

GUIÃO PARA A EXECUÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

ANA MATILDE PARDINHAS AZEVEDO

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

Orientador: Professor Doutor Vítor Carlos Trindade Abrantes Almeida

JUNHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo 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 electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Ao meu Pai

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram para a realização desta dissertação, nomeadamente:

Ao Professor Doutor Vítor Abrantes, orientador do projecto, pela motivação, confiança e partilha de conhecimento ao longo do trabalho.

À minha Mãe e ao meu Irmão pelo acompanhamento durante o projecto.

Ao Bernardo pela paciência, disponibilidade, incentivo, colaboração e acima de tudo companhia ao longo destes meses de trabalho.

A todos os meus amigos, porque sem eles nada era possível, em especial à Ana Araújo pela amizade, acompanhamento, disponibilidade e conhecimento.

RESUMO

Os revestimentos de piso são um elemento fundamental num edifício, sofrendo enormes solicitações de diferentes origens ao longo da vida. De facto, cabe ao revestimento ser capaz de responder eficientemente a estas. Para isso, é essencial que, aquando de uma escolha de revestimento, se realize uma selecção exigencial tendo em conta o campo de aplicação e utilização prevista.

As crescentes exigências funcionais sobre os revestimentos deram origem à utilização de novos produtos na construção, como é o caso dos revestimentos à base de resinas sintéticas. Estes revestimentos apresentam uma alta resistência química e mecânica, bem como uma elevada durabilidade esperada. No entanto, estes materiais acabam por ocasionalmente apresentar diversas anomalias, decorrentes de erros variados.

A descrição das anomalias e causas prováveis a elas associadas, bem como dos métodos de diagnóstico mais apropriados e as técnicas de reparação, pode ser considerada uma ferramenta de consulta de extrema relevância na realização de um projecto de reabilitação. Neste trabalho, procedeu-se à elaboração de um guião detalhado que sirva como tal apoio.

Adicionalmente, realizou-se o estudo de dois casos práticos de dois revestimentos à base de resinas sintéticas, com presença de diversas anomalias. Após visita ao local, levantamento fotográfico e realização de alguns ensaios, foi possível compreender a origem de tais anomalias, podendo assim realizar-se uma proposta de reparação cuidada.

Concluiu-se que a falta de conhecimento técnico sobre os revestimentos à base de resinas sintéticas está na origem de diversas anomalias que poderiam ser evitadas se existisse uma maior divulgação das características, aplicabilidades e limitações dos materiais. Destarte, considera-se que o trabalho aqui apresentado poderá realmente trazer vantagens na execução de projectos de reabilitação que envolvam revestimentos à base de resinas sintéticas.

PALAVRAS-CHAVE: REVESTIMENTOS DE PISO, RESINAS SINTÉTICAS, ANOMALIAS, REABILITAÇÃO

ABSTRACT

Floorings are fundamental components of a building. Throughout their lifetime, they are subject to strong demands, from the most varied sources. In fact, a flooring must be able to withstand such demands in an efficient manner. For that to happen, it is crucial that the selection of a flooring be not only demand-oriented but also based on the type of building under consideration as well as the predicted usage patterns.

The growing functional demands upon floorings have led to the usage of new products in building construction, such as synthetic resin floorings. These are characterized by a high chemical and mechanical resistance, as well as a large expected durability. However, these materials sometimes end up exhibiting miscellaneous anomalies, caused by varied errors.

The description of anomalies and their most likely causes, as well as the most suitable diagnostic methods and repairing techniques, can be considered a highly relevant tool for reference and aid in the development of a rehabilitation project. In this work, a detailed guide that can be of such use was put together.

In addition, two real life examples of synthetic resin flooring, showing many anomalies, were analyzed. After a tour of the site, photographic recording and the undertaking of some experiments, it was possible to understand the source of the anomalies. Consequently, it was then viable to devise a careful reparation proposal.

Finally, some conclusions were drawn. Most importantly, the lack of technical knowledge about synthetic resin flooring is a cause of several anomalies, which could be avoided if there existed a larger awareness of the materials' features, applicability and limitations. Therefore, it is considered that this document can definitely bring advantages to the development of a rehabilitation project which includes synthetic resin floorings.

KEYWORDS: FLOORINGS, SYNTHETIC RESINS, ANOMALIES, REHABILITATION

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO.....	1
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO	2
2. PAVIMENTOS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	3
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
2.2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DE PAVIMENTOS HABITACIONAIS, COMERCIAIS E INDUSTRIAIS	4
2.3. CLASSIFICAÇÃO UPEC	7
2.4. PAVIMENTOS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	10
2.4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
2.4.2 TIPIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES	11
2.4.3 ACABAMENTOS ESPECIAIS	13
2.4.4 RESINAS EPÓXIDAS	14
2.4.5 RESINAS DE POLIURETANO	16
2.4.6 RESINAS DE METACRILATO	18
2.5. SELECÇÃO E APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	19
2.5.1 SELECÇÃO REVESTIMENTO	19
2.5.2. PREPARAÇÃO DO SUPORTE	20
2.5.2.1. Polimento	20
2.5.2.2. Fresagem	21
2.5.2.3. Granalhagem	22
2.5.2.4. Preenchimento de fendas	22
2.5.2.5. Outros processos	23
2.5.2.6. Avaliação da regularidade do suporte	23
2.5.3. TRATAMENTO DE PONTOS SINGULARES	24

2.5.3.1. Juntas	24
2.5.3.2. Remates	24
2.5.3.3. Canais de escoamento	25
2.5.4. APLICAÇÃO	26
2.5.4.1. Mistura	26
2.5.4.2. Execução	27
2.5.4.3. Reforço de pontos singulares	29
2.5.4.4. Processo de endurecimento/ cura	30

3. PATOLOGIA DOS REVESTIMENTOS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	31
3.2. ENUMERAÇÃO/CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS	32
3.2.1. DESCOLAMENTO	32
3.2.2. EMPOLAMENTO	33
3.2.3. FISSURAÇÃO	34
3.2.4. MANCHAS	35
3.2.5. DESGASTE	35
3.2.6. FALTA DE PLANIMETRIA	36
3.2.7. BOLHAS OSMÓTICAS	36
3.2.8. BOLHAS DE DIFUSÃO DE AR	37
3.2.9. PERDA DE TONALIDADE	38
3.3. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO	39
3.3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	39
3.3.2. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS	40
3.3.2.1. Avaliação da planimetria/horizontalidade	40
3.3.2.2. Medição da humidade (superficial e/ou ambiente)	41
3.3.2.3. Medição de temperaturas (superficial e/ou ambiente)	41
3.3.2.4. Medição de fissuras	42
3.3.2.5. Avaliação da aderência ao suporte	43
3.3.2.6. Filme de polietileno)	43
3.3.3. ENSAIOS DESTRUTIVOS	44
3.3.3.1. Caroteadora	44

3.3.3.2. Ensaio de tracção (pull-off)	45
3.3.3.3. Teste de aderência por quadrícula	46
3.3.3.4. Medição da humidade em profundidade	46
3.3.3.4. Medição da espessura do revestimento	47
3.4. CAUSAS	48
3.4.1. GENERALIDADES	48
3.4.2. ERROS DE PROJECTO	49
3.4.3. ERROS DE EXECUÇÃO	52
3.4.4. ACÇÕES DE ORIGEM MECÂNICA EXTERIOR	54
3.4.5. ACÇÕES AMBIENTAIS	55
3.4.6. ERROS DE UTILIZAÇÃO	55
3.5. CORRELAÇÃO ANOMALIAS CAUSAS	56
3.5.1. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ANOMALIAS-TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO	56
3.5.2. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ANOMALIAS-CAUSAS	58
3.6. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO	60
3.6.1. INTRODUÇÃO	60
3.6.2. APLICAÇÃO DE NOVO REVESTIMENTO	62
3.6.3. APLICAÇÃO DE BARREIRA PÁRA-VAPOR	63
3.6.4. COLOCAÇÃO DE ELEMENTOS DE PROTECÇÃO	63
3.6.5. COLOCAÇÃO DE ARMADURA/TRATAMENTO DE FISSURAS	64
3.6.6. APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO FINO	65
3.6.7. NIVELAMENTO DO PAVIMENTO	65
3.6.8. APLICAÇÃO DE OUTRO TIPO DE REVESTIMENTO	66
 4. ESTUDO DE CASOS	 67
4.1. ANOMALIAS EM PAVIMENTO EXTERIOR DE UM EDIFÍCIO DE COMÉRCIO E SERVIÇOS	67
4.1.1. INTRODUÇÃO	67
4.1.2. ANOMALIAS NO PAVIMENTO	67
4.1.2.1. Descrição das anomalias	67
4.1.2.2. Diagnóstico	69
4.1.2.3. Procedimentos de análise	69
4.1.2.4. Caracterização do pavimento estudado	70
4.1.2.5. Sondagens e medições efectuadas	71

4.1.2.6. Resultados obtidos	73
4.1.2.7. Causas prováveis do problema observado	76
4.1.3. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO	77
4.1.3.1. Considerações gerais	77
4.1.3.2. Trabalho a executar	78
4.2. ANOMALIAS NO PAVIMENTO DAS ZONAS DE PRODUÇÃO	79
4.2.1. INTRODUÇÃO	79
4.2.2. ANOMALIAS NO PAVIMENTO	79
4.2.2.1. Descrição das anomalias	79
4.2.2.2. Diagnóstico	80
4.2.2.3. Procedimentos de análise	80
4.2.2.4. Caracterização do pavimento estudado	81
4.2.2.5. Sondagens e medições efectuadas	83
4.2.2.6. Resultados obtidos	83
4.2.2.7. Causas prováveis do problema observado	85
4.2.3. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO	85
4.2.3.1. Considerações gerais	85
4.2.3.2. Trabalho a executar	86
 5. Conclusões	 89
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	90
 BIBLIOGRAFIA	 93

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1- Diversidade de soluções em revestimentos á base de resinas sintéticas (FeRFA, 1999, Maxit).	10
Fig. 2 – Principais tipologias de revestimentos de resinas sintéticas: (a) pintura; (b) sistema multicamada; (c) revestimento; (d) argamassas (Sika).....	13
Fig. 3 – Exemplo de aplicações de revestimentos com acabamento do tipo <i>Terrazzo</i> (FeRFA, 2009b).	14
Fig. 4 – Grupo presente na molécula da resina epóxida (Konrad, R.M., 2003).	14
Fig. 7 – Revestimentos à base de resinas de poliuretano (Maxit).	17
Fig. 8 – Estrutura química das resinas de metacrilato (Rocha, A.C.P.F., 1990).	18
Fig. 9 – Polimento (Moura, M.V., 2003b).	21
Fig. 10 – Fresagem (Moura, M.V., 2003b).	21
Fig. 11- (a) Equipamento para granalhagem; (b) granelha de aço esférico (Moura, M.V., 2003a).	22
Fig. 12 – Preenchimento de fendas (Garcia, J., 2006).	22
Fig. 13 – Exemplos de juntas de dilatação (Sika).	24
Fig. 14 - (a) Ligação entre diferentes revestimentos; (b) meia cana de ligação pavimento/parede (FeRFA, 1999).	25
Fig. 15 – Elemento de drenagem (Garcia, J., 2006).	25
Fig. 17 - (a) Aplicação de primário; (b) aplicação de sistema de pintura (Weber, 2010).	27
Fig. 18 – Rolo de picos (Weber, 2010).	28
Fig. 19 – (a) Aplicação de argamassa; (b) aplicação do selante (Weber, 2010).	29
Fig. 20 – Aplicação de armadura de reforço (Garcia, J., 2006).	29
Fig. 21 – Descolamento de revestimentos à base de resinas sintéticas (Garcia, J., 2006).	33
Fig. 22 – Exemplo de empolamento de um revestimento (Garcia, J., 2006).	34
Fig. 23 – Fissuração em superfície corrente e juntas de dilatação de revestimentos à base de resinas.	34
Fig. 24 – Presença de manchas em revestimento à base de resinas sintéticas (Garcia, J., 2006).	35
Fig. 25 – Sinais de desgaste de um revestimento à base de resinas sintéticas (Garcia, J., 2006).	36
Fig. 26 – Revestimento com falta de planimetria (Garcia, J., 2006).	36
Fig. 27- (a) Revestimento com formação de bolhas osmóticas; (b) Desenvolvimento de núcleo de descolamento (Lopes, E.M., 2004).	37
Fig. 28 – Revestimento com bolhas de difusão de ar (Garcia, J., 2006).	38
Fig. 29 – Revestimento à base de resinas sintéticas com perda de tonalidade (Garcia, J., 2006).	38
Fig. 30 - Material para a avaliação da planimetria (régua de nível) (Garcia, J., 2006).	40
Fig. 31- Medição da humidade superficial (Garcia, J., 2006).	41
Fig. 32 – Medição da temperatura (termo-higrómetro) (Garcia, J., 2006).	42
Fig. 33 – Medição de fissuras com um comparador (Garcia, J., 2006).	42
Fig. 34 – (a) Ensaio de aderência (Weber, 2010); (b) Falta de aderência entre o revestimento e a base.	43
Fig. 35 – Filme de polietileno colado sobre revestimento (Garcia, J., 2006).	44
Fig. 36 – Realização de ensaio com caroteadora.	44
A garantia de boa aderência é em exigida revestimentos de pavimentos (os materiais das varias camadas que constituem o revestimento devem estar bem ligadas, a fim de proporcionarem maior longevidade ao pavimento em boas condições de utilização). Este ensaio permite verificar se as especificações exigidas foram alcançadas. O ensaio de aderência por tracção directa <i>pull-off</i> , consiste na aplicação suave de uma força de tracção, exercida manualmente no volante de tensão de um aparelho concebido para esse fim (Fig. 37).	45
Fig. 37 – (a) (b) Equipamentos para o ensaio <i>pull-off</i> (Garcia, J., 2006).	45
Fig. 38 – Teste de aderência por quadrícula (Weber).	46
Fig. 39 – Equipamento utilizado para registo da temperatura e humidade em profundidade (Garcia, J., 2006).	47
Fig. 40 – Medição da espessura do revestimento aplicado.	47
Fig. 41 – Falta de aderência entre a base e o revestimento (Garcia, J., 2006).	50
Fig. 42 – Processo de osmose (Freitas, V.).	51
Fig. 43 – Exemplo de descolamento do revestimento junto a elementos de drenagem.	51
Fig. 44 – Exemplo de elemento emergente.	52

Fig. 45 – (a) Má regularização da superfície; (b) Descolamento por falta de primário de aderência (Garcia, J., 2006).	53
Fig. 46 – Influência da espessura na resistência mecânica do revestimento (Garcia, J., 2006).	54
Fig. 47 – Reparação localizada de revestimento.	61
Fig. 48 – (a) Tratamento mecânico; (b) aplicação de revestimento (Garcia, J., 2006).	62
Fig. 50 – Aplicação de elementos de protecção	64
Fig. 51 – (a) Aplicação de revestimento sob armadura; (b) tratamento de fissura;	65
Fig. 52 – Aplicação de revestimento fino.	65
Fig. 53 – (a) aplicação de revestimento autonivelante; (b) execução de pendentes	66
Fig. 54 – Revestimento cerâmico em pavimento industrial	66
Fig. 55 – Anomalias verificadas no revestimento à base de resinas de metacrilatos.	68
Fig. 56 – Anomalias observadas no revestimento à base de resinas de poliuretano.	69
Fig. 57 – Pormenor da constituição do pavimento da praça (ligação às montras).	70
Fig. 58 – (a) Área de intervenção; (b) tratamento das soleiras existentes.	71
Fig. 59 – Planta de localização dos testes de filme de polietileno e medição da temperatura.	72
Fig. 60 – Teste do filme de polietileno.	72
Fig. 61 – Mapeamento das anomalias 2007.	73
Fig. 62 – Mapeamento das anomalias 2010.	74
Fig. 63 – Medição da espessura de amostras do revestimento à base de resinas de metacrilato.	74
Fig. 64 – Filme de polietileno com presença de condensação.	75
Fig. 65 – (a) e (b) branqueamento e descolamento do revestimento de pavimento em resinas de metacrilatos; (c) e (d) fissuração e alteração de cor do revestimento de pavimento em resinas de metacrilatos; (e) e (f) descolamento do revestimento e anomalia na drenagem de líquidos derramados	80
Fig. 66 – Pormenor de constituição do pavimento das zonas de produção	81
Fig. 67 – Pormenor de pavimento em zona de caleira.	82
Fig. 68 – Pormenor de junta de retracção e descrição do seu modo de execução.	82
Fig. 69 – Medição de espessura de amostras de revestimento de pavimento à base de resinas de metacrilato	84
Fig. 70 – Amostras de revestimento de pavimento à base de resinas de metacrilato em que é visível a fissuração, desagregação e branqueamento/alteração de cor	84
Fig. 71 – Princípio de preenchimento de juntas.	87

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Exigências funcionais dos pavimentos (Nascimento, J.M., 1985)	5
Quadro 2 – Letras usadas na classificação UPEC.	8
Quadro 3 - Classificação de sistemas para revestimentos à base de resinas sintéticas (FeRFA, 1999):	12
Quadro 4 – Classificação da regularidade da superfície (FeRFA, 1999).	23
Quadro 5 – Classificação das anomalias.	32
Quadro 7 – Classificação das causas (Garcia, J., 2006).	49
Quadro 8 – Matriz de correlação anomalias/técnicas de diagnóstico (Garcia, J., 2006).	57
Quadro 9 – Exemplo de aplicação da matriz anomalias/técnicas de diagnóstico.	57
Quadro 10 – Matriz de correlação causas/anomalias (Garcia, J., 2006).	59
Quadro 11 – Exemplo de aplicação da matriz anomalias/causas.	60
Quadro 12 – Técnicas de reparação.	62
Quadro 13 – Valores de temperatura superficial obtidos.	75

1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A evolução tecnológica dos materiais de construção tem-se processado a um ritmo muito elevado, impossibilitando por vezes o acompanhamento deste progresso pelo estudo exaustivo dos materiais antes da sua comercialização e aplicação.

O desconhecimento das características, potencialidades e limitações de novos materiais dá origem a aplicações indevidas, quer pela não adequação do material ao uso como pela má execução da aplicação, condicionando assim o seu desempenho e permitindo a ocorrência de fenómenos patológicos nos primeiros anos de vida. Torna-se fundamental uma constante actualização do conhecimento por parte de todos os intervenientes em obra, desde projectistas, empresas de construção, empreiteiros ou aplicadores dos materiais.

Em particular, os revestimentos à base de resinas sintéticas, apesar de aplicados desde meados do século XX, carecem de legislação e de investigadores interessados em estudar as suas características, aplicabilidades, limitações e anomalias frequentes. Para além dos erros derivados da falta de conhecimento técnico sobre estes materiais, eles revelam alta sensibilidade ao factor humano, mais concretamente à qualidade da mão-de-obra e às técnicas de aplicação. Torna-se então urgente criar e divulgar ferramentas que possam ser úteis a uma adequada especificação, execução e reabilitação de revestimentos à base de resinas sintéticas.

Os objectos de estudo desta dissertação correspondem a dois revestimentos à base de resinas sintéticas: o primeiro aplicado numa praça exterior de um edifício de serviços e o segundo num complexo industrial. Ambos apresentam uma grande diversidade de anomalias, apesar da sua recente aplicação.

1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO

A presente dissertação tenciona constituir uma ferramenta de apoio à selecção, execução e reabilitação de revestimentos de piso à base de resinas sintéticas.

Pretende-se com este trabalho dar a conhecer as características fundamentais das resinas sintéticas usadas em revestimento de piso. Estas resinas podem ser à base de, entre outras, poliuretano, metacrilatos ou epóxicas. Tenta-se reunir e sintetizar as tipologias, campos de aplicação e técnicas de execução dos revestimentos à base de resinas sintéticas.

Não se pretende com este documento a criação de um regulamento de reabilitação de revestimentos à base de resinas sintéticas, mas sim fornecer informação sobre as anomalias comuns e as causas associadas, para assim ser possível proceder a um correcto diagnóstico e proporcionar uma melhoria na qualidade das intervenções de manutenção e reabilitação. Considera-se que esta compilação pode ser de extrema importância, uma vez que existem ainda pouco artigos sobre estas matérias, sobretudo no mercado nacional.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

O trabalho é composto por três partes principais – do Capítulo 2 ao Capítulo 4.

No Capítulo 2, são inicialmente descritas as exigências funcionais dos revestimentos de piso. É feita uma breve caracterização das diferentes resinas estudadas e descrevem-se alguns procedimentos a ter para uma correcta selecção e execução do revestimento.

