

# **PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAS**

Tipificação de soluções construtivas e  
acabamentos

**RICARDO HENRIQUE TEIXEIRA PACHECO**

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

---

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

---

Coorientador: Engenheiro Joaquim José Calheiros da Silva Moreira

JULHO DE 2015

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

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.

  memória dos meus av s Henrique, José e Maria

*“Tudo o que fazes é insignificante; mas é muito importante que faças.”*

*Mahatma Gandhi*



## **AGRADECIMENTOS**

Agora terminada esta última fase do meu percurso académico, várias foram as pessoas que ao longo deste semestre estiveram sempre presentes e que, de várias formas, foram importantes e deram o seu contributo para que este trabalho fosse concluído com sucesso. Assim, quero manifestar os meus sentidos agradecimentos:

- Ao Professor Doutor Hipólito Sousa, por todo o apoio, experiência e compreensão demonstrada no decorrer deste trabalho e, principalmente, por me ter dado o prazer de trabalhar e aprender mais sobre este tema;
- Ao Engenheiro Joaquim Moreira, por todo o apoio que me deu, por toda a preocupação que sempre demonstrou sobre este trabalho, antes e durante a sua execução, pelas horas de trabalho despendidas e por todo o conhecimento teórico e prático transmitido sobre pavimentos têrreos industriais.
- À empresa ETEPI – Pavimentos, em especial ao Engenheiro Alexandre Antunes, pela abertura sempre demonstrada para responder a dúvidas e esclarecimentos por mim solicitados e pela documentação técnica fornecida que se revelou essencial e imprescindível ao longo desta dissertação;
- A toda a minha família, nomeadamente aos meus Pais, Tios e Avó, que estiveram sempre do meu lado a apoiar-me em toda e qualquer situação ao longo destes últimos 5 anos, sendo que sem todo o esforço e dedicação por eles demonstrado, este marco importante na minha vida não teria sido alcançado;
- Aos meus amigos e companheiros, por toda a amizade por eles revelada, camaradagem e por todos os momentos únicos com eles partilhados que me permitiram chegar até aqui e ser a pessoa que sou hoje.



## **RESUMO**

Dentro do setor da construção, a área dos pavimentos térreos industriais é seguramente uma das áreas que merece um tratamento especial, dada a sua crescente importância e devido ao facto de estes se apresentarem cada vez mais como boas soluções para pavimentos, tanto em espaços exteriores como em espaços interiores. O tratamento correto da superfície do pavimento térreo industrial é essencial para que o pavimento consiga responder da melhor forma às solicitações que lhe são impostas, como cargas excessivas, variações de temperaturas ou ataques de agentes químicos. Ainda assim, a informação existente sobre este domínio está ainda muito dispersa, não existindo ainda documentos completos do ponto de vista técnico e normas que sejam unânimes dentro deste setor.

Numa primeira fase, foi feito um estudo introdutório ao tema dos pavimentos térreos industriais. Foram evidenciadas as partes constituintes de um pavimento deste género, as várias classificações existentes para caracterizar estes pavimentos, os tipos de pavimentos térreos industriais, os tipos de acabamentos superficiais que estes podem apresentar e também uma breve referência às patologias que normalmente se manifestam neste tipo de pavimentos.

Como é o principal propósito desta dissertação evidenciar a relevância que o tratamento e o acabamento da superfície tem nos pavimentos térreos industriais, foi realizado um levantamento de todas as exigências e requisitos funcionais a que os acabamentos superficiais devem obedecer, tentando sempre enquadrar esses mesmos requisitos em normas às quais se recorrem mais frequentemente.

Um fator que assume uma preponderância enorme e se sobrepõe a todos os outros é, e será cada vez mais, o fator económico. Sendo assim, elaborou-se uma análise de custos associados a alguns pavimentos térreos industriais, sendo estes:

- Pavimentos com acabamento superficial em betão;
- Pavimentos com aplicação de endurecedores de superfície;
- Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas epóxi;
- Pavimentos com acabamento superficial autonivelante de base cimentícia;
- Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas de poliuretano.

Esta análise de custos foi feita com recurso a elementos e valores reais que foram disponibilizados por uma empresa especializada na execução de pavimentos térreos industriais, que aliás foi bastante útil no apoio que me prestou ao longo deste trabalho.

Por fim, foi realizado um levantamento de várias soluções comerciais de várias marcas existentes no mercado desta área, sendo que essas soluções comerciais correspondem a exemplos que se inserem dentro dos pavimentos referenciados anteriormente. O objetivo era realizar uma análise comparativa entre todas as soluções comerciais referenciadas, tendo em conta algumas características funcionais que estas apresentam. Através do recurso à documentação técnica dos produtos disponibilizada pelas marcas que comercializam estes produtos e a várias normas internacionais foi possível quantificar algumas exigências funcionais e, assim, elaborar uma comparação entre as soluções comerciais mencionadas.

Tanto a análise de custos como o levantamento de várias soluções comerciais e suas características têm como principal intuito a elaboração de uma sequência de processos que permita uma correta seleção do acabamento superficial a aplicar num pavimento térreo industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologias de Construção, Pavimentos Térreos, Edifícios Industriais.





## **ABSTRACT**

Inside of the construction sector, the area of industrial ground floors is an area that deserves a special treatment because of the growing importance of the ground floors in construction business and the fact that these types of floors introduce a lot of good solutions to apply in indoor and outdoor spaces. The correct treatment of the surface of the industrial ground floors is essential to improve the resistance of the floor to the outdoor imposed requests, like excessive loads, temperature variations and chemical agents attacks. Even so, the information that exists nowadays about this matter is very dispersed and don't exist any complete technical documents and norms that are unanimous inside of this area.

Initially, it was made an introductory study about the theme of the industrial ground floors. In this study, it was present the constitution parts of a ground floor, the several classifications that exists to classify the floor, the types of industrial ground floors, the types of surface finishes that ground floors can show and a brief reference to the pathologies that usually occurring in this type of floors.

The main purpose of this work is to demonstrate the relevance of the treatment and surface finish has in the industrial ground floors and, therefore, a survey was conducted of all the functional requirements which surface finishes must meet, always trying to fit these same requirements in standards to which they resort more often.

One factor that assumes preponderance and overrides all other is the economic factor. Therefore, it drew up a cost analysis associated with some industrial ground floors:

- Floors with surface finish in concrete;
- Floors with the application of surface hardeners;
- Floors with surface finish based on epoxy resins;
- Floors with surface finish that consists in self-levelling cementitious base;
- Floors with surface finish based on polyurethane resins.

This cost analysis was made using real elements and values which were made available by a specialized enterprise in execution of industrial ground floors, which were very useful with the support over this master thesis.

Lastly, a survey was conducted of various commercial solutions of various brands on the market in the nearby area wherein these commercial solutions are some examples of the types of floors that were mentioned behind. The purpose was to conduct to a comparative analysis between all commercial solutions referenced considering some functional characteristics that they present. Using the technical documentation which were made available by the commercial brands that responsible for these products and some international norms it was possible to quantify some functional requirements and make a comparison between the commercial solutions.

Both the cost analysis as lifting several business solutions and their characteristics are mainly intended to draw up a sequence of processes that allow a correct selection of surface finish to be applied in industrial ground floor.

**KEYWORDS:** Building Technologies, Ground Floors, Industrial Buildings.



## ÍNDICE GERAL

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE QUADROS .....	xi
SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS .....	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO .....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	2
<b>2. PAVIMENTOS TÊRREOS INDUSTRIAIS – TIPOS, ACABAMENTOS SUPERFICIAIS E PATOLOGIAS .....</b>	<b>5</b>
2.1. EVOLUÇÃO E IMPORTÂNCIA DO PAVIMENTO TÊRREO INDUSTRIAL .....	5
2.2. CONSTITUIÇÃO DOS PAVIMENTOS TÊRREOS INDUSTRIAIS CORRENTES .....	5
2.2.1. SUBLEITO DE FUNDAÇÃO .....	6
2.2.2. SUB-BASE E/OU BASE .....	7
2.2.3. BARREIRA DE VAPOR .....	7
2.2.4. LAJE DE BETÃO .....	7
2.2.5. SUPERFÍCIE DE PROTEÇÃO E DESGASTE .....	7
2.3. CLASSIFICAÇÃO E TIPIFICAÇÃO DE PAVIMENTOS TÊRREOS INDUSTRIAIS MAIS CORRENTES .....	8
2.3.1. CLASSIFICAÇÃO QUANTO À UTILIZAÇÃO DO EDIFÍCIO .....	8
2.3.1.1. Classificação segundo ANAPRE .....	8
2.3.1.2. Classificação segundo ACI .....	9
2.3.2. CLASSIFICAÇÃO TENDO EM CONTA A CAMADA ESTRUTURAL DE BETÃO .....	10
2.3.2.1. Pavimentos de betão simples .....	10
2.3.2.2. Pavimentos de betão com armadura convencional ou malha eletrossoldada .....	11
2.3.2.3. Pavimentos de betão com fibras .....	12
2.3.2.4. Pavimentos de betão com armaduras de pré-esforço .....	12
2.3.2.5. Tipos de juntas .....	13

2.3.3. CLASSIFICAÇÃO UPEC .....	13
<b>2.4. ACABAMENTOS SUPERFICIAIS DE PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>16</b>
2.4.1. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL EM BETÃO .....	17
2.4.2. PAVIMENTOS COM APLICAÇÃO DE ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE .....	17
2.4.3. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO DE BASE CIMENTÍCIA OU DE BASE NÃO CIMENTÍCIA.....	18
2.4.3.1. Sistemas de base cimentícia .....	18
2.4.3.2. Sistemas de base não cimentícia .....	21
2.4.4. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO FLEXÍVEL.....	22
2.4.4.1. Pavimento termoplástico e vinil.....	22
2.4.4.2. Pavimentos em linóleo .....	23
2.4.4.3. Pavimentos em borracha .....	24
2.4.5. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO RÍGIDO .....	24
2.4.6. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO EM MADEIRA.....	25
<b>2.5. PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>25</b>

### **3. EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AO DESEMPENHO SUPERFICIAL DOS PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS**<sup>27</sup>

<b>3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS DOS PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>27</b>
3.1.1. REQUISITOS ECONÓMICOS.....	27
3.1.2. REQUISITOS ESTRUTURAIS .....	28
3.1.3. REQUISITOS OPERACIONAIS E DE SUPERFÍCIE.....	29
3.1.4. REQUISITOS ESTÉTICOS .....	29
3.1.5. OUTROS REQUISITOS ESPECIAIS .....	30
<b>3.2. EXIGÊNCIAS E REQUISITOS SUPERFICIAIS DOS PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>32</b>
3.2.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	32
3.2.2. RESISTÊNCIA À FLEXÃO .....	33
3.2.3. DUREZA SUPERFICIAL.....	33
3.2.4. TENSÃO DE ADERÊNCIA AO BETÃO .....	34
3.2.5. RESISTÊNCIA AO ESCORREGAMENTO .....	34
3.2.6. RESISTÊNCIA À ABRASÃO .....	35
3.2.7. RESISTÊNCIA AO IMPACTO .....	37
3.2.8. RESISTÊNCIA QUÍMICA.....	37
3.2.9. RESISTÊNCIA TÉRMICA .....	37

3.2.10. REGULARIDADE SUPERFICIAL/PLANIMETRIA.....	38
3.2.11. LIMPEZA.....	40
3.2.12. PROPRIEDADES ELETROSTÁTICAS.....	40
3.2.13. PROPRIEDADES ACÚSTICAS.....	41
3.2.14. PROPRIEDADES ANTI MANCHAS.....	41
3.2.15. PERMEABILIDADE.....	42
3.2.16. REAÇÃO AO FOGO.....	42
3.2.17. ASPETO ESTÉTICO.....	43

## **4. ANÁLISE COMPARATIVA TÉCNICO-ECONÓMICA – CASOS DE ESTUDO DE SOLUÇÕES DE ACABAMENTOS SUPERFICIAIS.....45**

### **4.1. ENQUADRAMENTO E PRESSUPOSTOS PARA A AVALIAÇÃO DE CUSTOS.....45**

### **4.2. TIPOS DE ACABAMENTOS SUPERFICIAIS/ ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA – CASOS DE ESTUDO E CUSTOS MÉDIOS ASSOCIADOS.....47**

#### 4.2.1. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL EM BETÃO (SEM INCORPORAÇÃO DE QUALQUER PRODUTO ADICIONAL.....47

#### 4.2.2. PAVIMENTOS COM APLICAÇÃO DE ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE.....48

#### 4.2.3. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS EPÓXI.....50

#### 4.2.4. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL AUTONIVELANTE DE BASE CIMENTÍCIA.....53

#### 4.2.5. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS DE POLIURETANO.....54

### **4.3. COMPARAÇÃO DE CUSTOS RELATIVOS AOS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTOS.....55**

## **5. EXEMPLOS DE SOLUÇÕES COMERCIAIS PARA ACABAMENTOS SUPERFICIAIS – CARATERIZAÇÃO/ DESEMPENHO FUNCIONAL.....57**

### **5.1. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CARATERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COMERCIAIS.....57**

### **5.2. EXEMPLOS DE SOLUÇÕES COMERCIAIS PARA ACABAMENTO SUPERFICIAIS E RESPETIVA CARATERIZAÇÃO.....59**

#### 5.2.1. PAVIMENTOS COM APLICAÇÃO DE ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE.....59

##### 5.2.1.1. Endurecedores de superfície à base de quartzo.....60

##### 5.2.1.2. Endurecedores de superfície à base de corindo.....61

##### 5.2.1.3. Endurecedores de superfície constituídos maioritariamente por partículas metálicas.....62

#### 5.2.2. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS EPÓXI.....64

5.2.2.1. Pinturas simples à base de resinas epóxi.....	64
5.2.2.2. Revestimentos autonivelantes epóxi.....	65
5.2.3. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL AUTONIVELANTE DE BASE CIMENTÍCIA .....	66
5.2.4. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS DE POLIURETANO .....	69
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1. CONCLUSÕES E PRINCIPAIS LIMITAÇÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 - Corte ilustrativo de um pavimento térreo industrial. ....	6
Fig. 2.2 - Preparação do subleito de fundação. ....	6
Fig. 2.3 - Pavimento térreo industrial finalizado. ....	8
Fig. 2.4 - Pavimento em betão simples. ....	11
Fig. 2.5 - Pavimento de betão com armadura convencional/ malha eletrossoldada (malha simples)...	11
Fig. 2.6 - Pavimento de betão com armadura convencional/ malha eletrossoldada (malha dupla). ....	11
Fig. 2.7 - Pavimento de betão com fibras. ....	12
Fig. 2.8 - Pavimento de betão com armaduras de pré-esforço.....	12
Fig. 2.9 - Pavimento com acabamento em betão. ....	17
Fig. 2.10 - Pavimento com endurecedor de superfície. ....	18
Fig. 2.11 - Argamassa autonivelante de base cimentícia. ....	19
Fig. 2.12 - Sistemas cimentícios à base de polímeros modificados. ....	20
Fig. 2.13 - Terrazzo aplicado “in situ”.....	20
Fig. 2.14 - Pavimento à base de resinas.....	21
Fig. 2.15 - Pavimento vinílico. ....	22
Fig. 2.16 - Pavimento em PVC.....	23
Fig. 2.17 - Pavimento em linóleo.....	24
Fig. 2.18 - Pavimento em borracha.....	24
Fig. 2.19 - Pavimento com acabamento em madeira. ....	25
Fig. 3.1 - Ações estáticas (carga uniformemente distribuída).....	28
Fig. 3.2 - Parque de estacionamento. ....	29
Fig. 3.3 - Área de armazenagem e logística. ....	29
Fig. 3.4 - Execução de pavimento decorativo. ....	30
Fig. 3.5 - Constituição de pavimento tipo de armazéns frigoríficos. ....	30
Fig. 3.6 - Câmara frigorífica.....	31
Fig. 3.7 - Estrutura autoportante. ....	32
Fig. 3.8 - Nivelamento e planura/ planicidade.....	39
Fig. 3.9 - Equipamento para medição de nivelamento e planura do pavimento.....	39
Fig. 4.1 – Aplicação do betão (descarga direta). ....	47
Fig. 4.2 – Aplicação do betão (bombagem). ....	47
Fig. 4.3 - Espalhamento e nivelamento do betão (régua vibratória). ....	48

Fig. 4.4 – Espalhamento e nivelamento do betão (equipamento Laser-Screed).....	48
Fig. 4.5 – Aplicação de endurecedor de superfície.....	49
Fig. 4.6 – Aplicação de endurecedor de superfície (equipamento Topping Spreader). ....	50
Fig. 4.7 – Atalochamento da superfície.....	50
Fig. 4.8 – Pintura simples epóxi. ....	52
Fig. 4.9 – Revestimento autonivelante epóxi. ....	52
Fig. 4.10 – Aplicação da camada autonivelante de base cimentícia. ....	53
Fig. 4.11 – Revestimento autonivelante de base cimentícia.....	54
Fig. 4.12 – Camada de selagem em poliuretano. ....	55
Fig. 5.1 – Exemplo de pavimento com aplicação de endurecedor de quartzo. ....	61
Fig. 5.2 – Exemplo de pavimento com aplicação de endurecedor de corindo. ....	62
Fig. 5.3 – Exemplo de pavimento com aplicação de endurecedor com partículas metálicas. ....	63
Fig. 5.4 – Exemplo de pavimento com aplicação de pintura simples epóxi. ....	64
Fig. 5.5 - Exemplo de pavimento com aplicação de pintura simples epóxi. ....	65
Fig. 5.6 – Exemplo de pavimento com aplicação de revestimento autonivelante epóxi.....	66
Fig. 5.7 – Exemplo de pavimento autonivelante de base cimentícia. ....	67
Fig. 5.8 – Autonivelante de base cimentícia. ....	68
Fig. 5.9 – Argamassa autonivelante.....	68
Fig. 5.10 – Exemplo de pavimento com acabamento à base de resinas poliuretano. ....	70
Fig. 5.11 – Exemplo de pavimento com acabamento à base de resinas poliuretano. ....	70
Fig. 5.12 – Exemplo de pavimento com acabamento à base de resinas poliuretano. ....	71



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Classificação de pavimentos industriais (ANAPRE).....	9
Quadro 2.2 - Classificação de pavimentos industriais (ACI).....	10
Quadro 2.3 - Atribuições referentes às classes <i>U</i> .....	14
Quadro 2.4 - Atribuições referentes às classes <i>P</i> .....	15
Quadro 2.5 - Atribuições referentes às classes <i>E</i> .....	15
Quadro 2.6 - Atribuições referentes às classes <i>C</i> .....	16
Quadro 3.1 - Classificação de resistência à compressão.....	33
Quadro 3.2 - Classificação de resistência à flexão.....	33
Quadro 3.3 - Classificação quanto à dureza de superfície.....	34
Quadro 3.4 - Classificação quanto à aderência ao betão.....	34
Quadro 3.5 - Classificação quanto à resistência ao escorregamento.....	35
Quadro 3.6 - Classificação de resistência ao deslizamento (Método de Pêndulo).....	35
Quadro 3.7 - Classificação de resistência ao desgaste <i>Böhme</i> .....	36
Quadro 3.8 - Classificação de resistência ao desgaste BCA.....	36
Quadro 3.9 - Classificação de resistência ao desgaste por rolamento.....	36
Quadro 3.10 - Classificação dos pavimentos quanto à reação ao fogo.....	43
Quadro 4.1 – Mapa de trabalhos e quantidades do pavimento térreo tipo adotado.....	46
Quadro 4.2 – Custos médios das diferentes soluções a aplicar em pavimentos de betão.....	56
Quadro 5.1 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de endurecedores de quartzo.....	60
Quadro 5.2 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de endurecedores de corindo.....	61
Quadro 5.3 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de endurecedores com partículas metálicas.....	63
Quadro 5.4 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de pinturas simples epóxi.....	65
Quadro 5.5 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de revestimentos autonivelantes epóxi.....	66
Quadro 5.6 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de autonivelantes de base cimentícia.....	69
Quadro 5.7 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de produtos à base de poliuretano.....	71



## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

cm - centímetro

*Ff* – Coeficiente de planura da superfície (adimensional)

*FI* – Coeficiente de nivelamento da superfície (adimensional)

un. – unidade

m<sup>2</sup> – metro quadrado, corresponde a unidade de área

kg/m<sup>3</sup> – quilograma por metro cúbico

g – grama

INE – Instituto Nacional de Estatística

UPEC – Classificação funcional de revestimentos de pisos

ACI – American Concrete Institute

ANAPRE – Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho

RAD – Revestimentos de Alto Desempenho

CSTB - Centre Scientifique du Bâtiment

PVC - *Polyvinyl chloride*

EN – Normas Europeias Harmonizadas

ISO – International Organization for Standardization

BCA – Teste de resistência à abrasão

ASTM – American Society for Testing and Materials

in-situ – No próprio local

ESD – Electrostatic discharge

CE - Indicativo de conformidade obrigatória para produtos comercializados no Espaço Económico Europeu

BASF – Empresa especializada em produtos químicos e pavimentos

CIN - Empresa especializada em produtos químicos e pavimentos



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO

Esta dissertação foi proposta no seguimento de uma tese desenvolvida anteriormente sobre os aspectos ligados à concepção, dimensionamento e às tecnologias de execução de pavimentos téreos industriais.

A forte crise social e económica que se instalou na Europa e no Mundo já não é uma novidade nos dias de hoje, pelo contrário, é uma realidade com a qual as pessoas já estão familiarizadas. Portugal, estado-membro da União Europeia, não foge à regra.

O sector da construção é um sector muito importante no equilíbrio económico e social de um país. Consequentemente, é também um dos primeiros a ressentir-se quando as dificuldades económicas e financeiras começam a surgir. No 3º trimestre de 2014, verificou-se um decréscimo dos edifícios licenciados e dos edifícios concluídos, sendo que estes últimos apresentaram uma redução mais acentuada, relativamente ao período homólogo de 2013 [1].

Dentro do sector da construção, podem considerar-se vários subsectores que podem ser analisados independentemente. A construção de edifícios industriais é uma dessas vertentes da construção. Segundo o Boletim Mensal de Estatística de Dezembro de 2013, publicado pelo INE, o número de edifícios licenciados no ano de 2013 diminuiu em relação ao ano de 2012, sendo que se verificou um maior decréscimo no licenciamento de construções novas para a habitação familiar do que para comércio ou indústria. No ano de 2013, os novos edifícios licenciados destinados à habitação familiar apresentaram uma variação negativa na ordem dos 30,6%, sendo que os restantes novos edifícios licenciados destinados a comércio e indústria apresentaram um decréscimo de cerca de 21,2%, quando comparado com o ano de 2012. Verifica-se assim que a construção industrial apresenta um registo negativo mas, ainda assim, com um decréscimo mais ligeiro relativamente ao que acontece na construção habitacional [2].

