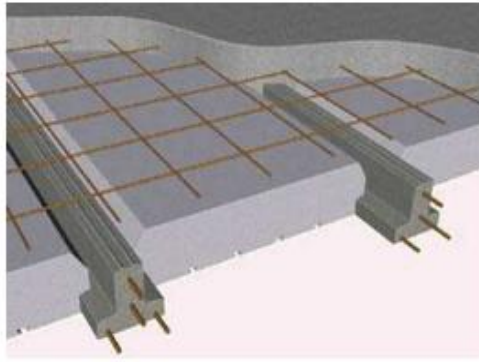


Fig.99 – Isolamento de poliestireno expandido na laje [19]

- Poliestireno extrudido

É uma espuma plástica obtida por extrusão, um material termoplástico de estrutura rígida e uniforme com pequenas células fechadas. Possui boa resistência mecânica e excelente resistência à água. A sua estrutura proporciona excelentes características de isolamento térmico. Quanto à resistência ao fogo, as placas de XPS são consideradas combustíveis e queimam rapidamente em casos de fogo intenso, mas não apresentam combustão em casos de ignição acidental, devido à presença de aditivos retardantes. [19]



Fig.100 – Painéis de poliestireno extrudido

No quadro seguinte (Quadro 33) apresentam-se as vantagens e desvantagens de um isolamento em poliestireno extrudido.

Quadro 33 – Vantagens e desvantagens do poliestireno extrudido [42]

Vantagens	Desvantagens
○ Material leve e de fácil colocação ○ Material com boa capacidade de isolamento ○ Material com boa resistência ao vapor de água ○ Material com boa resistência a compressão	○ Mau isolamento acústico ○ Material com elevada energia incorporada ○ Material com emissões tóxicas em caso de incêndio

Este pode ser aplicado:

➤ Sob a laje

Quando se deseja isolar termicamente uma laje em pavimentos que entram em contato com o exterior ou com áreas não utilizadas, é recomendado o uso de isolantes térmicos como o WALLMATE IB-A ou o ROOFMATE PT-A, respectivamente, para revestimentos aderentes ou não-aderentes (como tectos falsos).

Para pavimentos em contato com o solo, é indicado o uso do isolante FLOORMATE, fixado na face inferior da laje através de quatro fixações mecânicas por placa. [19]

➤ Sobre a laje ou soleira

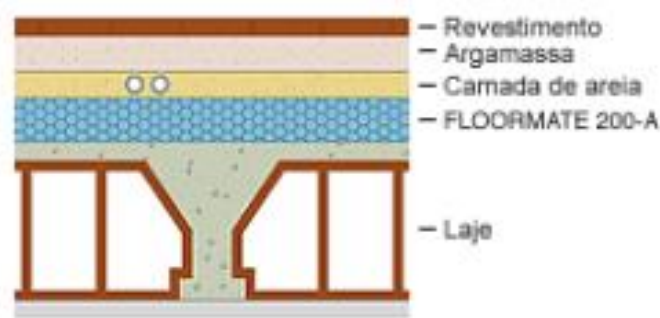


Fig.101 – Isolamento de poliestireno expandido sob a laje ou soleira [19]

No caso de aplicação do isolante sobre a soleira ou sobre a laje, as placas de FLOORMATE não precisam de fixação.

A superfície de apoio das placas não deve apresentar irregularidades que impeçam a sua correta aplicação, quando necessário, poder-se-á estender uma camada de pequena espessura de areia fina para regularização. [19]

➤ Sobre o terreno

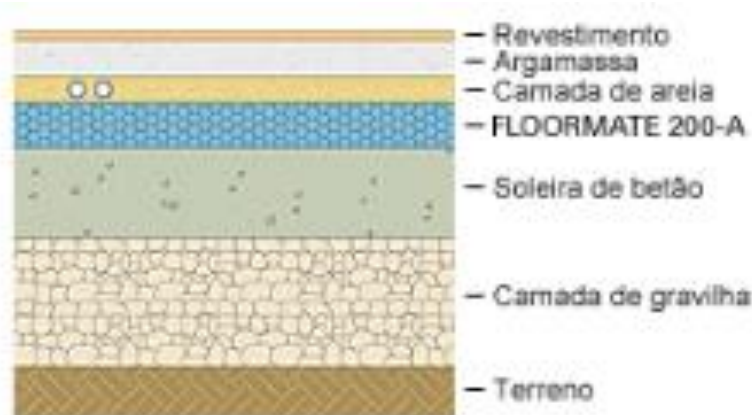


Fig.102 – Isolamento de poliestireno expandido sobre a laje [19]

Quando se instala o isolante sobre o solo, é essencial que este esteja completamente compactado. Se houver camadas drenantes, tais como cascalho ou outros materiais semelhantes, é necessário criar uma superfície plana e uniforme para receber as placas de isolamento, que podem ser colocadas sobre uma base de areia fina. As placas FLOORMATE devem ser instaladas próximas umas das outras, com juntas transversais desencontradas. Se for necessário usar sistemas de impermeabilização ou barreira contra a ascensão de humidade, estes devem ser instalados na superfície de isolamento para que fiquem na área "quente" do edifício (ou seja, na zona termicamente isolada). É importante verificar a compatibilidade desses sistemas e sua aplicação com o poliestireno extrudido. [19]

- Poliuretano

O poliuretano é um material leve que é obtido a partir da mistura do poliálcool de isocianato e um agente de expansão, como HFC ou CO₂. É frequentemente utilizado sob a forma de painéis de espuma revestidos com diferentes materiais, como papel kraft ou alumínio. No entanto, não é considerado uma opção ecológica devido à sua elevada energia incorporada e ao facto de não ser reciclável. Além disso, este material não é derivado de matérias-primas renováveis, o que o torna menos vantajoso em comparação com a lã vegetal. No entanto, é menos prejudicial para a saúde do que outros isolamentos, como a lã de vidro e a lã de rocha. É importante considerar esses fatores ao decidir qual material de isolamento utilizar em um projeto de construção. [42]

A aplicação deste material é normalmente feita sobre a forma de espuma, sendo que as "bolhas" da espuma (células) permanecem fechadas aprisionando ar dentro delas, conferindo-lhe assim uma condutibilidade térmica baixa. [19]

No quadro seguinte (Quadro 34) apresentam-se as vantagens e desvantagens de um isolamento em poliuretano.