No Capítulo 3, é proposta uma classificação para as anomalias mais frequentes em revestimentos à base de resinas sintéticas. São depois apresentadas as técnicas adequadas a um correcto diagnóstico, incluindo a descrição de ensaios possíveis de realizar “*in situ*”. É apresentada uma classificação para as causas prováveis, directas e indirectas, de ocorrência das anomalias. Através destas classificações são apresentadas matrizes de correlação “anomalia/técnica de diagnóstico” e “anomalia/causa”. Pela análise da primeira matriz, é possível identificar as técnicas mais adequadas para a avaliação de uma dada anomalia; através da segunda matriz é possível identificar a causa provável de ocorrência de uma anomalia, podendo assim proceder a uma correcta reabilitação do revestimento, eliminando a causa de raiz. Por último são apresentadas as principais técnicas de reparação aplicáveis a revestimentos à base de resinas sintéticas.

O Capítulo 4 é composto pelo estudo de dois revestimentos à base de resinas de metacrilato e poliuretano, que devido a erros diversos falharam nas funções para as quais foram concebidos, apresentando diversas anomalias.

2

PAVIMENTOS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Pretende-se com este trabalho abranger as soluções mais utilizadas de revestimento de piso à base de resinas sintéticas, actualmente em forte expansão no nosso país. Estes revestimentos, para os quais não existe suficiente documentação técnica nem, em certos casos, experiência de utilização, cobrem um leque diversificado de aplicações, sendo utilizados quer em edifícios de habitação, quer em imóveis de utilização colectiva destinados às mais diversas utilizações como edifícios escolares, administrativos e hospitalares ou ainda em instalações industriais.

Tal como em outros sistemas construtivos, a escolha e especificação das soluções deve assumir particular importância, para que as exigências funcionais do pavimento sejam perfeitamente correspondidas pelo revestimento seleccionado. Esta especificação deve incluir o tipo de revestimento, desempenho expectável, graus de resistência química ou mecânica, espessuras, entre outros. Além disso, devem ser especificamente identificados e descritos alguns pormenores construtivos particulares, como sejam ligações entre materiais de diferente natureza, juntas estruturais ou pontos de evacuação de águas.

No presente capítulo, são inicialmente descritas as exigências funcionais e estéticas a satisfazer pelos revestimentos de piso na generalidade dos locais, isto é, as funções que estes deverão ser capazes de assegurar durante a sua utilização.

Em seguida, introduz-se o conceito de classificação UPEC, que visa assegurar a aplicação dos revestimentos em condições correctas e nos locais apropriados. Trata-se de uma ferramenta de extrema utilidade na selecção de um revestimento de pavimento, garantindo a sua adequação ao uso.

São também descritas neste capítulo as características dos revestimentos de resinas sintéticas, fazendo-se a distinção das três principais resinas utilizadas em pavimentos (epóxidas, poliuretano, metacrilatos), através da sua caracterização em termos de matéria-prima base e da definição das diferentes aplicabilidades e resistências aos diversos agentes agressivos.

Por fim, recomendam-se procedimentos para uma correcta selecção do revestimento, de forma a assegurar a sua adequação às solicitações a que estará sujeito, e descrevem-se os métodos de aplicação do revestimento e preparação do suporte. Esta informação está organizada como um guião para garantir um bom resultado final e reduzir a ocorrência de erros nestas fases.

2.2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DE PAVIMENTOS HABITACIONAIS, COMERCIAIS E INDUSTRIAIS

O estabelecimento de exigências funcionais para os edifícios e seus órgãos, em particular dos revestimentos, advém da necessidade de estes responderem à satisfação de um vasto conjunto de necessidades humanas.

Face ao cenário actual de enorme diversidade de materiais e sistemas construtivos existentes no mercado, impõe-se a adopção de um sistema de selecção exigencial. Numa primeira fase, é necessária a definição das exigências a satisfazer pelo elemento, seguida da verificação do desempenho da solução proposta através de ensaios, medições e/ou simulações, para comparação com as exigências e, por último, a compatibilização das múltiplas exigências, em função das tecnologias disponíveis, acompanhada da elaboração de pormenores construtivos a uma escala conveniente.

Para sistematização e simplificação, podem agrupar-se as exigências dos revestimentos de piso, conforme os tipos e fins que visam, do seguinte modo (Nascimento, J.M., 1985):

- Exigências de segurança, pelas quais se visa garantir a integridade física dos ocupantes da habitação;
- Exigências de habitabilidade, destinadas a assegurar, por um lado, as condições indispensáveis à vida fisiológica dos ocupantes e, por outro, as necessárias condições de conforto dos utentes;
- Exigências de durabilidade, pelas quais se visa garantir a manutenção das qualidades do revestimento, ao longo do tempo e com um mínimo de custos (quer iniciais, quer de manutenção, reparação e limpeza).

Das exigências descritas é importante salientar que, as relativas à segurança e habitabilidade deverão ser cumpridas, sendo grande parte delas consideradas exigências imperativas. Já as relativas a conforto e durabilidade podem ser definidas segundo diferentes níveis, variando com o tipo de obra, permitindo assim uma selecção em função dos custos.

No Quadro 1 estão apresentadas as exigências a satisfazer pelos pavimentos dos edifícios, considerando estes na sua globalidade, isto é, incluindo o pavimento resistente e os respectivos revestimentos de piso e de coberturas (Nascimento, J.M., 1985).

Quadro 1 – Exigências funcionais dos pavimentos (Nascimento, J.M., 1985)

Exigências de Segurança	Riscos Correntes	Resistência mecânica às cargas permanentes e sobrecargas de utilização			
		Resistência mecânica aos agentes atmosféricos e seus efeitos	Acção das variações higrotérmicas		
			Acção da chuva, neve e gelo		
		Resistência a choques excepcionais			
		Resistência às intrusões (humanas e de animais)			
		Segurança na circulação	Limitação de riscos de escorregamento		
			Ausência de obstáculos ao nível do piso		
	Riscos não-correntes	Resistência aos sismos			
		Resistência às explosões			
		Resistência contra riscos de incêndio	Reacção ao fogo	Combustibilidade	
				Inflamabilidade	
				Velocidade de propagação superficial da chama	
				Potencial calorífico dos materiais	
				Opacidade e toxicidade de gases e fumos	
		Resistência ao fogo	Estabilidade ao fogo		
Pára-chamas					
Corta-fogo					
Resistência a riscos de electrocussão					
Exigências De Habitabilidade	Estanquidade				
	Salubridade	Higiene normal			
		Higiene especial			
		Pureza do ar ambiente			
	Conforto higrotérmico	Conforto de inverno	Coeficiente U das coberturas		
			Coeficiente U dos pavimentos inferiores sobrelevados		
			Resistência térmica dos pavimentos sobre terreno		
			Limitação de riscos de condensação	Superficiais	
		Internas			
		Conforto de verão	Massa dos pavimentos		
Regras de qualidade das coberturas			Isolamento térmico		
	Protecção solar				

Quadro 1 – (continuação)

Exigências De Habitabilidade	Conforto acústico	Isolamento sonoro à transmissão de ruídos aéreos	
		Isolamento sonoro à transmissão de ruídos de percussão	
		Absorção sonora dos revestimentos	
	Conforto na circulação	Planeza e horizontalidade do piso	
		Resiliência do piso	
	Conforto visual	Rectiliniaridade das arestas	
		Ausência de defeitos superficiais	
		Planeza de horizontalidade do piso	
		Uniformidade da cor	
		Uniformidade do brilho	
Conforto tátil	Textura do piso		
	Sensação de calor ou de frescura		
	Ausência de constrangimento fisiológico ou de desconforto devido à electricidade estática		
Exigências de Durabilidade	Durabilidade Intrínseca		
	Durabilidade em função do uso	Resistência ao desgaste	
		Resistência ao punçoamento	
		Resistência ao choque	
		Resistência ao arrancamento	
		Resistência ao cigarro aceso	
		Comportamento sobre acção da água e do vapor de água	Água no piso
			Água ascendente
		Comportamento sob acção dos agentes químicos	Produtos domésticos
			Produtos químicos
	Limpeza, conservação e reparação	Facilidade de limpeza dos revestimentos	
		Facilidade de conservação dos revestimentos	
		Facilidade de reparação dos revestimentos	

Pela análise do Quadro 1, podemos concluir que a escolha de um revestimento de piso depende de diversos factores, pois este tem de ser capaz de satisfazer exigências muito diversificadas. O tipo de ocupação previsto para o local é uma das principais condicionantes. Por exemplo, se para um revestimento destinado a habitação pretende-se, sobretudo, que o seu aspecto seja agradável, cómodo

ao andar e fácil de limpar, já num escritório pretende-se que o revestimento seja de fácil manutenção, permita uma boa absorção do ruído, apresente um aspecto neutro e resista ao desgaste.

Da análise do quadro pode-se ainda verificar que, de um modo geral, a contribuição das camadas de revestimento de piso, é fundamental para o cumprimento da maioria das exigências funcionais descritas (Nascimento, J.M., 1985).

2.3. CLASSIFICAÇÃO UPEC

O emprego na construção de revestimentos de piso não-tradicionais levanta questões quanto à sua adequabilidade ao uso. Assim, tendo em conta a necessidade de garantir que estes revestimentos são aplicados em condições correctas e nos locais apropriados, definiu-se uma classificação - classificação UPEC. Através desta, a definição do campo de aplicação de novos revestimentos de piso faz-se atribuindo ao revestimento uma classificação que depende das suas características de durabilidade em função do uso.

Esta classificação foi desenvolvida pelo CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, de Paris*), em 1986, como forma de resposta ao referido, e caracteriza-se por de um modo prático, permitir obter informação sobre as principais características que têm influência na durabilidade do revestimento e aferir a aptidão deste ao local.

Esta classificação aplica-se a locais e a pavimentos da seguinte forma:

- Classificação dos locais em função da diferente severidade com que os agentes de deterioração mecânicos, físicos e químicos, actuam sobre o piso (com base nas condições de utilização previstas);
- Classificação dos revestimentos de piso em função da resistência que estes apresentam aos mesmos agentes de deterioração mecânicos, físicos e químicos.

A definição do campo de aplicação de um dado revestimento de piso é feita atribuindo ao revestimento uma classificação que é descritiva das suas características de durabilidade em função do uso. Analogamente, os locais são classificados pela severidade das condições de uso aí previstas. A selecção dum revestimento de piso para determinada utilização far-se-á comparando a sua classificação UPEC com a dos locais a que ele se destina. Quando a classificação UPEC do revestimento for igual à do local onde se prevê a sua aplicação assegura-se uma durabilidade de cerca de 10 anos, desde que se garantam condições de limpeza e utilização normais.

A classificação UPEC consiste na utilização de um conjunto de letras, munidas de índices, que permitem indicar, de um modo esquemático mas preciso, as exigências a satisfazer pelo revestimento em serviço (quadro 2.2).

Quadro 2 – Letras usadas na classificação UPEC.

Símbolo	Significado	Índices Possíveis
U	Uso (circulação dos utentes).	1,2,2s,3,3s,4
P	Punçoamento.	1,2,3,4
E	Acção da água ou humidade.	0,1,2,3
C	Actuação dos agentes químicos.	0,1,2,3

Apresenta-se em seguida, com maior detalhe, o significado de cada letra desta classificação:

- CLASSE U - Resistência ao desgaste (uso): esta classe pretende ter em consideração os efeitos provenientes da circulação de pessoas, excepto os que derivam da acção de tacões pontiagudos ou de protectores metálicos das solas. Os índices a atribuir a este parâmetro têm em conta, por um lado, o tipo de ocupação do local e, por outro, a intensidade de circulação:
 - U_1 – ocupação individual, com intensidade de circulação moderada. A esta classe correspondem divisórias de utilização periódica (por exemplo, quarto de hóspedes);
 - U_2 – ocupação individual, com intensidade de circulação normal;
 - U_{2s} – ocupação individual, com intensidade de circulação intensa ou ocupação colectiva com intensidade de circulação moderada;
 - U_3 – ocupação colectiva com intensidade de circulação normal;
 - U_{3s} – ocupação colectiva com intensidade de circulação intensa. Esta classe, embora se refira a uma intensidade de circulação equivalente à U_4 , é aplicável exclusivamente a locais onde se preveja a aplicação de revestimentos cuja limpeza se efectue por via seca;
 - U_4 – ocupação colectiva com intensidade de circulação intensa.
- CLASSE P - Resistência ao punçoamento: este símbolo tem em conta as acções mecânicas relacionadas com o punçoamento, designadamente a acção dos pés e das rodas do mobiliário, a acção dos tacões pontiagudos e dos protectores metálicos das solas, bem como a queda de objectos. Podem definir-se as seguintes classes de punçoamento:
 - P_1 – Locais onde não é previsível a instalação de mobiliário nem a circulação de pessoas;
 - P_2 – Locais onde seja previsível a instalação de mobiliário fixo normal e onde exista a possibilidade de ocorrer punçoamento devido à circulação de pessoas;
 - P_3 – Locais onde, para além das acções previstas na classe anterior, é previsível que se registem acções equiparadas às que se verificam em escritórios equipados com cadeiras de rodas, ou em corredores de hospitais ou em locais onde se desloquem porta paletes normais;
 - P_4 – Locais onde não existam restrições à acção de qualquer tipo de cargas fixas ou móveis. Exceptuam-se os locais com uso industrial.

- CLASSE E – Resistência à acção da água: a classe correspondente a esta letra representa o grau de frequência da presença da água ou de humidade no local. Tem também em conta eventuais humidades resultantes das operações de limpeza com água e a sua frequência. Consideram-se limpezas correntes diárias e limpezas gerais mensais. A atribuição das classes faz-se da seguinte forma:
 - E₀ – Presença de água accidental e limpezas, geral e diária por via seca;
 - E₁ – Presença de água accidental, limpeza diária por via seca e limpeza geral por via húmida, sem recurso a água abundante;
 - E₂ – Presença de água frequente, limpeza diária por via húmida e limpeza geral por lavagem com água pouco abundante;
 - E₃ – Presença de água prolongada e limpezas, diária e geral, por lavagem com água abundante.

- CLASSE C – Resistência à acção de produtos químicos e domésticos: a classe que corresponde a esta letra cobre os efeitos dos produtos que têm uma acção química e física sobre os materiais que constituem os revestimentos de piso, acção essa que pode influir na respectiva durabilidade. Os índices atribuídos á letra C variam de 0 a 3, de acordo com as condições de utilização previsíveis para os locais:
 - C₀ – Locais onde os produtos domésticos não são manipulados se não a título excepcional;
 - C₁ – Locais onde os produtos domésticos são manipulados ocasionalmente e onde a sua projecção sobre o piso é accidental;
 - C₂ – Locais onde os produtos referidos são correntemente utilizados e onde a sua projecção sobre o piso pode ser considerada com um risco corrente. As nódoas originadas devem poder ser eliminadas por lavagem com água, o que obriga à aplicação de revestimentos classificados de, pelo menos, E2;
 - C₃ – Locais onde se manipulem correntemente os produtos especiais, que deverão ser especificados caso a caso.

Para além da classificação UPEC, é importante referir a classificação Gws. Uma classificação com uma filosofia semelhante à classificação UPEC, criada posteriormente, pela União Europeia para a Apreciação Técnica na Construção (UEAtc), no âmbito dos revestimentos plásticos de piso. Esta última classificação não será desenvolvida em detalhe devido a não ter em conta o comportamento dos revestimentos à acção de produtos químicos.

2.4. REVESTIMENTOS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

2.4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os materiais plásticos, nos quais se integram as resinas sintéticas, apresentam diversas vantagens em relação a outros materiais utilizados para revestimento de piso: a facilidade de aplicação, a reduzida necessidade de manutenção, a resistência ao desgaste e à derrapagem, sendo ainda relativamente baratos e duráveis. Este tipo de revestimento tem ainda a vantagem de permitir uma aplicação com reduzido número de juntas, factor necessário em locais onde a existência de juntas não é aconselhável por razões de higiene e segurança (Esgalhado, H.eRocha, A., 2002).

As resinas sintéticas possuem propriedades muito similares às das resinas naturais (líquido viscoso com capacidade de endurecer). Estas são compostas pela matéria-prima chamada resina, uma secreção natural de algumas plantas, mas que através do processo de polimerização (plastificação) obtêm excelentes propriedades para o universo da construção. As resinas sintéticas podem ser divididas em classes conforme o seu composto molecular: existem resinas de linóleo, epóxicas, vinílicas, acrílicas, de poliuretano e de metil-metacrilato. No presente trabalho irão ser abordadas apenas as resinas epóxicas, de poliuretano e de metacrilato

Os revestimentos à base de resinas sintéticas são compostos geralmente por três componentes, sendo os dois primeiros fornecidos em estado líquido e os restantes em estado sólido. O primeiro é o ligante, ou seja, a resina base propriamente dita, fornecido dissolvido num veículo volátil, uma vez que à temperatura ambiente se apresenta geralmente no estado sólido. O segundo é o endurecedor reactivo, enquanto o terceiro engloba as cargas que possam estar associadas ao sistema de pavimentação seleccionado. Estes revestimentos podem ser de muitos tipos, dependendo da espessura do sistema, das características da resina base ou das cargas aplicadas.

Para todos os revestimentos à base de resinas sintéticas, a reacção de endurecimento, através da qual os componentes inicialmente líquidos são convertidos em polímeros de elevada resistência, inicia-se apenas quando a resina sintética e o endurecedor ou agente de cura são misturados. Para obter um resultado óptimo, os dois componentes devem ser misturados em proporções exactas, previamente testadas, devendo também a sua mistura ser muito bem executada. Se a uma resina sintética com um determinado grau de polimerização, e portanto com um determinado número de ligações covalentes para se estabelecerem com o endurecedor, não se juntar uma quantidade adequada daquele ou que este não esteja na presença de resina por deficiência da mistura, obviamente que a cadeia tridimensional formada não ficará completa, originando consequentes perdas de características do produto final, perdendo homogeneidade e a uniformidade das suas propriedades (FeRFA, 1999).



Fig. 1- Diversidade de soluções em revestimentos á base de resinas sintéticas (FeRFA, 1999, Maxit).

Diferentes tipos de produtos químicos são usados para fabrico destes revestimentos, mantendo em comum a polimerização ou “reação de cura” ocorrer “*in situ*” para assim produzir o acabamento final característico dos revestimentos à base de resinas sintéticas (Fig. 1). Estes revestimentos estão disponíveis numa ampla gama de espessuras, desde a selagem (de espessura fina), aos revestimentos de alta resistência e antiderrapantes (com espessura superior a 6mm). Para além da variedade de sistemas de aplicação, são também usadas diferentes resinas sintéticas como base para os revestimentos, como é o caso das resinas de poliuretano e de metacrilato, continuando, no entanto, as resinas epóxicas a ser as mais aplicadas. Estas diferentes resinas dão assim origem a revestimentos com diferentes propriedades e características, mantendo no entanto entre elas em comum o facto de o piso resultante proporcionar uma superfície perfeita, com muito melhor desempenho em comparação, por exemplo, com a base de betão sobre a qual é aplicado.

As principais vantagens dos revestimentos à base de resinas sintéticas, em relação a outros tipos de revestimentos, são (FeRFA, 1999):

- Elevada aderência ao suporte;
- Resistência num amplo espectro de agentes químicos agressivos;
- Impermeabilidade a líquidos;
- Aumento da resistência superficial e consequente durabilidade do pavimento;
- Superfícies higiénicas e com manutenção fácil;
- Resistência à fissuração melhorada;
- Espessuras reduzidas;
- Aplicações rápidas e tempos de cura reduzidos, minimizando os efeitos de funcionamento do espaço;
- Atração estética.

Em suma, os revestimentos de resinas sintéticas são geralmente seleccionados devido a exigências de desempenho específicas que outros revestimentos não são capazes de atingir.

2.4.2. TIPIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES

A tipificação de soluções para revestimentos de resinas sintéticas é diversificada e variável de país para país, consoante a legislação e as normas em vigor. Além disso, entre os fabricantes deste tipo de materiais, existem sistemas de classificação mais ou menos detalhados, com maior ou menor especificidade (Garcia, J., 2006).

Uma das classificações existentes é a que vem descrita na Norma Inglesa BS 82046, apresentada no Quadro 3, onde são tipificados oito sistemas para revestimentos à base de resinas sintéticas. Estes sistemas diferenciam-se pela composição do produto, campos de aplicação, espessuras recomendadas e, consequentemente, resistências químicas e mecânicas variáveis. Geralmente, os tipos 1 a 3 são recomendados para locais com tráfego pedonal ou indústrias consideradas leves. Em áreas frequentemente submetidas ao tráfego de equipamentos pesados, utilizam-se normalmente pavimentos dos tipos 4, 5 ou 6. Em locais que apresentam elevados requisitos químicos e/ou mecânicos, podem utilizar-se pavimentos dos tipos 7 e 8 (FeRFA, 1999).