Na construção de um edifício industrial, o pavimento térreo é um dos elementos mais importantes que requer cuidados elevados durante a fase de projeto e de execução. O pavimento apresenta-se como um dos três elementos essenciais de um edifício: cobertura, envolvente vertical e pavimento. Esta importância atribuída ao pavimento não é apenas funcional como também se reflete no peso económico que este elemento tem em toda a construção. Existem casos em que este pavimento pode representar mais de 50% do investimento total no edifício. Ao contrário dos pavimentos elevados, lajes estruturais correntes, um pavimento térreo consiste numa laje térrea horizontal de uma construção, diretamente em contacto e apoiada no terreno. A execução de um pavimento térreo deve obedecer a várias directivas e respeitar diversos critérios de dimensionamento. As exigências funcionais a que os pavimentos téreos estão sujeitos decorrem de diversos aspetos, mas sobretudo

estão ligadas ao tipo de utilização. Estas exigências condicionam todos os constituintes do pavimento, desde a sua fundação e estrutura e muito particularmente o revestimento ou acabamento que o pavimento recebe. Como a execução adequada destes pavimentos obriga a um elevado rigor, são frequentes os casos de patologias e anomalias decorrentes da não satisfação dos requisitos exigências [3].

Por outro lado, os pavimentos térreos industriais são uma das obras de engenharia civil onde a ocorrência de patologias ao longo do seu período de vida mais condiciona a utilização da obra e onde as reparações podem conduzir a custos bastante elevados, verificando-se mesmo em muitos casos que não há uma solução possível, que não seja a demolição do pavimento e a sua reconstrução [4].

Grande parte das anomalias e patologias que normalmente se manifestam nos pavimentos industriais, ocorrem à superfície do pavimento. Sendo assim, a escolha do revestimento de piso e dos acabamentos a adoptar são factores muito importantes para a concepção de um pavimento adequado ao tipo de utilização que o edifício irá apresentar no futuro.

As tecnologias de revestimentos de piso têm vindo a evoluir e a quantidade de novos materiais que vão aparecendo é cada vez maior. Para a obtenção de uma solução óptima de um revestimento de piso, deve procurar-se que o revestimento para um determinado local cumpra as exigências a que o local obriga, tendo em conta o tipo de utilização futura que o edifício vá ter, e que apresente custos iniciais e de manutenção o mais reduzido possível [5].

Neste contexto esta dissertação tem como um macro objetivo fazer uma análise comparativa custo-desempenho de diferentes soluções de acabamento de pavimentos térreos.

## **1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO**

Este trabalho tem como principal objectivo identificar quais as soluções mais adequadas, ao nível dos pavimentos térreos industriais, a aplicar no acabamento superficial, para cada tipo de utilização. Pretende-se efectuar uma análise comparativa das soluções tendo em vista a optimização da relação qualidade/ custo. Para isso é necessário elaborar um levantamento dos diferentes tipos de utilização e exigências destes pavimentos.

Assim, os principais objectivos desta dissertação são:

- Tipificação das utilizações tipo associadas a edifícios industriais e similares na perspetiva dos pavimentos térreos;
- Levantamento das principais patologias associadas ao revestimento e acabamentos dos pavimentos industriais;
- Identificação dos aspectos técnicos relevantes e requisitos a ter em conta no que se refere ao desempenho superficial dos pavimentos industriais;
- Avaliação dos tipos de soluções possíveis a aplicar na superfície dos pavimentos industriais e relação com requisitos e utilização;
- Análise comparativa de soluções do ponto de vista da relação custo-desempenho.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

A presente dissertação está organizada em seis capítulos distintos, sendo que o primeiro capítulo corresponde à Introdução. De seguida, temos o segundo capítulo que diz respeito ao Estado da Arte. Neste capítulo, vai ser abordado o tema dos pavimentos industriais de uma forma mais generalizada,

sendo que o principal foco vai centrar-se nas questões dos tipos de pavimentos industriais existentes, das classificações dos pavimentos, dos tipos de acabamentos superficiais e ainda das patologias mais frequentes que estes podem apresentar ao nível dos acabamentos e revestimentos.

No terceiro capítulo, este já mais direccionado para a análise do desempenho superficial dos pavimentos industriais, vão ser abordados os assuntos referentes aos aspetos técnicos relevantes, requisitos e exigências funcionais que devem ser assegurados para um correto funcionamento, a nível superficial, dos pavimentos téreos industriais.

No quarto capítulo, será realizada uma análise comparativa técnico-económica entre os vários tipos de acabamentos superficiais analisados em maior detalhe, tentando desta forma perceber quais as soluções que apresentam condições mais favoráveis ao nível dos custos associados a cada solução. Para isso, considerou-se a adoção de um pavimento térreo tipo para dar uma noção de um custo de referência para o pavimento.

No quinto capítulo vão ser apresentados vários exemplos de acabamentos superficiais, dentro dos tipos de pavimentos industriais analisados no capítulo anterior, que correspondem a soluções comerciais existentes no mercado referentes a algumas empresas especializadas nesta área. Para cada solução comercial é apresentada uma pequena descrição e, dentro de cada tipo de acabamento superficial, é elaborado um quadro comparativo entre as várias soluções descritas, ao nível das características funcionais.

Por fim, o sexto e último capítulo diz respeito à Conclusão. Neste capítulo, vai ser feita uma apreciação global de toda a dissertação a fim de verificar o cumprimento de todos os objectivos propostos inicialmente e de referir as limitações que foram sentidas ao longo do trabalho. Para além destes aspectos, devem ser sugeridos assuntos que eventualmente possam ser encarados como prolongamentos do estudo efetuado neste trabalho, sendo que a investigação nesses domínios poderia ser bastante benéfica para um conhecimento mais amplo na área dos pavimentos téreos industriais e das soluções de acabamentos a implementar na execução destes pavimentos.





# 2

## **PAVIMENTOS TÊRREOS INDUSTRIAIS – TIPOS, ACABAMENTOS SUPERFICIAIS E PATOLOGIAS**

### **2.1. EVOLUÇÃO E IMPORTÂNCIA DO PAVIMENTO TÊRREO INDUSTRIAL**

O conceito de pavimento industrial surgiu associado ao aparecimento das primeiras indústrias, ou seja, surgiu na época em que se deu a Revolução Industrial, no final do século XVIII. A indústria têxtil foi uma das primeiras indústrias a desenvolver-se. Para corresponder às exigências de indústrias como esta, o pavimento das instalações têxteis seria constituído por materiais característicos da época, como é o caso da madeira e de materiais cerâmicos, e com uma estrutura simples. No entanto, com o evoluir dos tempos, foram surgindo outras indústrias como a indústria metalomecânica ou a siderurgia, as chamadas indústrias pesadas, que tinham exigências mais específicas em relação às suas instalações, nomeadamente quanto à área de implantação dos seus equipamentos, sendo que o pavimento deveria respeitar certas características funcionais como a resistência mecânica, resistência à abrasão e a resistência ao choque [6].

O pavimento térreo industrial é um dos elementos mais importantes, e sobre o qual devem recair maiores cuidados, de qualquer edifício utilizado para indústria. Sendo assim, é imperativo que o pavimento cumpra todas as exigências funcionais, tendo em conta o tipo de utilização a que se destina, apresentando um desempenho adequado às ações a que vai estar submetido. Para isso, existem vários aspectos a ter em conta na execução do pavimento e na composição das várias camadas que fazem parte de um pavimento térreo industrial. De seguida, irá ser analisada a constituição de um pavimento térreo industrial corrente.

### **2.2. CONSTITUIÇÃO DOS PAVIMENTOS TÊRREOS INDUSTRIAIS CORRENTES**

Num pavimento térreo, identificam-se normalmente as seguintes camadas constituintes:

- Subleito de fundação;
- Sub-base e/ou base;
- Barreira de vapor;
- Laje de betão;
- Superfície de proteção e desgaste.

A base ou sub-base e a camada de betão desempenham um papel muito importante dentro das camadas que compõem o pavimento térreo industrial, uma vez que são estratos que apresentam uma função estrutural e são capazes de absorver e dissipar as cargas estáticas e dinâmicas que são transmitidas ao pavimento. Também a superfície de desgaste e protecção do pavimento é importante já que esta é a camada que protege o pavimento da agressividade dos agentes físicos e químicos, não esquecendo a sua forte componente estética [7].

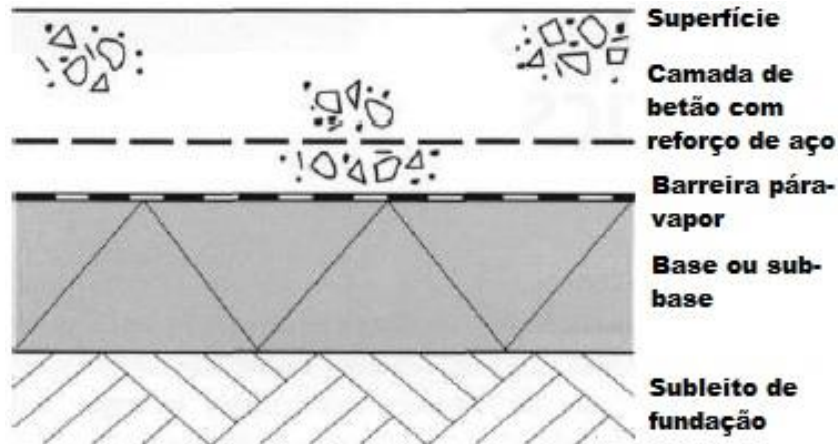


Fig. 2.1 – Corte ilustrativo de um pavimento térreo industrial [8].

### 2.2.1. SUBLEITO DE FUNDAÇÃO

O subleito de fundação de um pavimento térreo industrial corresponde ao terreno da fundação, ou seja, deve ser uma camada bastante compacta. Esta camada deve apresentar as características de suporte adequadas ao pavimento e às cargas a que este vai ser sujeito ao longo do seu período de vida útil. Quando o terreno não apresenta um nível de resistência capaz de suportar as ações transmitidas pelo pavimento pode ser necessário recorrer ao reforço do terreno através de processos de estabilização de solos, como mistura com cimento. A determinação das características e propriedades do solo de fundação, como por exemplo a sua resistência, é feita através de ensaios laboratoriais ou ensaios *in-situ*.



Fig. 2.2 – Preparação do subleito de fundação.

#### 2.2.2. SUB-BASE E/OU BASE

O objetivo é proporcionar uma base estável de trabalho para a execução do pavimento, garantir uma plataforma o mais plana possível para a execução da laje de betão e assegurar a transmissão das cargas ao subleito de fundação. Estas camadas são normalmente constituídas por materiais granulares como agregados de granulometria extensa (*tout-venant*), brita, ou pela mistura de materiais granulares com cimento, como o grave-cimento [8], [9].

#### 2.2.3. BARREIRA DE VAPOR

A colocação da barreira pára-vapor no pavimento surge com a necessidade da diminuição do atrito existente entre a laje do pavimento e a camada de base ou sub-base. As barreiras também protegem em relação a outros factores, como por exemplo na diminuição da probabilidade de ocorrência de fenómenos de humidade ascensional. Usualmente as barreiras utilizadas neste tipo de pavimento são realizadas em plástico de polietileno mas podem apresentar outra composição dependendo dos requisitos a que o pavimento deve obedecer [9], [7].

#### 2.2.4. LAJE DE BETÃO

A laje de betão consiste no elemento constituinte do pavimento que suporta diretamente as ações mecânicas a que o pavimento está sujeito. A constituição da laje de betão pode ser apenas à base de betão simples, betão armado ou betão com armadura de pré-esforço. Existem vários cuidados a ter na conceção desta camada, uma vez que é necessário ter em conta as solicitações que o pavimento vai suportar e, perante este facto, realizar o dimensionamento estrutural correto de modo a que o pavimento responda da melhor forma a essas solicitações [9], [11].

#### 2.2.5. SUPERFÍCIE DE PROTEÇÃO E DESGASTE

A superfície de desgaste e proteção do pavimento, que também pode ser materializada por um revestimento da laje de betão é importante no controlo de aspectos relacionados com a segurança, saúde e higiene, assim como todo um conjunto de requisitos e exigências funcionais. Esta superfície de desgaste ou revestimento de piso deve apresentar as seguintes características:

- Resistência química;
- Resistência ao impacto;
- Resistência térmica;
- Resistência ao escorregamento;
- Resistência ao fogo;
- Resistência a radiações UV;
- Manutenção e limpeza simples e pouco dispendiosas [12], [13].



Fig. 2.3 – Pavimento térreo industrial finalizado [3].

### **2.3. CLASSIFICAÇÃO E TIPIIFICAÇÃO DE PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS MAIS CORRENTES**

Os pavimentos térreos industriais e os seus componentes podem ser classificados segundo diferentes critérios. Nesta dissertação, serão apresentadas as seguintes classificações que estão associadas a pavimentos térreos industriais:

- Classificação quanto à utilização do edifício;
- Classificação tendo em conta a camada estrutural de betão;
- Classificação quanto ao tipo de revestimento (UPEC).

De referir que os pavimentos também podem ser classificados quanto ao tipo de fundação, podendo estes apresentar fundação direta ou fundação indireta. Neste caso, e como os pavimentos em estudo são pavimentos térreos, é certo que estes são realizados por fundação direta uma vez que a laje de pavimento se encontra apoiada em toda a extensão do mesmo.

#### **2.3.1. CLASSIFICAÇÃO QUANTO À UTILIZAÇÃO DO EDIFÍCIO**

Os pavimentos térreos industriais podem ser classificados quanto à utilização do edifício sendo duas classificações distintas: a classificação segundo a ANAPRE e a classificação segundo a ACI.

##### **2.3.1.1. Classificação segundo ANAPRE (Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho)**

A ANAPRE propõe uma classificação dos pavimentos quanto à sua utilização, englobando cinco áreas principais: as áreas industriais, as áreas de armazenagem, os sistemas viários, as áreas de estacionamento e os pavimentos comerciais. No quadro seguinte, é apresentada esta classificação.

Quadro 2.1 – Classificação de pavimentos industriais (ANAPRE) (Adaptado de [18]).

<b>Áreas industriais</b>	O pavimento e as suas condições são essenciais para uma produção satisfatória.
	O pavimento é solicitado por várias cargas com origem em várias infraestruturas, o que pode impossibilita a implementação de certos tipos de soluções.
	Em fase de projecto, é necessário ter cuidados especiais, tendo em conta alterações da organização espacial devido à chegada de novos equipamentos.
	Uso de RAD (revestimentos de alto desempenho). Proteção em relação a agentes agressivos, facilidade de limpeza e higiene, aspectos técnicos e sinalização de controlo de fluxos.
<b>Áreas de armazenagem</b>	O pavimento deve ser tido como equipamento de produção, uma vez que afeta diretamente a produtividade dos centros de distribuição.
	O pavimento deve ser formado por placas de grande dimensão, com um número de juntas reduzido, lajes de betão armado convencional, com fibras ou pós-tensionado evitando patologias nas juntas.
	Emprego de endurecedores de superfície, garantindo resistência elevada à superfície devido à forte solicitação de esforços de abrasão.
<b>Pavimentos rígidos e sistemas viários</b>	Vias de comunicação referentes e indispensáveis ao funcionamento de indústrias, áreas de estacionamento, etc.
	Quando o pavimento é reforçado, pode apresentar espessuras superiores a 14 cm.
	O pavimento, que se encontra ao ar livre, é exposto a cargas e a tensões térmicas muito elevadas.
<b>Áreas de estacionamento</b>	Maior resistência ao desgaste e à acção de ataques químicos e maior durabilidade. Custos de manutenção menores do que os pavimentos asfálticos.
	Empregando equipamentos mais pequenos, apresenta melhor logística de execução em locais fechados e pisos subterrâneos.
<b>Pavimentos comerciais</b>	Apresenta flexibilidade como elemento de fundação de paredes e <i>mezzanines</i> .
	Aplicação de endurecedores de superfície com pigmentação adequada.

### 2.3.1.2. Classificação segundo ACI (American Concrete Institute)

Os pavimentos podem também ser classificados mediante classes que fazem uma previsão acerca do tipo de tráfego específico. No quadro 2.3, é apresentada a classificação proposta pela ACI para pavimentos industriais.

Quadro 2.2 – Classificação de pavimentos industriais (ACI) (Adaptado de [18]).

<b>Classe</b>	<b>Tipo de tráfego</b>	<b>Utilização</b>	<b>Considerações especiais</b>	<b>Acabamento final</b>
<b>5</b>	Veículos industriais com rodas pneumáticas	Pavimentos industriais – locais de produção e armazenamento	Solo uniforme e bem executado	Utilização intensiva de talocha mecânica
			Executar juntas indispensáveis	
			Resistência à abrasão garantida	
			Tempo de cura adequado	
<b>6</b>	Veículos industriais pesados com rodas rígidas	Pavimentos industriais sujeitos a tráfego pesado, com possível impacto de cargas	Semelhante ao anterior	Aplicação de endurecedores de superfície
			Assegurar transmissão de cargas	Utilização intensiva de talocha mecânica
<b>7</b>	Veículos industriais pesados com rodas rígidas	Pavimentos com camadas superficiais, aplicadas em segunda fase, sujeito a tráfego forte e choque	Camada de betão: uniforme e bem executada, com reforço; juntas necessárias; adequadas condições de cura; superfície nivelada. Preparação superficial para todas as operações relativas ao acabamento.	Preparação da superfície para todas as operações necessárias ao acabamento superficial
			Camada superficial: aplicação de endurecedor de superfície; condições de cura correctas.	Utilização intensiva de talocha mecânica

### 2.3.2. CLASSIFICAÇÃO TENDO EM CONTA A CAMADA ESTRUTURAL DE BETÃO

Quanto à classificação considerando a camada estrutural de betão, pode classificar-se os pavimentos têrreos industriais em quatro tipos distintos: pavimentos de betão simples, pavimentos de betão com armadura convencional ou eletrossoldada, pavimentos de betão com fibras e pavimentos de betão com armadura de pré-esforço.

#### 2.3.2.1. Pavimentos de betão simples

Este tipo de pavimento têrreo industrial é o único em que a camada estrutural é totalmente constituída por betão, ou seja, não tem na sua composição qualquer tipo de armadura. Desta forma, o betão apresenta-se como o único material capaz de resistir a esforços de flexão. Devido ao facto de o betão ser um material que tem uma resistência muito reduzida à tração e de este tipo de pavimento não possuir armadura, o pavimento vai ter que ser mais espesso e as placas de betão terão que ter dimensões menores, aumentando assim consideravelmente o número de juntas a realizar, tentando desta forma minimizar a ocorrência de fissuração. A aplicação deste tipo de pavimentos é realizada sobretudo em locais em que o fator durabilidade do betão não é comprometido pelo facto de o pavimento ter um elevado número de juntas [18].

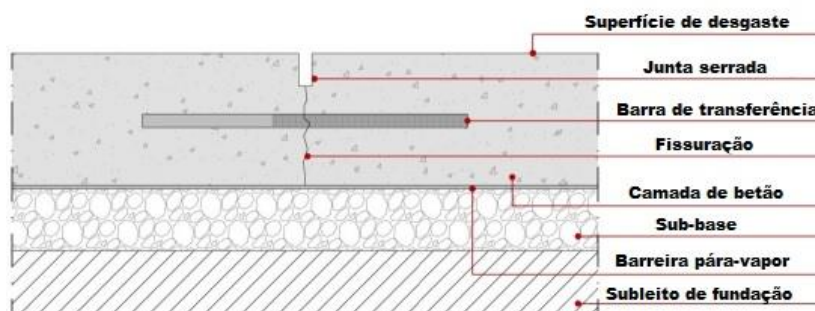


Figura 2.4 – Pavimento em betão simples (Adaptado de [18]).

### 2.3.2.2. Pavimentos de betão com armadura convencional ou malha eletrossoldada

Composto por armadura convencional ou por armadura eletrossoldada, este é um tipo de pavimento em betão armado que é constituído por uma única camada de betão simples e pode também conter uma ou duas armaduras ou malhas eletrossoldadas. No caso de se verificar a utilização de malhas, o número de juntas existentes no pavimento vai ser muito menor quando comparado com os pavimentos em betão simples. A posição em que são colocadas as malhas deve ser tal de modo a que seja garantido um recobrimento mínimo adequado à solução.

Devido à retracção do betão, os pavimentos que apresentem armadura distribuída contínua devem apresentar descontinuidades na armadura em certas zonas, locais esses onde vão ser realizadas juntas serradas no pavimento para evitar a ocorrência de fenómenos de fendilhação. Nas zonas onde estão localizadas as juntas serradas devem ser colocados, na camada de betão, meios de transferência de carga e um selante adequado nas juntas [18].

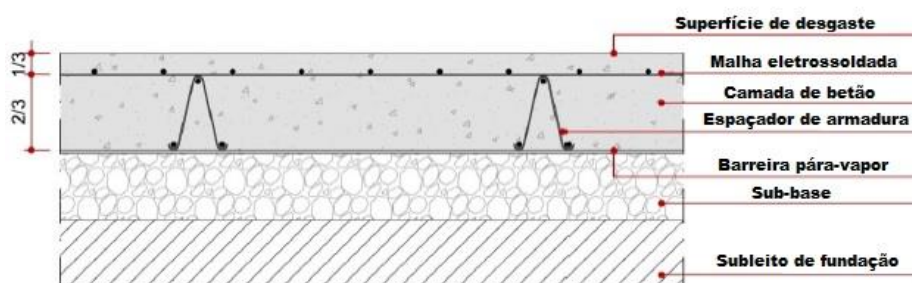


Figura 2.5 - Pavimento de betão com armadura convencional/ malha eletrossoldada (malha simples) (Adaptado de [18]).