Quadro 34 – Vantagens e desvantagens do poliuretano [42]

Vantagens	Desvantagens
○ Impermeável ao vapor de água ○ Capacidade de isolamento bom ○ Material muito leve ○ Material com boa resistência à compressão	○ Método de fabrico poluente ○ Libertação de gases tóxicos em caso de incendio ○ Deve ser associado a um revestimento à prova de fogo ○ Custo elevado

4

CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

4.1. OBJETIVO

Neste capítulo é apresentado um método de classificação de pavimentos, proposto pelo autor desta dissertação, através de siglas, tendo em conta diferentes fatores, como a sua localização e a dos seus constituintes, o cumprimento da regulamentação imposta ou ainda exigências que estes devem apresentar.

Espera-se que esta possibilite a facilidade de tomar decisões informadas e rapidez em diferenciar um pavimento na sua totalidade.

4.2. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO À LOCALIZAÇÃO

Os pavimentos podem se encontrar em diferentes localizações num edifício, sendo que cada localização terá as suas exigências. Nas figuras 103 e 104 são esquematizadas essas localizações.

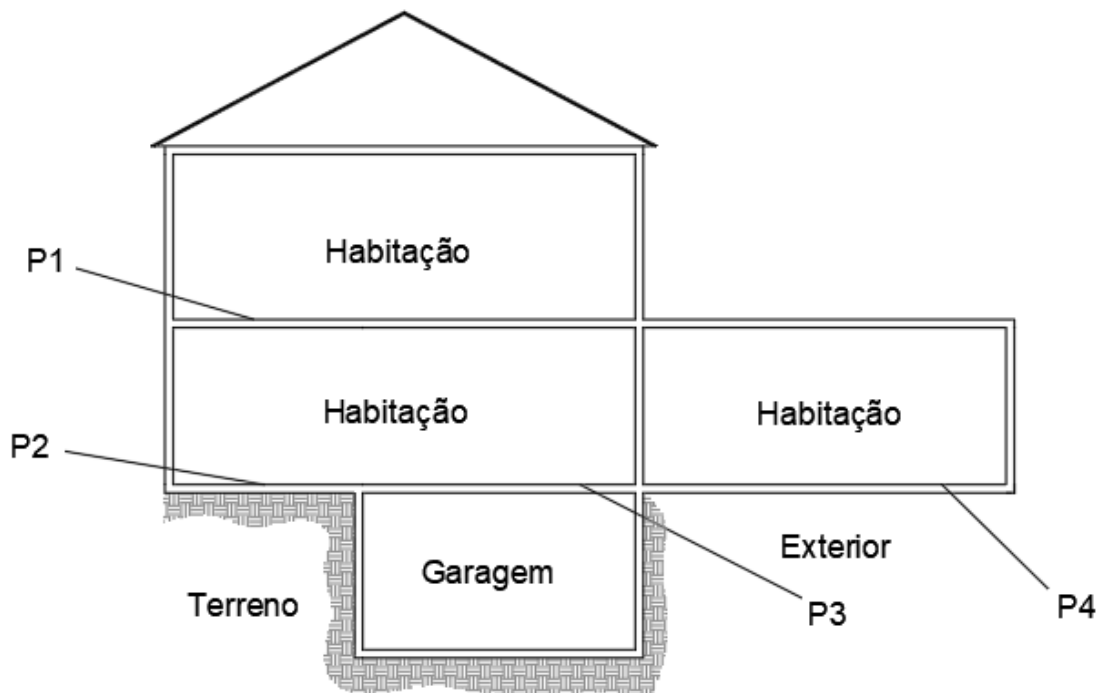


Fig.103 – Esquema de um edifício de modo a diferenciar a localização dos diferentes pavimentos

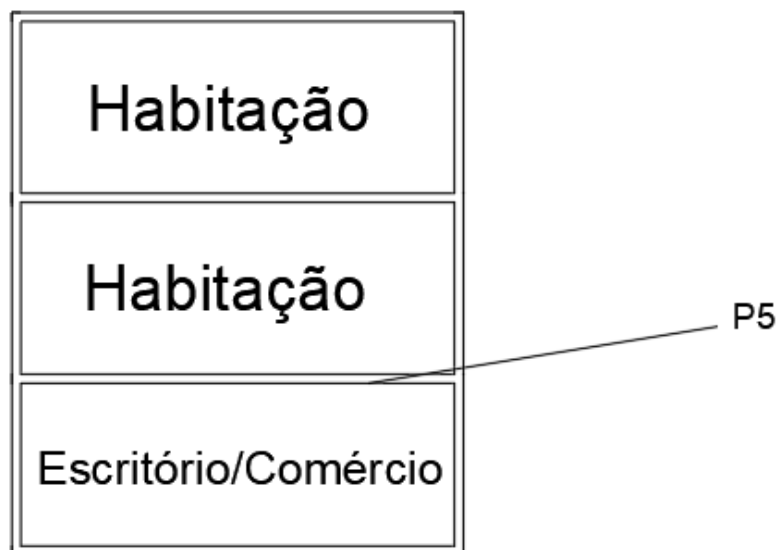


Fig.104 – Corte um edifício de modo a referenciar a localização do pavimento P5

P1 – Pavimento que divide 2 habitações

P2 – Pavimento que divide o interior da habitação do terreno

P3 – Pavimento que divide uma área quente de uma fria, neste caso, uma habitação de uma garagem

P4 – Pavimento que divide o interior da habitação do ar exterior

P5 – Pavimento que divide uma habitação de uma zona de escritórios/comércio

4.3. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO À ESTRUTURA RESISTENTE

Os pavimentos podem, quanto à sua estrutura resistente ser divididos em:

- **Estrutura contínua:** neste tipo de estrutura, o pavimento é projetado de forma contínua, sem grandes mudanças na sua disposição ou interrupções. Apenas com a realização da estrutura resistente este é suscetível de ser acessível, sem a complementação de um piso secundário. Significa então que o elemento estrutural se estende por toda a extensão do pavimento, proporcionando uma uniforme distribuição de cargas.
Exemplo: Pré-lajes, lajes maciças e aligeiradas de betão armado ou pré-esforçado
- **Estrutura descontínua:** neste tipo de estrutura, o pavimento é o resultado da combinação de elementos individuais, separados uns dos outros. Este não é suscetível de ser pisado seguramente sem a complementação de um piso secundário. Cada componente é projetado para suportar uma determinada carga, podendo ser realizados e colocados de forma independente.
Exemplo: Vigas de madeira e derivados ou treliçadas em ferro

O seguinte quadro (Quadro 35), organiza os pavimentos quanto à sua estrutura resistente, tendo em conta um determinado código.

Quadro 35 – Classe de pavimentos quanto à estrutura resistente

Classe de pavimentos quanto à estrutura resistente		
Código	Estrutura	Exemplo
C	Contínua	Madeira
		• Painéis de CLT
		Ferro
		• Vigas I de ferro associadas a blocos de betão ligeiro • Laje colaborante
		Betão
		• Laje maciça • Laje fungiforme • Laje com capitel • Pré-laje • Laje aligeirada • Laje alveolada • Laje TT
D	Descontínua	Madeira
		• Pavimentos tradicionais: tábuas de soalho sustentadas por vigas de madeira • Vigas de Glulam • Vigas I
		Ferro
		• Vigas treliçadas

4.4. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO AO REVESTIMENTO DE PISO

Existe uma grande variedade de revestimentos de piso no mercado português, e como tal estes podem ter diferentes tipos de aplicação. A sua diversidade de aplicação pode ocorrer devido ao próprio material, que necessita de uma disposição específica, às características do local, requisitos de isolamentos térmicos e acústicos ou à tecnologia construtiva utilizada pelo projetista.

Estas aplicações podem se dividir em:

- Direta: o revestimento é instalado diretamente sobre a superfície de suporte, sem camadas intermédias entre estes.
- Indireta: o revestimento é instalado sobre camadas complementares à superfície de suporte, tal como argamassa de regularização, isolamento térmico ou acústico, etc.

O quadro seguinte (Quadro 36), organiza os pavimentos quanto ao seu revestimento de piso, tendo em conta um determinado código.

Quadro 36 – Classe de pavimentos quanto ao revestimento de piso

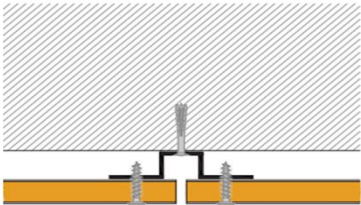
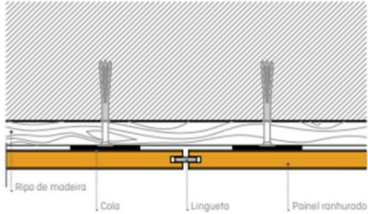
Classe de pavimentos quanto ao revestimento de piso		
Código	Aplicação	Exemplo
D	Direta	Materiais Lenhosos
		• Lamparquet • Taco • Soalho • Painéis compostos “Viroc”
		Materiais Minerais
		• Ladrilhos cerâmicos • Pedras naturais
I	Indireta	Materiais têxteis
		• Alcatifa, tapete
		Materiais sintéticos
		• Linóleo • Vinílico
I	Indireta	• Revestimento tradicional em tabuas de madeira
		• Anteriores sob camadas complementares (argamassas de regularização, isolamentos acústicos ou térmicos, etc)

Outra classificação dos revestimentos, já referenciada no capítulo 2, é a **UPEC**, esta é aplicável a revestimentos de piso interiores, sendo estes principalmente destinados à circulação e permanência de pessoas.

4.5. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO AO REVESTIMENTO DE TETO

A aplicação dos revestimentos de teto pode ser realizada diretamente, como por exemplo, através de colagem direta de placas na laje ou gesso projetado. Ou então, indiretamente, através de uma estrutura de suporte, que pode ocorrer através de perfis metálicos ou régua de madeira.

Quadro 37 – Classe de pavimentos quanto ao revestimento de teto

Classe de pavimentos quanto ao revestimento de teto		
Código	Aplicação	Exemplo
DIR	Direta	
		• Colagem direta
		 • Projetado
IND	Indireta	
		• Perfis metálicos
		 • Régua de madeira

4.6. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO À LOCALIZAÇÃO DO ISOLAMENTO TÉRMICO

Os isolamentos térmicos podem ser integrados nos pavimentos em diferentes localizações, como mostra a fig. 105.

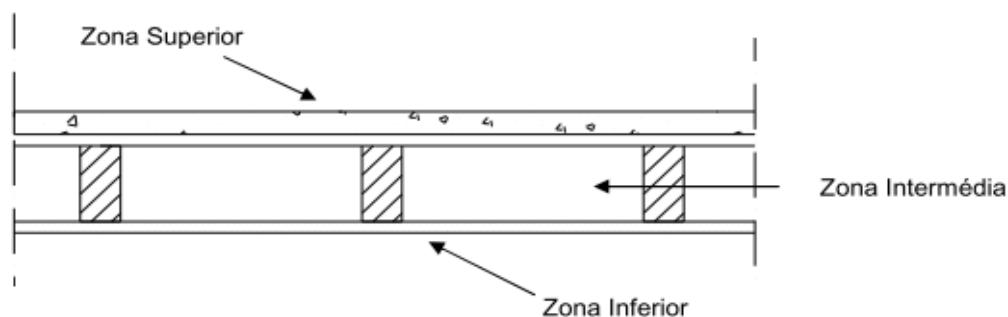
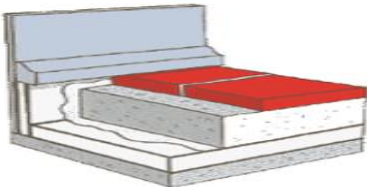
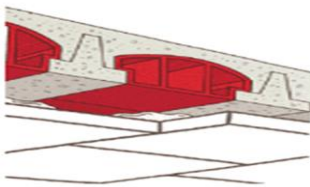