Quadro 3 - Classificação de sistemas para revestimentos à base de resinas sintéticas (FeRFA, 1999):

Tipo	Nome	Descrição	Campos de Aplicação	Espessura
1	Selagem	Aplicado em duas ou mais camadas. Geralmente a base de solventes ou água	LD	Até 150 µm
2	Pintura fina	Aplicado em duas ou mais camadas. Geralmente sem solvente	LD/MD	150-300 µm
3	Pintura espessa	Aplicado em duas ou mais camadas. Geralmente sem solventes	MD	300-1000 µm
4	Multicamada	Sistema multicamada, com mistura de cargas e resinas, também chamado de “sistema sandwich”	MD/HD	>2 mm
5	Revestimentos	Vulgarmente conhecido como pavimento autonivelante ou autoalisante, com acabamento liso	MD/HD	2-3 mm
6	Argamassas	Sistemas compactos, com acabamento talochado, incorporando normalmente em selante de pavimento	MD/HD	>4 mm
7	Altamente resistente, liso	Acabamento liso	HD/VHD	4-6 mm
8	Altamente resistente, antiderrapante	Sistemas altamente resistentes, com cargas incorporadas e resistências muito elevadas	VHD	>6 mm

Legenda: LD (pouco agressivo) - tráfego ligeiro, ocasionalmente sujeito a veículos com rodas de borracha; MD (medianamente agressivo) - tráfego regular, frequentemente com empilhadoras ou porta-paletes; HD (agressivo) - tráfego constante de equipamentos pesados, sujeito a alguns impactos; VHD (muito agressivo) - tráfego e impactos constantes

Nas categorias apresentadas no Quadro 3, os pavimentos encontram-se em ordem crescente de durabilidade. No entanto, a vida de cada pavimento depende das características do produto utilizado, da qualidade do substrato e do grau de severidade das condições de serviço.

Na Fig. 2 apresentam-se quatro exemplo de sistemas de revestimento à base de resinas sintéticas. Na generalidade dos fabricantes consultados, os revestimentos são divididos apenas em quatro grandes grupos, ao contrário do que é sugerido pela FeRFA. Por exemplo, os sistemas de selagem, pintura fina e pintura espessa definidos no Quadro 3 estão todos englobados no sistema (a) - pintura.

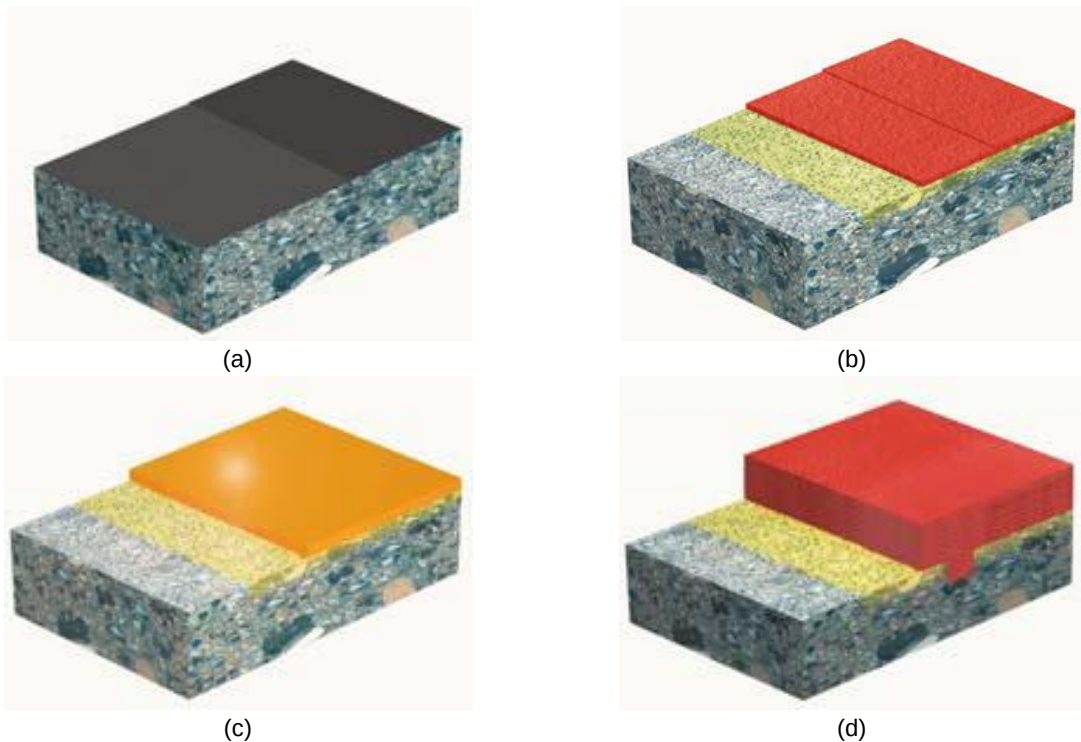


Fig. 2 – Principais tipologias de revestimentos de resinas sintéticas: (a) pintura; (b) sistema multicamada; (c) revestimento; (d) argamassas (Sika).

2.4.3. Acabamentos especiais

Alguns dos sistemas apresentados no Quadro 3 podem ser produzidos com efeitos decorativos especiais, através da introdução de partículas coloridas de vidro ou granito na superfície. Este tipo de acabamento é denominado por *Terrazzo* e fornece um piso durável, sem juntas, decorativo, com facilidade de limpeza e resistência química e mecânica tal como os sistemas convencionais de revestimento à base de resinas sintéticas.

Os sistemas de revestimento com acabamento tipo *Terrazzo* (Fig. 3) são compostos por uma mistura de cargas/agregados, ligados a uma resina sintética pigmentada, que após a aplicação, é lixado e polido, para expôr as cargas e proporcionar um acabamento suave, decorativo e resistente. Estes revestimentos incorporam geralmente pigmentos para fornecer cor ao fundo. São utilizadas cargas tais como pedaços de mármore esmagado, pedra natural ou sintética, plástico ou vidro moído. Os agregados utilizados neste tipo de pavimentos devem ser limpos e ter uma granulometria entre os 3 e 8mm, devendo ser escolhidos tendo em conta não só o efeito visual pretendido, como também o desempenho pretendido para o piso. Como exemplo, agregados de mármore são inadequados para pavimentos onde a resistência ao derrame de ácidos é necessária.

Para a aplicação de um sistema com acabamento do tipo *Terrazzo* existem dois métodos (FeRFA, 2009a):

- Através da aplicação de um sistema convencional do tipo 6, 7 ou 8 (Quadro 3), incorporando agregados de maior dimensão, seguido de polimento, para obtenção de um acabamento liso;
- Pela aplicação de um revestimento mais fluído, do tipo 5 ou 7, seguido pelo espalhamento uniforme de agregado em toda a superfície. Nesta situação, deve-se utilizar um rolo de picos

para garantir que as cargas estão completamente embebidas pelo revestimento. Por último, o revestimento deve ser polido para a obtenção de um acabamento liso.

Estes revestimentos são actualmente utilizados em aeroportos, escolas e centro comerciais. Além de uma aparência estética agradável, estes pavimentos apresentam importantes vantagens para este tipo de utilização, tais como:

- Elevada resistência à abrasão e ao riscamento;
- Cores e efeitos estéticos e arquitectónicos ilimitados;
- Elevada durabilidade e baixo custo de manutenção;
- Ausência de juntas, menor sobrecarga e variedade de cores em relação a placas de pedras decorativas como mármore e granito ou cerâmicos;
- Fácil e rápida aplicação, facilidade de limpeza e elevada resistência química.



Fig. 3 – Exemplo de aplicações de revestimentos com acabamento do tipo *Terrazzo* (FeRFA, 2009b).

2.4.4.RESINAS EPÓXIDAS

As resinas epóxicas são resinas sintéticas que abrangem uma vasta gama de propriedades, desde o momento em que são fornecidas líquidas (de baixa viscosidade) sem solvente até sólidas de alto ponto de fusão. A palavra epóxi, de origem grega, significa: “epi”- fora de e “oxi” - oxigénio; esta denominação coincide com a forma do grupo químico epóxido, que é um anel de três membros, contendo um oxigénio (Fig. 4).

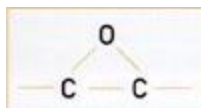


Fig. 4 – Grupo presente na molécula da resina epóxida (Konrad, R.M., 2003).

A resina epóxida básica é obtida da reacção de duas matérias-primas: o bisfenol A e a epiclorigrina, utilizando como catalisador o hidróxido de sódio. Dependendo da quantidade de bisfenol A, a cadeia molecular aumenta linearmente, mudando assim as propriedades da resina como a viscosidade, flexibilidade, reactividade, entre outras (Garcia, J., 2006).

O primeiro composto derivado da resina epóxida surgiu em 1936 na Suíça, desenvolvido por Pierre Castan, e consistia num composto termo-rígido de cor âmbar para utilização em dentaduras e próteses

odontológicas. As principais dificuldades na utilização desta matéria-prima estavam relacionadas com os problemas de secagem apresentados pela resina epóxida e os mecanismos para que a mesma endurecesse. A solução apareceu quando cientistas descobriram que algumas substâncias poderiam reagir com a resina conferindo-lhe propriedades finais diferentes. Essas substâncias foram chamadas de endurecedores ou agentes de cura e, actualmente, são os produtos responsáveis não só pela secagem, mas também pelo desempenho em termos de resistência química, física e mecânica da resina epóxida (Rufo, M., 2003).

Para além da sua aplicação na indústria da construção civil (Fig. 5 (a)) as resinas epóxidas também são aplicadas em outras áreas (Fig. 5 (b)) tais como: equipamentos desportivos, transformadores de energia eléctrica, revestimentos anticorrosivos em navios e no casco de veleiros de competição, entre outros (Konrad, R.M., 2003).



(a)



(b)

Fig. 5 – (a) Equipa de aplicação da Araldite; (b) utilização de resina epóxida em equipamento desportivo (Konrad, R.M., 2003).

Relativamente aos revestimentos à base de resinas epóxidas, o produto utilizado é obtido da mistura da resina com o endurecedor, podendo ainda entrar na mistura outros produtos tais como cargas, diluentes, flexibilizadores, pigmentos, etc., com função de modificar algumas das propriedades das formulações base. A resina e o endurecedor, separados, são estáveis e apresentam-se normalmente sob a forma líquida com maior ou menor viscosidade. Uma vez misturados, inicia-se uma reacção exotérmica que dá origem a um material sólido. A formulação epóxida (resina epóxida e endurecedor) dá origem a um polímero termoendurecível, tendo portanto uma estrutura macromolecular tridimensional. A reacção de polimerização entre as resinas epóxidas e os respectivos endurecedores é de polimerização por adição, ou seja, não se libertam produtos de reacção, razão pela qual estas formulações endurecem com uma retracção praticamente desprezável (LNEC, 1987).

O ligante ou resina base propriamente dita, é fornecido dissolvido num veículo volátil, uma vez que à temperatura ambiente se apresenta geralmente no estado sólido. Até 1970, os revestimentos epóxidos eram dissolvidos em solventes mas, a partir dessa altura, a tendência para utilização de produtos aquosos assumiu particular importância, devido ao aumento de preço dos solventes, mas sobretudo devido à necessidade de diminuir a emissão de compostos voláteis orgânicos (COV) para a atmosfera. As propriedades dos revestimentos de base aquosa ou à base de solventes, são necessariamente diferentes, com consequentes vantagens e desvantagens na sua aplicação. Os revestimentos de base aquosa apresentam evidentes vantagens ambientais e minimizam os efeitos nocivos para a saúde dos aplicadores, facilitando ainda a limpeza das ferramentas utilizadas na aplicação. Além disso,

apresentam elevada aderência em suportes exigentes, por exemplo metal e os custos de produção são geralmente inferiores. Como principais desvantagens, destacam-se o tempo de utilização reduzido e resistência química e protecção anticorrosiva ligeiramente inferior.

2.4.5. RESINAS DE POLIURETANO

O poliuretano é um polímero resultante da reacção de poliisocianatos com poliésteres com grupos hidroxílicos livres (Fig. 6).

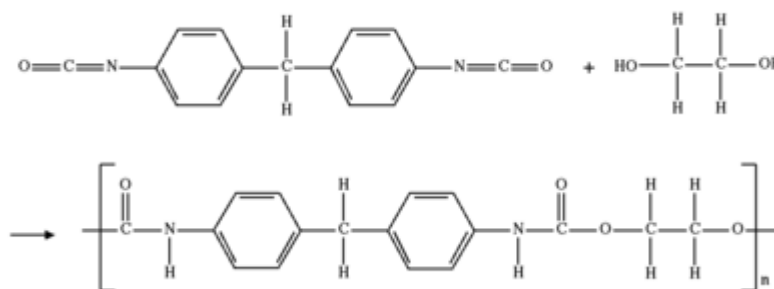


Fig. 6 - Reacção de formação do poliuretano (Rocha, A.C.P.F., 1990).

Os poliuretanos formam uma classe bastante versátil de materiais utilizados em diversos segmentos da ciência e tecnologia. Abrangem desde elastómeros, fibras e espumas, até adesivos e revestimentos de superfície. Na indústria de revestimentos, os poliuretanos têm sido cada vez mais utilizados graças ao seu excelente desempenho na protecção de uma grande variedade de substratos (como o aço, betão, plásticos, metais, vidro e madeira). Nos últimos anos, devido às fortes pressões mundiais para a restrição ao uso de substâncias orgânicas tóxicas, tornou-se necessário o desenvolvimento de poliuretanos dispersos em água, que estão actualmente em amplo crescimento na indústria de revestimentos.

Os sistemas de revestimento à base de resinas de poliuretano (Fig. 7) caracterizam-se por serem monolíticos, ou seja, em situações pouco exigentes não necessitam de juntas de dilatação. São flexíveis, totalmente isentos de solventes, possuem uma excelente resistência mecânica e química e permitem o tráfego 12h após a aplicação. As resinas de poliuretano, comparativamente às epóxidas, apresentam maior resistência química a agentes diversos, bem como aos raios ultravioleta e ciclos térmicos, tornando, assim, possível a sua utilização em espaços exteriores. Além disso, a textura da superfície é mais elástica do que a obtida com os revestimentos epóxicos, apresentando por este facto melhores características anti-derrapantes. Os campos de aplicação deste tipo de revestimentos são geralmente espaços industriais (onde seja exigida resistência adicional ou específica a determinados agentes químicos), áreas exteriores ou locais onde sejam especificados revestimentos suficientemente lisos para garantirem uma limpeza fácil mas com características antiderrapantes.



Fig. 7 – Revestimentos à base de resinas de poliuretano (Maxit).

Os revestimentos auto-nivelantes à base de poliuretano são geralmente compostos por três componentes pré-dosados e prontos para a mistura e aplicação. Estes componentes são:

- Primário – é um selante à base de poliuretano com solventes, transparente, mono componente de profunda penetração. O primário cria uma elevada resistência à abrasão e impacto, que se prolonga no tempo. Possui boa adesão, praticamente, em todos os materiais. A limpeza das superfícies é fundamental para a obtenção de melhores resultados. Cria um escudo contra a humidade, quando aplicado nas paredes e/ou pavimentos. Após 2-3h (nunca superior a 4h) da primeira demão aplicam-se as demãos seguintes do sistema de impermeabilização;
- Membrana impermeabilizante – é líquida, pastosa, permanentemente elástica e mono componente. Aplica-se à temperatura ambiente. Após secagem, forma uma membrana à base de poliuretano impermeabilizante, de longa duração. Permite a transmissão de vapor de água, evitando, deste modo, a criação de humidades sob a membrana. Mantém as suas propriedades impermeabilizantes e mecânicas para uma grande amplitude de temperaturas;
- Camada de protecção – a membrana de protecção para sistemas de revestimento, à base de poliuretano, é mono componente, pigmentada, semi-rígida, resistente ao desgaste e estável aos UV's. É adequada para trânsito pedonal intenso e/ou ligeiro tal como tráfego automóvel. O produto final é escorregadio, quando molhado, no entanto pode-se polvilhar com areia sílica de granulometria entre 0,8 a 1,2mm, para criar uma base antiderrapante e uma superfície final mais dura e resistente às condições de desgaste.

Propriedades e benefícios dos revestimentos à base de resinas de poliuretano:

- Elevadas resistências químicas, mecânicas e térmicas;
- Higiénicos, produzem superfícies compactas, impermeáveis e monolíticas, fáceis de limpar;
- Durante a aplicação, não produz efeitos prejudiciais em produtos alimentícios expostos;
- Apresenta elevada tenacidade;
- Possui elevada durabilidade, conferindo protecção prolongada aos pisos em ambientes industriais submetidos a elevadas solicitações mecânicas.

2.4.6. RESINAS DE METACRILATO

As resinas de metacrilato derivam da resina acrílica, (o metacrilato é um monómero do acrílico) (Fig. 8). À temperatura ambiente apresentam-se como um líquido incolor de aspecto similar à água, mas caracterizam-se por ter odor, ser tóxico e altamente inflamável (Jiang, Y., 2008). As aplicações destas resinas são variadas, podendo ser utilizadas para revestimentos de pavimentos, tintas, superfícies vitrificadas de elevada resistência (como vidro à prova de bala), entre outras.

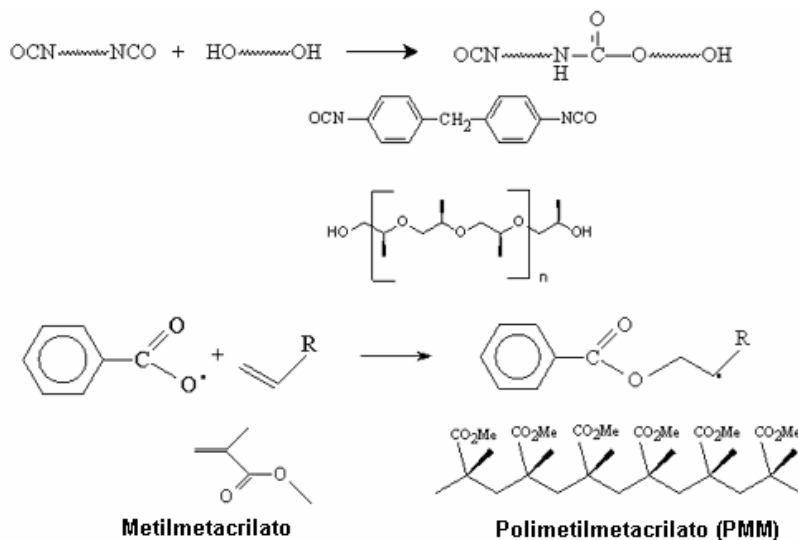


Fig. 8 – Estrutura química das resinas de metacrilato (Rocha, A.C.P.F., 1990).

Relativamente aos revestimentos à base de resinas de metacrilato, estes caracterizam-se principalmente pelo rápido endurecimento, possibilidade de aplicação mesmo a muito baixas temperaturas e insensibilidade à humidade relativa do ar. As resinas de metacrilato são, por isso, muito úteis para situações onde se tem um tempo limitado para a aplicação do revestimento e onde se procura, simultaneamente, boa adesão, boa resistência mecânica e química a ácidos e alcalinos. Estes revestimentos são indicados para aplicações em áreas de congelamento, pois é possível a cura em temperaturas negativas, o que permite também a reabilitação de pisos existentes sem a necessidade de paragem da produção.

Os revestimentos à base de resinas de metacrilatos são indicados para uso de intensos arrastes e movimentações de carros, isto é, resistente aos ataques abrasivos. Apresentam boa resistência aos ataques químicos e lavagens constantes no processo de higienização, contribuindo para a salubridade e reduzindo a manutenção do revestimento de piso. Têm uma excelente resistência mecânica, resistência ao choque térmico, a elevadas temperaturas, resistência a ácidos, sais e gorduras, acabamento elegante e estético, textura antiderrapante duradoura e são indicados para laboratórios, salas anti-sépticas e para todas as áreas de circulações (Rocher, W.T., 2007).

Estes revestimentos, tal como os à base de resinas de poliuretano, são normalmente exigidos em detrimento das resinas epóxicas, quando é necessária uma resistência adicional ou específica.