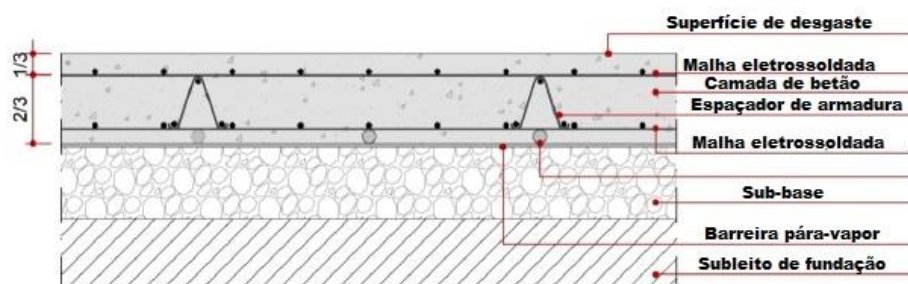


Figura 2.6 - Pavimento de betão com armadura convencional/ malha eletrossoldada (malha dupla) (Adaptado de [18]).



### 2.3.2.3. Pavimentos de betão com fibras

Estes pavimentos têm como principal particularidade o facto de terem sido adicionadas ao betão fibras, que se encontram totalmente dispersas por toda a área de betão. Estas fibras, para além de conferirem ao betão características distintas das que este possui normalmente, vão ter um papel importante no que diz respeito ao controlo da fendilhação pois, quando estas interceptam uma fissura, vão permitir que haja uma transmissão de esforços e correspondente redistribuição de tensões. Desta forma, e quando comparado com os pavimentos de betão simples, estes pavimentos vão apresentar um número muito menor de juntas [18].

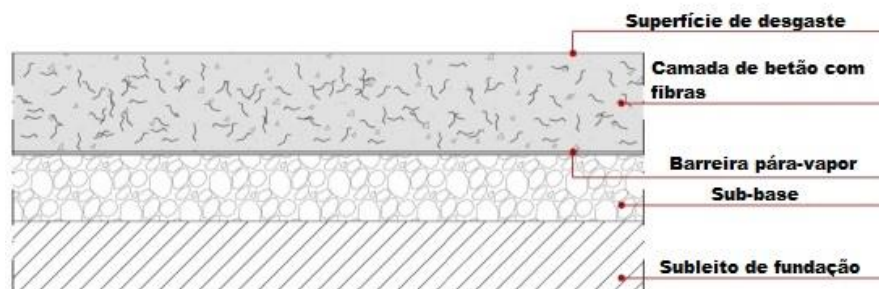


Figura 2.7 - Pavimento de betão com fibras (Adaptado de [18]).

### 2.3.2.4. Pavimentos de betão com armaduras de pré-esforço

A inserção de cabos de pré-esforço no betão tem como grande objectivo instalar, no betão, um estado de compressão numa fase anterior à acção das cargas provenientes do exterior. O pré-esforço vai fazer com que a resistência à tração do betão aumente uma vez que o valor da carga a partir da qual se dá a fendilhação do betão corresponde à resistência característica à tração do betão mais o estado de compressão imposto pelo cabo de pré-esforço.

O betão vai apresentar, assim, uma permeabilidade mais reduzida, uma vez que o betão se encontra comprimido. Este tipo de pavimentos vai apresentar um número reduzido de juntas, o que vai permitir que as patologias associadas a defeitos na altura da execução das mesmas vão ser menores. No entanto, este é um tipo de pavimentos que exige uma maior capacidade técnica e tecnológica e um maior controlo na fase de execução. Este tipo de solução apresenta muito pouca utilização no nosso país [18].

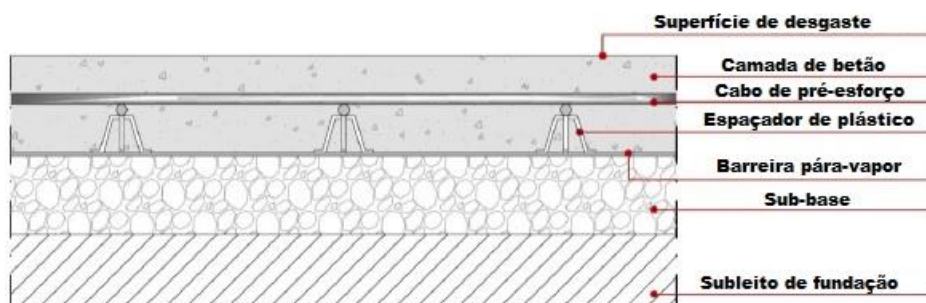


Figura 2.8 - Pavimento de betão com armaduras de pré-esforço (Adaptado de [18]).



#### 2.3.2.5. Tipos de juntas

As juntas permitem dividir a estrutura do pavimento em painéis de dimensões mais reduzidas, diminuindo assim a deformação associada a cada painel, e funcionam também como meio de ligação entre o pavimento e elementos estruturais como pilares ou vigas. A transferência de carga entre os painéis que constituem o pavimento é necessária e a execução das juntas engloba mecanismos que tornem isto possível.

Os pavimentos térreos industriais podem apresentar quatro tipos de juntas diferentes: as juntas de dessolidarização, as juntas de construção, as juntas de dilatação e as juntas serradas, que permitem o controlo da fendilhação.

As juntas de dessolidarização possibilitam que, entre os elementos estruturais do edifício (pilares, paredes resistentes, fundações ou muros de suporte) e a laje de pavimento, haja movimento.

As juntas de construção são executadas quando se pretende fazer a ligação entre painéis adjacentes de pavimento que, devido a paragens na execução deste, foram concebidos em espaços temporais distintos.

A utilização das juntas de dilatação tem como principal objectivo evitar a expansão da laje de pavimento que pode ser provocada por variações de humidade e alterações extremas de temperatura [21].

As juntas serradas, por sua vez, são realizadas com o intuito de restringir a fissuração ao plano das juntas que estabelecem a separação entre os diferentes painéis que constituem a laje de pavimento [22].

#### 2.3.3. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO DE REVESTIMENTO (UPEC)

A classificação UPEC foi desenvolvida pelo “Centre Scientifique du Bâtiment” (CSTB) com o objectivo de obter uma caracterização em relação ao parâmetro de durabilidade dos revestimentos de pisos. Esta classificação é mais direccionada para a análise de revestimentos de pisos delgados, utilizada tanto na avaliação de revestimentos de piso interiores aplicados em locais administrativos, hospitais, escolas, locais da indústria hoteleira e em edifícios de habitação, como na apreciação de revestimentos de pisos sujeitos a solicitações mecânicas moderadas ou elevadas aplicados em armazéns, oficinas, áreas fabris ou parques de estacionamento.

Dois factores muito importantes que esta classificação tem em conta são as condições de utilização que o local apresenta bem como a qualidade inerente ao revestimento de piso. Se tivermos em consideração apenas o parâmetro durabilidade, um determinado revestimento pode ser considerado adequado para um certo local desde que o revestimento apresente uma classificação UPEC igual ou superior à classificação atribuída ao local.

A classificação que é realizada relativamente ao local de aplicação do revestimento e ao próprio revestimento é feita da mesma forma, existindo uma pequena diferença na avaliação do parâmetro durabilidade. A classificação dos locais é realizada em função da atuação mais ou menos severa dos agentes físicos e químicos sobre o pavimento e a classificação dos revestimentos é feita tendo em consideração os diferentes tipos e graus de resistência que estes apresentam em relação à acção dos agentes físico-químicos.

A caracterização de um local onde se pretende aplicar um revestimento e de um revestimento segundo esta classificação é feita através da atribuição de um peso a um conjunto de quatro letras que estão

directamente associadas a outros quantos índices. No caso dos revestimentos, esses índices representam níveis distintos de resistência face a agentes deterioradores e, no caso dos locais de aplicação, a sigla UPEC representa as diferentes severidades de utilização [5], [14].

A classificação UPEC apresenta os seguintes índices:

- U – Resistência ao uso: diz respeito ao uso envolvendo os efeitos da circulação normal das pessoas, abrasão, despolimento, sujidade, engorduramento, vincos, alteração da textura do pêlo (1, 2, 2s, 3, 3s, 4);
- P – Resistência ao punçoamento: refere-se aos efeitos causados por pés e rodas de móveis, queda de objectos, tacões pontiagudos, cortes, mossas, arrancamentos (1, 2, 3, 4, 4s);
- E – Ação da água: avalia a ação da água e humidade (0, 1, 2, 3);
- C – Ação de produtos químicos e domésticos: refere-se a efeitos químicos ou físico-químicos de produtos domésticos - alimentares, limpeza, farmacêuticos, químicos, nódoas indesejáveis que afectam durabilidade (0, 1, 2, 3) [15].

De seguida, vão ser apresentados alguns quadros que apresentam as atribuições associadas aos índices referentes à classificação UPEC.

Quadro 2.3 – Atribuições referentes às classes *U* (Adaptado de [16]).

<b>Tipo de ocupação</b>	<b>Intensidade da circulação</b>	<b>Classe U</b>
Individual	Moderada	$U_1$
	Normal	$U_2$
	Intensa	$U_{2s}$
Coletiva	Moderada	$U_{2s}$
	Normal	$U_3$
	Intensa	$U_{3s}$
	Intensa	$U_4$

No quadro anterior estão apresentadas as atribuições relativas às classes *U*. Na classificação dos locais de ocupação coletiva, o índice 1 não é apresentado nas tabelas de classificação uma vez que este é um indicador muito pequeno e por isso não aplicável na prática. Já o índice 3s é apenas aplicável em locais em que a limpeza do revestimento seja realizada por via seca, ao contrário do índice 4 que é extensível a vários modos de limpeza e manutenção [16].

Quadro 2.4 - Atribuições referentes às classes *P* (Adaptado de [16]).

Tipo de utilização		Classe <i>P</i>
Mobiliário fixo	Mobiliário móvel	
-	-	$P_1$
Normal (pressões $\leq 2$ MPa)	Leve (utilizado em habitações)	$P_2$
Normal (pressões $\leq 2$ MPa)	Normal (utilizado em escritórios e hospitais)	$P_3$
Pesado (pressões $> 2$ MPa)	Pesado (porta paletes)	$P_4$
Pesado (pressões $> 2$ MPa)	Pesado	$P_4$

Relativamente às atribuições das classes *P*, as classificações com os índices 2 e 3 são concedidas apenas a locais que são basicamente destinados à circulação e presença de pessoas a pé. Em locais onde não são exercidas acções intensas sobre o revestimento, como acontece numa habitação que tem no seu interior mobiliário com um peso reduzido, é atribuída a classificação *P* com índice 2. Já no caso de locais com acções idênticas às que se verificam em espaços como corredores de hospitais e zonas em que é frequente a circulação de cargas, é atribuída a classificação *P* com índice 3. Os locais aos quais são atribuídas as classificações com índices 4 e 4s são locais onde é constante a passagem de equipamentos mais pesados ou em pavimentos que são submetidos a cargas elevadas, sendo que estas não ultrapassam os limites máximos estabelecidos para as cargas estáticas e dinâmicas. Caso se verifique um agravamento num local cuja classificação é de índice 3, deve então atribuir-se a classificação com índice 4 pela segurança. Apesar de não serem locais que se possam considerar de índole industrial, os locais com classificação de índice 4s são sujeitos a uma movimentação constante de cargas com pesos consideráveis [16], [17].

Quadro 2.5 - Atribuições referentes às classes *E* (Adaptado de [16]).

Tipo de manutenção		Classe <i>E</i>
Limpeza corrente	Limpeza geral	
Via seca	Via seca	$E_0$
Via seca	Via húmida	$E_1$
Via húmida	Com água	$E_2$
Com água	Com água	$E_3$

Como já foi referido anteriormente, o parâmetro *E* está diretamente relacionado com a quantidade de água que se situa à superfície do revestimento de piso, até em períodos em que se realizem intervenções de limpeza e manutenção. Os locais em que não se verifica a presença assídua de água, em que a limpeza geral é realizada por via húmida sem que a quantidade de água utilizada seja abundante e em que a limpeza realizada diariamente é feita por via seca podem ser classificados como locais com índice 1. Já a classificação com índice 2 é referente a locais que registam uma presença frequente de água, nos quais a limpeza geral é feita através de lavagem com água e a limpeza diária é realizada por via húmida. A classificação *E* de índice 3 é atribuída a locais que apresentem uma

quantidade de água considerável, sendo que a limpeza, seja diária ou geral, é realizada com recurso à lavagem com água [17].

Quadro 2.6 - Atribuições referentes às classes C (Adaptado de [16]).

Tipo de substâncias utilizadas/ frequência de utilização		
Produtos correntemente utilizados na habitação (limpeza, alimentares, farmacêuticos)	Produtos ocasionalmente utilizados na habitação	Classe C
Exceccionalmente	-	$C_0$
Ocasionalmente (modo acidental)	-	$C_1$
Correntemente	-	$C_2$
-	Utilização de produtos especiais	$C_3$

Por fim, o parâmetro  $C$  relativo à ação de produtos químicos e domésticos. Aos locais onde não se utilizam produtos químicos ou domésticos, é atribuída a classificação  $C$  de índice 0, sendo que ainda assim o risco de ocorrência de manchas ou outras marcas provocadas por estes produtos não é nulo. A classificação  $C$  de índice 1 destina-se a locais em que há contacto com produtos químicos mas esse contacto dá-se de forma acidental, não é premeditado. No caso da classificação  $C$  com índice 2, esta é atribuída a locais em que os produtos em análise são utilizados com alguma frequência e, portanto, constituem um risco para o revestimento de piso. Os locais em que são utilizados produtos especiais, como produtos que são utilizados ocasionalmente em habitações, são alvo de um estudo mais detalhado e específico e, para estes locais, a classificação mais adequada é a classificação  $C$  de índice 3 [17].

#### 2.4. ACABAMENTOS SUPERFICIAIS DE PAVIMENTOS TÊRREOS INDUSTRIAIS

Hoje em dia, existe uma grande variedade de pavimentos industriais que podem ser à base de materiais ou produtos naturais ou manufacturados, materiais que são protegidos, ou não, pela marca, patente ou pelos direitos de autor e ainda materiais ou produtos que podem ser realizados e concebidos no local ou podem ser pré-fabricados. As superfícies dos pavimentos industriais podem apresentar diferentes características, sendo que estas podem ser mais duras, com melhor resistência ao choque, ou mais flexível conforme o tipo de utilização a que se destina. A selecção do tipo de solução de acabamento para pavimentos têrreos industriais deve garantir um bom desempenho do pavimento relativamente às exigências em condições de serviço.

De seguida, vão ser apresentados vários tipos de acabamentos superficiais a aplicar em pavimentos têrreos industriais sendo que, nesta dissertação, vão ser analisados e caracterizados mais exaustivamente pavimentos técnicos industriais, ou seja, pavimentos que apresentam solicitações mais severas ao longo do seu período de utilização. Os pavimentos que irão ser alvo de maior detalhe são os seguintes:

- Pavimentos com acabamento superficial em betão;
- Pavimentos com endurecedor de superfície;
- Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas epóxi;
- Pavimentos com acabamento superficial autonivelante de base cimentícia;

- Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas de poliuretano.

#### 2.4.1. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL EM BETÃO

A superfície dos pavimentos com acabamento superficial em betão resulta de processos de acabamento da camada superficial da laje de betão do pavimento, sendo que não existe a incorporação de qualquer produto adicional para além do betão. Esta solução apresenta boas condições de resistência uma vez que apresenta elevada resistência ao impacto e à abrasão. No caso de se optar por esta solução, a qualidade do betão a utilizar tem uma importância acrescida dado que o betão é o único elemento que suporta todas as ações a que o pavimento é submetido e, sendo assim, este deve apresentar boa resistência mecânica, elevada impermeabilidade e boa resistência à agressividade química. Existem diferentes processos para conferir o acabamento pretendido e existem vários tipos de acabamentos, sendo que estes podem ser mais lisos ou mais rugosos dependendo da utilização a que o pavimento se destina. A escolha deste tipo de solução deve-se em grande parte a aspetos técnico-económicos e depende da utilização do pavimento.



Figura 2.9 - Pavimento com acabamento em betão [19].

#### 2.4.2. PAVIMENTOS COM APLICAÇÃO DE ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE

A solução com endurecedores de superfície é utilizada quando se pretende que a superfície apresente uma resistência ao desgaste mais elevada e mais exigente do ponto de vista mecânico. Os endurecedores de superfície, por norma, coloridos ou em cor natural, são compostos por agregados minerais ou sintéticos, cimento e componentes químicos (como quartzo ou corindo). A aplicação do endurecedor de superfície é realizada logo após a betonagem, numa fase em que o betão ainda se encontra num processo de endurecimento e ainda não está totalmente consolidado. Este tipo de pavimentos é normalmente aplicado em locais como parques de estacionamento, armazéns ou fábricas de indústria pesada [56].



Fig. 2.10 – Pavimento com endurecedor de superfície [32].

#### 2.4.3. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO DE BASE CIMENTÍCIA OU DE BASE NÃO CIMENTÍCIA

Este tipo de pavimentos é constituído por dois sistemas distintos: os sistemas de base cimentícia, em que o endurecimento é conseguido pela hidratação do cimento, e os sistemas de base não cimentícia. Neste último grupo, alguns sistemas de resinas podem incorporar o cimento como componente minoritário [20].

##### 2.4.3.1. Sistemas de base cimentícia

###### **Argamassas autonivelantes de base cimentícia**

As argamassas autonivelantes de base cimentícia consistem em misturas pré-doseadas, sendo constituídas maioritariamente por cimento, ligantes hidráulicos, agregados de granulometria selecionada e aditivos específicos. Em alguns casos específicos, podem também ser adicionadas resinas e fibras sintéticas. Estas argamassas são normalmente produzidas em fábrica através de métodos controlados e por meio de fórmulas uniformizadas.

Atualmente, o mercado tem à disposição variadíssimos tipos de argamassas autonivelantes de base cimentícia que apresentam boas características no que diz respeito a alguns requisitos funcionais, tais como:

- Resistência à compressão;
- Resistência à flexão;
- Resistência à abrasão;
- Dureza superficial.

O tempo de secagem reduzido e a possibilidade de aplicação de uma camada com espessura mais elevada são outras das características que este tipo de argamassas apresenta. Na escolha da solução adequada a aplicar em cada caso específico, os fatores a ter em consideração nessa seleção são as solicitações a que o pavimento vai ser sujeito no futuro bem como a sua utilização, o tipo de revestimento que se pretende aplicar e os prazos previamente acordados para o termo dos trabalhos.

As argamassas de alta resistência também se encontram neste grupo das argamassas autonivelantes. Dependendo das características de cada solução, estas podem ser aplicadas em diversas situações:

- Regularização de suportes cimentícios;
- Regularização de antigos pavimentos cerâmicos ou em pedra natural;
- Regularização de soalhos ou outros suportes em madeira;
- Quando corretamente tratadas com a aplicação de resinas, podem ser utilizadas como camada de desgaste superficial em locais como centros comerciais, parques de estacionamento ou supermercados [10].



Fig. 2.11 – Argamassa autonivelante de base cimentícia [27].

### **Sistemas cimentícios à base de polímeros modificados**

Os pavimentos cimentícios à base de polímeros modificados consistem numa mistura de cimento, agregados, água e polímeros, mistura esta que vai ser colocada e totalmente unida a um substrato de betão, representando assim a superfície do pavimento. As proporções da mistura, a granulometria dos agregados e a espessura da camada superficial são parâmetros variáveis que dependem do facto das condições de utilização, a que o espaço vai ser sujeito no futuro, serem mais ou menos severas, no caso de situações comerciais e industriais.

Estes sistemas são baseados em vários tipos de polímeros, que podem ser apresentados nas seguintes formas:

- 1 - Materiais constituídos por apenas um componente, compreendendo cimento pré-misturado, agregados e polímeros pulverizados, sendo que requer a adição de água no local.
- 2 - Materiais constituídos por dois componentes, compreendendo cimento pré-misturado, agregados e aditivos. Requer a adição de polímeros líquidos e, por vezes, de água já no local.
- 3 - Mistura de cimento, agregados, polímeros no estado líquido e água, tudo misturado e realizado no local.

Os polímeros pulverizados referidos no ponto 1 compreendem normalmente acetato de vinil/etileno. Os polímeros utilizados na forma líquida como é referido nos pontos 2 e 3 são geralmente baseados em acrílicos ou acrílicos de estireno.

A manutenção da conformidade com as recomendações dos fornecedores dos vários produtos é tão ou mais essencial do que a aplicação destes sistemas. Um pequeno desvio das proporções específicas dos materiais pode afetar severamente o desempenho do pavimento. Neste contexto, recorrer aos sistemas

1 ou 2 é mais aconselhável por forma a remover os riscos associados à variabilidade de situações que podem afectar o sistema 3 e a mistura realizada no local [20].



Fig. 2.12 - Sistemas cimentícios à base de polímeros modificados.

Para além destes dois sistemas cimentícios, ainda pode considerar-se a existência de mais um sistema que, apesar de não ser propriamente um pavimento industrial, é muitas vezes associado a este tipo de pavimentos. O “Terrazzo” aplicado *in situ* consiste numa mistura de cimento pigmentado e agregados de mármore e é usualmente utilizado em pavimentos, de centros comerciais por exemplo, para recriar algumas figuras e formas decorativas pontuais, não se estendendo a toda a área de pavimento. Este sistema tem, portanto, uma componente puramente estética.



Figura 2.13 – Terrazzo aplicado *in situ* [26].



#### 2.4.3.2. Sistemas de base não cimentícia

##### Resinas

Existe um enorme leque de escolhas no que diz respeito a sistemas de acabamentos à base de resinas que dão resposta aos atributos necessários requeridos por uma grande quantidade de aplicações e industriais e comerciais, como:

- Indústrias petrolífera e química;
- Indústrias de alimentação, cerveja e refrigerantes;
- Áreas de depósito e armazenagem;
- Oficinas de engenharia;
- Hospitais e laboratórios;
- Cozinhas e espaços de frio;
- Salas de exposição.

Os 4 tipos de resinas mais genéricos nestes tipos de pavimentos são:

- Epóxi;
- Poliéster;
- Poliuretano;
- Metacrilato.

O componente cimento/ água é introduzido em alguns dos sistemas acima referidos, mais propriamente nos que têm na sua composição resinas de poliéster e de poliuretano. As resinas epóxi e poliuretano estão disponíveis como revestimentos para aplicação como pintura, em duas ou três demãos.

Os maiores atributos dos pavimentos à base de resinas são a sua resistência química, higiene e resistência à abrasão e ao choque. Contudo, estas propriedades variam entre os tipos de resinas mais genéricos e entre várias formulações diferentes. É importante referir que quando é necessária a aplicação de sistema à base de resinas, todos os aspectos relacionados com as condições de serviço são tidos em conta durante o processo de selecção do acabamento. Em muitas situações, como em cervejarias, leitarias ou em fábricas de produtos químicos, é extremamente complicado identificar todas as possíveis fontes de contaminação que vão entrar em contacto com o material que constitui o pavimento. Falhas no processo para apurar toda a informação sobre o espaço levam normalmente a que se adoptem sistemas inadequado ao nível do pavimento [20].