Fig.105 – Esquema de zonas onde se podem localizar os isolamentos em relação à estrutura resistente [19]

Quadro 38 – Classe de pavimentos quanto à localização do isolamento térmico

Classe de pavimentos quanto à localização do isolamento térmico			
Código	Existência de isolamento térmico	Localização quanto à laje	Exemplo
SS	Sim	Superior	 Placas de EPS na parte superior
SI		Intermédia	 Lã de rocha entre vigas de pinho tratado
SINF		Inferior	 Placas de EPS na parte inferior
N	Não		

Atenção: De forma a minimizar as transferências de calor o isolamento deve, preferencialmente, ser contínuo. O que por vezes não ocorre no isolamento pelo interior da laje.

Outra classificação de isolamentos térmicos, já referenciada no capítulo 2, é a **ISOLE**, esta é aplicável somente a isolantes pré-fabricados sob a forma de placas, painéis ou rolos, apresentando ou não revestimentos delgados com condutibilidade térmica (λ) $\leq 0,065$ W/m.°C e resistência térmica ($R=e/\lambda$) $> 0,5$ m² °C/W.

4.7. CLASSES DE PAVIMENTOS QUANTO AO ISOLAMENTO ACÚSTICO

O isolamento acústico é cada vez mais importante no conforto e bem-estar dos ocupantes de um edifício, quer seja este de habitação ou comércio. Estes podem ser necessários em todos os tipos de pavimentos já representados, exceto pavimentos que dividem o interior do edifício do terreno. É então fundamental o tratamento dos meios de transmissão de ruído já abordados: ruídos de percussão ou aéreos, cumprindo os requisitos dos quadros 5 e 6.

Portanto, os pavimentos podem ser classificados como pavimentos onde é exigido isolamento acústico ou não, tendo em conta o cumprimento das regulamentações impostas (Quadro 39).

Quadro 39 – Classe de pavimentos quanto ao isolamento acústico

	Classe de pavimentos quanto ao isolamento acústico	
Código	Exigência de isolamento acústico	Exemplo
A	Sim	Se não cumpre as exigências do quadro 5 e 6, de isolamento a sons de percussão e aéreos, respetivamente
NA	Não	Se cumpre

5

PORMENORES CONSTRUTIVOS DE PAVIMENTOS

5.1. OBJETIVO

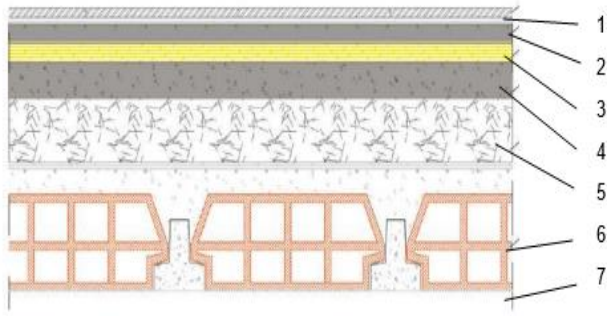
Neste capítulo serão abordados alguns exemplos de pormenores construtivos de pavimentos habitualmente utilizados em Portugal, tendo em conta a sua localização, a dos seus constituintes e as suas características. Categorizados conforme a classificação adotada no capítulo anterior, e com breve crítica de alguns resultados esperados, outros tipos de classificação (UPEC e ISOLE) e características consideradas importantes.

5.2. PAVIMENTO QUE DIVIDE 2 HABITAÇÕES

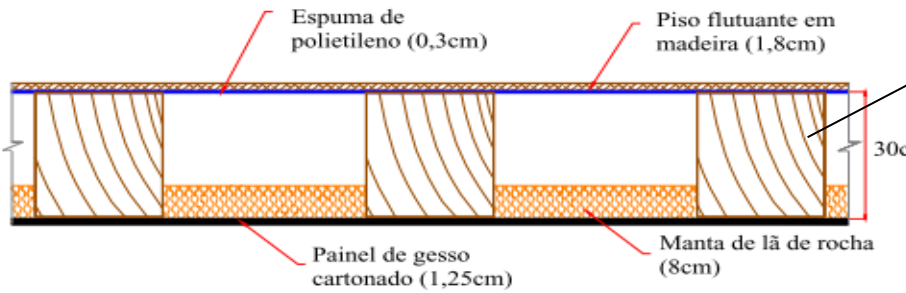
Em pavimentos que dividem 2 habitações é essencial que estes apresentem um bom comportamento acústico, minimizando a troca de ruídos de percussão, $L'_{n,w} \leq 60$, e aéreos, $D_{nT,w} \geq 50$, tal pode ser obtido com um isolante acústico, nos exemplos a seguir é utilizada, lã de rocha, que é também um bom isolante térmico, dificultando trocas de calor entre as habitações e reduzindo a necessidade de gastos em aquecimento.

Outro aspeto a ter em conta é a estanquidade, este não deve permitir infiltrações de água para a habitação inferior.