2.5. SELECÇÃO E APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

2.5.1. SELECÇÃO DO REVESTIMENTO

Durante as fases de projecto e de execução da obra, é fundamental que exista troca de informação permanente entre o projectista, o aplicador e o fornecedor dos materiais, de forma a garantir que o revestimento é adequado para os campos de aplicação e utilização previstos e o mesmo é aplicado segundo as regras definidas pelo fabricante. A Norma BS 8204-6 sugere que, nestes intercâmbios, devam ser considerados os seguintes aspectos (FeRFA, 2001):

1. Resistência à abrasão: Intensidade, tipo e frequência de tráfego de veículos e pedestres, carga transportada, tipo e tamanho das rodas. Frequência de limpeza presença de partículas ou grãos abrasivos no piso;
2. Resistência ao impacto: Tipo e frequência de impactos a que o pavimento estará submetido;
3. Resistência ao escorregamento: Detalhe do tipo de perfil e textura requerida para o revestimento, de forma a garantir a segurança de pessoas e evitar a derrapagem de veículos. Este item tem implicação directa com a maior ou menor facilidade de limpeza;
4. Facilidade de limpeza: Compromisso entre uma textura mais lisa, que torne a superfície de fácil limpeza e uma mais rugosa que proporcione resistência ao escorregamento;
5. Ataque químico: Produtos químicos que estarão em contacto com o pavimento, bem como a concentração, temperatura e frequência de contacto. Considerar se a exposição se dará por derramamentos esporádicos ou contacto permanente. Produtos usados para a limpeza e a temperatura de contacto destes com o revestimento;
6. Potabilidade e compatibilidade com alimentos e bebidas: Atender possíveis critérios de contaminação estabelecidos, não libertando cheiros ou alterando o gosto de alimentos ou bebidas;
7. Vibração: Presença de vibração transmitida por equipamentos industriais;
8. Choques térmicos: Intensidade e frequência de possíveis choques térmicos;
9. Condutividade eléctrica e dissipação da electricidade estática: Quando requerido, atender às necessidades de áreas de manuseamento de inflamáveis ou que ofereçam risco de explosão ou ainda, áreas que ofereçam danos potenciais para equipamentos electrónicos;
10. Aspectos estéticos e arquitectónicos: Cores previstas, texturas, efeito brilhante ou mate ou utilização de *flocos*;
11. Controle microbiológico: Tipo de indústria, tipo e frequência de ataques microbiológicos;
12. Temperaturas a que o pavimento estará exposto em serviço normal ou em operações de limpeza e tipo de exposição ao calor (radiante, por condução ou por contacto directo);
13. Extensão do pavimento exposto directamente a luz solar ou a raios ultra-violeta;
14. Espessura desejada para o revestimento;
15. Vida útil esperada para o pavimento;
16. Tempo disponível para a aplicação e cura do revestimento bem como questões de saúde, segurança e ambientais durante a aplicação e em serviço;
17. Idade, especificação e natureza da base, incluindo informação sobre o uso anterior que poderia afectar a aderência do novo revestimento;
18. Execução de pontos singulares, como sejam juntas de dilatação, meias canas ou ligações entre diferentes materiais;

O revestimento mais adequado para cada situação dependerá das condições especiais a que será submetido. Assim a sua escolha deverá ser feita com discussão entre todas as partes envolvidas no projecto, incluindo clientes, projectistas e fornecedores. Além disso, devem ser claramente definidas as responsabilidades dos intervenientes, os planos de execução e os aspectos relacionados com a própria aplicação.

2.5.2. PREPARAÇÃO DO SUPORTE

Os revestimentos à base de resinas sintéticas possuem, geralmente, uma baixa espessura, não podendo assim na maioria dos casos corrigir erros de nivelamento ou imperfeições do suporte. Uma correcta preparação da base e um bom dimensionamento são fundamentais. Falhas no suporte irão ser reflectidas no revestimento. É importante também referir que, do ponto de vista estrutural, a única função do pavimento de resinas sintéticas é fornecer um revestimento protector. Assim o suporte deve ser dimensionado independentemente do tipo de revestimento a aplicar, considerando as cargas estruturais, térmicas e mecânicas que terá de suportar em serviço.

A preparação do suporte, seja qual for a sua composição, deve anteceder obrigatoriamente a aplicação de qualquer revestimento à base de resinas. Este procedimento consiste, basicamente, em remover contaminantes, partículas soltas ou outros elementos, que possam prejudicar a aderência do revestimento ao suporte, criando uma superfície rugosa. Para preparar adequadamente uma superfície, devem ser tidos em consideração alguns pormenores, como sejam o nível e a profundidade da contaminação, o tipo de contaminante e os danos provocados ao suporte. Não menos importante, é necessário saber que tipo de revestimento será aplicado. Estes factores determinam o processo de preparação mais adequado. A maioria dos problemas de aderência de um revestimento não está relacionada com falhas do revestimento em si mas sim do resultado de uma má preparação da base (Moura, M.V., 2003a).

Existem dois requisitos que devem ser considerados para a obtenção de uma boa aderência:

- A superfície deve estar quimicamente limpa, livre de poeiras e de outros contaminantes. Devido à porosidade do suporte, este retém produtos químicos, óleos, graxas e outras substâncias que podem actuar como barreiras, impedindo a boa aderência do revestimento.
- A superfície deve receber uma “gravação” de forma a facilitar a ancoragem do revestimento. O perfil da superfície pode ser comparado ao de picos e vales, que dão ao betão os “dentes” para se obter uma aderência de boa qualidade. Sem um bom perfil de ancoragem como base, a probabilidade de descolamento aumenta.

Em seguida, são apresentados diferentes tipos de tratamentos mecânicos, variáveis consoante o tipo de aplicação e o estado do suporte.

2.5.2.1. Polimento

O polimento é o tipo de tratamento menos agressivo para o suporte. Consiste num desbaste com discos de diamante ou outros agentes abrasivos (Fig. 9). A sua utilização é recomendada quando se observam resíduos de colas, tintas ou outros materiais ou quando seja necessária a abertura de poros superficiais, com consequente melhoria da aderência. Este tipo de procedimento visa exclusivamente regular e melhorar as condições de acabamento superficial. Em superfícies muito danificadas é comum a aplicação de uma argamassa de cimento fina, antes do polimento, de forma a proporcionar uma superfície uniforme a ser tratada.



Fig. 9 – Polimento (Moura, M.V., 2003b).

É importante ter em consideração que as poeiras geradas se podem incrustar nos poros da superfície, impedindo uma boa ancoragem do revestimento ao suporte, devendo as mesmas ser convenientemente aspiradas. Este método é sobretudo aplicável quando se pretende aplicar um revestimento fino, por exemplo pintura. A esta técnica é também dada a designação despolimento ou lixamento (Moura, M.V., 2003b).

2.5.2.2. Fresagem

A fresagem é o tratamento mais agressivo. Consiste num ataque mecânico severo ao suporte, escarificando a superfície e gerando uma área de ancoragem (Fig. 10). Com este método, pode-se produzir sulcos paralelos antiderrapantes na superfície.

Os objectivos principais deste método são a remoção de áreas soltas e a criação de superfícies irregulares. Na remoção de revestimentos existentes ou áreas contaminadas ou, ainda, quando o suporte apresenta baixa resistência superficial, a fresagem deve ser o método seleccionado para o tratamento do suporte.



Fig. 10 – Fresagem (Moura, M.V., 2003b).

O maior inconveniente deste processo é o tipo de agressão provocado ao suporte, que implica que o consumo do revestimento a aplicar aumente, elevando desta forma os custos de aplicação. No entanto,

quando há necessidade de remoção de contaminações mais profundas, esta técnica revela-se como uma das mais eficazes. Este método não é aplicável a substratos metálicos ou de madeira (Moura, M.V., 2003b).

2.5.2.3. Granalhagem

A granalhagem consiste na projecção de granalhas de aço no suporte (Fig. 11(b)), gerando uma superfície regular. Este processo remove, limpa e cria um perfil de ancoragem numa só operação. Com o mesmo equipamento é possível produzir uma rugosidade baixa que prepara o suporte para receber um selante ou remover uma camada até 4mm de piso, bastando alterar o tamanho da granalha utilizada.

Esta técnica funciona normalmente com um sistema de auto-aspiração, com recolha de poeiras e contaminantes da superfície.

A granalhagem tem-se revelado como o mais rápido e eficaz entre todos os processos descritos.



Fig. 11- (a) Equipamento para granalhagem; (b) granalha de aço esférico (Moura, M.V., 2003a).

2.5.2.4. Preenchimento de fendas

As fendas ou cavidades existentes no pavimento devem ser preenchidas com uma argamassa de regularização adequada (Fig. 12), apresentando geralmente como principais características, elevada resistência e endurecimento acelerado.



Fig. 12 – Preenchimento de fendas (Garcia, J., 2006).

2.5.2.5. Outros processos

Para além dos métodos acima descritos, existem outros processos para a preparação da superfície, recorrendo, por exemplo, a processos químicos (utilização de ácidos). A aplicação do ácido sobre a superfície tem como finalidade a criação do perfil de ancoragem e não a remoção do revestimento ou de contaminações existentes. Após a aplicação, o ácido deve ser removido, a superfície lavada (para a obtenção de um pH neutro) e seca até atingir valores de humidade inferiores a 4%. Para superfícies de betão, a utilização de tratamento químico deve ser muito controlada pois pode gerar eflorescências de difícil remoção e, ainda, propiciar a formação de sais na superfície e nos poros do betão, o que pode prejudicar a aderência dos revestimentos.

Existem ainda outros processos como o hidrojateamento, o hidrojateamento abrasivo ou o jateamento de areia. O primeiro tem como principal objectivo a eliminação de sujidade e contaminações presentes na superfície do piso enquanto os outros dois possibilitam a criação de um perfil de ancoragem.

Estes processos são geralmente morosos e os resultados obtidos nem sempre são eficazes. Além disso, existem algumas condicionantes de nível ambiental. Por exemplo, os ácidos podem ser escoados pelas redes de esgotos, enquanto o jacto de areia gera normalmente poeiras de sílica, prejudiciais para a saúde quando inaladas (Moura, M.V., 2003a).

2.5.2.6. Avaliação da regularidade do suporte

Após o tratamento do suporte, deve-se proceder à avaliação da classe de regularidade deste, para assim verificar se está de acordo com o requerido em projecto (Quadro 4). A necessidade de uma maior ou menor regularização da superfície depende do uso a que estará sujeita. A execução de uma regularidade superior à necessária para o caso específico resulta inevitavelmente num acréscimo desnecessário de custos.

Para esta avaliação, utiliza-se o método da régua, que consiste na verificação da máxima abertura entre o pavimento e uma régua de 2m de comprimento. Para cada avaliação é necessário definir a taxa de amostragem necessária para averiguar a conformidade com o projecto, definindo o número e localização das medições a efectuar.

Quadro 4 – Classificação da regularidade da superfície (FeRFA, 1999).

Classe	Máxima abertura (mm)	Aplicação
SR1	3	Superfície muito plana. Pavimentos Especiais
SR2	5	Superfície plana. Edifícios comerciais e industriais
SR3	10	Edifícios onde a regularidade da superfície seja menos crítica

Este método de avaliação, apesar de muito útil e expedito, apresenta algumas limitações pois não permite a avaliação da horizontalidade do piso nem da frequência das imperfeições, mas apenas a sua amplitude. A utilização deste método de avaliação é difícil de aplicar em grandes áreas.

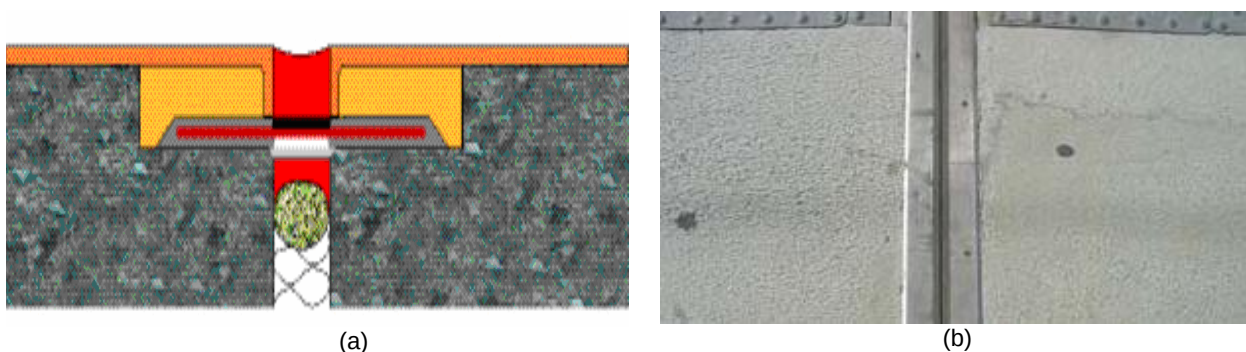
2.5.3. TRATAMENTO DE PONTOS SINGULARES

2.5.3.1. Juntas

Os revestimentos de pavimentos são caracterizados por apresentar juntas de origem estrutural ou de esquartelamento. Tendo em consideração que os revestimentos à base de resinas sintéticas são geralmente aplicados de forma contínua, não é necessária a previsão de juntas de esquartelamento no revestimento. No entanto, se existir este tipo de juntas no suporte, as mesmas devem ser consideradas no projecto de execução e respeitadas no revestimento (as juntas de movimento estrutural de dilatação ou de separação têm sempre de ser respeitadas). Assim o revestimento tem de ser interrompido exactamente na posição das juntas da laje sendo o espaçamento e a espessura das juntas a realizar no revestimento definidas pelas camadas subjacentes.

As juntas estruturais podem ser executadas recorrendo à utilização de fundos de junta e cordão flexível de protecção, geralmente à base de poliuretano, elementos flexíveis pré-fabricados ou elementos de protecção metálicos (Fig. 13). Os dois últimos apresentam como principais vantagens a facilidade e rapidez de aplicação, associadas a uma melhor garantia de qualidade do trabalho final (Garcia, J., 2006).

Devem ainda ser previstas juntas de dilatação nos pontos mais altos de pendentes de escoamento e nas juntas periféricas, separando o pavimento das paredes (permitindo desta forma desenhar meias canas).



(a)
Fig. 13 – Exemplos de juntas de dilatação (Sika).

(b)

2.5.3.2. Remates

Nas zonas de ligação entre diferentes tipos de revestimentos e no perímetro entre o pavimento e a parede devem ser evitados remates em esquina viva, de forma a minimizar acumulações de tensões localizadas ou possíveis infiltrações de líquidos e consequente descolamento do revestimento. Assim, nas zonas de ligação, recomenda-se que seja efectuado um corte no pavimento, vulgarmente designado como *chanfro*, que deverá ser preenchido com o próprio produto de revestimento (Fig. 14). A profundidade do corte deve corresponder a cerca do dobro da espessura do revestimento.

Nas zonas em que for necessário realizar uma ligação parede/pavimento deve-se recorrer a uma meia cana de ligação vertical/horizontal (Fig. 14 (b)). É necessário definir com precisão os requisitos da meia cana, incluindo: raio de curvatura, altura e largura (relativamente à espessura mínima e à ligação pavimento/parede necessária). Estas ligações são executadas com argamassa de base cimentícia ou com argamassa epóxida, devendo as mesmas ser protegidas no bordo do remate.

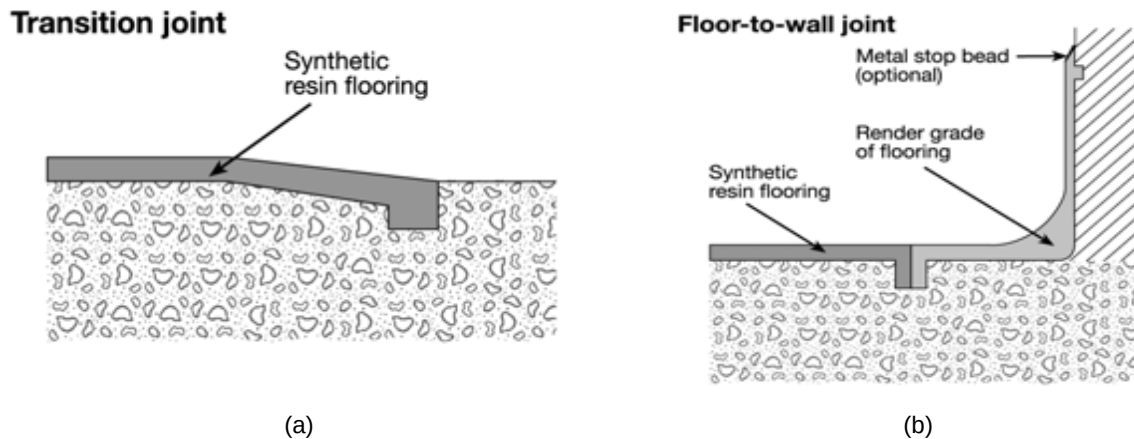


Fig. 14 - (a) Ligação entre diferentes revestimentos; (b) meia cana de ligação pavimento/parede (FeRFA, 1999).

2.5.3.3. Canais de drenagem

Os canais com grelha para escoamento de líquidos, maioritariamente águas de lavagens, estão normalmente incorporados no sistema de pavimentação e devem ser especificados de forma a garantir um desempenho compatível com a função. Estes canais são geralmente constituídos por elementos metálicos, que deverão apresentar resistência química superior à do revestimento circundante (FeRFA, 1999).

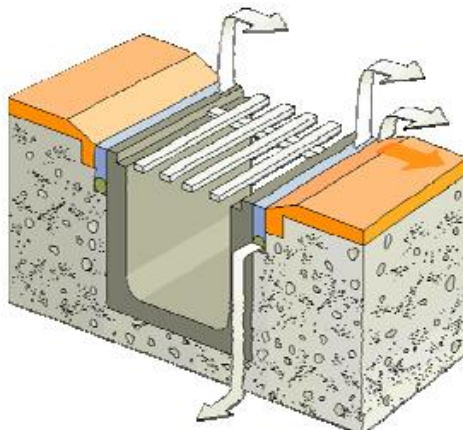


Fig. 15 – Elemento de drenagem (Garcia, J., 2006).

Um aspecto importante que não é salientado pela na Fig. 15 é a necessidade de preenchimento do negativo da laje com material resiliente antes da aplicação do canal, de modo a absorver possíveis movimentos/vibrações que podem danificar a ligação superficial entre materiais.

Também seria interessante a utilização de canais com abas que permitissem a sobreposição pelo revestimento de pavimento, reduzindo a possibilidade de infiltrações na junta.

Os canais deverão, sempre que possível, ser desenhados fora das áreas de trânsito para não estarem sujeitos a esforços. As pendentes do pavimento devem permitir o escoamento de líquidos o mais rápido possível em direcção aos canais, para que a água não fique depositada sobre o revestimento. Os canais devem ter pendentes incorporadas. Se o tráfego sobre os canais for inevitável, deve então ser dada uma atenção especial às arestas do canaleta e à fixação das grelhas de cobertura, pois estas são as zonas mais susceptíveis de falhar.

2.5.4. APLICAÇÃO

Tal como em outros elementos de construção, o factor humano é decisivo para um correcto desempenho de um revestimento à base de resinas sintéticas. Por este facto, o controlo da aplicação em obra deve ser cuidadosamente programado e monitorizado e as características técnicas dos produtos, limitações e recomendações do fabricante devem ser devidamente respeitadas.

2.5.4.1. Mistura

Todos os produtos devem ser fornecidos em quantidades pré-definidas, nas proporções correctas e prontos para misturar. Caso seja necessária a preparação de quantidades inferiores, as proporções de mistura devem ser cuidadosamente respeitadas, de forma a garantir uma boa reacção química entre todos os componentes.

A vida útil de trabalho do produto misturado (tempo em que este está apto para a aplicação) irá depender da temperatura inicial dos componentes individuais e do volume misturado. A maioria das reacções geradas durante a mistura são exotérmicas, tornando assim o produto resultante muito quente o que por sua vez irá encurtar a sua vida útil. De uma forma genérica, um aumento de 10°C na temperatura vai reduzir para metade o tempo de vida útil enquanto que a diminuição de 10°C irá aumentar para o dobro a vida útil de trabalho da mistura. De qualquer forma, não é aconselhável a mistura e colocação de qualquer sistema com resinas sintéticas fora do intervalo de 10-25°C a menos que este tenha sido especialmente projectado para uma gama mais ampla de temperaturas.

A mistura (Fig. 16) deve ser realizada com um equipamento de baixa rotação (200 - 500 rpm), de forma a evitar entrada excessiva de ar, e o tempo de mistura deve ser suficiente para assegurar um produto homogéneo e uniforme. É importante assegurar que o material que se encontra no fundo e nos cantos das embalagens é correctamente amassado. É prática corrente recomendar que o material misturado seja transferido para um recipiente limpo e seco e seja novamente homogeneizado (FeRFA, 1999).



Fig. 16 – Processo de mistura (Garcia, J., 2006).

Para os sistemas de resinas sintéticas em que é necessária a introdução de cargas durante a mistura, estas devem ser adicionadas após a primeira mistura dos componentes reactivos. As cargas deverão ser misturadas de forma gradual e o processo deve ser prolongado até ser observado um produto uniforme.

2.5.4.2. Execução

A aplicação de revestimentos à base de resinas sintéticas é variável. Dependendo da tipologia e espessura seleccionada irão variar os produtos, métodos de execução e ferramentas associadas.

Em geral, antes da aplicação deste tipo de revestimentos, deve aplicar-se um primário de aderência, que tem como principais funções selar os poros do suporte e incrementar a aderência entre a base e o revestimento. Para uma rápida avaliação da porosidade do suporte, deve-se molhar ligeiramente com água e contar o tempo que esta demora a ser absorvida. Se a água for absorvida pelo suporte em menos de 1 minuto, este é considerado muito poroso, de 1 a 5 minutos é considerado poroso e mais de 5 minutos é considerado não poroso. A escolha do primário a aplicar deve ser feita em função da compatibilidade com o suporte e idealmente deve ser isento de solventes e apresentar baixa viscosidade de forma a, respectivamente, minimizar a contaminação do betão e maximizar a impregnação do primário no suporte.