Figura 2.14 - Pavimento à base de resinas [3].

#### 2.4.4. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO FLEXÍVEL

##### 2.4.4.1. Pavimento termoplástico e vinil

##### **Mosaicos termoplásticos vinílicos**

Os mosaicos vinílicos representam os pavimentos à base de plásticos mais baratos. O seu uso é feito maioritariamente em escritórios e clínicas e apresentam um elevado grau de tolerância em relação a fenómenos de humidade ascensional. Estes mosaicos encontram-se disponíveis com as dimensões 300 x 300 mm e geralmente com uma espessura entre 2.0 a 2.5 mm, numa vasta gama de diferentes cores. A aplicação dos mosaicos é normalmente feita com recurso a emulsão betuminosa ou a uma solução de betume adesivo [20].



Figura 2.15 - Pavimento vinílico [31].

##### **Mosaicos em PVC semiflexíveis**

Os mosaicos realizados em PVC, semiflexíveis, são elementos manufacturados. Estes mosaicos são maioritariamente utilizados em escolas, edifícios de escritórios, residenciais e áreas recreativas. Este tipo de mosaicos apresenta elevada resistência química e apresenta um bom grau de tolerância em relação a fenómenos de humidade ascensional, como acontece com os mosaicos termoplásticos, oriundos do pavimento em betão. A aplicação dos mosaicos semiflexíveis é realizada através do uso de uma emulsão betuminosa ou de uma solução adesiva.

Dentro dos mosaicos realizados em PVC, podemos ainda distinguir mosaicos em PVC com protecção, com feltro ou através de PVC celular, ou sem protecção, que podem ser do tipo *A* ou *B* [20].



Figura 2.16 - Pavimento em PVC [30].

#### 2.4.4.2. Pavimentos em linóleo

Os pavimentos em linóleo podem ser classificados segundo dois tipos distintos: pavimento em linóleo padrão e pavimento em linóleo endurecido.

##### **Pavimento em linóleo padrão**

Este produto é fabricado a partir de óleos de secagem oxidados, enchimentos e pigmentos, em forma de folha contínua ou em forma de mosaico. Existe uma vasta gama de cores disponíveis, tanto sob a forma de folha simples como sob a forma de folha marmoreada. Os tipos de adesivos que são normalmente recomendados para a aplicação deste produto são à base de lignina. Este tipo de pavimento apresenta uma boa estabilidade dimensional, elevada resistência ao desgaste e ao envelhecimento e ainda elevada resistência aos efeitos provocados por produtos químicos [20].

##### **Pavimento em linóleo endurecido**

O pavimento em linóleo endurecido está disponível em forma de folha contínua ou em forma de mosaico, com uma composição muito completa, que lhe confere uma boa resistência a cargas elevadas e ao efeito de rodízios. Este produto apresenta também boa resistência aos efeitos provocados pela queda de objetos a altas temperaturas. Os adesivos que são normalmente usados para a aplicação deste tipo de pavimentos são à base de emulsão acrílica [20].



Figura 2.17 - Pavimento em linóleo [29].

#### 2.4.4.3. Pavimentos em borracha

Os pavimentos em borracha são fabricados a partir de borracha sintética e natural. Este tipo de pavimentos está disponível numa grande variedade de cores, com efeito liso ou marmoreado, sendo que pode encontrar-se na forma de folha contínua ou em mosaico. Em adição ao pavimento em borracha com superfície lisa, mosaicos com nervuras ou mosaicos furados estão também disponíveis no mercado, sendo que estes costumam ser aplicados em locais em que se pretende garantir uma resistência ao deslizamento elevada. Os pavimentos em borracha são fixados à camada de betão através da aplicação de adesivos próprios para estabelecer o contacto adequado entre as partes. Uma solução alternativa que pode funcionar como adesivo é um composto químico formado por resinas epóxi e poliuretano. Estes pavimentos apresentam bastante flexibilidade [20].



Figura 2.18 - Pavimento em borracha [28].

#### 2.4.5. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO RÍGIDO

Este grupo de pavimentos inclui vários tipos de materiais rígidos formados previamente que estão disponíveis em formato de mosaico ou em formato contínuo, que podem ser fixados a um substrato

devidamente preparado com um material adesivo de forma a formarem uma adequada superfície de desgaste. Este grupo pode ser dividido em 5 categorias principais:

- Cerâmicos
- Pedra natural
- Terrazzo pré-moldado
- Conglomerados
- Composição em bloco

Apesar de existirem semelhanças entre estas categorias no que diz respeito ao formato, métodos de fixação, e utilização a que se destinam em alguns casos, a diferença que existe entre os tipos de materiais faz com que seja necessária a existência de uma classificação mais detalhada [20].

#### 2.4.6. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL EM MADEIRA

Relativamente a este tipo de acabamento superficial, existe um largo número de soluções em madeira adequadas à aplicação na superfície do pavimento, sendo que muitos destes acabamentos garantem uma boa resistência ao desgaste e, ao mesmo tempo, uma superfície decorativa. Contudo, é de grande importância que os pavimentos em madeira sejam devidamente desenhados e construídos de forma a que estejam protegidos em relação à humidade o que, caso não se verifique, pode levar à ocorrência de movimentos laterais e dimensionais do pavimento e originar decaimentos. Os fenómenos de humidade podem ocorrer devido ao contacto da sub-base de betão com águas subterrâneas e residuais, que posteriormente vão afectar a superfície do pavimento. É também bastante importante que a madeira seja aplicada em condições que apresentem um teor de humidade razoável e em condições atmosféricas similares às que são expectáveis de ocorrerem em serviço [20].



Figura 2.19 - Pavimento com acabamento em madeira [3].

## 2.5. PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS INDUSTRIAIS

As patologias nos pavimentos téreos industriais estão normalmente associadas a vários fatores que vão desde a fase de conceção até à fase de execução da obra. Outro erro que é cometido frequentemente é o facto de o pavimento não ser dimensionado e concebido para a utilização a que se

destina no futuro. As consequências destes erros em fases prematuras da construção podem gerar encargos de manutenção de equipamentos muito elevados, redução da produção e, em casos extremos, pode até levar à demolição do pavimento. Sendo assim, o aumento do controlo na fase de concepção da obra é a melhor forma de evitar a ocorrência de patologias nos pavimentos industriais.

As patologias mais frequentes associadas a este tipo de pavimentos são:

- Delaminação.
- Desgaste superficial.
- Humidade ascensional.
- Manchas.
- Destacamento do betão.
- Fissuração.
- Formação de bolhas.
- Descolamento da camada superficial.
- Falta de nivelamento [18].

Em relação às patologias que se manifestam à superfície, nos revestimentos e acabamentos do pavimento, estas variam dependendo da camada superficial que o pavimento apresenta.

No caso dos pavimentos têrreos industriais com acabamento à base de resinas epóxi, as patologias que ocorrem com maior frequência são:

- Descolamento.
- Empolamento da superfície.
- Fissuração.
- Manchas.
- Desgaste da superfície.
- Falta de planimetria.
- Bolhas osmóticas.
- Perda de cor [23].

As juntas existentes no pavimento são um dos locais do pavimento através do qual o aparecimento de patologias é mais propício. As patologias à superfície dos pavimentos que se devem à existência de juntas são:

- Aparecimento de eflorescências.
- Descolamento nos elementos de ligação.
- Alteração de cor.
- Aparecimento de organismos vegetais [25].

Neste ponto 2.5, é elaborada uma pequena referência genérica às patologias em pavimentos têrreos industriais. Este é um tema muito vasto e que apresenta várias condicionantes, sendo que o seu desenvolvimento não vai ser objeto de estudo nesta dissertação.

# 3

## EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AO DESEMPENHO SUPERFICIAL DOS PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS

### 3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS DOS PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS

Os pavimentos térreos industriais são elementos construtivos que devem obedecer e respeitar diversas exigências funcionais de modo a que o seu desempenho seja adequado para a utilização a que se destinam.

Com o desenvolvimento tecnológico verificado nas últimas décadas, os processos de conceção e execução e as soluções a adoptar para os pavimentos sofreram uma evolução significativa. As soluções existentes, no presente, para pavimentos térreos industriais apresentam características muito favoráveis no que diz respeito a critérios de durabilidade das soluções e a resistência que estas apresentam à ação de agentes físicos e químicos.

Os requisitos que devem ser cumpridos e que devem ser alvo de atenção logo desde a fase inicial de conceção podem ser reunidos em vários grupos diferentes. Nesta dissertação, iremos abordar os diferentes grupos de requisitos que normalmente se identificam como:

- Requisitos económicos;
- Requisitos estruturais;
- Requisitos operacionais e de superfície;
- Requisitos estéticos;
- Outros requisitos especiais.

#### 3.1.1. REQUISITOS ECONÓMICOS

Como o título indica, este grupo de exigências está directamente ligado aos recursos financeiros necessários para a execução de uma obra, nomeadamente de pavimentos térreos industriais.

Um aspeto crucial e sobre o qual todas as decisões ligadas à obra são tomadas é o investimento que o dono de obra está disposto a fazer. Os métodos a utilizar e a escolha de soluções a adoptar na execução de um pavimento estão dependentes dos encargos económicos que estas representem e se vão ou não de encontro ao valor previamente acordado para esta fase da obra. Sendo assim, o investimento que vai ser feito vai condicionar todo o andamento da obra e, normalmente, este sofre pequenos ajustes à medida que a construção vai avançando.



O investimento aplicado numa construção deve ser encarado como abrangendo todo o ciclo de vida de construção, ou seja, deve-se ter em conta o custo de investimento inicial de construção mas também os custos associados a posteriores operações de manutenção. Desta ponderação pode resultar a decisão e opção por uma determinada solução.

Por fim, os prazos para a conclusão da obra também são muito importantes. Na fase de planeamento de trabalhos, é estimada uma duração para a execução da obra. Essa duração deve ser respeitada rigorosamente sob pena de os encargos com a obra aumentarem significativamente. O não cumprimento de prazos pode levar o dono de obra a gastar muito mais em recursos de mão-de-obra, transportes e equipamentos, por exemplo.

### 3.1.2. REQUISITOS ESTRUTURAIS

No dimensionamento de um pavimento térreo industrial como em qualquer outro elemento estrutural é necessário conhecer com o maior rigor possível as cargas e ações a que o pavimento vai estar submetido. Na fase de projeto, devem ser tidas em conta as ações estáticas e as ações dinâmicas aplicadas sobre o pavimento, ou seja, as sobrecargas, para além do peso próprio da laje, das variações de temperatura e da retracção do betão.

As sobrecargas podem ser agrupadas em ações estáticas e em ações dinâmicas. Das ações estáticas fazem parte as cargas uniformemente distribuídas, as cargas lineares e as cargas concentradas. As cargas uniformemente distribuídas são normalmente representadas por equipamentos industriais que se encontram fixos ou por um conjunto de paletes apilado sobre o pavimento, as cargas lineares dizem respeito, usualmente, a paredes divisórias e as cargas concentradas que se verificam quando uma estrutura ou equipamento se situa sobre pilares ou apoios que estão em contacto com o pavimento ou devido a meios de transporte apoiados sobre carris.

As ações dinâmicas são normalmente devidas à movimentação de veículos de transporte sobre o pavimento ou devidas à vibração produzida pelo trabalhar das máquinas. São ações de curta duração e grande frequência [22].



Fig. 3.1 – Ações estáticas (carga uniformemente distribuída) [19].



### 3.1.3. REQUISITOS OPERACIONAIS E DE SUPERFÍCIE

Os requisitos operacionais e de superfície podem ser considerados e analisados em conjunto uma vez que ambos estão relacionados com características que podem ser apresentadas pela superfície do pavimento. O tipo de utilização a que o pavimento vai ser sujeito vai determinar requisitos e exigências distintas.

Existem vários requisitos operacionais, sendo que o cumprimento destes está directamente associado ao tipo de utilização que o edifício irá apresentar. Os requisitos de superfície vão ser analisados com detalhe mais à frente. De seguida são apresentados alguns tipos de utilizações e requisitos que estes devem cumprir:

- Pavimentos para áreas comerciais: resistência à abrasão, resistência ao deslizamento e endurecimento rápido.
- Pavimentos para parques de estacionamento: resistência ao desgaste, aderência e resistência química.
- Pavimentos em áreas industriais, áreas de armazenagem e logística: resistência ao choque, resistência ao desgaste, fácil limpeza, resistência química e elevada planimetria.
- Pavimentos em áreas desportivas e de lazer: bom acabamento superficial e boa impermeabilização.
- Pavimentos para indústria alimentar: resistência ao desgaste, resistência química, impermeabilidade e altos níveis de higiene e limpeza [34].



Fig. 3.2 – Parque de estacionamento [19].



Fig. 3.3 – Área de armazenagem e logística [19].

### 3.1.4. REQUISITOS ESTÉTICOS

Os requisitos estéticos consistem num grupo de requisitos que estão directamente relacionados com o aspeto final que o pavimento irá apresentar. Tal como os restantes grupos de requisitos, estes também estão dependentes da utilização que está prevista para o pavimento e das exigências que este deve cumprir. No entanto, este grupo de requisitos é o grupo que apresenta uma maior diversidade de escolhas, sendo que este parâmetro está muito dependente da vontade do Dono de Obra e da aparência que este pretende que o pavimento apresente. Ao contrário dos restantes grupos de requisitos, este grupo não apresenta características essenciais para a qualidade da execução de um pavimento têrreo industrial, sendo que o impacte visual apresentado pelo pavimento é o aspeto fundamental.



Fig. 3.4 – Execução de pavimento decorativo [3].

### 3.1.5. OUTROS REQUISITOS ESPECIAIS

Para além das situações e requisitos enumerados anteriormente, existem utilizações com carácter muito particular, as quais estão associadas a requisitos específicos e singulares e, por vezes, de grande exigência.

Os pavimentos dos armazéns frigoríficos apresentam algumas diferenças em relação à constituição de um pavimento térreo industrial mais usual. A sub-base do pavimento é protegida da formação de gelo através da colocação de um sistema de aquecimento ou, em alternativa, de uma camada ventilada, imediatamente acima da sub-base, sendo que num nível superior a esta ainda é colocada uma barreira de vapor e uma camada de isolamento que ajudam nessa tarefa. A construção deste tipo de pavimentos é muito complexa uma vez que é necessário reunir as condições necessárias para a colocação de um sistema de aquecimento do pavimento e de uma camada de isolamento capazes de resistir a temperaturas que podem atingir  $-40^{\circ}\text{C}$ .

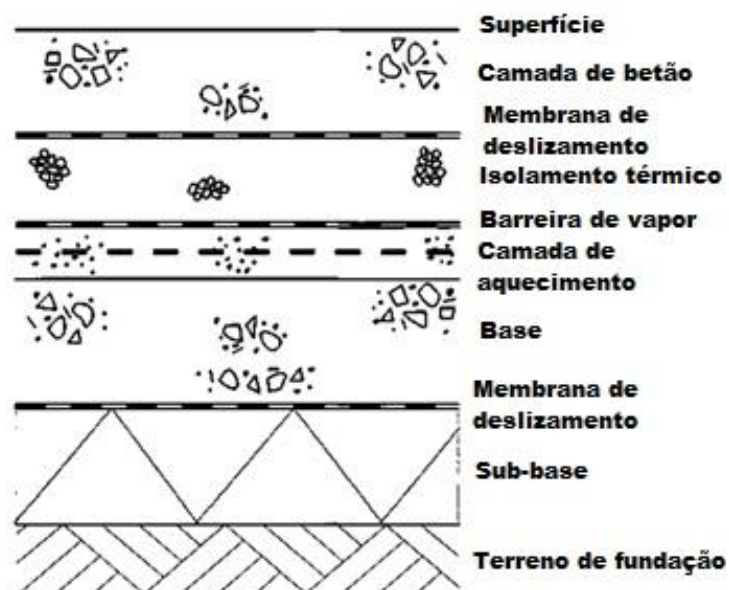


Fig. 3.5 – Constituição de pavimento tipo de armazéns frigoríficos [70].

O facto de as temperaturas muito baixas que se verificam nas câmaras frigoríficas poderem originar a formação de gelo em camadas inferiores do pavimento, pode gerar um levantamento do pavimento, ou seja, um empolamento à superfície. Em casos mais graves, este empolamento devido ao gelo pode levar à demolição do pavimento, não existindo outra forma de o consertar. As propriedades do isolamento, a textura apresentada pelo solo, as dimensões do pavimento e ainda as grandes diferenças de temperatura a que o pavimento está sujeito são alguns dos fatores que podem ser responsáveis pela ocorrência do empolamento do pavimento.

É aconselhada a colocação de um acabamento com endurecedores de superfície em situações em que se irá verificar tráfego elevado. As juntas que fazem parte do pavimento são outro elemento a ter em conta. Estas devem ser dotadas de mecanismos de transferência de carga horizontais entre painéis de pavimento e preenchidas com um selante para combater a retracção que as temperaturas muito baixas podem provocar. O acabamento superficial deve apresentar elevada resistência ao escorregamento. Com isto, verifica-se que os requisitos essenciais na execução de um pavimento capaz de responder às necessidades de armazéns com características frigoríficas é a prevenção do empolamento da superfície e a aplicação da camada de isolamento e da barreira de vapor [35].



Fig. 3.6 – Câmara frigorífica [19].

Quanto às estruturas autoportantes, que são mais indicadas para construções que se destinam ao armazenamento de produtos, o pavimento terá de ser constituído por uma laje com uma grande quantidade de armadura uma vez que são o pavimento e as suas fundações os elementos responsáveis pelo suporte de todo o edifício e de tudo o que se encontra no seu interior.

O dimensionamento da laje de pavimento está dependente, em grande parte, da altura que o edifício irá ter. Normalmente, as construções autoportantes ocupam áreas rectangulares enormes, mas no entanto, ocupam muito menos área do que aquela que seria necessária para uma construção convencional uma vez que estas estruturas são muito compactas, e apresentam alturas elevadíssimas, podendo estes edifícios chegar até aos 45m de altura. Sendo assim, o dimensionamento do pavimento depende de factores como a altura do edifício e a acção de agentes atmosféricos, como é o caso da neve e do vento.

O pavimento vai, assim, ser composto por uma laje de betão com um grande reforço de armadura e por fundações que vão permitir a transmissão das cargas para o terreno, sendo que estas fundações podem

ser directas ou indirectas dependendo das propriedades no solo no local. A execução deste tipo de pavimentos é feita ao ar livre, sendo que em alturas em que as condições atmosféricas sejam mais rigorosas e agressivas têm de ser acauteladas medidas para precaver danos que condições adversas possam causar [36].



Fig. 3.7 – Estrutura autoportante.

### **3.2. EXIGÊNCIAS E REQUISITOS SUPERFICIAIS DOS PAVIMENTOS TÉREOS INDUSTRIAIS**

A execução de um pavimento com qualidade satisfatória deve ser assegurada através de uma solução, especificações e construção do pavimento adequadas. A escolha do tipo de acabamento superficial depende muito das condições de utilização que o edifício irá ter durante o seu período útil de vida. Acontece também que, em muitas situações existe mais de um tipo de acabamento superficial que apresenta as características necessárias para as condições de serviço do espaço.

Para a execução de um pavimento que responda ao máximo aos interesses do dono de obra, este deve transmitir as suas ideias e objetivos ao projetista da forma mais clara, detalhada e objetiva possível. Sendo assim, os elementos transmitidos ao projetista pelo dono de obra podem ser os seguintes:

- Descrição da utilização do pavimento.
- Detalhes do tipo e peso das cargas aplicadas sobre o pavimento.
- Intensidade do tráfego pedestre.
- Tipo de tráfego de veículos, frequência, peso.
- Risco e natureza do impacto das cargas sobre o pavimento.
- Frequência e tipos de materiais que possam ser derramados ou áreas molhadas.
- Resistência ao deslizamento e outros requisitos de segurança.
- Métodos de limpeza.
- Diferenças de temperatura e ciclo térmico e de humidade.
- Serviços a incorporar no sistema de pavimentação.
- Requisitos de ar condicionado e calor do subsolo.
- Requisitos específicos para isolamento anti macha, electrostático, acústico e térmico.
- Requisitos estéticos e de luminosidade do próprio pavimento.
- Equipamentos e respetiva manutenção.

### 3.2.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão é uma característica muito importante a ter em conta nos acabamentos superficiais de pavimentos térreos industriais, sendo que este deve ser determinado pelo fabricante. Esta é uma exigência funcional que se encontra sempre quantificada nas fichas técnicas dos acabamentos superficiais.

A resistência à compressão deve ser determinada de acordo com a norma prEN 13892-2 e deve ser designada por C, da palavra *Compression*, seguida da classe de resistência à compressão em N/mm<sup>2</sup>, como mostra o Quadro 3.1 apresentado a seguir [57].

Quadro 3.1 – Classificação de resistência à compressão [57].

Classes	C5	C7	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60	C70	C80
<b>Resistência à compressão em N/mm<sup>2</sup></b>	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

### 3.2.2. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Outro requisito funcional que é importante para determinar a capacidade resistente de um acabamento superficial é a resistência à flexão. Quanto maior a resistência à flexão, menor é a probabilidade de fissuração que o acabamento superficial do pavimento apresenta. A resistência à flexão está normalmente presente nas fichas técnicas do produto de revestimento superficial e deve ser sempre determinado pelo fabricante e de acordo com a norma prEN 13892-2.

A resistência à flexão é designada pela letra F, com origem na palavra *Flexural*, seguida da resistência à flexão em N/mm<sup>2</sup>. O Quadro 3.2 mostra isso mesmo [57].

Quadro 3.2 – Classificação de resistência à flexão [57].

Classes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F10	F15	F20	F30	F40	F50
<b>Resistência à flexão em N/mm<sup>2</sup></b>	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

### 3.2.3. DUREZA SUPERFICIAL

Os acabamentos superficiais a aplicar nos pavimentos térreos industriais também podem ser classificados quanto à dureza que a superfície do revestimento apresenta. Essa informação já deve ser transmitida pelo fabricante nas fichas técnicas do produto e deve ser determinada de acordo com a norma prEN 13892-6.

A dureza de superfície é designada pela sigla SH, oriunda de *Surface Hardness*, seguida do valor maior ou menor consoante a dureza do produto. No Quadro 3.3 é apresentada a classificação quanto à dureza de superfície [57].