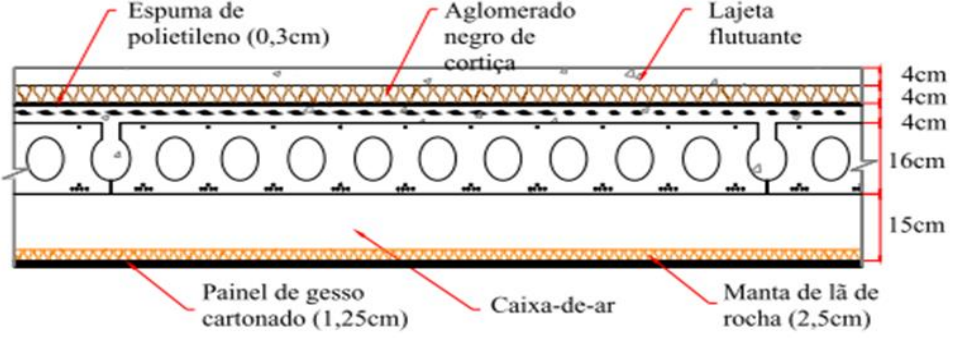
Quadro 40 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P1

Classificação: P1- C//DIR/SS/-	Pavimento intermédio, que divide 2 habitações, com estrutura resistente contínua, revestimento de piso aplicado indiretamente em relação à laje, revestimento de teto à base de gesso aplicado diretamente na superfície da laje e isolamento térmico na parte superior.
Pormenor:  Fig.106 – Pormenor de um pavimento P1 em laje aligeirada CatalogoTecnico2015.pdf (fibrosom.com)	Legenda: 1 – Revestimento piso em ladrilho cerâmico 2 – Betonilha armada (4 cm) 3 – Painel de lã de rocha com 90 Kg/m³ 4 – Betão leve com granulado de esferovite aditivado (5 cm) 5 – Camada de enchimento com granulado de esferovite aditivado (10 cm) 6 – Laje aligeirada de betão armado com blocos cerâmicos (23cm) 7 – Revestimento de teto em gesso
Observações: Neste tipo de pavimentos intermédios, entre 2 habitações, em que ambas apresentam as mesmas características térmicas, o cálculo do coeficiente de transmissão térmica não é considerado.	

Quadro 41 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P1

Classificação: P1- D/D/DIR/SI/A	Pavimento intermédio, que divide 2 habitações, com estrutura resistente descontínua, revestimento de piso aplicado diretamente em relação à laje, revestimento de teto à base placas de gesso aplicado diretamente na superfície da laje, isolamento térmico entre vigas de madeira e isolamento acústico que não cumpre com as regulamentações.
 Fig.107 – Pormenor de um pavimento P1 em vigas de madeira [43]	
Observações: $D_{n,w}=50 \geq 50$ (ok); $L'_{n,w}=63 \leq 60$ (ko) – este pavimento cumpre as exigências térmicas a sons aéreos mas não cumpre a sons de percussão, logo, é aconselhável o reforço do isolamento acústico, neste caso lã de rocha.	

Quadro 42 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P1

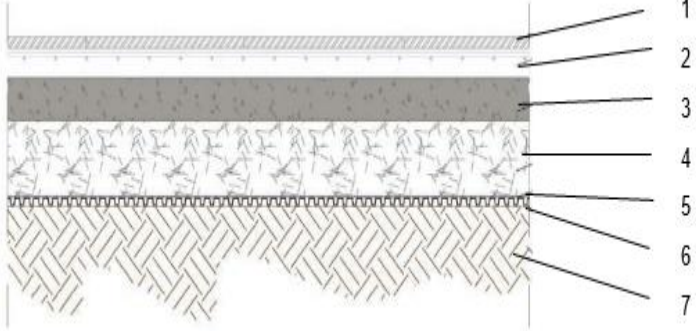
Classificação: P1- C/I/IND/SS/NA	Pavimento intermédio, que divide 2 habitações, com estrutura resistente contínua, revestimento de piso aplicado indiretamente em relação à laje, revestimento de teto à base placas de gesso aplicado indiretamente na superfície da laje, a partir de uma estrutura de suporte, isolamento térmico na parte superior e isolamento acústico que cumpre com as regulamentações.
Pormenor:  Fig.108 – Pormenor de um pavimento P1 com laje alveolar [43]	
Observações: $D_{n,w}=57 \geq 50$ (ok); $L'_{n,w}=53 \leq 60$ (ok) – ambos cumprem as exigências acústicas. Estes valores são retirados de [43].	

5.3. PAVIMENTO QUE DIVIDE O INTERIOR DO EDIFÍCIO DO TERRENO

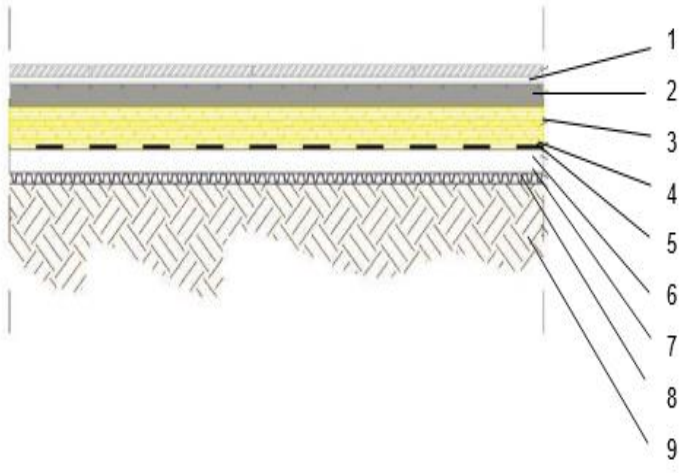
É geralmente o pavimento que apresenta mais problemas por estar em contacto direto com o solo.

Um dos principais problemas é evitar infiltrações de água, com funcionais sistemas de drenagem e a ascensão capilar, devendo ser aplicada uma barreira para-vapor sobre o isolamento. Os pavimentos são um dos principais meios de perdas de calor no inverno e ganho no inverno, chegando a 20% das perdas totais, logo o isolamento térmico é essencial e deve garantir a classificação ISOLE.

Quadro 43 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P2

Classificação: P2- C//-/N/-	Pavimento térreo, em contacto com o solo, com estrutura resistente contínua, revestimento de piso não aplicado diretamente em relação à estrutura resistente, revestimento de teto não é aplicável nesta situação, sem isolamento térmico.
Pormenor:  Fig.109 – Pormenor de um pavimento P2 com isolamento térmico mínimo (CatalogoTecnico2015.pdf (fibrosom.com))	Legenda: 1 – Rodapé 2 – Pedra natural em granito (2 cm) 3 – Betonilha armada (4 cm) 4 – Camada de enchimento com granulado de esferovite (10 cm) 5 – Manta geotêxtil 150 g/m² 6 – Tela pitonada 7 – Solo
Observações: Em elementos em contacto com o solo, o cálculo do coeficiente de transmissão térmica ocorre através de variáveis que são desconhecidas neste caso, como: área útil do pavimento, perímetro exposto ou largura/profundidade do isolamento. Foi, portanto, calculada apenas a resistência térmica: $R = 0,58 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ Algumas camadas foram desprezadas, visto que não apresentam grande relevância no cálculo (pontos 5 e 6). A betonilha armada foi considerada com $\lambda = 2 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, a camada de enchimento $\lambda = 0,18$ e a pedra natural em granito $\lambda = 2,8$.	