O processo de mistura dos dois componentes, característico neste tipo de produtos, deve adoptar as recomendações descritas no subcapítulo anterior. A aplicação deve ocorrer imediatamente após a mistura e durante o tempo de vida útil do produto, devendo ser utilizado um rolo de lã de cordeiro, para evitar acumulações.

É conveniente que o suporte seja correctamente impregnado em toda a extensão a revestir. No caso de suportes muito porosos ou com presença de irregularidades na superfície é aconselhável a aplicação de duas camadas de primário para assim minimizar a ocorrência de bolhas ou irregularidades na superfície do revestimento (FeRFA, 1999).

Sobre a camada de primário ainda fresca deve polvilhar-se areia fina, normalmente de sílica e com granulometria inferior a 1 mm, de forma a melhorar a aderência com a camada de revestimento. Após concluída a aplicação do primário o tempo de secagem e consequente espera para aplicação do revestimento é variável e depende das condições de aplicação. Não é aconselhável uma cura superior a 48 horas (temperatura 15-20°C) antes da aplicação do revestimento. Caso o tempo de cura seja ultrapassado, pode ser necessária uma nova preparação mecânica do suporte e a aplicação de uma camada extra de primário.



(a)



(b)

Fig. 17 - (a) Aplicação de primário; (b) aplicação de sistema de pintura (Weber, 2010).

Tal como referido anteriormente, diferentes tipologias de revestimentos correspondem a diferentes métodos de aplicação. Para sistemas de pintura e selagem não é, em geral, necessária a aplicação de primário, sendo o revestimento aplicado directamente no suporte, em uma ou duas demãos conforme indicações do fabricante. Após mistura dos componentes, o produto é aplicado com rolo de lã de cordeiro (FeRFA, 1999).

Os sistemas multicamada apresentam normalmente espessura reduzida, similar à do sistema de pintura, sendo a principal diferença entre os dois a textura antiderrapante apresentada pelo multicamada. Assim, a aplicação deste deve ser executada segundo os procedimentos descritos anteriormente para os sistemas de pintura, diferenciando-se apenas no facto do revestimento ser aplicado sobre uma camada de primário polvilhado com cargas.

Os revestimentos e sistemas altamente resistentes com acabamento liso são os que mais cuidados exigem em termos de mão-de-obra, tendo em consideração que qualquer imperfeição na aplicação se pode revelar um motivo de descontentamento para o cliente final. Estes revestimentos são aplicados com uma espátula dentada, devendo ser simultaneamente utilizado um rolo de picos (Fig. 18), com o objectivo de libertar o ar incluído na mistura e evitar a ocorrência de bolhas de ar à superfície do revestimento.



Fig. 18 – Rolo de picos (Weber, 2010).

Durante a mistura dos dois componentes, poder-se-ão adicionar cargas de sílica, numa proporção 1:0,6 (produto / cargas). Este processo aumenta a viscosidade do material, facilitando a aplicação, e aumenta a espessura do revestimento. A qualidade do acabamento final da superfície neste tipo de sistemas é particularmente sensível à temperatura do ar e do suporte, devendo por isso ser respeitadas rigorosamente as recomendações do fabricante sobre este aspecto.

Por último, as argamassas e os sistemas de alta resistência antiderrapantes são aplicados com uma espessura muito superior aos outros sistemas descritos, devendo ser aplicados sobre a camada de primário. Durante a mistura dos dois componentes, é adicionado um excesso de cargas de granulometria seleccionada, sendo por vezes misturados pigmentos para obter a coloração especificada. A aplicação deste material, tendo em consideração a consistência pastosa obtida, requer outro tipo de ferramentas e técnicas de aplicação, devendo para tal ser utilizadas talochas metálicas adequadas para a aplicação de argamassas e assegurados os meios de controlo da espessura especificada. Embora este tipo de revestimentos simbolize normalmente um pavimento resistente, antiderrapante e de durabilidade elevada para a generalidade das aplicações, existem algumas

indústrias com requisitos higiénicos adicionais que podem requerer a aplicação de uma selagem do revestimento. Nestes casos, dever-se-á utilizar uma resina com ou sem solventes, aplicada em camada fina e em uma ou duas demãos, parte da qual é absorvida pela argamassa subjacente. Esta selagem pode ser realizada com rolo de lã de cordeiro, devendo ser aplicada após completo endurecimento do revestimento, mas assegurando que o mesmo não é contaminado durante este processo (Fig. 19 (b)). Como o revestimento é aplicado à mão com recurso a talochas metálicas, haverá inevitavelmente pequenas variações na aparência final da superfície. Assim, será fundamental que a aplicação seja realizada por mão-de-obra qualificada para minimizar essas variações e garantir que o desempenho global do piso não seja afectado (FeRFA, 1999).



Fig. 19 – (a) Aplicação de argamassa; (b) aplicação do selante (Weber, 2010).

2.5.4.3. Reforço de pontos singulares

Sempre que a base apresente fissuras, ou em áreas submetidas a cargas excessivas, recomenda-se o reforço da mesma com uma rede de fibra de vidro (Fig. 20). A rede de fibra de vidro é aplicada com uma pequena quantidade de resina, após a aplicação e secagem do primário. No caso de existir sobreposição, esta deve ser garantida até a um mínimo de 50 mm. A camada final do revestimento de resina deve ser aplicada antes da primeira camada endurecer por completo. No caso de ser aplicado um revestimento fino, dever-se-á realizar um polimento da área reforçada.



Fig. 20 – Aplicação de armadura de reforço (Garcia, J., 2006).

2.5.4.3. Processo de endurecimento/ cura

A fase de cura do revestimento é muito importante para a obtenção de um acabamento superficial perfeito. Assim, deve-se seguir rigorosamente as indicações fornecidas pelo fabricante e garantir que o endurecimento dos materiais decorre em condições climatéricas controladas. Em geral os revestimentos de resinas sintéticas necessitam entre 1 e 3 dias (temperatura 15-20°C) até que seja permitido o tráfego ligeiro. Para acções de limpeza húmida, contacto com produtos químicos ou tráfego pesado será necessário esperar de 3 a 7 dias após a aplicação do revestimento. Para temperaturas inferiores a 10°C, estes tempos de endurecimento são substancialmente aumentados. Recomenda-se que, durante a aplicação e as primeiras horas de endurecimento, a temperatura ambiente se situe 3 °C acima do ponto de orvalho ou a humidade relativa abaixo de 75%, de forma a reduzir o risco de condensações e consequentes manchas na superfície do revestimento (FeRFA, 1999).

É importante ainda referir que alguns revestimentos à base de resinas, em especial aqueles à base de resinas de metacrilato, têm tempos de cura muito inferiores, podendo ser de apenas 30 minutos após a aplicação. Esta característica permite, especialmente em situações de obras exteriores, fazer aplicações com riscos muito mais baixos que no caso de sistemas de poliuretano ou epóxi.

3

PATOLOGIA DOS REVESTIMENTOS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O rápido desenvolvimento tecnológico tem tornado possível a realização de soluções construtivas anteriormente impensáveis. Associado a este desenvolvimento, existe necessariamente a obrigatoriedade de adaptação a novas técnicas e materiais e, bastante importante, às limitações e durabilidade dos mesmos. É fundamental ter consciência que todo o edificado tem um período de vida útil, que pode ser maior ou menor dependendo dos materiais e técnicas construtivas utilizadas e também da realização ou não de manutenção/conservação neste.

Considera-se a vida útil de um edifício e dos seus órgãos como sendo o período de tempo em que estes mantêm as capacidades de responder às solicitações de serviço para as quais foi projectado, sem necessitar de manutenção para além da considerada normal. Esse período é considerado terminado quando os custos das actividades de manutenção necessárias para assegurar o desempenho do edifício e das suas partes inviabilizarem a rentabilidade do investimento (Silva, M.A.C., 1996). A manutenção não evitará que o edificado alcance o fim da sua durabilidade, mas sim, prorrogará a vida útil deste, buscando sempre a ausência de patologias.

Durante a execução de qualquer obra, ou durante a vida útil da mesma, é frequente observarem-se fenómenos anómalos que podem condicionar o desempenho estético ou funcional dos materiais constituintes. A estes fenómenos estão associadas causas, mais ou menos tipificadas, que importa determinar e conhecer, de forma a minimizar uma nova ocorrência. Regra geral, às anomalias está associada uma ideia de má execução ou utilização. De facto, a causa humana é responsável directa pelo sucesso ou insucesso de uma aplicação, sendo portanto decisiva a utilização de mão-de-obra especializada para a execução dos trabalhos. No entanto, muitas das ocorrências são devidas a defeitos numa fase anterior à construção propriamente dita, ou seja, na fase de especificação dos materiais e planeamento dos trabalhos (Williamson, N., 2003) citado por (Garcia, J., 2006).

Relativamente aos revestimentos de resinas sintéticas, há ainda um grande défice, em Portugal, de legislação e investigação sobre as suas características, limitações, aplicabilidades e anomalias frequentes.

No presente trabalho não se pretende estabelecer uma tipificação exaustiva das causas das anomalias presentes nos revestimentos de resinas sintéticas, mas antes propor agrupamentos de fenómenos naturais ou de responsabilidade humana que, intervindo no desencadear ou no desenvolver dos processos patológicos, se podem considerar como sendo as causas mais comuns. O objectivo principal

do estabelecimento de uma tipificação assim é o de facilitar o diagnóstico das situações mais correntes e contribuir para encontrar a sua possível correcção.

Neste capítulo é apresentada uma listagem e breve descrição das anomalias mais frequentes nos revestimentos à base de resinas sintéticas. Em seguida são apresentados as técnicas de diagnóstico mais adequadas a cada anomalia, aspectos a inspeccionar e parâmetros de classificação, que definem o nível de gravidade da ocorrência. Por último são descritas as causas directas e indirectas possíveis das ocorrências. O último subcapítulo é composto pelas matrizes correlação “anomalias/técnicas de diagnóstico” e “anomalias/causas”, que se considera ser uma ferramenta extremamente útil e prática para a elaboração de um correcto diagnóstico de um revestimento à base de resinas sintéticas. Este capítulo tem assim como objectivo auxiliar a realização de um projecto de reabilitação, após a visita ao local e o levantamento/identificação das anomalias. Com a consulta das matrizes de correlação pode-se planear a realização dos ensaios necessários à compreensão da origem e extensão das anomalias e, assim, compreender as causas de tal ocorrência e especificar o tratamento a seguir.

3.2. ENUMERAÇÃO/CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS

As anomalias apresentadas pelos pavimentos de resinas sintéticas são diversificadas e podem ocorrer por factores distintos. Por este facto, tendo como objectivo a elaboração de um sistema suficientemente representativo da generalidade das anomalias associadas a estes revestimentos e, simultaneamente, suficientemente simplificado para a utilização prática e eficiente do mesmo, propõe-se a subdivisão em nove anomalias tipificadas (Garcia, J., 2006).

O Quadro 5 apresenta as anomalias características e os correspondentes índices, segundo a nomenclatura criada em (Garcia, J., 2006), para a realização das matrizes de correlação apresentadas em 3.4.

Quadro 5 – Classificação das anomalias.

Anomalias	
A-A1 descolamento	A-A6 falta de planimetria
A-A2 empolamento	A-A7 bolhas osmóticas
A-A3 fissuração	A-A8 bolhas de difusão de ar
A-A4 manchas	A-A9 perda de tonalidade
A-A5 desgaste	

3.2.1. Descolamento

Esta anomalia é uma das mais frequentes em pavimentos à base de resinas sintéticas, apesar de estes serem caracterizados por possuírem uma óptima aderência ao suporte. Assim, aquando do aparecimento desta anomalia, as causas estão quase sempre relacionadas com uma má preparação do suporte, pelo que é importante detectar os locais de iniciação da mesma e aprofundar a pesquisa sobre os aspectos relacionados com as condições de aplicação, nomeadamente o tipo de diagnóstico efectuado ao suporte, tratamento mecânico realizado, tipo de primário de aderência utilizado e as condições durante a aplicação. O descolamento pode também dever-se a infiltrações de produtos

quimicamente agressivos que promovem a perda de aderência ou devido a variações bruscas de temperatura que provocam empolamento e perda de aderência entre o revestimento e a base.

Este fenómeno é, muitas vezes, despoletado por descolamentos em pontos singulares, como sejam remates ou zonas de ligação com materiais distintos, e ocorre devido à perda de aderência entre o revestimento e a base, favorecida pela presença de água (Fig. 21). Este fenómeno é também observado com alguma frequência em juntas de dilatação, devendo ser efectuada uma ligação adequada nas zonas de remates e uma selagem conveniente da mesma.

Esta anomalia condiciona o desempenho estético e funcional do revestimento e, na generalidade dos casos, apresenta um carácter progressivo, devido a possíveis infiltrações nas áreas circundantes do revestimento afectado.



(a)



(b)

Fig. 21 – Descolamento de revestimentos à base de resinas sintéticas (Garcia, J., 2006).

3.2.2. Empolamento

Este fenómeno caracteriza-se por uma elevação do revestimento em áreas normalmente localizadas. O empolamento ocorre sobretudo em situações em que o revestimento é submetido a condições para as quais as suas características técnicas não são as mais adequadas em termos de campo de aplicação. O exemplo mais frequente é a exposição a temperaturas elevadas. A maioria dos revestimentos à base de resinas sintéticas têm HTD (resistência calorífica) relativamente baixa, geralmente entre 50 e 100°C, valores muito inferiores aos apresentados por materiais cerâmicos ou pavimentos de betão. De forma genérica, é referido que revestimentos à base de resinas sintéticas não devem ser directamente expostos a temperaturas que excedam 100°C (FeRFA, 1999).

Esta anomalia provoca a fissuração e consequente infiltração de águas de lavagem do revestimento (Fig. 22), provocando o descolamento progressivo do revestimento circundante.



Fig. 22 – Exemplo de empolamento de um revestimento (Garcia, J., 2006).

3.2.3. Fissuração

Esta anomalia é provavelmente a mais observada numa grande gama de elementos construtivos. No caso dos revestimentos, esta é muito comum em revestimentos à base de cimento; o mesmo não acontece com tanta frequência em revestimentos à base de resinas sintéticas pois estes são caracterizados por uma elevada resistência a tracção e por sua vez à fissuração. O aparecimento de fissuras neste tipo de revestimentos não ocorre por retracção do material, mas geralmente apenas quando o suporte apresenta o mesmo tipo de fenómenos, devido a movimentos diferenciais da estrutura do edifício ou a acções mecânicas exteriores, como sejam excessos de cargas ou impactos localizados. Assim, o revestimento funciona como um espelho das imperfeições da base. Este fenómeno ocorre também, por vezes, nas próprias juntas de dilatação (Fig. 23 (b)).

A principal consequência desta anomalia é a infiltração de água de limpeza na área afectada e o consequente descolamento do revestimento circundante, tal como descrito anteriormente.



(a)



(b)

Fig. 23 – Fissuração em superfície corrente e juntas de dilatação de revestimentos à base de resinas.

3.2.4. Manchas

Esta anomalia afecta geralmente apenas o aspecto estético do revestimento, numa maior ou menor extensão do mesmo, não condicionando o seu desempenho funcional (Fig. 24). Existem diferentes causas para o aparecimento de manchas no revestimento:

- Podem ocorrer durante a aplicação e endurecimento do revestimento, no processo de polimerização a temperatura baixa gradualmente provocando diferenças de temperatura na superfície do revestimento que potenciam o risco de condensação e, consequentemente, da ocorrência deste tipo de anomalias, tendo neste caso as manchas uma cor geralmente esbranquiçada;
- Em situações de obra aberta, as manchas poderão ser devidas a secagem excessivamente rápida ou a poeiras depositadas no revestimento fresco;
- As manchas podem ainda ser causadas pelo contacto do revestimento com produtos quimicamente agressivos, podendo estes ser os próprios produtos de limpeza utilizados.

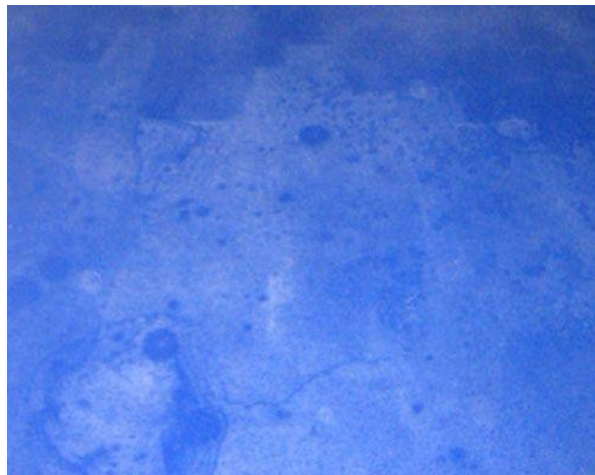


Fig. 24 – Presença de manchas em revestimento à base de resinas sintéticas (Garcia, J., 2006).

3.2.5. Desgaste

O desgaste de um elemento construtivo está normalmente associado ao conceito de durabilidade do material. No caso dos revestimentos de resinas sintéticas, a durabilidade é considerada, de uma forma genérica, proporcional à espessura do sistema aplicado (FeRFA, 1999). No entanto, existe uma série de factores que influenciam a sua vida útil, como a intensidade do tráfego, a frequência e eficiência da limpeza, a exposição continuada a temperatura elevadas, etc. Uma má especificação do revestimento para o tipo de uso a que estará sujeito ou uma alteração de condições de utilização pode também estar na origem de uma redução da durabilidade esperada para o revestimento.

Esta anomalia pode ser previsível e, desta forma, deixar de ser considerada como tal, se ocorrer no final da vida útil expectável para o revestimento. Ao desgaste de um revestimento de resinas sintéticas estão quase sempre associadas perdas de características como resistência, planimetria ou aspecto (Fig. 25) (Garcia, J., 2006).



Fig. 25 – Sinais de desgaste de um revestimento à base de resinas sintéticas (Garcia, J., 2006).

3.2.6. Falta de planimetria

Esta anomalia tem maior ou menor gravidade consoante o campo de aplicação do revestimento. No caso de pavimentos industriais, as exigências de nivelamento do pavimento assumem particular importância em áreas de armazenamento (pisos com problemas de planimetria dão origem a uma menor produtividade e segurança nas operações de logística). Para edifícios de habitação ou comércio esta questão está mais relacionada com exigência de conforto visual e de circulação.

Devido ao método de aplicação dos revestimentos à base de resinas sintéticas e da sua reduzida espessura, estes irão inevitavelmente seguir o perfil do suporte. Assim, o nivelamento, regularização e criação de pendentes, quando estas forem necessárias, devem ser realizados na camada de forma.

Esta anomalia não apresenta carácter progressivo, embora possa induzir a ocorrência de outros fenómenos associados, como sejam desgaste precoce, fissuração ou descolamento, dependendo das condições de utilização (Fig. 26).



Fig. 26 – Revestimento com falta de planimetria (Garcia, J., 2006).

3.2.7. Bolhas osmóticas

A formação de bolhas em revestimentos à base de resinas sintéticas é uma anomalia que se observa com alguma frequência, principalmente em revestimentos finos, e está normalmente associada a

fenómenos higrotérmicos. Na maioria dos casos, o aparecimento das bolhas começa a manifestar-se logo nos primeiros meses ou até dois anos após a aplicação do revestimento. As bolhas têm diâmetro que pode variar desde poucos milímetros até 100mm e alturas até 15mm, sendo geralmente compostas no seu interior por líquido aquoso sob pressão (Fig. 27 (a)). O mecanismo da sua formação ainda não é totalmente conhecido, mas a explicação mais provável, tendo em conta as suas características físicas, é que corresponda a um processo de osmose.

Apesar da formação de bolhas por osmose ser o processo mais comum pode ocorrer o aparecimento de bolhas na superfície do revestimento devido à pressão hidrostática directa, no caso da laje de betão se encontrar abaixo do nível freático (pisos térreos) ou por elevado teor de água na laje. Estes processos distinguem-se do processo de osmose por ocorrerem um ou dois dias após a aplicação do revestimento e pelo facto do líquido contido no interior das bolhas não estar sob alta pressão. Estes processos são geralmente despoletados por um diferencial de temperatura causado pela exposição solar ou calor radiante proveniente de fornos ou outros equipamentos. A água presente no betão é capaz de exercer pressão suficiente para descolar um revestimento parcialmente curado e forçá-lo a formar bolhas à superfície.

As bolhas osmóticas distinguem-se por não se tornarem visíveis por várias semanas ou mesmo meses, tempo necessário para a pressão interna atingir um nível tal que seja capaz de deformar o revestimento à base de resinas sintéticas já completamente curado. É improvável que toda a área revestida seja afectada por esta anomalia, geralmente surge apenas numa área confinada. A dimensão das bolhas depende de diversos factores tais como a concentração inicial no substrato de água e materiais solúveis, a qualidade da camada de forma, a espessura do revestimento e o seu nível de aderência à base, entre outros (FeRFA, 2009a).