Quadro 3.3 – Classificação quanto à dureza de superfície [57].

Classes	SH30	SH40	SH50	SH70	SH100	SH150	SH200
Dureza de superfície em N/mm <sup>2</sup>	30	40	50	70	100	150	200

#### 3.2.4. TENSÃO DE ADERÊNCIA AO BETÃO

Os revestimentos superficiais de pavimentos industriais têm uma tensão de aderência característica associada. Porém, nem sempre essa tensão de aderência apresenta um valor satisfatório e a aplicação de uma camada de primário antes da aplicação do revestimento final é vista como uma solução a adotar para aumentar a aderência entre o acabamento superficial e o restante pavimento.

A tensão de aderência ao betão deve ser determinada e divulgada pelo fabricante do produto, de acordo com a norma prEN 13892-8. Esta tensão é designada pela letra B, da palavra *Bond*, seguida do valor da tensão de aderência expressa em N/mm<sup>2</sup>, como mostra o Quadro 3.4 [57].

Quadro 3.4 – Classificação quanto à aderência ao betão [57].

Classes	B0,2	B0,5	B1,0	B1,5	B2,0
Tensão de Aderência em N/mm <sup>2</sup>	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0

#### 3.2.5. RESISTÊNCIA AO ESCORREGAMENTO

Para o tráfego pedestre e para o tráfego lento de veículos, grande parte dos tipos de acabamentos superficiais evidencia uma adequada resistência ao deslizamento quando o pavimento está nivelado e é mantido em condições limpas e secas. Muitos tipos de pavimento tornam-se escorregadios em condições em que o pavimento esteja húmido. O risco de escorregamento também aumenta se o pavimento for inclinado ou se a actividade que é realizada nesse pavimento for outra se não a de caminhar como, por exemplo, a prática desportiva. Áreas de risco, tais como escadas em que o contacto sapato/pavimento não é conseguido na perfeição e locais onde possa haver derrame de óleos ou outros líquidos, necessitam de atenção redobrada. Algumas áreas que normalmente necessitam de características especiais antiderrapantes são:

- Pavimentos inclinados, sendo que o grau de aperfeiçoamento deve ser tanto maior quanto maior for a inclinação do pavimento.
- Pavimentos sujeitos a condições de humidade permanente ou ocasional, exceto durante a lavagem do pavimento, como em entradas que não têm um escoamento de água adequado. Esse melhoramento deve garantir uma adequada interacção mecânica, através da textura da superfície, entre solo/veículo e o pavimento.
- Pavimentos sujeitos ao derrame de certos materiais que podem aumentar a probabilidade de deslizamento. O grau de textura da superfície deve aumentar com o aumento da viscosidade provocada pelo líquido derramado.
- Escadas. Deve ser atingida uma elevada resistência ao deslizamento de forma a contrariar a área de contacto sola/pavimento muito reduzida.
- Áreas adjacentes a locais perigosos, próximos de máquinas.

- Áreas de aceleração ou travagem do tráfego sobre rodas.
- Pavimentos sujeitos a outras actividades pedestres para além de caminhar. Em algumas aplicações especializadas, tal como os pavimentos desportivos, uma elevada resistência ao deslizamento é essencial para que a actividade desportiva seja desempenhada da melhor forma. Reciprocamente, tem de haver um valor limite para esta resistência ao deslizamento uma vez que, se esta for excessiva, há um elevado risco de contracção de lesões por parte das pessoas que utilizam o recinto para a prática desportiva [20].

Existem várias normas que regulam e estabelecem classificações relativamente à resistência ao escorregamento de um pavimento. A norma mais consensual e mais utilizada pelas empresas responsáveis pela produção de produtos utilizados como acabamento superficial para pavimentos industriais é a DIN 51130. Esta norma é utilizada na realização de testes em áreas de tráfego calçado sobre um lubrificante colocado à superfície do pavimento que vai ser testado, onde uma pessoa anda sobre esse pavimento. Na zona de teste, o ângulo de inclinação vai aumentando progressivamente até ao ponto em que a pessoa começa a escorregar. São feitos vários registos do ângulo a que a pessoa escorrega, sendo calculada a respetiva média depois da realização de uma série de testes. Quanto maior for a classificação, maior será o grau de anti derrapagem que o pavimento apresenta. A norma DIN 51130 estabelece a relação entre campos de utilização específicos e as classificações R. No Quadro 3.5 está representada essa classificação em função do ângulo de inclinação a que a pessoa escorrega [68], [66].

Quadro 3.5 – Classificação quanto à resistência ao escorregamento [68], [66].

Ângulo de inclinação (°)	6-10	10-19	19-27	27-35	>35
Classificação R	R9	R10	R11	R12	R13

A norma ENV 12633 também apresenta uma classificação para a resistência ao deslizamento, através do Método do Pêndulo. Através deste método, é possível determinar os coeficientes de resistência ao deslizamento do pêndulo quando este se encontra em basculamento sobre a superfície do revestimento que se pretende testar. A classificação do acabamento final é resultante do valor da resistência ao deslizamento, determinando a classe do mesmo e em que locais deve ser aplicado. O Quadro 3.6 apresenta esta classificação, em que Rd corresponde à resistência ao deslizamento [67].

Quadro 3.6 – Classificação de resistência ao deslizamento (Método de Pêndulo) [67].

Resistência ao deslizamento Rd	15 < Rd ≤ 35	35 < Rd ≤ 45	Rd > 45
Zonas de aplicação	Zonas interiores secas	Zonas interiores húmidas	Zonas industriais com derrame de líquidos
Classes	1	2	3

### 3.2.6. RESISTÊNCIA À ABRASÃO

A resistência à abrasão ou resistência ao desgaste é um dos requisitos superficiais mais importantes que a superfície de um pavimento deve respeitar. A vida útil de um pavimento, assim como a sua resistência à abrasão ou ao desgaste está dependente de uma vasta gama de factores:



- Tipo de acabamento ou revestimento superficial.
- Espessura da camada de desgaste do pavimento.
- Tipo e densidade de tráfego sobre o pavimento.
- Tipo de manutenção.
- Nível de manutenção [20].

A resistência ao desgaste que os pavimentos industriais podem apresentar pode ser determinada segundo três classificações distintas, sendo elas:

- Classificação *Böhme*, de acordo com a norma prEN 13892-3. A resistência ao desgaste *Böhme* é designada pela letra A, de *Abrasion*, seguida da quantidade de abrasão em cm<sup>3</sup>/ 50cm<sup>2</sup>.

Quadro 3.7 – Classificação de resistência ao desgaste *Böhme* [57].

Classes	A22	A15	A12	A9	A6	A3	A1,5
Quantidade de abrasão em cm <sup>3</sup> / 50cm <sup>2</sup>	22	15	12	9	6	3	1,5

- Classificação BCA, segundo a norma prEN 13892-4. Esta classificação BCA é caracterizada pela sigla AR, de *Abrasion Resistance*, seguida da máxima profundidade de desgaste em 100 µm.

Quadro 3.8 – Classificação de resistência ao desgaste BCA [57].

Classes	AR6	AR4	AR2	AR1	AR0,5
Máxima profundidade de desgaste em µm	600	400	200	100	50

- Classificação da resistência ao desgaste provocada por rolamento é designada por RWA, de *Rolling Wheel Abrasion*, seguida da quantidade de abrasão em cm<sup>3</sup>. Esta classificação encontra-se na norma prEN 13892-5.

Quadro 3.9 – Classificação de resistência ao desgaste por rolamento [57].

Classes	RWA300	RWA100	RWA20	RWA10	RWA1
Quantidade de abrasão em cm <sup>3</sup>	300	100	20	10	1

No caso dos pavimentos com acabamento superficial de base cimentícia, o fabricante deve escolher entre os três testes disponíveis para determinar a resistência ao desgaste, sendo que em relação aos pavimentos com acabamentos à base de resinas a resistência à abrasão só pode ser determinada segundo a classificação BCA ou segundo a classificação da resistência ao desgaste por rolamento.



Para os restantes tipos de pavimentos, pode recorrer-se a um dos três testes acima apresentados para quantificar a resistência   abrasão do pavimento [57].

### 3.2.7. RESISTÊNCIA AO IMPACTO

A maior parte dos pavimentos fica danificado com a queda de objectos pesados sobre o mesmo. A relevância dos estragos no acabamento superficial do pavimento vai depender de vários factores, como a área de contacto do objecto com o pavimento e a capacidade do acabamento superficial de absorver a energia resultante do impacto. Quanto mais suave e resiliente for o material do acabamento, menos este será afetado pelo impacto. As condi es de serviço a que o pavimento irá ser submetido durante a sua vida útil devem ser alvo de grande aten o, uma vez que a escolha do acabamento vai depender das condi es de utiliza o futura do espaço.

A resistência ao impacto de revestimentos mais frágeis podem ser significativamente reduzidas quando colocados sobre substratos compressíveis tais como o *pladur*. Para pavimentos mais rígidos, a resistência ao choque pode ser ampliada se a espessura do revestimento for aumentada.

A norma que regula e legisla este requisito funcional é a EN ISO 6272.

### 3.2.8. RESISTÊNCIA QUÍMICA

A resistência química consiste na capacidade dos materiais que revestem o pavimento para resistir ao derrame de uma grande variedade de substâncias químicas e corrosivas.

Em locais onde não se verifica qualquer actividade industrial, como hospitais, salas de processamento de fotografia, locais comerciais e estabelecimentos de educa o, qualquer derrame é geralmente accidental e restrito. Existem zonas do pavimento em que a probabilidade de derrame é muito maior e, sendo assim, é prudente realizar um aprovisionamento dessas zonas e trata-las de forma mais exigente.

Nos locais onde decorrem actividades industriais, onde o uso de substâncias químicas é frequente em processos de fabrico e produ o, a selec o do revestimento do pavimento deve ter em conta que toda a área de pavimento pode sofrer com o derrame de substâncias e que o contacto destas com o pavimento pode ser prolongado. Nestas aplica es, todo o pavimento vai ser alvo de uma aten o redobrada, incluindo um profundo conhecimento dos materiais que o podem vir a contaminar. A quantidade de substâncias normalmente utilizadas nas indústrias   enorme, sendo que algumas delas podem ser óleos, alcalis, ácidos e solventes, podendo atingir diversos tipos de pavimentos como   o caso dos pavimentos com acabamento em resinas epóxi e poliuretano.

A resistência química é um requisito que é regulado pela norma prEN 13529.

### 3.2.9. RESISTÊNCIA TÉRMICA

O fluxo de calor que é transmitido através de um material é medido tendo em conta a sua condutividade térmica, que é precisamente o inverso da sua resistividade térmica, ou seja, quanto maior for o valor da condutividade térmica do material, maior será a percentagem de calor que irá fluir através do material. O valor de U, coeficiente de transmissão térmica, de um pavimento é um valor que é calculado tendo em conta o fluxo de calor que é transmitido através de todos os materiais constituintes do pavimento, que também considera os efeitos que ocorrem   superfície.

A perda de calor é um motivo de preocupação em grande parte dos edifícios, mas existem utilizações particulares, tais como as câmaras frigoríficas, onde os ganhos de calor são importantes. A perda de calor através do pavimento pode ser reduzida através da colocação de uma camada horizontal de isolamento térmico imediatamente abaixo da camada superficial do pavimento. Essa redução pode também ser possível através da colocação de um isolante térmico adequado, na vertical, à volta de todo o perímetro do edifício, a uma profundidade de 1m abaixo do nível do solo.

O outro efeito térmico que deve ser tido em conta é a resistência que o pavimento apresenta às baixas e altas temperaturas. Os revestimentos de pavimento utilizados em câmaras frigoríficas ou em fundições, por exemplo, são revestimentos que são capazes de resistir a grandes variações de temperatura. Muitos tipos de revestimentos possuem propriedades termoplásticas, sendo que estes vão endurecer quando confrontados com baixas temperaturas e amolecem com as altas temperaturas.

A maior parte dos revestimentos de pavimento mais resilientes são adequados para uso em sistemas de aquecimento radiante, mas deve ser incorporado no pavimento um termostato para controlar e garantir que as máximas temperaturas recomendadas pelos fabricantes dos revestimentos e adesivos não serão excedidas.

#### 3.2.10. REGULARIDADE SUPERFICIAL/ PLANIMETRIA

Na execução de um pavimento térreo industrial, é muito complicado atingir níveis de planimetria e nivelamento altamente exigentes e requer cuidados especiais nas várias fases do processo. Por outro lado, desvios excessivos dos padrões aceitáveis para estas propriedades também devem ser evitados. Para além da precisão que é necessário ter na execução do acabamento superficial do pavimento, é também necessário executar as camadas subjacentes do pavimento com a mesma precisão uma vez que este rigor ou falta dele pode, em muitos casos, limitar a precisão a aplicar na camada superficial. [20]

Existem dois parâmetros muito importantes associados ao fenómeno de planimetria, sendo estes são:

- Nivelamento;
- Planura ou Planicidade.

O parâmetro Nivelamento da superfície tem como grande objetivo garantir um funcionamento adequado da edificação, quando esta inclui tanto o equipamento móvel como o equipamento estático, funcionando como um todo. Este parâmetro é avaliado em distâncias de cerca de 3m, com tolerâncias situadas num intervalo entre 4 a 10mm.

Quanto ao parâmetro Planura ou Planicidade, é utilizado para assegurar uma adequada estabilidade na circulação de equipamentos destinados ao manuseamento de produtos. A sua avaliação é feita em distâncias de 300mm, apresentando tolerâncias entre os 2 e os 5mm.

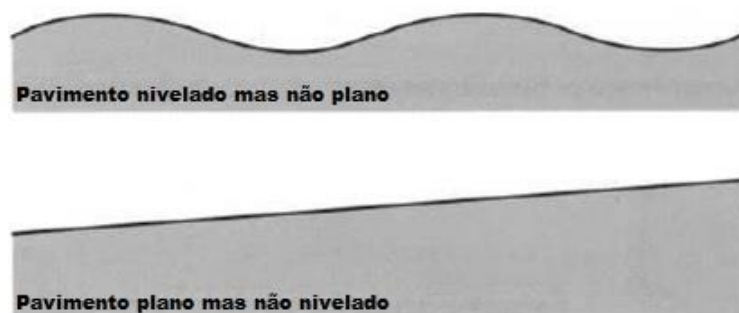


Fig. 3.8 – Nivelamento e planura/ planicidade (Adaptado de [8]).

Os pavimentos téreos podem ser realizados com recurso a planimetria normal ou a alta planimetria, uma vez que existem várias exigências e tolerâncias de planimetria. As exigências e tolerâncias de planimetria estão relacionadas com:

- Utilização a que se destina o pavimento.
- Tipo de áreas:
  - Áreas de livre circulação;
  - Áreas de circulação condicionada [8].

O sistema mais utilizado para medição da planimetria e nivelamento de um pavimento é o sistema *F-Numbers*. Este sistema fornece uma grande precisão na definição dos requisitos finais do pavimento, de acordo com as necessidades de projeto. Este sistema é composto por dois coeficientes distintos definidos pela norma ASTM E1155-96, sendo estes:

- O coeficiente  $F_F$  ( $F$  de *Flatness*) permite controlar e localizar as irregularidades que a superfície apresenta por cada intervalo de 300mm da superfície do pavimento, delimitando as mudanças de direção. A medição deste coeficiente é realizada segundo a norma referida acima. Se o valor do coeficiente  $F_F$  for elevado, a superfície apresentará um bom índice de planura.
- O coeficiente  $F_L$  ( $L$  de *Levelness*) realiza, a cada segmento de 3m, um controlo localizado de conformidade do projeto e limita a variação de nível em relação aos valores de projeto. Tal como acontece com o coeficiente de planura, o coeficiente  $F_L$  varia linearmente e quanto mais elevado for o valor associado a este coeficiente, mais nivelado se encontra o pavimento [24].



Fig. 3.9 – Equipamento para medição de nivelamento e planura do pavimento [33].

### 3.2.11. LIMPEZA

O trabalho necessário para manter um pavimento em condições limpas sem afetar o seu desempenho varia de acordo com alguns factores. Por exemplo, comparando dois pavimentos com as mesmas características mas sendo um de cor clara e outro de cor escura, é facilmente perceptível que o pavimento de cor clara vai necessitar de um tratamento de limpeza mais frequente do que o pavimento de cor escura, mesmo que o grau de sujidade de ambos seja idêntico. Por outro lado, se compararmos o pavimento de um hospital ou de uma cantina com um pavimento com uso comercial ou industrial, é perfeitamente evidente que os primeiros requerem um nível de limpeza bem mais elevado.

A ausência de uma limpeza adequada pode resultar em manchas permanentes, pode provocar um desgaste adicional da superfície e pode levar à perda de algumas propriedades da superfície como, por exemplo, a diminuição da resistência ao deslizamento.

O sucesso dos processos de limpeza e manutenção do pavimento pode estar dependente de um correto tratamento inicial da superfície do pavimento. É importante que esse tratamento inicial da superfície seja realizado pouco depois da aplicação do revestimento do pavimento, mas tendo a certeza que o revestimento se encontra protegido durante o tratamento. O fabricante do revestimento deve ser consultado para dar informações precisas sobre o tratamento inicial que a superfície deve receber mas, para os pavimentos em PVC, em borracha ou em linóleo, a superfície é inicialmente limpa e enxaguada com água limpa e de seguida devem ser aplicadas duas camadas finas de uma emulsão de acordo com as instruções do fabricante.

Alguns sistemas de pavimentação em madeira, já vêm com um revestimento de superfície aplicado na fábrica e, assim, não necessitando de nenhum tratamento inicial de limpeza. Os pavimentos em madeira que não sejam equipados com o revestimento na fábrica, devem ser lixados, aspirados com o objectivo de retirar todas as poeiras existentes e depois deve ser aplicado um primário, respeitando as normas dadas pelo fabricante.

Os métodos e detalhes da limpeza dos pavimentos é também um aspecto a ter em conta, sendo que cada pavimento apresenta diferentes métodos de limpeza. Antes de proceder à limpeza de um pavimento, é necessário verificar se o revestimento do pavimento tem capacidade para resistir ao processo de limpeza que vai ser executado [20].

### 3.2.12. PROPRIEDADES ELECTROSTÁTICAS

Existe uma grande variedade de revestimentos que são fabricados com o intuito de controlar, dentro de limites especificados, descargas electrostáticas, as chamadas ESD, onde estas possam causar falhas ao nível de sistemas ou componentes electrónicos, fogo ou até explosões.

O controlo da electricidade estática é necessário em espaços interiores onde são utilizados materiais potencialmente inflamáveis e explosivos como, por exemplo, os anestésicos em salas de operações e os líquidos inflamáveis, gases e poeiras em armazéns industriais. Com o intuito de prevenir uma acumulação de cargas electrostáticas nesses espaços, e de garantir a segurança do pessoal e do equipamento relativamente a descargas de electricidade estática, os pavimentos nesses locais devem ser capazes de dissipar toda essa energia estática. Isto pode ser conseguido através da medição do decaimento voltaico de um corpo e da tensão que o corpo gera na superfície do pavimento. No entanto, a resistência eléctrica dos pavimentos condutores não deve ser muito baixa ou o risco de choque eléctrico associado ao equipamento que se encontra ligado à corrente eléctrica pode aumentar

bastante. Assim, todos os pavimentos devem respeitar limites em relação à resistência eléctrica que devem apresentar.

É também importante que a manutenção do controlo estático nos pavimentos não prejudique as suas propriedades eletrostáticas. As recomendações de manutenção do fabricante devem ser seguidas rigorosamente, uma vez que qualquer material colocado sobre a superfície do pavimento que não seja recomendado pode afectar as propriedades eléctricas do controlo estático do revestimento [20].

A norma EN 1081 é a norma que se refere às propriedades eletrostáticas e aos seus efeitos sobre os pavimentos.

### 3.2.13. PROPRIEDADES ACÚSTICAS

A transmissão do impacto sonoro está dependente de uma combinação da densidade dos materiais de revestimento e a separação por uma camada resiliente. Os revestimentos que apresentem uma espessura e resiliência razoáveis podem ter um efeito preponderante na prevenção da transmissão do impacto do som. Alternativamente, a camada resiliente deve ser incluída na constituição do pavimento.

A transmissão do som que ocorre pelos bordos do pavimento pode apresentar-se como um fator prejudicial a nível acústico, uma vez que pode fazer com que não seja alcançado todo o potencial isolamento sonoro do pavimento. Este fenómeno ocorre devido a uma parcela do som que é transmitida verticalmente através de paredes adjacentes. Esta transmissão sonora pelos bordos laterais pode ser reduzida através do uso de tijolos ou blocos de betão, constituindo assim uma grande massa superficial e assegurando que esta massa se estenda ao longo de todo o pavimento acautelando e tentando dissipar ao máximo estas transmissões laterais verticais.

Como é facilmente perceptível, a escolha do tipo de revestimento a aplicar no pavimento vai afectar a performance acústica do pavimento dentro de um edifício, uma vez que existem pavimentos com melhores ou piores propriedades acústicas. A escolha do revestimento do pavimento é especialmente importante em locais como salas de concerto ou teatros, no entanto o pavimento não deve ser considerado isoladamente de outros elementos como paredes e tectos. O isolamento sonoro referente a sons aéreos como, por exemplo, uma camada de betão que reflecte o som de volta para o interior do compartimento, são a causa de fenómenos como eco e reverberação. Os materiais de revestimento macios e pouco densos, tais como os tapetes, vão actuar como elementos que absorvem o som e ajudam a amortecer o ruído e a tornar o discurso e a música mais claros aos ouvidos de uma pessoa [20].

Quando é necessário determinar o isolamento do impacto sonoro de um pavimento térreo deve recorrer-se à norma EN ISO 140-6. A medição da absorção sonora de um produto deve ser realizada segundo a norma prEN 12354-6 e as instruções do fabricante que, por sua vez, têm como base as normas EN ISO 354 e EN ISO 354/A1.

### 3.2.14. PROPRIEDADES ANTI MANCHAS

Esta propriedade é importante no que diz respeito aos revestimentos que são aplicados em locais onde decorrem actividades relacionadas com a alimentação, nomeadamente em termos de armazenamento e preparação. Estes pavimentos têm vários componentes químicos, podendo incluir alguns tipos de resinas epóxi, poliésteres e poliuretanos.