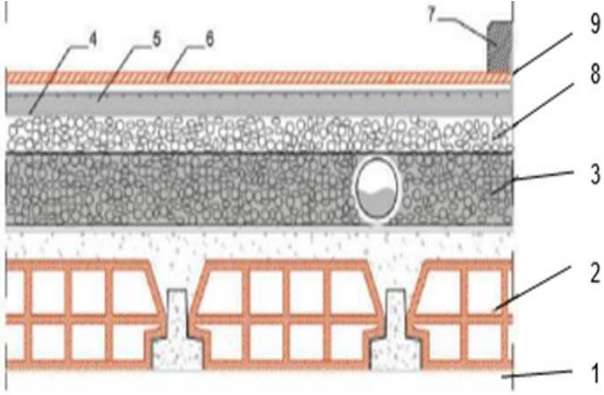
Quadro 44 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P2

Classificação: P2- C/D/-/SI/-	Pavimento térreo, em contacto com o solo, com estrutura resistente contínua, revestimento de piso aplicado diretamente em relação à estrutura resistente, revestimento de teto não é aplicável nesta situação, isolamento térmico sob a estrutura resistente (betonilha armada com 5 cm).
Pormenor:  Fig.110 – Pormenor de um pavimento P2 com isolamento térmico CatalogoTecnico2015.pdf (fibrosom.com)	Legenda: 1 – Revestimento cerâmico 1,5 cm) 2 – Betonilha armada (5 cm) 3 – Pannel de lã de rocha com 90 Kg/m3 (3 cm) 4 – Membrana asfáltica com betume polímero plastómetro, com armadura de fibra de vidro com 150 g/m2 e acabamento em polietileno em ambas as faces 5 – Emulsão betuminosa 6 – Betonilha armada (3 cm) 7 – Manta geotêxtil 150 g/m2 8 – Tela pitonada 9 – Solo
Observações: Neste caso a barreira pára-vapor para ter o melhor desempenho, devia ser colocada sob o isolamento. $R = 0,58 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ Algumas camadas foram desprezadas, visto que não apresentam grande relevância no cálculo (pontos 4,5,7 e 8). Betonilha armada $\lambda = 2$ Lã de rocha $\lambda = 0,04$ Revestimento cerâmico $\lambda = 1,04$ Neste caso, tendo em conta a classificação ISOLE, este isolamento deveria ter um mínimo de I5S1O1L2E1, no pior caso.	

5.4. PAVIMENTO QUE DIVIDE UMA ÁREA QUENTE DE UMA ÁREA FRIA

O isolamento térmico é o principal problema nesta situação, o isolamento acústico pode não vir a ser necessário caso a zona fria seja uma garagem ou outra opção que não ofereça grandes ruídos.

Quadro 45 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P3

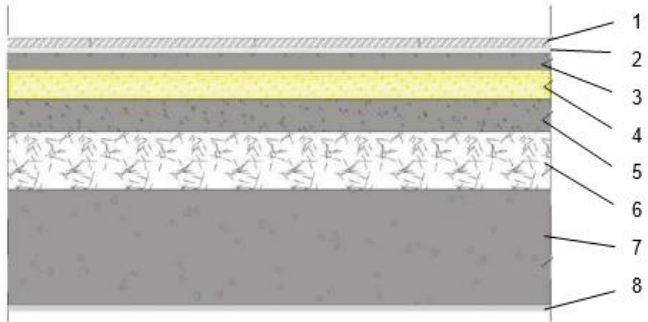
Classificação: P3 - C//D/-/-	Pavimento intermédio, que divide uma área quente de uma fria, com estrutura resistente contínua, revestimento de piso aplicado indiretamente em relação à laje, revestimento de teto em gesso aplicado diretamente à estrutura de suporte, isolamento térmico na parte superior.
Pormenor:  Fig.111 – Pormenor de um pavimento P3 com laje aligeirada CatalogoTecnico2015.pdf (fibrosom.com)	Legenda: 1 – Gesso projetado (1,5 cm) 2 – Suporte - Laje aligeirada de betão armado (23 cm) 3 – Camada de enchimento com granulado de esferovite (10 cm) 4 – Camada resiliente em manta de espuma de polietileno de 40 Kg/m³ (5 mm) 5 – Betonilha armada (40 mm) 6 – Revestimento cerâmico (1,5 cm) 7 – Rodapé 8 – Camada de enchimento em betão leve com granulado de borracha (5 cm)
Observações: $U_{\text{ascendente}}=0,48 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ $U_{\text{descendente}}=0,45 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ Em que: $R_{\text{se}}=R_{\text{si}}$ Gesso projetado $\lambda=0,43$ Laje aligeirada $\lambda=0,23$ Camada de enchimento com granulado de esferovite $\lambda=0,18$ Camada de enchimento em betão leve com granulado de borracha $\lambda=0,3$ Camada resiliente em manta de espuma de polietileno $\lambda=0,05$ Betonilha armada $\lambda=2$ Revestimento cerâmico $\lambda=1,04$ Ambos cumprem os requisitos térmicos de coeficientes transmissão térmicos máximos para todas as zonas climáticas. Neste caso, tendo em conta a classificação ISOLE, este isolamento deveria ter um mínimo de I5S1O2L2E4, no pior caso.	

5.5. PAVIMENTO QUE DIVIDE O INTERIOR DO EDIFÍCIO DO AR EXTERIOR

Devido à presença constante de agentes atmosféricos na parte exterior do pavimento, esta deve ser protegida contra infiltrações.