Estas deformações no pavimento condicionam o desempenho do mesmo e, como será de esperar, induzem a ocorrência de outras anomalias, nomeadamente o descolamento do revestimento circundante, permitindo a observação de núcleos mais ou menos descolados, consoante as dimensões das bolhas (Fig. 27 (b)) (Garcia, J., 2006).

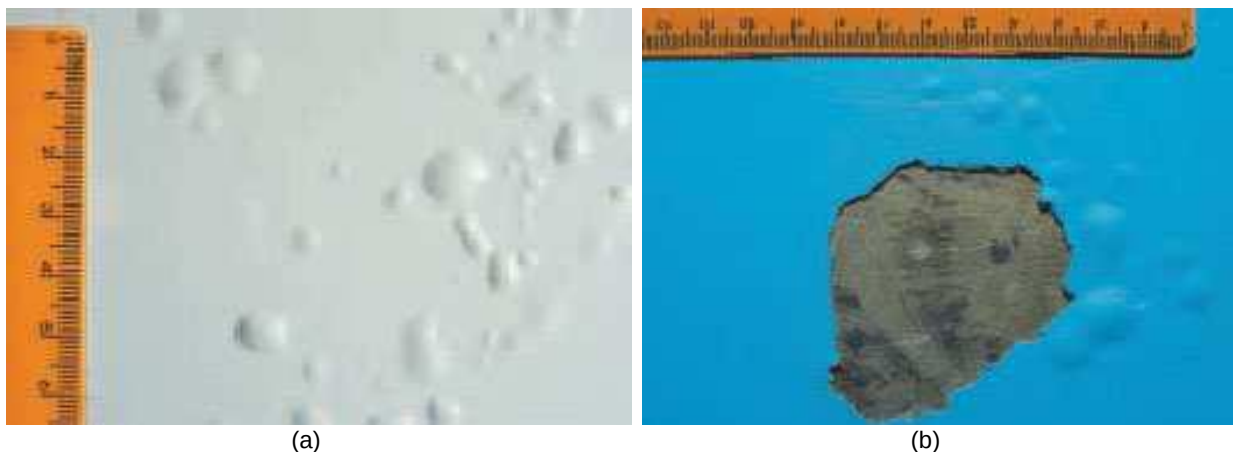


Fig. 27- (a) Revestimento com formação de bolhas osmóticas; (b) Desenvolvimento de núcleo de descolamento (Lopes, E.M., 2004).

3.2.8. Bolhas de difusão de ar

Este tipo de bolhas apresenta algumas diferenças em relação às bolhas osmóticas. Desde logo no aspecto, sendo geralmente de menor dimensão e apresentando um pequeno ponto ao centro e no conteúdo, uma vez que apresentam ar no interior e não água, como as anteriores (Fig. 28). Além disso,

as bolhas de difusão ocorrem geralmente logo após a aplicação do revestimento ou durante o endurecimento do mesmo. Assim sendo, enquanto as bolhas osmóticas ocorrem sobretudo por deficiências na especificação dos produtos e durante a utilização do revestimento, as de difusão estão mais relacionadas com deficiências na aplicação dos materiais.



Fig. 28 – Revestimento com bolhas de difusão de ar (Garcia, J., 2006).

3.2.9. Perda de tonalidade

Em algumas aplicações destes revestimentos, observam-se perdas de tonalidade, traduzidas num “desmaio” ou “amarelecimento” da superfície (Fig. 29). A variação de cor nos revestimentos pode resultar de uma selecção pouco cuidada das cargas utilizadas, de variações das condições ambientais ou de variações de técnicas de aplicação, obtendo um acabamento final heterogéneo (FeRFA, 1999).

No caso de pavimentos expostos directamente a radiações solares podem ocorrer perdas de tonalidade devido a certos pigmentos ou ligantes de resinas sintéticas, que pela sua natureza orgânica, não oferecem elevada resistência à radiação UV.

Esta patologia não condiciona normalmente o desempenho funcional do revestimento, embora contribua significativamente para um envelhecimento precoce do mesmo e, consequentemente, para um aspecto estético degradado.



Fig. 29 – Revestimento à base de resinas sintéticas com perda de tonalidade (Garcia, J., 2006).

3.3. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO

3.3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Perante a ocorrência de anomalias na construção, o estabelecimento de um diagnóstico correcto é uma tarefa fundamental para conseguir a sua resolução. Em termos teóricos, fazer um diagnóstico deveria corresponder a operar num modelo de comportamento construtivo em que as relações entre causas e efeitos estivessem perfeitamente estabelecidas. Nesse caso, feito o levantamento das anomalias, tal modelo identificaria univocamente as correspondentes causas (Aguilar, J. [et al.], 2001). Na prática, não se dispõe de tal modelo, pois este seria extremamente complexo, sendo o diagnóstico geralmente feito por aproximações sucessivas, integrando os diferentes dados recolhidos durante a investigação.

A fase de recolha de informação é crucial para um correcto diagnóstico devendo esta integrar a análise de todos os dados antecedentes (elementos de projecto, relatos de obra, relatos de anomalias anteriores). Antes da realização de ensaios sobre o elemento em estudo, deve ser realizada uma visita ao local para recolha fotográfica e realização de um mapeamento das anomalias. Assim será possível obter uma correcta definição da situação existente (identificando as áreas afectadas e o grau de contaminação) e posteriormente, preparar os ensaios a realizar (tendo especial atenção na definição dos pontos de ensaio, de forma a garantir uma representatividade de todo o espaço).

Neste capítulo são apresentadas diversas técnicas de diagnóstico adequadas aos revestimentos, divididas em dois grupos, que se diferenciam pelo facto de os ensaios serem ou não destrutivos. Nos dois grupos foram incluídas exclusivamente técnicas/ ensaios realizados “*in situ*”, dado os ensaios laboratoriais envolverem em geral equipamento e pessoal especializado, aos quais estão quase sempre associados factores como morosidade na obtenção de resultados e elevado custo. Os ensaios descritos nos próximos sub-capítulos são considerados de fácil realização e interpretação, com equipamentos portáteis, para assim ser possível a inspecção e diagnóstico no próprio local.

O Quadro 6 sintetiza as técnicas utilizadas para avaliação das anomalias e apresenta as siglas de cada uma, segundo (Garcia, J., 2006), que são posteriormente utilizadas na matriz de correlação “anomalias/técnicas”.

Quadro 6 – Técnicas de diagnóstico “*in situ*” para revestimentos à base de resinas sintéticas.

Ensaio não destrutivos	
T-ND1 avaliação da planimetria/horizontalidade	T-ND4 medição de fissuras
T-ND2 medição da humidade	T-ND5 filme de polietileno
T-ND3 medição de temperaturas	Avaliação da aderência ao suporte
Ensaio destrutivos	
T-D1 caroteadora	T-D4 medição de humidade em profundidade
T-D2 ensaio de tracção (<i>pull-off</i>)	medição da espessura do revestimento
T-D3 teste de aderência por quadrícula	

3.3.2. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Estes ensaios, tal como o nome indica, caracterizam-se por não danificarem o revestimento, e por apresentar normalmente custos inferiores aos ensaios destrutivos. No entanto, os resultados obtidos são geralmente apenas qualitativos. Os ensaios não destrutivos são adequados às situações em que não é possível extrair o revestimento ou quando se procura determinar a extensão da anomalia a partir das consequências observáveis (Garcia, J., 2006).

Nos ensaios não destrutivos devemos incluir, para além dos abaixo descritos, a inspecção visual, o levantamento fotográfico e a análise de documentação técnica sobre o sistema de revestimento aplicado (para assim melhor compreender os aspectos relacionados com o projecto, a execução e a utilização do pavimento e ser possível estabelecer as causas prováveis da anomalia e seleccionar o método de reparação mais adequado). É aconselhável também a realização de um mapeamento das anomalias, baseado em plantas do edifício e na inspecção visual efectuada, devendo ser preenchido um esquema simplificado onde deverão ser identificadas as áreas afectadas e a extensão das mesmas. O esquema poderá ser realizado com uma malha simplificada, com quadrados com dimensão adequada à dimensão do pavimento, onde deverão ser identificadas as anomalias. Estas inspecções devem ser realizadas por técnicos com experiência e prática de obra adquirida.

Em seguida apresentam-se sete ensaios não destrutivos a realizar nos revestimentos à base de resinas sintéticas de forma a compreender as causas de diferentes anomalias e assim escolher o método de reparação mais adequado.

3.3.2.1. Avaliação da planimetria/horizontalidade

A falta de horizontalidade de um revestimento à base de resinas sintéticas pode ser mais ou menos gravosa consoante o campo de aplicação.

Este método tem como objectivo avaliar se a planimetria do pavimento e as pendentes de evacuação de água, quando existam, estão de acordo com o especificado em projecto. O método utilizado é bastante expedito e de rápida interpretação, necessitando apenas de uma régua de nível e/ou sonda laser (Fig. 30).

Descrição do método: 1. Colocação da régua de nível no pavimento e verificação da planimetria à superfície do revestimento; 2. Verificação da mesma propriedade, com sonda laser, para áreas de maior extensão.



Fig. 30 - Material para a avaliação da planimetria (régua de nível) (Garcia, J., 2006).

3.3.2.2. Medição da humidade (superficial e/ou ambiental)

Quer durante a execução de um pavimento à base de resinas sintéticas, quer durante a sua utilização, a presença de água pode alterar o comportamento do revestimento e ser responsável por diversas anomalias. No caso de humidade intrínseca (água de produção do betão), a falha decorre da cura inadequada do revestimento que origina uma frágil aderência ao suporte, podendo também ocorrer o aparecimento de bolhas osmóticas ou manchas na superfície do pavimento.

Por este motivo, a medição da humidade superficial é considerada fundamental para um correcto diagnóstico antes da execução, representando assim uma medida preventiva à ocorrência de anomalias.

Aquando do aparecimento no revestimento de fenómenos que se considerem directa ou indirectamente relacionados com a presença de humidade, dever-se-á realizar um ensaio de medição de humidade superficial do substrato. No caso de bolhas osmóticas, poderá ser necessária uma medição da humidade em profundidade enquanto no caso de aparecimento de manchas na superfície do revestimento se torna relevante conhecer os valores de humidade relativos ao espaço.

Descrição do método: 1. Colocação do humidímetro na superfície do revestimento (Fig. 31); 2. Leitura do valor no mostrador; 3. Repetição da medição em diferentes pontos da superfície e/ou do ambiente circundante.



Fig. 31- Medição da humidade superficial (Garcia, J., 2006).

3.3.2.3. Medição de temperaturas (superficial e/ou ambiental)

A medição de temperatura é uma técnica igualmente utilizada em revestimentos à base de resinas sintéticas embora, tal como a medição de humidade relativa, se torne inconclusiva quando não é possível reproduzir as condições de aplicação do sistema.

Este método pode revelar informações importantes no caso de ser observado descolamento do revestimento por acção do calor. Neste caso, tendo em conta as limitações do revestimento ao efeito da temperatura, poder-se-á avaliar se a anomalia está relacionada com esta causa. Esta avaliação pode ser simulada em laboratório submetendo uma amostra de revestimento a ciclos de calor e registando as resistências térmicas obtidas (Garcia, J., 2006).

Descrição do método: 1. Colocação do termómetro ou termo-higrómetro na superfície do revestimento; 2. Leitura do valor no mostrador (Fig. 32); 3. Repetição da medição em diferentes pontos da superfície e/ou do ambiente circundante.



Fig. 32 – Medição da temperatura (termo-higrómetro) (Garcia, J., 2006).

3.3.2.4. Medição de fissuras

Sendo as fissuras manifestações do comportamento estrutural, há normalmente interesse em acompanhar a sua evolução ao longo do tempo, em diversos pontos do seu desenvolvimento, para assim compreender, eventualmente, a relação causa/efeito com acções ou ocorrências a que a construção esteja sujeita. Pode-se, para tal, fazer um mapeamento das fissuras apresentadas pelo revestimento, avaliando ao longo do tempo a sua evolução. Um método utilizado frequentemente, é o preenchimento da fissura com gesso, apesar deste apenas permitir detectar, grosseiramente, eventuais acréscimos da abertura, sem ser possível quantificá-los.

Para o estudo e monitorização desta anomalia podem-se utilizar diferentes equipamentos, dependendo do rigor pretendido e da variação da abertura das fissuras durante o período da monitorização. Os equipamentos mais utilizados são o comparador de fissuras (Fig. 33) e o medidor óptico, considerados os mais simples e por isso com menor precisão, ou o alongâmetro, para casos em que seja necessária uma precisão superior.

Descrição do método: 1. Colocação do equipamento junto à fissura; 2. Leitura do valor no mostrador.



Fig. 33 – Medição de fissuras com um comparador (Garcia, J., 2006).

3.3.2.5. Avaliação da aderência ao suporte

Os revestimentos à base de resinas sintéticas caracterizam-se por uma elevada aderência ao substrato. No entanto ocorrem por vezes certas anomalias a este nível devido a contaminações ou presença de humidade excessiva no suporte. Para avaliar a aderência existem diferentes métodos, uns mais complexos do que outros. Um método bastante utilizado é o da Placa Colada, que consiste na aplicação do revestimento especificado no projecto numa área de 1m². Após 72 horas ou mais deve ser realizado o arrancamento de parte deste revestimento aplicado. Então, caso a aderência da parte removida seja fraca ou a resina estiver pegajosa ou húmida a aplicação do revestimento deve ser repensada. A aderência entre o revestimento e a base pode ser também rapidamente avaliada após a sua colocação e cura pelo toque na superfície com uma vara ou com um martelo (Fig. 34 (a)) (a obtenção de um som oco indica a falta de aderência entre os materiais).



(a)



(b)

Fig. 34 – (a) Ensaio de aderência (Weber, 2010); (b) Falta de aderência entre o revestimento e a base.

3.3.2.6. Filme de polietileno

Este método é utilizado para determinar a existência de humidades ascensionais no pavimento, nos casos em que o revestimento é colocado em suportes com humidade elevada ou devido a cura insuficiente das camadas subjacentes. Este teste é bastante simples e de interpretação fácil. No entanto não permite obter resultados quantitativos.

Descrição do método: 1. Colagem do filme na superfície do revestimento, com uma dimensão mínima de 1x1m², o qual deve ser mantido por um período de 24 horas (Fig. 35); 2. Verificação da existência de condensações no filme plástico.

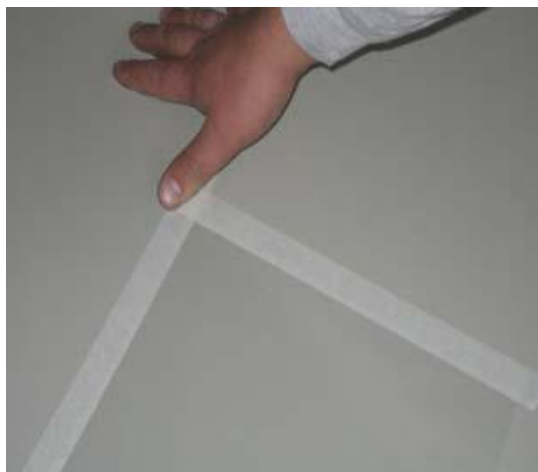


Fig. 35 – Filme de polietileno colado sobre revestimento (Garcia, J., 2006).

3.3.3. Ensaaios destrutivos

Preferencialmente os ensaios deverão ser de carácter não destrutivo e não incomodativo para os utentes (Brito, J., 2009). Assim sendo, os ensaios destrutivos só deverão ser realizados quando não for possível obter um diagnóstico através dos ensaios não destrutivos anteriormente descritos.

3.3.3.1. Caroteadora

Este ensaio tem como objectivo a caracterização das camadas subjacentes ao revestimento, através da extracção de uma amostra (carote) em profundidade e posterior análise visual ou laboratorial das camadas constituintes do sistema de pavimentação. Esta técnica envolve a destruição localizada do pavimento por intermédio de uma coroa circular diamantada que perfura com rotação o pavimento (Fig. 36). Posteriormente, os furos de extracção são geralmente tamponados com argamassa de reparação estrutural.



Fig. 36 – Realização de ensaio com caroteadora.

Com a análise das carotes é possível a determinação de resistências mecânicas das diferentes camadas do pavimento bem como o teor de humidade. Pode-se, também, através da análise microscópica da camada subjacente ao revestimento, concluir se houve ou não excesso de água durante a amassadura, pois esta origina uma distribuição heterogénea dos constituintes da argamassa. A principal anomalia

associada a este erro de execução é o descolamento do revestimento aplicado, pois o excesso de água diminui a aderência do revestimento ao suporte e provoca uma redução da resistência superficial do mesmo.

Descrição do método: 1. Extracção de amostras, por intermédio de uma coroa circular diamantada que perfura com rotação; 2. Análise visual para caracterização sumária; 3. Ensaio laboratoriais (eventualmente); 4. Tamponamento dos furos com argamassa de reparação.

3.3.3.2. Ensaio de tracção (*pull-off*)

A garantia de boa aderência é exigida revestimentos de pavimentos (os materiais das varias camadas que constituem o revestimento devem estar bem ligadas, a fim de proporcionarem maior longevidade ao pavimento em boas condições de utilização). Este ensaio permite verificar se as especificações exigidas foram alcançadas. O ensaio de aderência por tracção directa *pull-off*, consiste na aplicação suave de uma força de tracção, exercida manualmente no volante de tensão de um aparelho concebido para esse fim (Fig. 37).

A tracção é transmitida axialmente a uma peça metálica de ensaio colada previamente ao provete. O aumento gradual da força pode ser observado directamente numa escala (MPa), e é registado, assim que se dá o arrancamento do provete na secção mais frágil deste. Analisando o provete, pode-se observar se a secção pertence a um dos materiais (arrancamento por tracção), ou se, por outro lado, está contida na superfície de ligação entre os materiais (arrancamento por aderência entre os materiais). Dada a sua grande simplicidade, este ensaio pode ser executado na própria estrutura, traduzindo melhor as condições reais existentes (OZ, 1996).



Fig. 38 – (a) (b) Equipamentos para o ensaio *pull-off* (Garcia, J., 2006).

Os valores obtidos com esta técnica são por vezes pouco reproduzíveis, pelo que é recomendada a realização de vários ensaios em diferentes pontos do revestimento. Esta falta de reprodutibilidade é devida a factores diversos, que podem estar relacionados com heterogeneidades no revestimento, composição do suporte, colagem insuficiente entre o elemento metálico e o revestimento ou com o tipo de medidor utilizado.

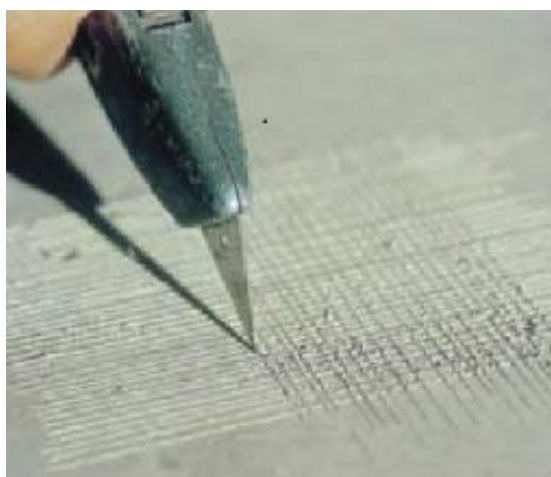
Descrição do método: 1. Execução de carote do pavimento até ao suporte com a forma da peça de aço (disco de 50mm de diâmetro) a colar; 2. Colagem da peça de aço à superfície do revestimento, com cola epóxida; 3. Aplicação de uma força perpendicular ao plano do revestimento pelo equipamento de

ensaio acoplado à peça de aço; 4. Leitura da tensão de rotura obtida necessária (N/mm^2); 5. Tamponamento dos furos com argamassa de reparação.

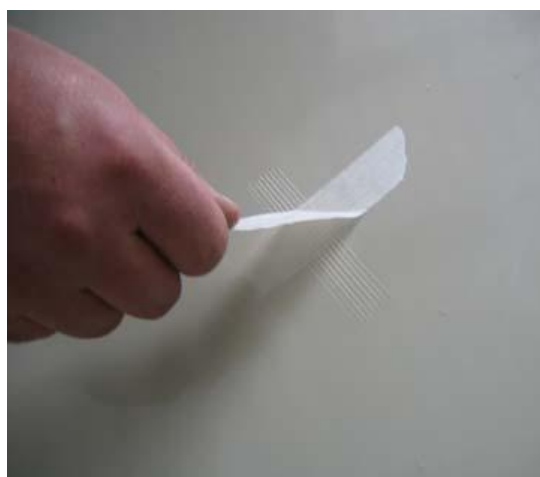
3.3.3.3. Teste de aderência por quadrícula

Este é um teste relativamente simples, utilizado para a determinação da aderência do revestimento ao suporte. O teste consiste na realização, com um x-acto, de pequenos quadrados de $2 \times 2 \text{ mm}^2$ sobre uma superfície total de $10 \times 10 \text{ cm}^2$, sendo estes depois removidos com uma fita adesiva. O revestimento considera-se com boa aderência se 80% dos pequenos quadrados estiverem com boa aderência ao suporte (Weber, 2010). Este teste é apenas aplicável para sistemas de baixa espessura, como sejam selagens ou pinturas, quando se observam descolamentos ou desgastes superficiais. Para um melhor conhecimento da aderência do revestimento ao suporte será necessário realizar testes quantitativos, pois através deste teste é difícil fazer a distinção entre os níveis mais elevados de adesão.