Relativamente aos testes anti manchas a que os revestimentos devem ser submetidos, pode obter-se um certificado de teste por parte da “Leatherhead Food Research Association”. Este certificado e um relatório técnico são emitidos quando o revestimento, depois de devidamente aplicado, é testado em relação ao risco de aparecimento de manchas e apresenta condições aceitáveis de higiene [20].

### 3.2.15. PERMEABILIDADE

Tendo em conta apenas os materiais de revestimento de pavimentos, a permeabilidade é uma propriedade que se restringe à transmissão de vapor de água, líquidos e outros gases através de uma unidade de área de pavimento, formado por materiais que respeitam uma série de requisitos específicos. A permeabilidade descendente dos materiais de revestimento é essencial em locais onde os líquidos são usualmente colocados ou em locais em que o derrame de líquidos possa ocorrer com alguma frequência.

É importante deixar bem claro que há uma grande diferença entre a permeabilidade de um material ao vapor de água ou a outros gases e a permeabilidade à água ou a outros líquidos. Materiais que são impermeáveis à água líquida não são necessariamente impermeáveis ao vapor de água.

A permeabilidade ao vapor de água é um importante fator a ter em conta para os revestimentos que são aplicados sobre uma superfície de betão recente ou directamente sobre o subsolo. Os revestimentos flexíveis não devem ser aplicados num edifício novo até que o subsolo esteja praticamente seco, sendo que este vai ter sempre presente uma percentagem de humidade residual. A permeabilidade ao vapor apresentada pelos materiais de revestimento vai permitir, ainda assim, que a secagem do subsolo continue a ser feita mesmo depois da aplicação do revestimento. Os revestimentos que tenham uma baixa permeabilidade ao vapor podem provocar a retenção de humidade no subsolo, situação esta que pode levar à rutura da camada adesiva se esta não for aplicada numa altura em que o subsolo se apresente praticamente seco [20].

A norma que regula a permeabilidade do pavimento térreo ao vapor de água é a norma EN 12086, enquanto a norma que regulamenta a permeabilidade à água é a norma EN 1062-3.

### 3.2.16. REAÇÃO AO FOGO

Ao contrário do que acontece com as paredes e tectos, os acabamentos que são realizados no pavimento não apresentam grandes exigências no que diz respeito à reação ao fogo. Isto acontece uma vez que, em geral, os revestimentos do pavimento não apresentam características que possam levar à propagação das chamas em caso de incêndio, sendo que essa propagação se faz com maior intensidade através de paredes e tectos. Em situações excepcionais, a reação ao fogo pode ser um factor a ter em conta na escolha do revestimento para o pavimento em questão como, por exemplo, em saídas de emergência ou no revestimento de escadas, sendo estes casos que as autoridades consideram existir risco para a vida humana [20].

A norma europeia EN 13501-1 é a norma que fornece o procedimento de classificação da reacção ao fogo que todos os produtos e elementos da construção apresentam. Segundo esta norma, a reacção ao fogo é a resposta dada pelo produto, tendo em conta a sua composição, quando é exposto ao fogo, segundo condições específicas. A classificação é distinta para os pavimentos e para os restantes produtos da construção. Os materiais constituintes dos pavimentos são classificados de acordo com as classes A1, A2, B, C, D, E e F, seguidas da abreviatura fl com origem na palavra *flooring*. A tabela

seguinte apresenta a classificação dos pavimentos quanto à reacção ao fogo dos seus componentes [58].

Quadro 3.10 - Classificação dos pavimentos quanto à reação ao fogo [58].

Definição	Classificação dos pavimentos segundo a EN 13501-1	
<b>Materiais não combustíveis</b>	$A1_{fl}$	
	$A2_{fl} s1$	$A2_{fl} s2$
<b>Materiais combustíveis – Contribuição para o fogo muito limitada</b>	$B_{fl} s1$	$B_{fl} s2$
<b>Materiais combustíveis – Contribuição para o fogo limitada</b>	$C_{fl} s1$	$C_{fl} s2$
<b>Materiais combustíveis – Média contribuição para o fogo</b>	$D_{fl} s1$	$D_{fl} s2$
<b>Materiais combustíveis – Elevada contribuição para o fogo</b>	$E_{fl}$	
<b>Materiais combustíveis – Facilmente inflamável</b>	$F_{fl}$	

### 3.2.17. ASPETO ESTÉTICO

O aspeto estético que o pavimento apresenta consiste na propriedade mais subjetiva uma vez que esta está largamente dependente do gosto pessoal de quem manda construir o pavimento. Existe vasta gama de revestimentos disponíveis que engloba um grande espectro de opções distintas, de diferentes formatos e cores. A facilidade de manutenção do revestimento é um dos aspectos importantes associados à escolha do revestimento, mas nem sempre este é um dos primeiros factores a ter em conta nessa escolha. No entanto, e atendendo ao factor anteriormente referido, ainda há muitos pavimentos em que a camada superficial é uma camada plana realizada em betão ou pavimentos realizados em pedra natural devidamente modelada. Estes pavimentos apresentam fácil manutenção, sendo que esta também é muito pouco dispendiosa.

O aspecto visual do pavimento tem cada vez mais importância para os utilizadores. Sendo assim, o objectivo é chegar a um consenso entre a aparência que o revestimento apresenta e os requisitos funcionais que este tem de respeitar tendo em conta a utilização que irá ter no futuro.

Por vezes, o aspecto visual do pavimento pode induzir o utilizador em erro e fazer com que algumas exigências que o pavimento deve respeitar sejam descuradas. Isto acontece, por exemplo, com as superfícies de alto brilho. O utilizador, devido ao brilho que a superfície apresenta, pode pensar numa solução deste género para o pavimento que irá ser executado mas, ao mesmo tempo, tem que pensar que uma solução com alto brilho pode não respeitar alguns requisitos importantes, como a resistência ao deslizamento, e nos problemas que isso pode trazer ao longo do período de vida útil do pavimento [20].





# 4

## **ANÁLISE COMPARATIVA TÉCNICO-ECONÓMICA – CASOS DE ESTUDO DE SOLUÇÕES DE ACABAMENTOS SUPERFICIAIS**

### **4.1. ENQUADRAMENTO E PRESSUPOSTOS PARA AVALIAÇÃO DE CUSTOS**

O principal objetivo deste capítulo é elaborar uma análise técnico-económica de algumas das soluções de pavimentos térreos industriais, com tipos de acabamentos superficiais mais utilizados. Estas soluções tratam-se de soluções genéricas que são mais correntemente utilizadas para áreas industriais ou de logística de diferentes naturezas e utilizações distintas.

Para realizar a análise técnico-económica das soluções de acabamento superficial com base num referencial comum e que permita uma comparação correta de todas as soluções, toma-se como pressuposto uma constituição comum para as camadas que compõem o pavimento térreo, até ao acabamento ou revestimento superficial. Desta forma, é necessário, em primeiro lugar, definir um pavimento térreo tipo e apresentar uma estimativa do custo associado ao mesmo. Para isso, será necessário apresentar um mapa de trabalhos e quantidades que mostre a constituição e execução do pavimento térreo tipo adotado.

De salientar que todos os custos que irão ser apresentados ao longo deste capítulo referentes aos vários tipo de pavimentos, custos de mão-de-obra e custos relativos à execução do pavimento térreo tipo foram disponibilizados por uma empresa especializada na aplicação de acabamentos superficiais em pavimentos térreos industriais.

De um modo geral, um mapa de trabalhos e quantidades de um orçamento para a execução de um pavimento térreo pode contemplar as seguintes intervenções e aspetos:

- Abertura, regularização e compactação do fundo sub-base do pavimento;
- Execução de sub-base de pavimento, incluindo regularização e compactação;
- Execução de base de pavimento, incluindo regularização e compactação;
- Ensaio gama densímetro, a realizar sobre a base do pavimento;
- Folha de polietileno (a aplicar sobre a base do pavimento);
- Fibras de aço (caraterização de fibras);
- Betão – classe de resistência, classe de exposição ambiental, consistência, dimensão máxima dos agregados, incluindo também modo de aplicação, espalhamento e nivelamento;
- Acabamento da superfície do pavimento e/ou revestimento superficial do pavimento;
- Produto de cura;

- Folha de polietileno expandido (a aplicar de encontro a elementos estruturais como, por exemplo, na ligação entre pavimento e parede);
- Juntas de controlo de fendilhação.

Para a análise comparativa e com o objetivo de se partir de uma base de referência comum, considera-se a seguinte constituição tipo do pavimento térreo que corresponde a um custo médio que se indica no mapa de trabalhos e quantidades apresentado de seguida:

Quadro 4.1 – Mapa de trabalhos e quantidades do pavimento térreo tipo adotado.

Quantidades	Unidades	Tarefas e Materiais	€/Unidade	Total em €
-	m2	1. Execução de pavimento térreo.	26.00	-
-	-	• Execução da base do pavimento em toda a sua vertente (regularização, compactação).		
-	-	• Ensaio gama densímetro, a realizar sobre a base do pavimento.		
1	un.	• Folha de polietileno (a aplicar sobre a base do pavimento).		
-	-	• Folha de polietileno expandido (a aplicar de encontro a elementos estruturais).		
25	kg/m3	• Fibras de aço.		
17	cm	• Betão-pronto C25/30 XC2 S3 D20 com composição ajustada para pavimentos – descarga direta (nivelamento com sistema automático <i>laser-screed</i> ).		
-	-	• Atalochamento mecânico da superfície do pavimento, visando um acabamento areado pronto a receber outro revestimento.		
-	-	• Produto de cura.		
-	-	• Juntas de controlo de fendilhação (em painéis com dimensões a definir).		

Ainda em relação ao pavimento térreo tipo, é importante salientar um aspeto muito importante. O custo indicado no mapa acima de 26.00 €/m2 corresponde ao custo corrente de mercado para condições de execução normais, que apresentem rendimentos da ordem dos 500 m2 de pavimento executados por dia. No caso de estarmos perante condições de execução excecionais, estas poderão ter repercussões no valor de referência indicado, ou seja, o custo do pavimento será diferente. As condições de execução excecionais poderão estar relacionadas com os seguintes fatores:

- Geometria de área irregular;
- Rendimentos significativamente distintos dos indicados no mapa;

- Quaisquer constrangimentos de natureza diversa como, por exemplo, alterações climáticas.

A adoção de uma camada de betão constituinte do pavimento térreo tipo considerado com uma espessura de 17 cm justifica-se devido ao facto de esta ser a espessura da camada de betão que é normalmente utilizada em casos correntes, sendo que varia entre 17 a 25 cm, e porque apresenta características de resistência que cobrem um leque mais abrangente de utilizações.

## 4.2. TIPOS DE ACABAMENTOS SUPERFICIAIS/ ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA – CASOS DE ESTUDO E CUSTOS MÉDIOS ASSOCIADOS

### 4.2.1. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL EM BETÃO (SEM INCORPORAÇÃO DE QUALQUER PRODUTO ADICIONAL)

Os pavimentos com acabamento superficial em betão são sempre realizados da mesma forma, sendo que os fatores que podem variar na conceção do pavimento e que podem influir decisivamente no custo do pavimento térreo são:

- Classe de resistência do betão;
- Classe de exposição do betão;
- Classe de consistência do betão;
- Tamanho máximo dos agregados;
- Espessura da camada de betão;
- Método de descarga do betão;
- Método de espalhamento e nivelamento do betão;
- Tipo de reforço aplicado no betão (armadura tradicional, fibras ou armadura de pré-esforço);
- Tipo de acabamento e exigências de nivelamento.

Como já foi referido no Quadro 4.1, o pavimento térreo tipo adotado é constituído por uma camada estrutural de betão com fibras, com classe de resistência C25/30, classe de exposição XC2, classe de consistência S3 e uma dimensão máxima de agregados D20. Para um pavimento com estas características e para exigências de nivelamento correntes o valor é o indicado no Quadro 4.1.

Em relação às exigências de nivelamento, estas podem ser normais ou especiais. Para um pavimento em betão em que seja necessário o cumprimento de exigências de nivelamento especiais, o custo do pavimento será inflacionado em cerca de 2.00 a 3.00 €/m<sup>2</sup>.



Fig. 4.1 – Aplicação do betão (descarga direta) [70].



Fig. 4.2 – Aplicação do betão (bombagem) [70].



Fig. 4.3 - Espalhamento e nivelamento do betão (régua vibratória) [70].



Fig. 4.4 – Espalhamento e nivelamento do betão (equipamento *Laser Screed*) [70].

#### 4.2.2. PAVIMENTOS COM APLICAÇÃO DE ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE

O acabamento superficial com endurecedores de superfície é adotado quando se pretende que o pavimento apresente resistências ao desgaste, à abrasão e ao impacto mais elevadas e uma redução de poeiras sobre o pavimento, como já foi referido no Capítulo 2. As soluções de endurecedores de superfície no mercado podem apresentar uma composição de agregados à base quartzo, corindo ou à base de partículas metálicas. Existem também diferentes endurecedores com pigmentos que têm como objetivo conferir colorações diversas ao pavimento.

A aplicação dos endurecedores de superfície sobre o pavimento é realizada pouco tempo depois da execução da camada de betão, numa altura em que o betão ainda não ganhou presa mas em que já é possível uma pessoa andar sobre a camada de betão. Sendo assim, estas são duas tarefas praticamente consecutivas. Assim, para uma estimativa de custos relativa a pavimentos com endurecedores de

superfície, há que somar ao custo considerado para o pavimento térreo tipo o custo referente ao material endurecedor de superfície propriamente dito. Os custos dos materiais endurecedores normalmente utilizados em pavimentos industriais, tomando como base uma dosagem de 4 kg/m<sup>2</sup> e para cores correntes (na gama dos cinzentos), situam-se dentro dos seguintes intervalos:

- Endurecedor de superfície constituído maioritariamente por agregados de quartzo: desde 1.00 a 2.00 €/m<sup>2</sup>, dependendo da marca.
- Endurecedor de superfície à base de agregados de corindo: desde 1.50 a 2.50 €/m<sup>2</sup>, dependendo da marca.
- Endurecedor de superfície composto por partículas metálicas: desde 3.00 a 5.00 €/m<sup>2</sup>, dependendo da marca.

Assim, os custos médios globais de pavimentos com endurecedores de superfície, tomando em consideração os custos médios dos intervalos de variação de custos acima referido:

- Pavimento tipo com endurecedor de superfície à base de agregados de quartzo: 27.50 €/m<sup>2</sup>.
- Pavimento tipo com endurecedor de superfície à base de agregados de corindo: 28.00 €/m<sup>2</sup>.
- Pavimento tipo com endurecedor de superfície à base de partículas metálicas: 30.00 €/m<sup>2</sup>.

Como referido anteriormente, estes custos médios dizem respeito a materiais endurecedores de superfície apenas e só com cor natural. Os materiais endurecedores com outras cores apresentam custos bem mais elevados do que estes e bastante díspares entre si, originando um aumento dos custos globais deste tipo de pavimentos.



Fig. 4.5 – Aplicação de endurecedor de superfície [70].





Fig. 4.6 – Aplicação de endurecedor de superfície (equipamento *Topping Spreader*) [70].



Fig. 4.7 – Atalochamento da superfície [70].

#### 4.2.3. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS EPÓXI

Dentro da gama de pavimentos térreos industriais com acabamento à base de resinas, os pavimentos com acabamento composto por resinas epóxi são sem dúvida os mais conhecidos e cujas propriedades permitem a sua utilização numa maior variedade de locais, sujeitos a diferentes condições de utilização. As soluções à base de resinas epóxi são utilizadas com frequência e têm um espetro de utilização alargado para requisitos específicos dos pavimentos. Este tipo de pavimentos apresenta as seguintes características:

- Resistência à agressividade de uma grande variedade de agentes químicos.
- Impermeabilidade a todos os líquidos.
- Superfície mais higiénica e fácil de limpar do que o betão.

- Superfície de desgaste com elevada durabilidade.

Os pavimentos de resinas epóxi apresentam uma grande variedade de cores e a sua superfície pode ser rugosa ou lisa. [44]

A aplicação de um acabamento à base de resinas epóxi é realizada já sobre o betão endurecido, ou seja, muito depois da execução da camada de betão do pavimento. A aplicação do acabamento superficial só é possível quando a camada de betão apresentar um teor de humidade reduzido, sendo que este valor deve situar-se abaixo dos 4%. Sendo assim, estes trabalhos tratam-se normalmente de uma subempreitada distinta da subempreitada correspondente à execução do pavimento térreo.

Neste ponto, vamos dar mais ênfase a duas formas distintas de aplicação de acabamento epóxi: pintura simples ou revestimento autonivelante.

Antes de se proceder à seleção do acabamento superficial a aplicar num determinado pavimento, é necessário ter em consideração vários fatores, sendo que a utilização a que o pavimento se destina é o fator decisor.

A aplicação de pintura simples epóxi apresenta características distintas do revestimento autonivelante epóxi. A pintura à base de epóxi é mais indicada para locais que apresentem um nível de tráfego ligeiro ou médio e cujo pavimento não seja sujeito a elevadas solicitações mecânicas, sendo que não deixa de ser uma solução resistente. Esta solução pode ser aplicada em locais como hospitais, laboratórios ou indústrias químicas e farmacêuticas. Os principais requisitos que a pintura simples cumpre são os seguintes:

- Resistência térmica;
- Facilidade de limpeza e manutenção;
- Aspeto estético;
- Resistência química;
- Impermeabilidade.

O revestimento autonivelante à base de resinas epóxi, quando comparada à pintura simples de epóxi, apresenta uma resistência muito mais elevada a solicitações de grande intensidade, sendo por isso uma solução normalmente aplicada em locais com tráfego pesado, como parques de estacionamento, armazéns ou em indústrias pesadas. Ao nível da permeabilidade, é muito eficaz sendo completamente impermeável a todo o tipo de líquidos. Os requisitos funcionais que esta solução garante são apresentados de seguida:

- Resistência à abrasão;
- Resistência à compressão;
- Resistência química;
- Resistência térmica;
- Total impermeabilidade.

Como referido anteriormente, a aplicação do acabamento superficial diz respeito a uma subempreitada distinta da subempreitada referente à execução do pavimento térreo e, sendo assim, há que contabilizar os custos relativos a mão-de-obra nos custos das soluções de acabamento de resinas epóxi. Os custos globais deste tipo de pavimentos correspondem à soma dos custos referentes a cada uma das subempreitadas.

Os custos relativos à aplicação de um acabamento à base de resinas epóxi podem variar um pouco:

- Assumindo a preparação da superfície do pavimento com recurso a meios mecânicos (lixagem / granalhagem), posterior aplicação de primário, seguida de aplicação de simples pintura epóxi: custo de cerca de 15 €/m<sup>2</sup>.
- Assumindo a preparação da superfície do pavimento com recurso a meios mecânicos (lixagem/ granalhagem), posterior aplicação de primário, seguida de aplicação de revestimento autonivelante epóxi com 2 a 3mm: custo na ordem dos 21 €/m<sup>2</sup>.

Desta forma, os custos globais referentes a pavimentos com revestimento superficial à base de epóxi são os seguintes:

- Preparação da superfície do pavimento recorrendo a meios mecânicos, seguida de aplicação de primário e, por fim, aplicação de pintura epóxi simples: custo total de 41.00 €/m<sup>2</sup>.
- Preparação da superfície do pavimento recorrendo a meios mecânicos, seguida de aplicação de primário e, por fim, aplicação de revestimento autonivelante epóxi: custo total de 47.00 €/m<sup>2</sup>.



Fig. 4.8 – Pintura simples epóxi [59].

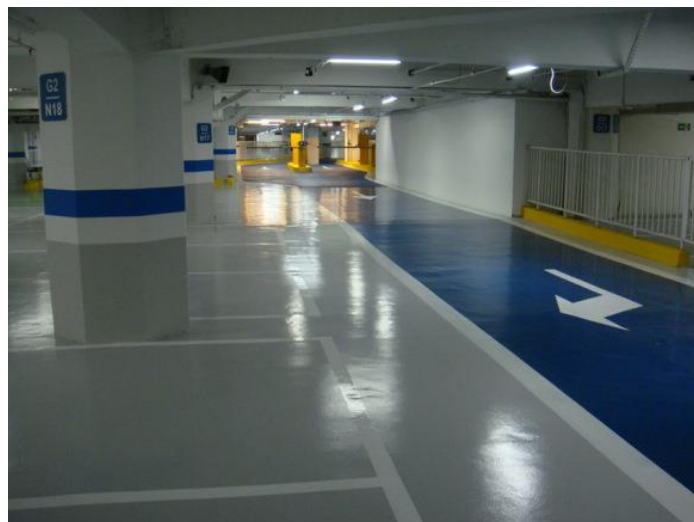


Fig. 4.9 – Revestimento autonivelante epóxi [59].



#### 4.2.4. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL AUTONIVELANTE DE BASE CIMENTÍCIA

Os revestimentos autonivelantes de base cimentícia consistem em misturas ou argamassas hidráulicas de base cimentícia, normalmente com uma composição que confere a este revestimento características especiais do ponto de vista da resistência mecânica, de consistência e de retração. Esta solução é autonivelante e, devido a esse facto, a aplicação deste revestimento não necessita dos processos habituais de espalhamento e de compactação. Este tipo de revestimentos podem ser aplicados em diferentes ambientes, sendo que podem fazer parte de obras de reabilitação ou renovação de pavimentos, pavimentos comerciais ou pavimentos industriais.

As principais características dos revestimentos autonivelantes de base cimentícia são as seguintes:

- Execução rápida e tempo de secagem reduzido.
- Boa aderência e baixa retração.
- Elevada resistência mecânica.
- Alta resistência à humidade [7], [40].

A aplicação de camada autonivelante de base cimentícia é realizada diretamente sobre a camada de betão. A solução autonivelante de base cimentícia tem um custo médio que ronda os 16.00 €/m<sup>2</sup>, sendo que este custo por m<sup>2</sup> engloba o preço referente à subempreitada que se destina à aplicação do revestimento de base cimentícia e respetiva mão-de-obra, uma vez que a aplicação deste acabamento superficial é realizada num momento posterior à execução do restante pavimento têrreo, resultando assim em duas subempreitadas diferentes. Mais uma vez, para obter o custo total de todo o pavimento é necessário adicionar os custos relativos à execução do pavimento tipo propriamente dito. Sendo assim, o custo global médio atribuído para este tipo de pavimento de base cimentícia é cerca de 42.00 €/m<sup>2</sup>.



Fig. 4.10 – Aplicação da camada autonivelante de base cimentícia [61].



Fig. 4.11 – Revestimento autonivelante de base cimentícia [61].