O contacto com o exterior, torna este tipo de pavimento um meio de trocas de calor com o interior, a colocação de um isolamento térmico, bem dimensionado, contrariará este fenómeno. Deve ainda respeitar o regulamento de acústica quanto aos ruídos aéreos, $D_{2m, nT,w} (dB) \geq 33$ (zonas mistas) e ≥ 28 (zonas sensíveis).

Quadro 46 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P4

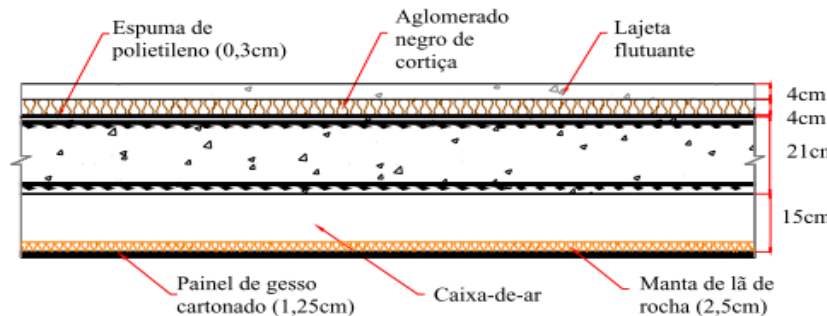
Classificação: P4- C//D/SS/-	Pavimento intermédio, que divide o interior do edifício do exterior, com estrutura resistente contínua, revestimento de piso aplicado indiretamente em relação à laje, revestimento de teto em gesso aplicado diretamente à estrutura de suporte, isolamento térmico na parte superior.
Pormenor:  Fig.112 – Pormenor de um pavimento P4 CatalogoTecnico2015.pdf (fibrosom.com)	Legenda: 1 – Rodapé 2 – Pedra natural em granito (2cm) 3 – Betonilha armada com 4 cm 4 – Paineis de lã de rocha com 90 Kg/m³ (3cm) 5 – Betão leve com granulado de esferovite aditivado (5 cm) 6 – Camada de enchimento com granulado de esferovite aditivado (10 cm) 7 – Laje maciça de betão armado (20cm) 8 – Revestimento em estuque (1,5 cm)
Observações: $U_{ascendente}=0,53 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ $U_{descendente}=0,51 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ Em que: - Estuque tradicional $\lambda=0,4$ - Laje maciça em betão armado $\lambda=2$ - Camada de enchimento com granulado de esferovite $\lambda=0,18$ - Betão leve com granulado de esferovite $\lambda=0,18$ - Painéis de lã de rocha com 90 Kg/m³ $\lambda=0,04$ - Betonilha armada $\lambda=2$ - Pedra natural em granito $\lambda=2,8$ Ambos cumprem os requisitos térmicos de coeficientes transmissão térmicos máximos para todas as zonas climáticas. Neste caso, tendo em conta a classificação ISOLE, este isolamento deveria ter um mínimo de I5S1O2L2E4, no pior caso.	

5.6. PAVIMENTO QUE DIVIDE UMA HABITAÇÃO DE UMA ZONA DE ESCRITÓRIOS/COMÉRCIO

A zona de escritórios/comércio, pode pontualmente tornar-se numa zona fria, visto que não é utilizada tão habitualmente quanto uma habitação e é uma zona utilizado em diferentes momentos que uma habitação. É, portanto, necessário considerar a necessidade de isolamento térmico.

Devido às diferentes finalidades destes dois espaços, é também previsto a utilização de isolamento acústico, com limites de $L'_{n,w} \leq 50$ e $D_{nT,w} \geq 58$ dB.

Quadro 47 – Ficha de classificação de um pormenor de pavimento P5

Classificação: P5- C//IND/SS/A	Pavimento intermédio, que divide uma habitação de uma zona de comércio/escritórios, com estrutura resistente contínua, revestimento de piso aplicado indiretamente em relação à laje, revestimento de teto à base placas de gesso aplicado indiretamente na superfície da laje, a partir de uma estrutura de suporte, isolamento térmico na parte superior e isolamento acústico que não cumpre com as regulamentações.
Pormenor:  Fig.113 – Pormenor de um pavimento P5 em laje maciça de betão armado [43]	
Observações: $D_{n,w}=57 \geq 58(ko)$; $L'_{n,w}=58 \leq 50(ko)$ – o pavimento não cumpre as exigências térmicas, logo, é aconselhável o reforço do isolamento acústico, neste caso lã de rocha. $U_{ascendente}=0,49 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ $U_{descendente}=0,46 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ Em que: As resistências térmicas superficiais utilizadas são as de uma solução de elementos da envolvente que separam um espaço útil interior de um local não-aquecido ($R_{se}=R_{si}$), pois o espaço inferior não apresenta as mesmas circunstâncias de aquecimento que o superior, como explicado anteriormente. Ambos cumprem os requisitos térmicos de coeficientes transmissão térmicos máximos para todas as zonas climáticas. Solução de resistências térmicas, de $D_{n,w}$ e de $L'_{n,w}$ retirados diretamente de [43].	

6

CONCLUSÕES

A realização desta dissertação, sendo uma revisão bibliográfica, permitiu que esta fosse uma fonte de informação organizada e sintetizada de soluções construtivas de pavimentos. A recolha de elementos para a sua realização mostrou que esta é demorada e algo dispersa, exigindo recolha de informação num vasto registo bibliográfico.

A enumeração das imagens ao longo do trabalho, bem como a elaboração de organogramas e tabelas, permitiu essa organização, tornando a sua leitura menos “pesada” e mais agradável ao olho.

A necessidade de um método de analisar os pavimentos de acordo com as suas exigências e localização, quer do próprio pavimento, quer das camadas que o constituem, foi possível com a criação de uma classificação.