Descrição do método: 1. Formação de pequenos quadrados de $2 \times 2 \text{ mm}^2$, numa superfície de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ Fig. 39 (a)); 2. Colagem de fita adesiva; 3. Descolamento da fita e observação da percentagem de revestimento aderente Fig. 39 (b)).



(a)



(b)

Fig. 39 – Teste de aderência por quadrícula (Weber).

3.3.3.4. Medição de humidade em profundidade

A medição de humidade em profundidade deve ser executada nos casos em que se suspeite que a anomalia está relacionada com a humidade do suporte, como ocorre no caso de formação de bolhas osmóticas na superfície do revestimento. Para este ensaio são necessários um registador, termopares e sondas de humidade, com os quais se obtém o registo contínuo da temperatura nas várias interfaces do pavimento e da humidade relativa sob o revestimento do piso (Fig. 40) (Pinto, P.eFreitas, V., 2003). Os valores obtidos com este ensaio apresentam níveis de confiança muito superiores aos obtidos com os equipamentos anteriores. No entanto, o método apresenta como desvantagens a necessidade de maior preparação das condições de ensaio, nomeadamente a realização de perfurações no pavimento, além dos custos elevados do equipamento.

Descrição do método: 1. Perfuração do revestimento e das camadas subjacentes até ao nível pretendido; 2. Colocação das sondas; 3. Leitura dos valores do registador.



Fig. 40 – Equipamento utilizado para registo da temperatura e humidade em profundidade (Garcia, J., 2006).

3.3.3.5. MEDIÇÃO DA ESPESSURA DO REVESTIMENTO

Este ensaio tem como objectivo verificar se a espessura do revestimento aplicado está de acordo com o especificado no projecto. Apesar da simplicidade do ensaio este é de extrema importância pois a durabilidade de um pavimento à base de resinas sintéticas é directamente proporcional à sua espessura.

A medição pode realizar-se através da recolha de amostras do pavimento para posterior medição em laboratório ou “*in situ*”, utilizando um aparelho de medição de espessura (Fig. 41 (b)). É importante referir que, apesar de a maioria dos ensaios realizados com aparelhos de medição de espessura serem considerados destrutivos, devido à necessidade de realização de uma ligeira incisão no pavimento, começam a surgir aparelhos capazes de medir a espessura por ultra sons sem danificar o revestimento.



(a)



(b)

Fig. 41 – Medição da espessura do revestimento aplicado.

3.4. CAUSAS

3.4.1. GENERALIDADES

A rápida inovação tecnológica dos processos construtivos e dos materiais de construção não possibilita muitas vezes, um acompanhamento em simultâneo de estudos de desempenho a longo prazo nem uma formação adequada das equipas técnicas, originando anomalias no produto final.

Sempre que um dado elemento construtivo apresenta anomalias não desempenha as características para as quais foi projectado, sejam elas de nível estético ou funcional. A identificação das causas associadas a cada anomalia é fundamental, para assim ser possível uma correcta reparação e impedir o alastramento da anomalia a toda a extensão do elemento. A grande dificuldade do diagnóstico deve-se ao facto de as anomalias decorrerem, geralmente, da conjugação de vários factores adversos, conjugação essa que pode dar-se simultaneamente no tempo ou surgir na sequência da acumulação de efeitos, provocando ou acentuando o processo de degradação.

De uma forma genérica, podemos dividir a origem das diversas anomalias apresentadas por elementos construtivos da seguinte forma (Freitas, V.P.d., 2007):

- **Erros de projecto** devido à falta de sistematização do conhecimento, ausência de informação técnica, falta de pormenorização do projecto, ausência de sistema de incentivos à qualidade, inexistência na equipa de projecto de especialistas em física das construções e de compatibilização de projectos, inexistência de sistema efectivo de garantias;
- **Erros de execução** pela deficiente interligação com os diferentes subempreiteiros, falta de mão-de-obra qualificada, velocidade elevada exigida ao processo construtivo, desconhecimento das propriedades dos materiais e componentes aplicadas;
- **Defeitos dos materiais** devido à não realização de estudo do comportamento dos materiais antes da sua comercialização, homologação/certificação insuficiente, reduzido investimento no desenvolvimento tecnológico;
- **Defeitos na utilização e manutenção.**

Relativamente aos revestimentos à base de resinas sintéticas, desenvolver uma tipificação de causas de anomalias, tal como em outros sistemas, revela dificuldades e, possivelmente, não é alcançável de uma forma única e coerente.

O sistema de classificação de causas apresentado em seguida baseia-se no sistema desenvolvido em (Garcia, J., 2006). Apesar de este ter sido desenvolvido apenas para revestimentos epóxicos, graças à semelhança de anomalias apresentadas pelos diferentes revestimentos à base de resinas sintéticas e à parecença das suas características em uso e técnicas de aplicação, pensa-se que o mesmo sistema pode ser utilizado para todo o conjunto de revestimentos à base de resinas sintéticas. As causas dividem-se em cinco grupos, segundo um critério de origem cronológica, e são: erros de projecto, erros de execução, acções de origem mecânica exterior, acções ambientais e erros de utilização do revestimento. O estabelecimento de uma tipificação assim tem como objectivo facilitar o diagnóstico das situações mais correntes e contribuir para encontrar a sua possível reparação.

O quadro abaixo apresenta a classificação anteriormente descrita, com as correspondentes siglas, bem como uma ordenação por ocorrência de causas em cada um destes grupos. Exemplificando, no grupo C-B (erros de execução), os factores relacionados com a selecção dos materiais antecedem os relacionados com a aplicação e condições de secagem do revestimento (Garcia, J., 2006).

Quadro 7 – Classificação das causas (Garcia, J., 2006).

C-A ERROS DE PROJECTO	
C-A1 especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar	C-A5 concepção / pormenorização incorrecta dos pontos de evacuação de águas
C-A2 especificação incorrecta das espessuras a aplicar	C-A6 concepção / pormenorização incorrecta dos sistemas de protecção
C-A3 concepção / pormenorização incorrecta das juntas estruturais	C-A7 não previsão de planimetria, quando exigida
C-A4 concepção / pormenorização incorrecta dos elementos emergentes	C-A8 não previsão de pendentes, quando exigidas
C-B ERROS DE EXECUÇÃO	
C-B1 má interpretação dos dados do projecto	C-B11 não utilização de rolo de picos
C-B2 mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante	C-B12 tempo de espera entre camadas reduzido ou ultrapassado
C-B3 não realização de ensaios de diagnóstico ao suporte	C-B13 aplicação com tempo húmido / chuvoso ou não controlo do ponto de orvalho
C-B4 tratamento mecânico do suporte inexistente ou insuficiente	C-B14 aplicação em obra aberta
C-B5 aplicação em suportes sujos ou pulverulentos	C-B15 falta de coincidência entre as juntas do suporte e do revestimento
C-B6 não aplicação de primário de aderência ou quantidade insuficiente	C-B16 inexistência ou má execução de meias canas nas ligações parede / pavimento
C-B7 falta de planimetria do suporte ou pendentes mal executadas, quando especificadas	C-B17 inadequada protecção do bordo do remate
C-B8 desrespeito pelas dosagens e recomendações do fabricante	C-B18 falta de protecção dos bordos nas juntas estruturais
C-B9 quantidade de material insuficiente ou má regularização das superfícies acabadas	C-B19 fiscalização / controlo de qualidade insuficiente
C-B10 utilização de inertes ou pigmentos sem controlo no tipo, cor ou granulometria	C-B20 prazos de execução condicionados
C-C ACÇÕES DE ACIDENTE DE ORIGEM MECÂNICA EXTERIOR	
C-C1 queda de objectos	C-C4 ataque químico / biológico
C-C2 choques / vibrações	C-C5 choques térmicos
C-C3 movimentos diferenciais	C-C6 vandalismo
C-D ACÇÕES AMBIENTAIS	
C-D1 radiação solar	C-D3 humidade excessiva
C-D2 temperatura elevada	C-D4 envelhecimento natural
C-E ERROS DE UTILIZAÇÃO	
C-E1 ausência de conservação e manutenção	C-E4 lavagens excessivas ou produtos de limpeza não recomendados
C-E2 utilização prematura	C-E5 modificação do campo de aplicação inicialmente previsto
C-E3 tráfego de cargas excessivo	

3.4.2. ERROS DE PROJECTO

Analisando o Quadro 7 verifica-se que muitas das causas de anomalias em revestimentos à base de resinas sintéticas ocorrem devido a aspectos relacionados com as fases de especificação, concepção e planeamento do revestimento. A selecção de um revestimento para um dado edifício depende de diversos factores, tornando assim impossível a realização de um guia que especifique onde usar cada

sistema de revestimento, pois existem inúmeros parâmetros que podem afectar a decisão, fazendo com que esta fase seja tão importante para o bom resultado final da aplicação (FeRFA, 1999).

A falta de experiência e conhecimento dos projectistas e construtores tem conduzido à adopção de soluções não ponderadas e pouco estudadas a nível das suas repercussões patológicas. Na fase de projecto é fundamental uma troca total de informação entre todas as partes integrantes no processo, a fim de garantir que todos os participantes têm conhecimento das particularidades e métodos de aplicação do revestimento a utilizar. Deverá assim realizar-se uma reunião de preparação com a presença do dono-de-obra, projectista, empreiteiro, aplicador e fornecedor dos materiais para definir quantidades previstas, procedimentos de qualidade e responsabilidade inerentes, prazos e eventual necessidade de formação dos aplicadores, de forma a garantir que o produto seleccionado seja adequado às condições de aplicação e de serviço e uma correcta execução dos trabalhos.

A elaboração de um caderno de encargos para este tipo de revestimentos peca, na maioria dos casos, por ser pouco descritiva, definindo-se os materiais a aplicar maioritariamente através de critérios estéticos e referindo-se apenas a sua designação comercial. Este tipo de procedimento é gravoso, sobretudo quando se concebem soluções de revestimentos expostos a condições de uso exigentes, como acontece com os revestimentos à base de resinas sintéticas. Torna-se imprescindível introduzir, nestes casos, a perspectiva exigencial de elaboração do caderno de encargos.

A especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar origina frequentemente anomalias como o descolamento entre o revestimento e a base (Fig. 42). Esta deficiente especificação está, muitas vezes, relacionada com aspectos económicos ou mesmo a desconhecimento do tipo de produto e campos de aplicação. Um exemplo deste erro é a não previsão ou inadequada escolha de um tratamento mecânico do suporte, no caso de obras de renovação, ou a não previsão da aplicação de uma selagem final no caso de revestimentos com requisitos higiénicos especiais.



Fig. 42 – Falta de aderência entre a base e o revestimento (Garcia, J., 2006).

Associada ainda a uma incorrecta especificação dos produtos, surge a não previsão de barreira pára-vapor, que pode originar uma anomalia por vezes observada neste tipo de revestimento e que está relacionada com a formação de bolhas na superfície do pavimento. Na generalidade dos sistemas de resinas sintéticas a camada base (primário) é permeável ao vapor e impermeável à água líquida, enquanto que a camada de acabamento é impermeável ao vapor e à água líquida, assim no caso de pavimentos térreos, a humidade vinda do solo pode atravessar a camada de primário, sob a forma de vapor, condensando e provocando o descolamento do revestimento (Garcia, J.eBrito, J.).

Um outro fenómeno associado a este erro de especificação de produto é o aparecimento de bolhas osmóticas, fenómeno explicado anteriormente (Fig. 43). Segundo bibliografia consultada, a utilização de barreiras pára-vapor minimiza normalmente a ocorrência de fenómenos de osmose, sendo a composição dos produtos utilizados para este fim, à base de resinas epóxicas, ou misturas destes produtos com cimento.

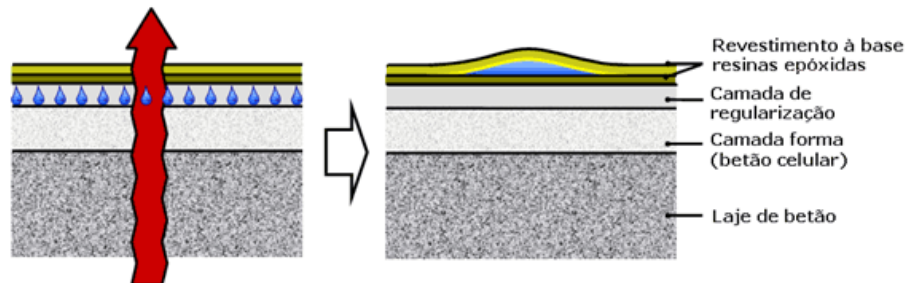


Fig. 43 – Processo de osmose (Freitas, V.eSousa, M.).

Um outro erro de projecto está relacionado com a especificação incorrecta da espessura do revestimento a aplicar. O exemplo mais frequente é a especificação de uma pintura ou selagem com espessura inferior a 1mm em locais com tráfego elevado ou expostos a produtos químicos e temperaturas elevadas. Este erro origina geralmente descolamentos ou desgaste precoce do revestimento.

A concepção / pormenorização incorrecta das juntas estruturais está também na origem a diversas anomalias apresentadas pelos revestimentos à base de resinas. O aparecimento de fissuras e descolamento do revestimento pode dever-se a uma má concepção e pormenorização da junta de dilatação e ao modo como o revestimento está interligado ou mesmo à especificação de um número insuficiente de juntas, para que o revestimento possa, assim, acompanhar as retracções das camadas subjacentes sem que ocorra fissuração. No caso de sistemas de impermeabilização de coberturas à base de resinas, é fundamental ter em atenção a escolha da tonalidade para a amplitude do choque térmico a que a mesma estará sujeita ser a menos elevada possível, a fim de garantir uma maior durabilidade e minimizar o aparecimento de fissuras no revestimento.

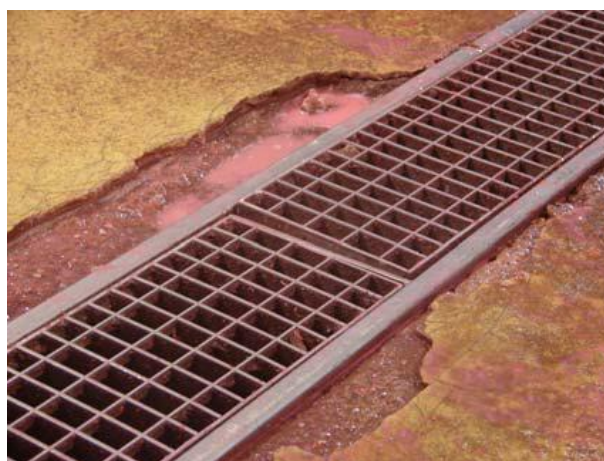


Fig. 44 – Exemplo de descolamento do revestimento junto a elementos de drenagem.

A inexistência em caderno de encargos de informação detalhada e suportada por desenhos de pormenor, do modo de remate do sistema com os elementos de evacuação de água, ou mesmo a não especificação de pendentos com inclinação suficiente para promover o escoamento da água para estes

elementos, podem também ser fontes de anomalias. Estes erros podem levar ao descolamento do revestimento nestes pontos (facilitando, assim, a ocorrência de infiltrações e alastramento da anomalia à área circundante) ou acumulação de líquidos (o que, no caso de serem agentes químicos agressivos, pode deteriorar a superfície do revestimento) (Fig. 44).

Ainda relativamente à especificação e pormenorização de pontos singulares, os elementos emergentes, responsáveis pela ligação pavimento/parede ou pilar (Fig. 45), devem também ser alvo de uma correcta e pormenorizada especificação na fase de projecto, a fim de garantir boa aderência e prevenir os primeiros sinais de anomalias, normalmente progressivos para a superfície corrente do pavimento.



Fig. 46 – Exemplo de elemento emergente.

A concepção / pormenorização incorrecta dos sistemas de protecção surge como uma causa mais específica, mas igualmente importante. Tendo em conta as limitações já apresentadas para estes revestimentos, pode ser necessária a integração de um elemento de protecção, de forma a evitar a ocorrência de anomalias. Os exemplos mais frequentes são a protecção junto a fontes de calor, contra agentes químicos ou da radiação solar. Quando não são previstos estes elementos, podem ser observados, respectivamente, fenómenos de empolamento associado a descolamento progressivo (sobretudo na presença de água), deterioração do revestimento por acção de agentes químicos ou envelhecimento precoce, (caracterizado por amarelecimento superficial devido à radiação UV da luz solar) (Garcia, J., 2006).

O engenheiro projectista deve ainda fornecer todas as informações relativas às datas de início dos trabalhos, no caso de edifícios novos dependendo do estado de cura da laje subjacente, bem como o cronograma dos trabalhos e, caso seja necessário, a especificação de todos os ensaios a realizar ao revestimento, para assim minimizar erros na fase de execução.

3.4.3. ERROS DE EXECUÇÃO

Através da análise do Quadro 7 verifica-se que a maior incidência de erros está relacionada com a fase de execução. Os erros humanos podem ser muito variados e podem ocorrer durante as várias fases por que passa uma construção. O factor humano pode ser dos mais importantes, mesmo primordial, no aparecimento e desenvolvimento de anomalias na construção (Aguiar, J. [et al.], 2001).

A utilização de mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante, associada a prazos de execução condicionados está frequentemente na origem de um produto final defeituoso e que não corresponde ao projectado. Assim, torna-se essencial o acompanhamento em obra por uma equipa de fiscalização especializada neste tipo de revestimentos para garantir o cumprimento do especificado em projecto e, se necessário, dar formação aos aplicadores.

Uma das principais causas associadas aos erros de execução está relacionada com a má interpretação dos dados do projecto. De facto, a falta de comunicação entre projectistas, aplicadores e fabricantes resulta, em muitos casos, em insucessos durante a aplicação. Exemplos destes insucessos são a falta de pormenorização em pontos singulares, como remates ou juntas de dilatação, utilização de produtos com características diferentes das especificadas ou desrespeito pelas recomendações de aplicação do fabricante (Garcia, J., 2006).

Tal como referido no Capítulo 2, o tratamento do suporte é fundamental para a obtenção de um revestimento com elevada aderência à base. Numa fase inicial deverão ser realizados ensaios de humidade e resistência, para concluir se o suporte está preparado para a aplicação do revestimento ou se, pelo contrário, necessita de tratamentos mecânicos. Uma preparação insuficiente ou mesmo inexistente do suporte pode estar na base de anomalias como o descolamento, falta de planimetria e desgaste precoce do revestimento.

À fase de aplicação propriamente dita estão associados diversos erros tais como a não aplicação de primário, o desrespeito pelas dosagens, a aplicação de quantidades de material insuficiente, a má regularização das superfícies acabadas, a não utilização de rolo de picos para libertar o ar incluído na mistura ou a utilização de inertes e pigmentos sem controlo no tipo, cor ou granulometria. A ocorrência destes erros pode dar origem a um revestimento com qualidade inferior ao esperado e alterar as características estéticas pretendidas.



(a)



(b)

Fig. 47 – (a) Má regularização da superfície; (b) Descolamento por falta de primário de aderência (Garcia, J., 2006).

Relativamente às condições ambientais durante a aplicação e a cura do revestimento, deve haver especial atenção. Aplicações com tempo húmido/chuvoso em obra aberta devem ser evitadas, bem como aplicações com temperaturas muito elevadas que irão provocar uma secagem do revestimento excessivamente rápida, podendo dar origem a manchas na superfície.

Ainda sobre as falhas na aplicação, é importante salientar os erros na execução de pontos singulares como juntas de dilatação ou elementos emergentes. Estes são elementos com uma fragilidade superior ao restante revestimento, e, por isso, estão muitas vezes na origem de anomalias que posteriormente se podem estender a toda a área circundante. Erros como a falta de coincidência entre as juntas do suporte e do revestimento ou falta de protecção das mesmas, bem como a inexistência ou má execução de meias canas nas ligações parede/pavimento devem ser evitados.

Por último, é importante referir o peso que a condicionante dos prazos de execução e a falta fiscalização em obra tem no agravamento de algumas causas. Estes dois factores dão, por vezes, origem a situações em obra, tais como, a substituição do material proposto em caderno de encargos por outro de qualidade inferior ou não tão adequável às exigências, a não aplicação dos materiais segundo as regras definidas e sem que sejam respeitados os tempos de secagem necessários ao bom desempenho do revestimento.