#### 4.2.5. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS DE POLIURETANO

A utilização de sistemas à base de resinas de poliuretano no revestimento de pavimentos téreos industriais tem vindo a aumentar significativamente, uma vez que os resultados obtidos pela aplicação deste tipo de acabamento superficial em pavimentos industriais permitem o cumprimento de diversas exigências funcionais e apresenta elevada durabilidade. Existem vários tipos de sistemas realizados em poliuretano, como sistemas autonivelantes, sistemas de pintura, sistemas de selagem ou sistemas de impermeabilização. A aplicação deste tipo de acabamento superficial apresenta as seguintes características principais:

- Impermeabilidade aos líquidos.
- Elevada estabilidade dimensional.
- Grande flexibilidade.
- Boa resistência mecânica e ao desgaste.
- Alta resistência à radiação UV.
- Boa resistência química e física [7].

Quanto à forma de aplicação deste tipo de revestimento superficial, há que referir que esta é realizada de forma distinta ao que acontece com a aplicação de endurecedores de superfície sobre a camada de betão e com a aplicação de acabamento superficial à base de resinas epóxi. Um revestimento à base de resinas poliuretano não pode ser aplicado diretamente sobre a camada de betão e, sendo assim, há que considerar a aplicação prévia de uma camada intermédia autonivelante sobre a laje de betão, sendo que a essa camada é normalmente de base cimentícia. A aplicação da camada intermédia autonivelante de base cimentícia tem como objetivos o aumento da aderência do revestimento ao pavimento e a regularização da superfície. Desta forma, é necessário adicionar o custo referente a esta camada intermédia ao custo da aplicação de uma solução em poliuretano.

Tendo em conta apenas o revestimento superficial em poliuretano, ou seja a camada de selagem final, e assumindo uma dosagem de 200g/m<sup>2</sup>, considera-se um preço médio para esta camada de cerca de 3€/m<sup>2</sup>. Este preço refere-se apenas à subempreitada para aplicação do revestimento, pelo que há necessidade de adicionar a este valor os encargos com a execução da camada autonivelante de base cimentícia do pavimento térreo tipo que apresenta um custo médio na ordem de 15.00 €/m<sup>2</sup>.

Com esta informação, o custo médio global relativo a pavimentos com acabamento superficial em poliuretano será aproximadamente o seguinte:

- Aplicação de camada autonivelante cimentícia sobre a camada de betão e posterior aplicação da camada de selagem em poliuretano: custo total médio de 44.00 €/m<sup>2</sup>.



Fig. 4.12 – Camada de selagem em poliuretano [60].

### **4.3. COMPARAÇÃO DE CUSTOS RELATIVOS AOS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTOS**

Como já foi referido anteriormente, os custos relativos à aplicação dos vários tipos de pavimentos mencionados neste capítulo, são uma estimativa com base na definição de um pavimento térreo tipo e em custos médios de materiais disponíveis no mercado. No entanto, estes custos podem variar tendo em conta alguns fatores, entre outros, como:

- Localização geográfica.
- Características específicas dos materiais utilizados.
- Dimensões das obras.
- Constrangimentos no processo de execução.

Dependendo destes fatores, os custos referentes aos vários tipos de pavimentos estudados, podem ser inferiores ou superiores aos custos que foram considerados neste capítulo. De seguida é apresentada uma tabela síntese relativa aos custos médios relativos aos diferentes tipos de pavimentos, onde se pode estabelecer facilmente uma comparação, a nível económico, entre as diferentes soluções apresentadas.

Quadro 4.2 – Custos médios das diferentes soluções a aplicar em pavimentos de betão.

<b>Tipo de pavimentos</b>		<b>Custo médio (€/m<sup>2</sup>)</b>
Pavimentos com acabamento superficial em betão		26.00
Pavimentos com endurecedores de superfície	Endurecedor de Quartzo	27.50
	Endurecedor de Corindo	28.00
	Endurecedor à base de partículas metálicas	30.00
Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas epóxi	Pintura epóxi simples	41.00
	Revestimento autonivelante epóxi	47.00
Pavimentos com acabamento superficial autonivelante de base cimentícia		42.00
Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas poliuretano	Com camada intermédia autonivelante de base cimentícia	44.00

De acordo com o Quadro 4.2, as soluções de acabamento superficial para pavimentos em betão com aplicação de endurecedores de superfície apresentam-se como as soluções mais económicas quando comparadas com soluções à base de resinas, epóxi ou poliuretano, ou com acabamento autonivelante de base cimentícia. Apenas os pavimentos com acabamento superficial em betão representam uma solução que implica menos encargos financeiros. Por outro lado, as soluções de pavimentos que apresentam um revestimento autonivelante epóxi ou com acabamento superficial à base de resinas poliuretano, com camada autonivelante de base cimentícia entre o acabamento e a camada de betão, são as soluções que apresentam um custo mais elevado de entre as alternativas analisadas.

# 5

## **EXEMPLOS DE SOLUÇÕES COMERCIAIS PARA ACABAMENTOS SUPERFICIAIS – CARATERIZAÇÃO/ DESEMPENHO FUNCIONAL**

### **5.1. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CARATERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COMERCIAIS**

O objetivo principal deste capítulo é estabelecer uma sistematização de processos a seguir quando se pretende selecionar uma solução de acabamento superficial para aplicar num pavimento térreo industrial. Neste sentido, vão ser indicados neste capítulo alguns exemplos de soluções comerciais existentes no mercado com o intuito de apresentar uma metodologia a seguir e de como pode ser feita a abordagem no mercado em termos de resposta a requisitos técnicos e económicos constantes de um projeto de um pavimento industrial. Para este estudo foram selecionadas soluções comerciais relacionadas com as tipologias de pavimentos que foram alvo de caraterização no capítulo anterior.

A escolha das referências comerciais pretendem abranger marcas de reconhecida experiência nesta área e que, apesar de poderem apresentar vocações específicas distintas, permitem a realização de um estudo comparativo de soluções. Os elementos de caraterização e as propriedades que serão explicitadas resultam da análise da documentação técnico-comercial disponibilizada pelas diferentes marcas comerciais consideradas neste estudo.

Quando se pretende selecionar um acabamento superficial adequado para aplicar num determinado pavimento térreo, o Dono de Obra deve seguir uma determinada metodologia para que a escolha que vai fazer seja a mais apropriada e correta de modo a satisfazer as suas pretensões. O fator preço é, cada vez mais, o fator mais importante dada a conjuntura social e económica que afeta o setor da construção. No entanto, a decisão deve ter em conta, para além dos custos associados à solução comercial, os requisitos funcionais que a superfície do pavimento deve garantir bem como os custos associados ao pavimento tendo em conta o período de vida útil a que este se destina. Existem vários fatores importantes que devem ser tidos em conta para que a seleção do revestimento superficial seja bem sucedida. Os fatores decisores são os seguintes:

- Tipo de utilização a que o pavimento térreo vai ser sujeito durante o seu período útil de vida;
- Requisitos e exigências funcionais que o pavimento deve cumprir de acordo com a utilização a que se destina no futuro;
- Soluções comerciais apresentadas pelas diferentes empresas de referência desta área que cumpram aos requisitos funcionais necessários;

- Custos referentes à própria solução comercial, aplicação da solução e a restantes trabalhos envolvidos na empreitada.

No Capítulo 3, foram enunciadas e descritas todas as exigências funcionais que os revestimentos superficiais finais devem cumprir mas, uma vez que não existem dados na documentação técnica referente às soluções comerciais acerca de todos os requisitos funcionais, não faz sentido tentar estabelecer uma comparação entre as várias soluções comerciais tendo em conta o desempenho relativo a exigências funcionais cujo desempenho não é especificado.

As fichas técnicas dos produtos para acabamento superficial apresentam informações referentes aos seguintes requisitos funcionais:

- Resistência à compressão.
- Resistência à flexão.
- Resistência ao impacto.
- Resistência à abrasão *Böhme*.
- Resistência à abrasão BCA.
- Reação ao fogo.
- Resistência ao escorregamento.
- Tensão de aderência ao betão.
- Dureza superficial.

Atualmente, as empresas especializadas nesta área de revestimentos superficiais de pavimentos disponibilizam as fichas técnicas dos produtos e também as respetivas declarações de desempenho. A declaração de desempenho consiste num documento específico que resulta de um procedimento que visa avaliar e verificar a regularidade do desempenho do produto e apresenta-se como um atestado indispensável para a marcação CE dos produtos do setor da construção, permitindo a livre circulação do produto na União Europeia e em todo o Espaço Económico Europeu.

A aposição da marcação CE deve ter em conta os seguintes fatores:

- A responsabilidade da aposição da marcação CE é do fabricante;
- A marcação CE deve ser colocada em todos os produtos para os quais existe uma declaração de desempenho;
- A marcação CE é a única marca de conformidade com o desempenho que é declarado;
- A colocação da marcação CE deve ser legível e indelével no produto;
- A aposição deve ser feita também na embalagem do produto e nos documentos de acompanhamento [69].

No levantamento de soluções comerciais ao nível do acabamento superficial em pavimentos téreos industriais, foram consideradas algumas das soluções comerciais das seguintes empresas especializadas nesta área:

- Sika;
- BASF;
- CIN;
- SIBland.

## 5.2. EXEMPLOS DE SOLUÇÕES COMERCIAIS PARA ACABAMENTOS SUPERFICIAIS E RESPECTIVA CARATERIZAÇÃO

Como já foi referido anteriormente, a documentação técnica dos produtos que é disponibilizada pelas empresas apenas contempla algumas das exigências funcionais que são alvo de caraterização no Capítulo 3. No entanto, e como vamos analisar soluções comerciais que correspondem a diferentes tipos de pavimentos, nem todos os requisitos mencionados no ponto anterior parte integrante das fichas técnicas de todos os produtos. As fichas técnicas dos produtos apresentam normalmente informação sobre os requisitos funcionais que são mais importantes e que são caraterísticos do tipo de pavimento a que determinada solução comercial corresponde.

A análise das soluções de acabamento superficial e respetiva caraterização funcional vai ser realizada tendo em conta os seguintes aspetos:

- Tipo de acabamento superficial de pavimento;
- Diferentes produtos existentes dentro de um mesmo tipo de acabamento;
- Soluções comerciais existentes no mercado;
- Marcas comerciais especializadas já mencionadas;
- Requisitos funcionais específicos e caraterísticos de cada solução;
- Tipo de utilização associada a cada solução comercial.

### 5.2.1. PAVIMENTOS COM APLICAÇÃO DE ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE

Dentro dos endurecedores de superfície existentes no mercado podemos encontrar produtos diferentes do ponto de vista da sua constituição, das caraterísticas e requisitos que cada produto apresenta e também no que diz respeito ao aspeto visual. Como já foi referido anteriormente, existem três grandes grupos de endurecedores de superfície:

- Endurecedores de superfície à base de quartzo;
- Endurecedores de superfície à base de corindo;
- Endurecedores de superfície constituídos maioritariamente por partículas metálicas.

Para cada um destes grupos, vão ser elencadas várias soluções comerciais respeitantes a empresas de referência desta área, já mencionadas neste capítulo, principais requisitos funcionais respeitados e locais onde a sua utilização é mais frequente.

No caso dos endurecedores de superfície, os requisitos funcionais que devem ser cumpridos por este tipo de soluções e que são alvo de análise nas fichas técnicas dos produtos desta gama são:

- Resistência à compressão;
- Resistência à flexão;
- Resistência à abrasão *Böhme*.
- Resistência à abrasão *BCA*.
- Dureza superficial.

### 5.2.1.1. Endurecedores de superfície à base de quartzo

#### **Sikafloor® -3 QuartzTop**

Marca: Sika.

Produto: Endurecedor de superfície mineral e colorido constituído maioritariamente por quartzo. Consiste numa mistura pronta a aplicar, que apresenta boas propriedades físicas e mecânicas, à base de cimento e agregados com granulometria selecionada [45].

#### **MasterTop 100**

Marca: BASF.

Produto: Endurecedor superficial que é constituído por agregados minerais especiais e graduados e por um ligante hidráulico, sendo esta uma solução em pó. Contém agregado de quartzo puro [41].

#### **SIBQUARTZO**

Marca: SIBland.

Produto: Endurecedor superficial constituído por cimento, adjuvantes químicos e agregados de natureza mineral de quartzo, sendo que esta mistura de componentes formam assim uma camada de desgaste superficial [37].

Quadro 5.1 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de endurecedores de quartzo [45], [37], [41].

Exigências funcionais/ Tipos de pavimentos e soluções comerciais	Pavimentos com aplicação de endurecedores de superfície		
	Sikafloor® -3 QuartzTop	MasterTop 100	SIBQUARTZO
Resistência à compressão	C35	C60	C60
Resistência à flexão	F6	F10	F10
Resistência à abrasão <i>Böhme</i>	A6	A6	A6
Resistência à abrasão <i>BCA</i>	-	AR1,0	-
Dureza superficial	-	-	SH850
Utilizações	Parques de estacionamento, restaurantes, estações de serviço, garagens e armazéns	Plataformas de carga e descarga, armazéns, parques de estacionamento, garagens e oficinas	Armazéns, fábricas, escolas, zonas de tráfego pedonal e parques de estacionamento





Fig. 5.1 – Exemplo de pavimento com aplicação de endurecedor de quartzo.

#### 5.2.1.2. Endurecedores de superfície à base de corindo

##### **SIBKORUND**

Marca: SIBland.

Produto: Endurecedor de superfície, colorido ou em cor natural, constituído por agregados minerais de corindo, cimento e adjuvantes químicos e formando uma camada anti desgaste sobre a camada de betão [42].

##### **MasterTop 450**

Marca: BASF.

Produto: Endurecedor superficial constituído por uma mistura em pó à base de agregados minerais de elevada dureza misturados, corindo e por ligante hidráulico [38].

Quadro 5.2 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de endurecedores de corindo [42], [38].

Exigências funcionais/ Tipos de pavimentos e soluções comerciais	Pavimentos com aplicação de endurecedores de superfície	
	SIBKORUND	MasterTop 450
Resistência à compressão	C70	C60
Resistência à flexão	F10	F10
Resistência à abrasão <i>Böhme</i>	A3	A3
Resistência à abrasão <i>BCA</i>	-	AR0,5
Dureza superficial	SH900	-
Utilizações	Pavilhões de exposição, parques de estacionamento, armazéns, fábricas e indústria pesada	Oficinas industriais, mecânicas e automóvel, plataformas de carga e descarga, armazéns de grande capacidade de carga



Fig. 5.2 – Exemplo de pavimento com aplicação de endurecedor de corindo.

#### 5.2.1.3. Endurecedores de superfície constituídos maioritariamente por partículas metálicas

##### **Sikafloor® -1 MetalTop**

Marca: Sika.

Produto: Endurecedor de superfície constituído por agregados duros de origem metálica, compatível também com pigmentos e adjuvantes, sendo que é indicado para pavimentos de cimento [45].

##### **MasterTop 201**

Marca: BASF.

Produto: Endurecedor superficial em pó, sendo que este contém agregados metálicos sujeitos a um tratamento especial, um ligante hidráulico e um agente condutor especialmente concebido. Esta camada de desgaste apresenta uma boa dissipação de eletricidade estática [43].

##### **SIBMETAL**

Marca: SIBland.

Produto: Endurecedor aplicado à superfície do pavimento, sendo que na sua constituição estão presentes agregados minerais de basalto, quartzo e partículas metálicas, cimento e aditivos de origem química. Forma uma camada de proteção e de desgaste sobre a laje de betão [39].

Quadro 5.3 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de endurecedores com partículas metálicas [45], [43], [39].

Exigências funcionais/ Tipos de pavimentos e soluções comerciais	Pavimentos com aplicação de endurecedores de superfície		
	Sikafloor® -1 MetalTop	MasterTop 201	SIBMETAL
Resistência à compressão	-	C70	C80
Resistência à flexão	-	F10	F10
Resistência à abrasão <i>Böhme</i>	-	A3	A1,5
Resistência à abrasão BCA	-	AR0,5	-
Dureza superficial	-	-	SH1600
Utilizações	Armazéns, cais de carga, passeios, parques de estacionamento, estações de serviço	Indústria de pinturas, estações de serviço, laboratórios, indústria de vernizes e indústria eletrónica	Indústria metalomecânica, armazéns com tráfego intenso e entrepostos

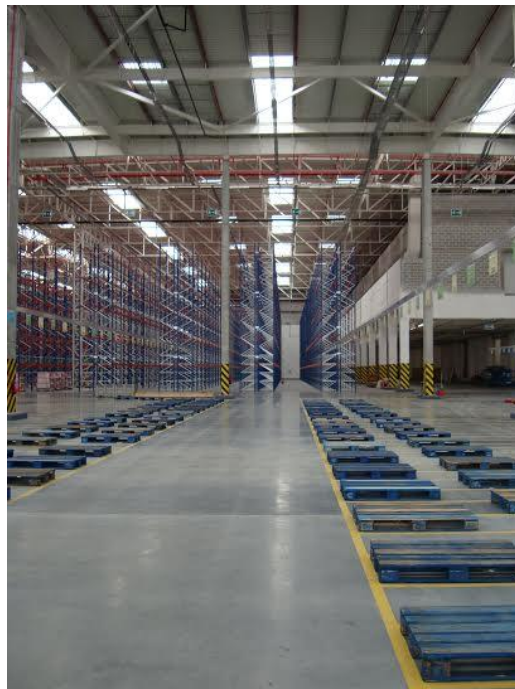


Fig. 5.3 – Exemplo de pavimento com aplicação de endurecedor com partículas metálicas.

### 5.2.2. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS EPÓXI

Os pavimentos com acabamento superficial à base de resinas epóxi podem apresentar formas de aplicação distintas mas, nesta dissertação, só vamos analisar as soluções comerciais para a pintura simples à base de epóxi e para os revestimentos autonivelantes de epóxi, tal como foi considerado no capítulo anterior referente aos custos das soluções.

As fichas técnicas dos produtos à base de resinas epóxi apresentam informações relativas ao grau de cumprimento de determinados requisitos funcionais. No entanto, os requisitos funcionais mais importantes e que devem ser respeitados pelas soluções de epóxi são os seguintes:

- Resistência ao impacto;
- Resistência à abrasão BCA;
- Reação ao fogo;
- Tensão de aderência ao betão.

#### 5.2.2.1. Pinturas simples à base de resinas epóxi

##### **C-Floor® E240 WB**

Marca: CIN.

Produto: Revestimento aquoso à base de resinas epóxi acetinado para pavimentos industriais. Este sistema é adequado para situações em que as exigências do local não permitem a libertação de substâncias tóxicas [47].



Fig. 5.4 - Exemplo de pavimento com aplicação de pintura simples epóxi [47].

##### **Sikafloor® 2530 W**

Marca: Sika.

Produto: Dispersão aquosa colorida destinada para pavimentos de desempenho elevado, à base de resinas epóxi e sem solventes, sendo uma solução composta por dois componentes distintos [45].



Fig. 5.5 - Exemplo de pavimento com aplicação de pintura simples epóxi [48].

Quadro 5.4 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de pinturas simples epóxi [45], [63].

Exigências funcionais/ Tipos de pavimentos e soluções comerciais	Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas epóxi	
	C-Floor® E240 WB	Sikafloor® 2530 W
Resistência ao impacto	-	-
Resistência à abrasão BCA	-	-
Reação ao fogo	$B_{fl} s1$	-
Tensão de aderência ao betão	B1,5	B1,5
Utilizações	Laboratórios, hospitais, centros comerciais, parques de estacionamento e indústrias químicas	Instalações de defesa civil, garagens, pavilhões industriais em ambiente seco, armazéns e salas de exposição

#### 5.2.2.2. Revestimentos autonivelantes epóxi

##### **MasterTop 1230 B**

Marca: BASF.

Produto: Sistema epóxi auto nivelante, com textura de acabamento liso e homogéneo. Este é formado por uma camada de primário de resina epóxi, uma camada de desgaste e pode eventualmente ser constituído por uma terceira camada de recobrimento superficial, realizada em poliuretano [46].

## Sikafloor® 261

Marca: Sika.

Produto: Sistema epóxi para pavimentos, sendo este um ligante pigmentado que apresenta baixos níveis de viscosidade e sem solventes, composto por dois componentes distintos. Este produto é indicado para pinturas lisas e antiderrapantes e para revestimentos, de espessura considerável, antiderrapantes ou auto alisantes [45].



Fig. 5.6 - Exemplo de pavimento com aplicação de revestimento autonivelante epóxi [19].

Quadro 5.5 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de revestimentos autonivelantes epóxi [45], [62].

Exigências funcionais/ Tipos de pavimentos e soluções comerciais	Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas epóxi	
	MasterTop 1230 B	Sikafloor® 261
Resistência ao impacto	IR4	IR4
Resistência à abrasão BCA	AR1	AR1
Reação ao fogo	$B_{fl} s1$	$E_{fl}$
Tensão de aderência ao betão	B1,5	B1,5
Utilizações	Oficinas, laboratórios, salas de exposição, indústrias químicas e alimentares	Zonas de lavagem, oficinas, indústrias alimentares e de bebidas

### 5.2.3. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL AUTONIVELANTE DE BASE CIMENTÍCIA

Neste ponto, vão ser analisadas soluções comerciais referentes a empresas especializadas nesta área, sendo que essas soluções correspondem a aplicação de acabamento superficial autonivelante de base cimentícia.

Os produtos autonivelantes de base cimentícia apresentam características muito próprias. As fichas técnicas relativas aos produtos de base cimentícia apresentam, essencialmente, informações que dizem respeito aos seguintes requisitos funcionais:

- Resistência à compressão;
- Resistência à flexão;
- Resistência à abrasão *Böhme*.
- Resistência à abrasão BCA.

De seguida são apresentados alguns exemplos de soluções que dizem respeito a sistemas autonivelantes de base cimentícia.

### **Sikafloor® Level 25**

Marca: Sika.

Produto: Argamassa de nivelamento e auto-alisante para pavimentos, sendo constituída por cimento e polímeros, para execução de pavimentos nivelados e versáteis [45].



Fig. 5.7 - Exemplo de pavimento autonivelante de base cimentícia [19].

### **SIBfloor Premium**

Marca: SIBland.

Produto: Autonivelante de base cimentícia que apresenta elevados padrões de decoração e resistência, com acabamento polido para todos os tipos de pavimentos a aplicar em locais onde são requeridas exigências decorativas rigorosas [52].





Fig. 5.8 – Autonivelante de base cimentícia [53].

### **MasterTop 544**

Marca: BASF.