A partir da análise de alguns pormenores de pavimentos, segundo a classificação elaborada, foi possível chegar à conclusão que nem sempre os pavimentos cumprem as exigências que devem satisfazer num determinado local. Alguns pavimentos não cumpriam as exigências acústicas, segundos os limites impostos, sendo, este aspeto ainda um dos mais desvalorizados no conforto habitacional. As exigências térmicas foram cumpridas em todos os casos, sendo esta uma característica fundamental, na eficiência energética de uma habitação, tanto a nível económico como de bem-estar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Nelson, “Metodologias de Análise de Lajes Fungiformes,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008.
- [2] A. Martins, “Estudo da Durabilidade dos Revestimentos de piso,” FEUP, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, 2012.
- [3] J. Nascimento, Exigências Funcionais de Revestimentos de Piso, Lisboa: LNEC, 1985.
- [4] APICER, CTCV, DEC-FEUP e DEC-FCTUC, Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos, Coimbra: Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, 2003.
- [5] LNEC, UEAtc Diretivas comuns para a Homologação de Pavimentos Não Tradicionais de betão armado ou pré-esforçado, Lisboa: LNEC, 1968.
- [6] B. Paulino, “Análise exigencial comparada, em edifícios, das soluções de pavimentos total ou parcialmente pré-fabricadas,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2010.
- [7] J. Brito, “Pisos Têrreos, Cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios,” Cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios, IST, 2003.
- [8] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Porto: Porto Editora, 2004.
- [9] “Regulamento dos Requisitos Acústicos de Edifícios. Decreto-Lei nº 95/2019. Diário da República - I Série, nº 136”.
- [10] J. Lucas, Exigências Funcionais de Revestimentos de Paredes, Lisboa: LNEC, 1990.
- [11] C. Castro e J. Abrantes, Manual de Segurança Contra Incêndios em Edifícios-2ªedição, Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2009.
- [12] J. Nascimento, Classificação Funcional Dos Revestimentos de Piso e dos Locais, Lisboa: LNEC, 1991.
- [13] I. Colen, J. Garcia, L. Silva, A. Silva e N. Neto, “Revestimentos de Pisos,” Cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios, IST.
- [14] M. Silva, “Metodologia para a definição exigencial de isolamentos térmicos,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 1996.
- [15] N. Ramos, “Cadeira de Tecnologia das Construções,” FEUP, 2020.
- [16] V. Freitas e M. P. , Metodologia para a seleção exigencial de isolantes térmicos-2ªedição, Porto: Laboratório de Física das Construções, FEUP, 1997.
- [17] T. Costa, “Estudo Comparativo Do Custo De Diferentes Soluções De Lajes De Pavimentos Num Edifício Corrente De Habitação,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2011.
- [18] J. Mascarenhas, Sistemas de construção: XI - O Betão Armado.Confragens de Edifícios. Aglomerados Orgânicos, Livros Horizonte, 2009.
- [19] J. Torres, “Sistemas construtivos modernos em madeira,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2010.

- [20] F. Teixeira, “Reabilitação do ponto de vista térmico em pavimentos,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008.
- [21] Sítio da internet (<https://www.jular.pt/>). 25 04 2023.
- [22] Sítio da internet (<https://www.apawood.org/i-joist>). 03 04 2023.
- [23] L. Cardoso, “Recuperação de Pavimentos Antigos Em Madeira Com Lajes Mistas Madeira-Betão,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2010.
- [24] J. Lopes, Dissertação em Engenharia Civil, FEUP, Estudo de pavimentos constituídos por lajes fungiformes pré-esforçadas.
- [25] LNEC, Pavimentos prefabricados de edifícios - Soluções construtivas e prefabricação, Lisboa: LNEC, 1984.
- [26] Sítio da internet (<https://www.archiexpo.com/pt/prod/dow-france/product-61915-279234.html>). 23 03 2023.
- [27] Sítio da internet (<https://casadoscatitos.com/>). 16 05 2023.
- [28] J. de Brito, “Humidade Ascendente Em Paredes Têrreas De Edifícios,” Cadeira de Reabilitação Não-Estrutural de Edifícios de Mestrado em Construção, IST, 2003.
- [29] A. da Cruz, “Revestimentos de pisos em madeira para interiores,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, ISEL, 2015.
- [30] Sítio da internet (<https://pt.all.biz/lamparquet-g11979>). 3 06 2023.
- [31] J. Faria, “Controlo da Qualidade de Revestimentos de Piso,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2018.
- [32] Sítio da internet (https://www.maxmat.pt/pt/soalho-pinho-21mm_p8048.html). 01 06 2023.
- [33] Sítio da internet (<https://www.ideiasereceitas.com/manual-instalacao-aplicacao-pavimento-soalho-flutuante/>). 27 05 2023.
- [34] R. Camposinhos e P. Amaral, Caderno técnico de aplicação, uso e manutenção de rochas ornamentais, Lisboa: Assimagra, 2007.
- [35] Sítio da internet (<https://www.porcelanosa.com/pt/pavimentos/pedra-natural/>). 6 4 2023.
- [36] NP 295, Têxteis - Coberturas têxteis de chão - Classificação e terminologia. Instituto Português da Qualidade, 1988.
- [37] C. Gabriel, “Revestimento vinílico em pavimentos: características, execução e patologia,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, ISEL, 2011.
- [38] R. Bastos, “Linóleo como revestimento de piso: processos construtivos, execução e patologia,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, ISEL, 2016.
- [39] R. Batista, “Estudo Comparativo entre dois tipos de soluções de revestimento interior de fachadas de edifícios,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e do Ambiente, IPVC, 2018.
- [40] Sítio da internet (https://gyptec.eu/documentos/Gyptec_ManualTecnico_2edicao.pdf) . 23 05 2023.
- [41] Sítio da internet (<https://mafrigessos.com/2021/06/03/tetos-em-pvc-perclit/>). 12 05 2023.

- [42] F. Silva, “Estudo de Materiais de Isolamento Térmico Inovadores,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, 2013.
- [43] R. Mateus, “Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2004.
- [44] A. Coelho, Segurança Contra Incêndio em Edifícios de Habitação, ORION, 1998.
- [45] J. Patrício, “Acústica nos edifícios” – 7ª edição, Publindústia, 2018.