Produto: Argamassa hidráulica, mono componente e autonivelante, ideal para pavimentos sujeitos a prestações elevadas, cujo principal objetivo é garantir a regularização dos pavimentos de betão em espaços interiores [54].



Fig. 5.9 – Argamassa autonivelante [55].



Quadro 5.6 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de autonivelantes de base cimentícia [45], [52], [54].

Exigências funcionais/ Tipos de pavimentos e soluções comerciais	Pavimentos com acabamento superficial autonivelante de base cimentícia		
	Sikafloor® Level 25	SIBfloor Premium	MasterTop 544
Resistência à compressão	C35	C35	C40
Resistência à flexão	F5	F10	F6
Resistência à abrasão <i>Böhme</i>	-	-	-
Resistência à abrasão BCA	AR2,0	-	AR0,5
Utilizações	Adegas, armazéns, fábricas, hospitais e edifícios comerciais	Locais com requisitos decorativos elevados como superfícies comerciais, habitacionais e também pavimentos industriais	Garagens, armazéns industriais, áreas industriais com solicitações médias a altas

#### 5.2.4. PAVIMENTOS COM ACABAMENTO SUPERFICIAL À BASE DE RESINAS POLIURETANO

Os pavimentos com acabamento superficial à base de resinas de poliuretano, como já foi referido no Capítulo 4, necessitam da aplicação de uma camada intermédia de base cimentícia sobre a laje de betão e sobre esta é que é executado o acabamento superficial em poliuretano.

Segundo as informações apresentadas pelas fichas técnicas dos produtos normalmente utilizados como acabamento para este tipo de pavimentos, as exigências funcionais mais importantes a considerar na avaliação do desempenho das várias soluções comerciais são:

- Resistência ao impacto;
- Resistência à abrasão BCA;
- Reação ao fogo;
- Tensão de aderência ao betão.

Exemplos de soluções de acabamento superficial realizado em poliuretano são apresentados neste capítulo, bem como as suas principais características funcionais.

#### Sikafloor® 325

Marca: Sika.

Sistema: Revestimento autonivelante constituído por dois componentes, resina e endurecedor, sendo bastante duro e com elevada elasticidade, à base de resina de poliuretano [45].

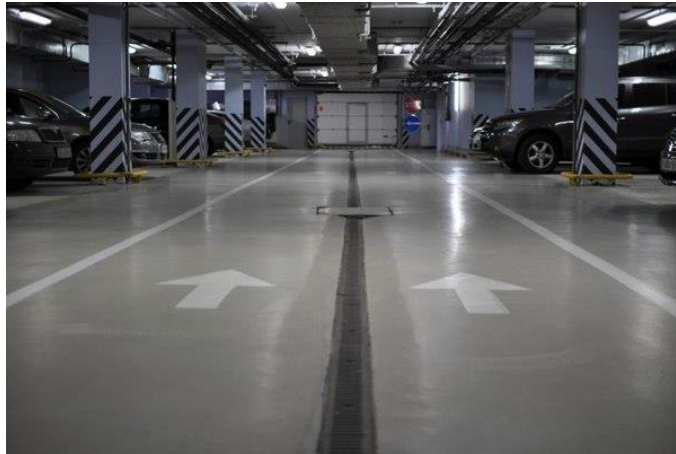


Fig. 5.10 - Exemplo de pavimento com acabamento à base de resinas poliuretano [19].

### **Ucrete UD200**

Marca: BASF.

Sistema: Revestimento que resiste a condições extremas químicas, mecânicas e térmicas, este sistema representa um revestimento realizado em poliuretano. É formado por duas camadas, uma camada inicial de primário de baixa viscosidade e uma camada de desgaste de poliuretano [49].



Fig. 5.11 – Exemplo de pavimento com acabamento à base de resinas poliuretano [50].

### **C-Floor® PU320 HB**

Marca: CIN.

Produto: Revestimento à base de poliuretano com boa resistência à radiação UV e que apresenta boas características mecânicas, sendo flexível, duro e com elevada resistência ao impacto e à abrasão [51].



Fig. 5.12 - Exemplo de pavimento com acabamento à base de resinas poliuretano [51].

Quadro 5.7 – Soluções comerciais e requisitos funcionais de produtos à base de poliuretano [65], [64], [45].

Exigências funcionais/ Tipos de pavimentos e soluções comerciais	Pavimentos com acabamento superficial à base de resinas poliuretano		
	Sikafloor® 325	Ucrete UD200	C-Floor® PU320 HB
Resistência ao impacto	IR4	IR4	-
Resistência à abrasão BCA	AR1,0	AR0,5	-
Reação ao fogo	$E_{fl}$	$B_{fl} s1$	$B_{fl} s1$
Tensão de aderência ao betão	B1,5	B2,0	B1,5
Utilizações	Oficinas metalomecânicas, rampas, parques de estacionamento, Pavimentos industriais em locais de produção e armazenagem	Indústria de tratamento de resíduos, indústria metalúrgica, indústria química e indústria farmacêutica	Armazéns, parque de estacionamento, plataformas offshore, zonas de tráfego pedonal em pontes



# 6

## CONCLUSÕES

### 6.1. CONCLUSÕES E PRINCIPAIS LIMITAÇÕES

A área dos pavimentos térreos industriais é uma área que se encontra em constante desenvolvimento e evolução, sendo que essa evolução se tem vindo a acentuar nos últimos anos. A importância do pavimento térreo nas edificações, principalmente quando se trata de um pavimento industrial, começa a ser cada vez mais reconhecida por diversos fatores, tais como a importância do seu desempenho, uma vez que se trata de um dos elementos mais relevantes para o desempenho funcional das edificações industriais, o peso económico que este elemento tem no custo global da edificação e os custos que estão associados a operações de reparação e manutenção do pavimento.

Ao longo desta dissertação, foram várias as dificuldades com que me deparei. A informação técnica existente acerca deste tema não é totalmente abrangente e encontra-se um pouco dispersa em documentos e normas técnicas diversas sem a sistematização e integração desejável para o desenvolvimento de competências nesta área.

Relativamente às normas existentes para regular o desempenho dos pavimentos térreos industriais, tendo em conta os requisitos e exigências funcionais que cada tipo de acabamento industrial deve cumprir, verificamos que cada requisito é regulado segundo uma ou mais normas, existindo assim uma quantidade imensa de documentos normativos para a avaliação das exigências funcionais da superfície dos pavimentos industriais. Este facto faz com que a recolha de informação e a interpretação desta seja muito mais complexa, ao invés do que aconteceria se existisse um referencial normativo sistematizado e integrado para todo o processo construtivo dos pavimentos térreos industriais.

Quanto aos produtos e soluções comerciais apresentadas por empresas de referência desta área, estas disponibilizam as fichas técnicas dos produtos. A informação disponível nas fichas técnicas dos produtos pode variar de empresa para empresa, o que pode trazer dificuldades acrescidas na elaboração de um estudo comparativo de soluções. A declaração de desempenho dos produtos e origem da informação são também importantes, sendo que na declaração de desempenho, o fabricante declara total responsabilidade pela informação divulgada sobre o produto.

Nesta dissertação, foi realizado um estudo acerca de alguns tipos de pavimentos térreos industriais, já referidos anteriormente, sendo que esse estudo se centrou principalmente nos custos envolvidos na aplicação de soluções referentes aos vários tipos de pavimentos industriais considerados e também na análise dos principais requisitos funcionais que cada tipo de pavimento deve cumprir. O principal propósito deste estudo consistia em propor uma metodologia ou uma sequência de processos que permitisse sistematizar a análise de requisitos funcionais e ajudar na decisão da seleção de uma solução de acabamento superficial.

As principais conclusões que se podem retirar da análise do desenvolvimento dos Capítulos 4 e 5 são apresentadas de seguida:

- Os pavimentos com a aplicação de endurecedores de superfície representam a solução, dentro dos tipos de pavimentos térreos analisados, mais económica;
- As soluções de acabamento superficial constituídas por revestimento autonivelante à base de epóxi ou com acabamento superficial à base de resinas de poliuretano (com camada intermédia de base cimentícia entre o acabamento superficial e a camada de betão) são as soluções que apresentam custos globais mais elevados;
- Os pavimentos com a aplicação de endurecedores de superfície apresentam boas características no que diz respeito a requisitos como a resistência à compressão, à flexão e à resistência à abrasão e desgaste;
- Os pavimentos com acabamento superficial à base de resinas epóxi exibem características muito favoráveis em relação a requisitos funcionais como a resistência química, impermeabilidade, limpeza e durabilidade;
- Os pavimentos com acabamento de superfície de base cimentícia são indicados para locais sujeitos a solicitações de intensidade média a alta, sendo que este tipo de pavimentos apresenta boa resistência à humidade e resistência mecânica;
- As soluções com acabamento superficial à base de resinas de poliuretano apresentam bons indicadores em relação a requisitos funcionais como a resistência química, impermeabilidade aos líquidos, resistência mecânica e resistência ao desgaste.

É necessário referir que, para o mesmo tipo de utilização, pode haver uma seleção diferente relativamente ao revestimento superficial a aplicar. Por vezes, existem casos específicos em que é necessário aplicar um tipo de acabamento superficial mais resistente em utilizações não muito severas. Esta é a razão pela qual a mesma utilização pode aparecer associada a soluções comerciais de pavimentos com características distintas.

## **6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

No ponto anterior, foram referidas as limitações e o facto de a informação existente atualmente sobre a área dos pavimentos térreos industriais se encontrar muito dispersa. Desta forma, e com o objetivo de melhorar o conhecimento nesta área e a perceção dos fatores mais importantes a ter em conta na avaliação das soluções comerciais de acabamento superficial de pavimentos industriais, os aspetos que devem ser alvo de atenção e de melhoria são os seguintes:

- Alargar a análise a outros tipos de revestimentos superficiais, como por exemplo, aos pavimentos cerâmicos, aos pavimentos em linóleo e aos pavimentos em madeira;
- Aprofundar a sistematização do processo de estudo e análise dos revestimentos superficiais integrada no processo global de sistematização do ciclo construtivo dos pavimentos térreos industriais;
- Elaboração de um manual de procedimentos capaz de funcionar como guia ao utilizador na escolha de uma solução de acabamento superficial a aplicar num determinado caso específico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PORTUGAL. INE - Instituto Nacional de Estatística, *Edifícios licenciados e concluídos mantêm decréscimo - 3.º Trimestre de 2014*. 2014. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaquas&DESTAQUESdest\\_boui=211131197&DESTAQUESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaquas&DESTAQUESdest_boui=211131197&DESTAQUESmodo=2). Data de acesso: 24/02/2015.
- [2] PORTUGAL. INE - Instituto Nacional de Estatística, *Boletim Mensal de Estatística - Janeiro de 2015*. 2015. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=225019053&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=225019053&PUBLICACOESmodo=2). Data de acesso: 3/03/2015.
- [3] Weber Saint-Gobain. *Manual Técnico Pavimentos*. 2013. Disponível em: <http://www.weber.com.pt/regularizacao-e-nivelamento-de-pavimentos/conselhos-e-ajuda/manual-de-pavimentos.html>. Data de acesso: 15/03/2015.
- [4] Barros, J. Antunes, A. *Juntas em Pavimentos de Edifícios Industriais*. Seminário sobre dimensionamento de estruturas de betão reforçado com fibras de aço, 28/11/03, Guimarães, 21p., Universidade do Minho, Guimarães.
- [5] Abrantes, V. *Pavimentos*. Apontamentos da disciplina de Tecnologia das Construções, SCC, FEUP, 2004.
- [6] Resende de Sá, R. *et al. Pisos Industriais de Concreto*. Informativo Técnico REALMIX Nº 3, 3/12/2009, página 1, Realmix, Aparecida de Goiânia.
- [7] Garcia, J. *Sistema de inspeção e diagnóstico de revestimentos epóxicos em pisos industriais*. Dissertação de Mestrado, IST, 2006.
- [8] Concrete Society Technical Report Nº34, *Concrete industrial ground floors: A guide to design and construction*. TR34, The Concrete Society, Crowthorne, 2003.
- [9] ANAPRE. *O Sistema Pavimento Industrial*. 2009. Disponível em: [http://www.anapre.org.br/artigo\\_1.pdf](http://www.anapre.org.br/artigo_1.pdf). Data de acesso: 26/03/2015.
- [10] R. Moita / MAPEI. *A utilização de argamassas cimentícias autonivelantes na regularização de pavimentos*. 2004. Disponível em: <http://www.apfac.pt/eventos/conc2004/mapei.pdf>. Data de acesso: 28/06/2015.
- [11] Sousa, A., Brito, J., Branco, F., *Requisitos dos produtos e materiais utilizados em reparações de revestimentos de piso*. Actas do 3º congresso nacional da construção-Construção 2007, 17 a 19 Dezembro 2007, Universidade de Coimbra, 1-11, Flor de Utopia, Coimbra.
- [12] Sika. *Tecnologia e conceitos sika para pavimentos industriais*. 2008. Disponível em: [http://www.sika.pt/sa\\_b03\\_tecnologia\\_e\\_conceitos\\_sika\\_para\\_pavimentos\\_industriais.pdf](http://www.sika.pt/sa_b03_tecnologia_e_conceitos_sika_para_pavimentos_industriais.pdf). Data de acesso: 28/03/2015.
- [13] Nascimento, J. *Exigências funcionais de revestimentos de piso*. LNEC. Lisboa, 1984.
- [14] [http://www.civil.uminho.pt/lftc/Textos\\_files/construcoes/cp2/Cap.%20XVIII%20-%20Revestimentos%20de%20Pavimentos..pdf](http://www.civil.uminho.pt/lftc/Textos_files/construcoes/cp2/Cap.%20XVIII%20-%20Revestimentos%20de%20Pavimentos..pdf)
- [15] Flores-Colen, I. Garcia, J. Silva, L. Silva, A. Neto, N. *Revestimentos de Pisos*. IST. 2007. Data de acesso: 4/04/2015.
- [16] J. M. Nascimento, 1991, *Classificação funcional dos revestimentos de piso e dos locais - ITE 29*, LNEC.

- [17] Salvaterra, L. *Processos de manutenção técnica de edifícios em revestimentos de piso*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
- [18] Cristelli, R. *Pavimentos Industriais de Concreto. Análise do sistema construtivo*. Monografia, Escola de Engenharia UFMG, 2010.
- [19] Sika. *Tecnologia e conceitos sika para pavimentos e revestimentos*. 2010. Disponível em: <http://prt.sika.com/dms/getdocument.get/220a99eb-a1ef-3fdc-9f31-e384d3c238c6/pavimentos.pdf>. Data de acesso: 28/03/2015.
- [20] Ciria. *Screeds, flooring and finishes selection, construction and maintenance – Chapter 02*. University of Nottingham. 2005
- [21] Barros, J. Antunes, A. *Juntas em Pavimentos de Edifícios Industriais*. Seminário sobre dimensionamento de estruturas de betão reforçado com fibras de aço, 28/11/03, Guimarães, 21p., Universidade do Minho, Guimarães.
- [22] Barros, J. *Pavimentos Industriais: materiais, dimensionamento e processos construtivos*. Relatório 00-DEC/E-5, Universidade do Minho, Guimarães, 2000.
- [23] Garcia, J., Brito, J., *Anomalias em pavimentos industriais com revestimentos epóxicos e sua reparação*. Actas do 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios - PATORREB 2006, 20 - 21 de Março 2006, FEUP, 785-794, FEUP ou Comissão Organizadora do Patorreb 2006, Porto.
- [24] ACI Committee 302, *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*. ACI 302.1R-04, American Concrete Institute, Farmington Hills, 2004.
- [25] Sousa, A., Brito, J., Branco, F., *Reabilitação de revestimentos de piso correntes com recurso a argamassa*, 2º Congresso Nacional das argamassas de construção (APFAC), 22 e 23 Novembro de 2007, FIL parque das nações, APFAC, Lisboa.
- [26] <http://www.terrazospecialists.com/gallery.php>
- [27] <http://www.weber.com.pt/regularizacao-e-nivelamento-de-pavimentos/solucoes/nivelamento-de-pavimentos/weberfloor-for.html>
- [28] <http://greatbritaintile.com/flexco-rubber-flooring.htm>
- [29] <http://www.instructables.com/id/Bathroom-Linoleum-flooring-replacement-project/>
- [30] <http://www.saurabh-enterprises.com/pvc-flooring.html>
- [31] <http://www.armstrong.com/flooring/products/vinyl-sheet>
- [32] <http://quimatecnica.com.br/construcao-civil/endurecedor-de-pisos-base-silicato-endurecedor-de-piso-e-concreto/>
- [33] Stuart, D. *Concrete Slab Finishes and the Use of F-number System*. 2013. Disponível em: <http://www.pdhonline.org/courses/s130/s130content.pdf>. Data de acesso: 5/05/2015.
- [34] [http://prt.sika.com/pt/solutions\\_products/02/02a004/02a004sa05.html](http://prt.sika.com/pt/solutions_products/02/02a004/02a004sa05.html)
- [35] Johnston, W. *et al. Freezing and refrigerated storage in fisheries*. Fisheries Technical Paper. Nº340, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), Roma, 1994.
- [36] Technical Committee CEN/TC 344 (FEM), *Steel static storage systems – Adjustable pallet racking - Tolerances, deformations and clearances EN 15620:2008*. CEN, 2008.



- [37] Siband. *SIBQUARTZO – Endurecedores para pavimentos industriais*. 2011. Disponível em: <http://siband.pt/fichas-de-produtos/fichas-tecnicas/endurecedores/>. Data de acesso: 10/07/2015.
- [38] BASF. *MasterTop 450*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/mastertop/1264?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [39] Siband. *SIBMETAL – Endurecedores para pavimentos industriais*. 2011. Disponível em: <http://siband.pt/fichas-de-produtos/fichas-tecnicas/endurecedores/>. Data de acesso: 10/07/2015.
- [40] Rosenbom, K., Garcia, J., *Renovação de Pavimentos e Fachadas*. Actas do 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios - PATORREB 2003, 18-19 de Março 2003, FEUP, 3-424, FEUP ou Comissão Organizadora do Patorreb 2003, Porto.
- [41] BASF. *MasterTop 100*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/mastertop/1264?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [42] Siband. *SIBKORUND – Endurecedores para pavimentos industriais*. 2011. Disponível em: <http://siband.pt/fichas-de-produtos/fichas-tecnicas/endurecedores/>. Data de acesso: 10/07/2015.
- [43] BASF. *MasterTop 201*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/mastertop/1264?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [44] Technical Committee CEN/TC 303, *Screeds, bases and in situ floorings - Synthetic resin floorings BS 8204-6:2001*. British Standards Institution, 2001.
- [45] Sika. *Catálogo de fichas de produto – Prontuário*. Edição nº7. 2007.
- [46] BASF. *MasterTop 1230 B*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/mastertop/1264?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [47] CIN. *Ficha de produto - C-Floor® E240 WB*. 2011. Data de acesso: 07/07/2015.
- [48] <http://mys.sika.com/en/flooring-coating-redirect/sika-flooring-and-coating-solutions/references-flooring.html>
- [49] BASF. *Sistema Ucrete UD200*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/ucrete/1275?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [50] BASF. *Pavimento Industrial Ucrete*. 2014. Data de acesso: 13/07/2015.
- [51] CIN. *Ficha de produto - C-Floor® PU320 HB*. 2012. Data de acesso: 07/07/2015.
- [52] Siband. *SIBFLOORPREMIUM – Autonivelante Decorativo*. 2011. Disponível em: <http://siband.pt/fichas-de-produtos/fichas-tecnicas/sistemas-pavimentos/>. Data de acesso: 10/07/2015.
- [53] [http://lad.comportugal.com/compra\\_aplicannoodeautonivelantes\\_5627](http://lad.comportugal.com/compra_aplicannoodeautonivelantes_5627)
- [54] BASF. *MasterTop 544*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/mastertop/1264?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [55] <http://www.morteroautonivelantegrana.com/>
- [56] Technical Committee CEN/TC 303, *Screeds, bases and in situ floorings - Part 2: Concrete wearing surfaces BS 8204-2:2003*. British Standards Institution, 2003.
- [57] Technical Committee CEN/TC 303, *Screed material and floor screeds — Screed material Properties and requirements BS EN 13813:2002*. British Standards Institution, 2002.

- [58] PERONI. *European Standard – Reaction to Fire*. 2013. Disponível em: [http://www.peroni.com/lang\\_UK/download/EN\\_Reaction\\_to\\_Fire\\_Classification.pdf](http://www.peroni.com/lang_UK/download/EN_Reaction_to_Fire_Classification.pdf). Data de acesso: 10/05/2015.
- [59] <https://pisosderesina.wordpress.com/category/piso-de-resina-autonivelante-epoxi/>
- [60] <http://www.ineditbase.com/index.php?ID=15>
- [61] <http://www.pavieste.pt/index.php?id=8>
- [62] BASF. *EU-Declaración de Prestaciones - MasterTop BC 325 N FLR*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/mastertop/1264?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [63] CIN. *Boletim Técnico - C-Floor® E240 WB*. 2014. Data de acesso: 07/07/2015.
- [64] BASF. *EU-Declaración de Prestaciones – Ucrete UD200*. 2014. Disponível em: <http://www.master-builders-solutions.basf.es/es-es/productos/ucrete/1275?Product=DownloadsFlooring>. Data de acesso: 12/07/2015.
- [65] CIN. *Boletim Técnico - C-Floor® PU320 HB*. 2015. Data de acesso: 07/07/2015.
- [66] Keratec. *Especificações Técnicas – Resistência ao Escorregamento*. Disponível em: <http://www.keratec.pt/pt/areatecnica/especificacoestecnicas>. Data de acesso: 03/05/2015.
- [67] Keratec. *Especificações Técnicas – Resistência ao Deslizamento*. Disponível em: <http://www.keratec.pt/pt/areatecnica/especificacoestecnicas>. Data de acesso: 03/05/2015.
- [68] DIN. *Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr, Begehungsverfahren – Schiefe Ebene DIN 51130:2004-06*. 2004.
- [69] ANIET. *Novas Regras para a Marcação CE dos Produtos de Construção*. 2013. Disponível em: <http://www.aniet.pt/fichuprelanexaniet/fx3391.pdf>. Data de acesso: 10/07/2015.
- [70] Moreira, J. Sousa, H. *Módulo 10 – PAVIMENTOS TÊRREOS INDUSTRIAIS*. 2014. Estudos Avançados em Reabilitação do Património Edificado 2013/2014, FEUP.