3.4.4. ACÇÕES DE ORIGEM MECÂNICA EXTERIOR

Relativamente às acções de origem mecânica exterior, há uma grande variedade de causas de difícil previsão e consequentemente uma elevada diversidade de anomalias associadas. Nesta categoria incluem-se a queda de objectos, ataque químico/biológico, choques térmicos ou mesmo vandalismo.

Os choques térmicos e movimentos diferenciais da estrutura podem dar origem ao aparecimento de fissuras no revestimento. Assim, é fundamental o conhecimento do tipo de revestimentos seleccionado e a sua resistência característica, bem como as próprias limitações do mesmo.

A queda de objectos e as cargas pontuais (tacões pontiagudos, pés de cadeira e de outros móveis com secção demasiado reduzida) pode estar na base de formação de mossas, desgaste ou mesmo perfuração da camada superficial dos revestimentos (Fig. 48). A nível estético, podem também ocorrer certas alterações na superfície ou aparecimento de manchas devido a ataques químicos/biológicos ou mesmo por vandalismo.

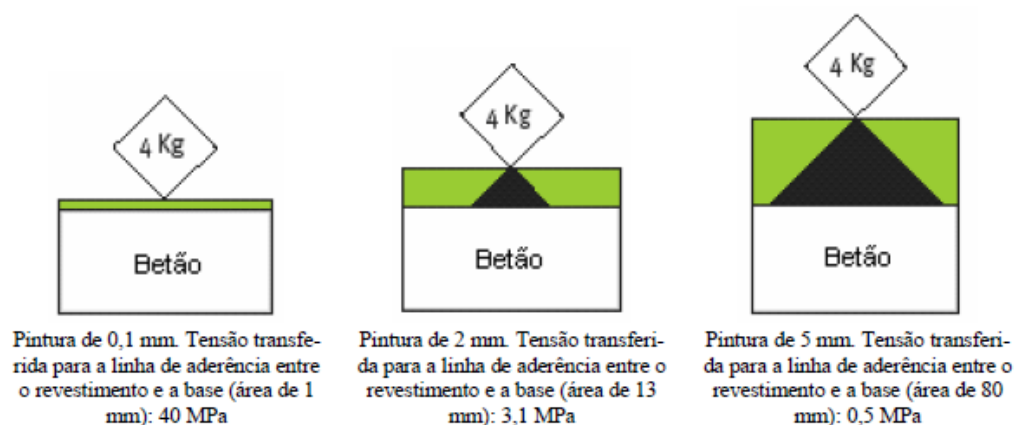


Fig. 48 – Influência da espessura na resistência mecânica do revestimento (Garcia, J., 2006).

3.4.5. ACÇÕES AMBIENTAIS

É no exterior que estas acções se fazem sentir, afectando os materiais que com elas se encontram em contacto. O seu nível de gravidade depende da intensidade com que actuam e do grau de exposição do revestimento. As acções ambientais têm um papel preponderante na escolha dos materiais, métodos e técnicas construtivas e nas suas condições de aplicação. Se estas acções não forem consideradas nestas fases, são vários os processos patológicos que podem ocorrer (Gonçalves, A. [et al.], 2008).

As causas relacionadas com acções ambientais englobam factores como a radiação solar, temperaturas elevadas, humidade excessiva ou, ainda, o próprio envelhecimento natural /desgaste do revestimento e são condicionantes tanto na fase de aplicação como durante a vida útil do revestimento.

Tal como referido anteriormente, a exposição prolongada a radiação solar pode provocar alterações na cor do revestimento ou amarelecimento mesmo. Na fase de aplicação do revestimento, aplicações com tempo húmido ou em obra aberta podem provocar heterogeneidade no aspecto final.

Por último, a humidade excessiva é a principal causa da ocorrência e do alastramento de anomalias nos revestimentos à base de resinas sintéticas, pelo que devem ser tomadas as medidas preventivas apresentadas em 3.3.1.

3.4.6. ERROS DE UTILIZAÇÃO

Na fase de utilização podem ocorrer diversos erros que condicionam a durabilidade e desempenho do revestimento. A ausência de conservação/manutenção e inspecções permite que os fenómenos uma vez iniciados progridam livremente, muitas vezes originando o desencadear de novas anomalias e, assim, gerando situações de degradação acelerada. Por outro lado, a utilização nas operações de manutenção de materiais e tecnologias diferentes das da construção de raiz pode, por sua vez, gerar situações de incompatibilidade de funcionamento do conjunto, com consequências negativas. Torna-se assim importante que na fase de projecto seja realizado um manual de manutenção de forma a garantir que os trabalhos realizados ao longo da vida do edifício estejam em concordância com o projectado, bem como uma especificação dos produtos e métodos de limpeza a utilizar, pois, apesar de estes revestimentos terem uma elevada resistência química, as lavagens sucessivas com agentes químicos agressivos podem contribuir para a ocorrência de anomalias.

A modificação do campo de aplicação inicialmente previsto também pode dar origem a anomalias como o desgaste precoce ou descolamento do revestimento. Estas situações ocorrem quando, por exemplo, um pavimento industrial é especificado para uma determinada utilização e é submetido a uma outra, eventualmente com requisitos químicos ou mecânicos adicionais, para os quais o revestimento inicial previsto não apresenta características técnicas adequadas (Garcia, J., 2006).

Anomalias como riscamento superficial do revestimento também ocorrem durante esta fase, devido fundamentalmente ao tráfego de equipamentos metálicos. Já o tráfego de cargas excessivas em revestimentos finos, que não foram projectados para este tipo de solicitações, pode originar o descolamento do mesmo.

3.5. CORRELAÇÃO ANOMALIAS CAUSAS

Após a descrição das principais anomalias observadas nos revestimentos à base de resinas sintéticas e correspondentes causas, bem como a descrição dos métodos de diagnóstico, torna-se necessária a apresentação das matrizes de correlação “anomalias/técnicas de diagnóstico” e “anomalias/causas”, para uma mais fácil compreensão do peso que cada causa tem para o aparecimento de uma dada anomalia, e assim facilitar o diagnóstico e a selecção de técnicas de reparação mais adequadas.

Nos próximos sub-capítulos são apresentadas as matrizes de correlação das anomalias com os métodos de diagnóstico e das anomalias com as causas prováveis. As matrizes apresentadas são baseadas, tal como o sistema de classificação de causas, na tese de mestrado de Eng. João Garcia “Sistema de inspecção e diagnóstico de revestimentos epóxicos em pisos indústrias”. As matrizes foram elaboradas tendo por base trabalhos anteriormente realizados sobre a mesma temática, referentes a diferentes elementos construtivos e os dados obtidos em inspecções realizadas pelo Eng. João Garcia a 29 revestimentos à base de resinas epóxicas que apresentavam anomalias.

3.5.1. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ANOMALIAS-TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO

No Quadro 8 apresenta-se a matriz correlação “anomalias/técnicas de diagnóstico”, elaborada segunda a nomenclatura proposta no Quadro 5 e Quadro 6. Pela análise desta matriz, torna-se possível, após a identificação das anomalias presentes num dado revestimento à base de resinas sintéticas, seleccionar qual ou quais os métodos mais adequados para a correcta caracterização da anomalia em termos de extensão e gravidade.

Na matriz de correlação “anomalias/técnicas de diagnóstico” apresentada, na intersecção de cada linha (representando uma anomalia) com cada coluna (representando um método de diagnóstico) é inscrito um número, que representa o grau de correlação entre ambos, de acordo com o seguinte critério (Garcia, J., 2006):

- 0- SEM RELAÇÃO - não existe qualquer relação entre a anomalia e a técnica de diagnóstico;
- 1- PEQUENA CORRELAÇÃO - método de diagnóstico adequado à caracterização de determinada anomalia, embora possua limitações, em termos de execução técnica ou de custo, que reduzem o espectro da sua aplicabilidade;
- 2- GRANDE CORRELAÇÃO - método de diagnóstico adequado à caracterização de determinada anomalia, cuja execução é de exigência técnica mínima e o equipamento necessário acessível, tornando a respectiva área de aplicação abrangente.

Pela observação do Quadro 8 verifica-se que existem anomalias para as quais é indicada a realização de mais do que um método de diagnóstico com o mesmo tipo de relação. A situação em que é indicado mais do que um método de pequena relação é justificada por estes estarem limitados em termos de aplicabilidade e só se tornar adequada a sua execução, em termos técnico-económicos, em determinadas situações particulares, que variam de anomalia para anomalia. Os casos em que são indicados dois ou mais métodos de diagnóstico de grande relação justificam-se pelo facto de cada um desses métodos corresponder à caracterização de um determinado parâmetro da anomalia em causa, sendo por isso necessário utilizá-los de forma consecutiva, de forma a efectivar o diagnóstico pretendido (Silvestre, J., 2005) citado por (Garcia, J., 2006).

Para além dos ensaios propostos, todas as técnicas de diagnóstico devem ser, tal como anteriormente referido, complementadas com vistorias às restantes zonas do edifícios, para rastrear anomalias em

outras áreas do pavimento. Os dados obtidos devem ser sistematizadas em fichas de inspecção visual e de ensaios de forma a facilitar a interpretação e reduzir a margem de erro na análise, para assim, após a identificação das anomalias e a realização dos ensaios necessários ser então possível encontrar as técnicas de reparação mais adequáveis.

Quadro 8 – Matriz de correlação anomalias/técnicas de diagnóstico (Garcia, J., 2006).

	T-DN1	T-DN2	T-DN3	T-DN4	T-DN5	T-D1	T-D2	T-D3	T-D4
A-A1	1	2	1	0	2	1	2	1	1
A-A2	1	0	2	0	0	0	1	1	0
A-A3	2	0	0	2	0	1	1	0	0
A-A4	0	2	2	0	0	0	0	0	0
A-A5	2	0	0	0	1	0	1	2	0
A-A6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
A-A7	0	2	2	0	2	1	0	0	2
A-A8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A-A9	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Esta matriz é uma ferramenta auxiliar para o inspector, para que este actue segundo o tipo e extensão da anomalia em análise e possa seleccionar as técnicas mais adequadas, em função do equipamento requerido, grau de complexidade, vantagens e limitações. São apresentadas no quadro abaixo as técnicas que podem ser utilizadas em anomalias do grupo A-A3, fissuração.

Quadro 9 – Exemplo de aplicação da matriz anomalias/técnicas de diagnóstico.

Ficha Anomalia/Ensaio		Anomalia: A-A3 fissuração
Ensaio a realizar	Descrição do método	
T-DN1 avaliação da planimetria/horizontalidade	1. Colocação da régua de nível no pavimento e verificação da planimetria à superfície do revestimento; 2. Verificação da mesma propriedade, com sonda laser, para áreas de maior extensão.	
T-DN4 medição de fissuras	1. Colocação do equipamento junto à fissura; 2. Leitura do valor .	
T-D1 caroteadora	1. Extracção de amostras, por intermédio de uma coroa circular diamantada que perfura com rotação; 2. Análise visual para caracterização sumária; 3. Ensaios laboratoriais (eventualmente); 4. Tamponamento dos furos com argamassa de reparação.	
T-D2 ensaio de tracção (<i>pull-off</i>)	1. Execução de carote do pavimento até ao suporte com a forma da peça de aço (disco de 50mm de diâmetro) a colar; 2. Colagem da peça de aço à superfície do revestimento, com cola epóxida; 3. Aplicação de uma força perpendicular ao plano do revestimento pelo equipamento de ensaio acoplado à peça de aço; 4. Leitura da tensão de rotura obtida necessária (N/mm ²); 5. Tamponamento dos furos com argamassa de reparação.	

3.5.2. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ANOMALIAS-CAUSAS

A matriz apresentada no Quadro 10 foi construída segunda a nomenclatura proposta no Quadro 5 e Quadro 7 relativamente as anomalias e causas respectivamente. Para o seu preenchimento dividiram-se as causas prováveis de ocorrência das anomalias em causas próximas e causas primeiras.

As causas próximas são as que precedem imediatamente o aparecimento da anomalia à vista desarmada sendo também caracterizadas por poderem ser eliminadas através de apropriadas soluções de reparação. Não são, em geral, a raiz do problema, sendo precedidas pelas causas primeiras que despoletaram o processo. As causas primeiras podem ser bastante distantes da anomalia e a sua relação é por vezes indirecta, correspondendo às causas que necessitam da conjunção de uma causa directa para que se inicie o processo patológico (como, por exemplo erros, humanos na fase de concepção e projecto, na fase de execução em obra ou ainda na fase de utilização do edifício). Para evitar este tipo de causas, é possível estabelecer um conjunto de medidas preventivas a aplicar em cada uma das fases da vida do sistema de revestimento (Garcia, J., 2006).

Esta classificação pode ser demonstrada com um exemplo relativo ao aparecimento de manchas na superfície do revestimento. Estas podem dever-se a lavagens excessivas ou produtos de limpeza não recomendados. No entanto, as manchas também se podem verificar devido a uma especificação incorrecta dos produtos ou das camadas a aplicar. Assim, a lavagem excessiva corresponde à causa próxima, enquanto a especificação incorrecta dos produtos é considerada uma causa primeira. Pode-se assim compreender que a existência de várias causas primeiras e a passagem do tempo permitem que a deterioração atinja níveis nos quais os problemas já são visíveis.

Na intersecção de cada linha da matriz (representando uma causa) com cada coluna (representado uma anomalia) é inscrito um número que representa o grau de correlação entre ambas, de acordo com o seguinte critério:

- 0- SEM RELAÇÃO - não existe qualquer relação (directa ou indirecta) entre a causa e anomalia;
- 1- PEQUENA CORRELAÇÃO - causa indirecta (primeira) da anomalia, relacionada com o despoletar do processo de degradação; causa não necessária para o desenvolvimento do progresso, embora o catalise;
- 2- GRANDE CORRELAÇÃO - causa directa (próxima) da anomalia, associada à fase final do processo de degradação; quando a causa ocorre, constitui uma das razões principais do processo de degradação e é indispensável ao seu desenvolvimento.

Quadro 10 – Matriz de correlação causas/anomalias (Garcia, J., 2006).

	A-A1	A-A2	A-A3	A-A4	A-A5	A-A6	A-A7	A-A8	A-A9
C-A1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
C-A2	1	0	0	0	1	1	0	0	0
C-A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-A5	0	0	0	1	1	0	0	0	0
C-A6	0	2	0	1	0	0	0	0	2
C-A7	0	0	0	0	1	1	0	0	0
C-A8	0	0	0	1	1	1	0	0	0
C-B1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
C-B2	1	0	1	2	1	2	1	2	1
C-B3	1	0	1	0	0	0	1	0	0
C-B4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B8	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C-B9	0	0	0	0	1	2	0	0	0
C-B10	0	0	0	0	1	1	0	0	0
C-B11	0	0	0	0	0	0	0	2	0
C-B12	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B13	1	0	0	2	0	0	2	0	0
C-B14	0	0	0	2	0	0	0	2	0
C-B15	0	0	2	0	0	0	0	0	0
C-B16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-C1	2	0	2	0	2	0	0	0	0
C-C2	2	0	2	0	2	0	0	0	0
C-C3	0	0	2	0	0	0	0	0	0
C-C4	0	2	0	2	2	0	0	0	0
C-C5	1	0	0	0	1	0	0	0	0
C-C6	2	0	0	0	2	0	0	0	0
C-D1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C-D2	0	2	0	0	0	0	0	0	2
C-D3	2	0	0	0	0	0	2	0	0
C-D4	1	0	0	0	1	0	0	0	1
C-E1	1	0	0	1	2	0	0	0	0
C-E2	1	0	0	1	1	0	0	0	0
C-E3	1	0	2	0	2	0	0	0	0
C-E4	0	2	0	2	2	0	0	0	0
C-E5	1	1	1	1	2	0	0	0	0

Em seguida, apresenta-se um exemplo relativo à anomalia A-A9 “perda de tonalidade” de como foi realizada esta matriz.

Quadro 11 – Exemplo de aplicação da matriz anomalias/causas.

Causas Prováveis	Anomalia: A-A9 perda de tonalidade
Causas Próximas	
C-A6 – concepção/ pormenorização incorrecta dos sistemas de pormenorização C-B8 – desrespeito pelas dosagens e recomendações do fabricante C-D1 – radiação solar C-D2 – temperatura elevada	
Causas Primeiras	
C-A1 – especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar C-B1 – má interpretação dos dados de projecto C-B2 – mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante C-D4 – envelhecimento natural	

3.6. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

3.6.1. INTRODUÇÃO

As intervenções de reparação de anomalias em revestimentos à base de resinas sintéticas podem ser de natureza preventiva ou correctiva. As primeiras correspondem à adopção de adequadas disposições construtivas e de projecto que permitem evitar o aparecimento de anomalias. Relativamente às intervenções de natureza correctiva podem ser muito diversificadas, não só porque as anomalias em revestimentos à base de resinas sintéticas podem ser variadas, mas também porque para cada tipo de anomalia não existe uma medida correctiva única possível. Assim torna-se difícil apresentar uma solução tipo para a reabilitação das anomalias em estudo. O grau de intervenção é também função do objectivo e da natureza das obras a realizar, que podem ser de simples conservação, ou implicar trabalhos de maior envergadura, quando visam a reabilitação do revestimento degradado ou desajustado, para novas funções (Aguar, J. [et al.], 2001).

A fase de selecção das técnicas de reparação a aplicar a um dado revestimento é de grande importância, e só pode ocorrer após um estudo aprofundado sobre as anomalias presentes no revestimento e as causas associadas, para assim ser possível elimina-las de raiz, garantindo assim, que após a reabilitação, o novo pavimento não volta a sofrer das mesmas anomalias.

É possível tipificar as soluções de intervenção que visam corrigir ou remediar as situações de patologia geral em seis grandes grupos, tendo em conta a gravidade e a exigência da intervenção que se pretende efectuar (Aguar, J. [et al.], 2001):

- Eliminação das anomalias;
- Substituição dos elementos e materiais afectados;
- Ocultação das anomalias;
- Protecção contra os agentes agressivos;

- Eliminação das causas das anomalias;
- Reforço das características funcionais.



Fig. 49 – Reparação localizada de revestimento.

As soluções de intervenção que consistem na simples eliminação de anomalias têm especial utilidade em trabalhos de conservação. Esta solução exige normalmente a adopção de outras medidas correctivas dirigidas às causas, procurando eliminá-las de raiz, impedindo assim que os seus efeitos continuem a fazer-se sentir sobre os elementos afectados.

Na generalidade, estas intervenções são localizadas, dando assim origem a heterogeneidades no aspecto final do revestimento (Fig. 49). Em revestimentos à base de resinas sintéticas, é frequente ver-se este tipo de reparações, nas quais as áreas anómalas são perfeitamente identificadas, uma vez que os aspectos relacionados com a estética do pavimento são desvalorizados, quando comparados com os de índole funcional.

Nos casos em que os revestimentos apresentem deficiências de uma gravidade tal que inviabilize a sua utilização, a substituição constitui a solução correctiva mais adequada. Essa substituição pode ser total ou parcial, consoante a extensão das anomalias e a natureza dos elementos afectados. Estas soluções são aplicáveis tanto em trabalhos de conservação como em obras de reabilitação e necessitam, tal como anteriormente referido, de ser complementadas com uma actuação sobre as causas das anomalias, sempre que essas causas permaneçam após a realização dos trabalhos de substituição e existam condições propícias à ocorrência das mesmas anomalias nos novos elementos.

A ocultação de anomalias é recomendada apenas em situações onde não for possível uma intervenção correctiva capaz de eliminar as causas, pois esta intervenção consiste apenas no disfarce dos efeitos sobre os elementos afectados.

Nas soluções de intervenção de protecção contra os agentes agressivos, procura-se impedir que os agentes causadores das anomalias continuem a actuar sobre os elementos de construção afectados. Esse objectivo pode ser conseguido pela interposição de uma barreira, pela criação de uma zona tampão entre a fonte da anomalia e os elementos que se pretende proteger, ou pelo reforço das próprias condições de protecção já oferecidas por tais elementos (Garcia, J., 2006).

Neste subcapítulo, é apresentado o sistema classificativo das técnicas de reparação e manutenção aplicáveis a revestimentos à base de resinas sintéticas. A utilização destas técnicas permite, após a identificação de anomalias, reparar as anomalias e eliminar as respectivas causas.

O Quadro 12 apresenta as técnicas de reparação propostas para os revestimentos à base de resinas sintéticas que são em seguida objecto de uma breve caracterização e descrição.

Quadro 12 – Técnicas de reparação.

Técnicas de reparação	
Aplicação de novo revestimento	Aplicação de revestimento fino
Aplicação de barreira pára-vapor	Nivelamento do pavimento
Colocação de elementos de protecção	Aplicação de outro tipo de revestimento
Colocação de armadura/tratamento de fissuras	

3.6.2. APLICAÇÃO DE NOVO REVESTIMENTO

A necessidade de aplicação de um novo revestimento depende do tipo de anomalia apresentada e da sua extensão, podendo ter de ser substituído todo o revestimento ou apenas uma área localizada. Para que o aspecto final não resulte esteticamente inaceitável, a reparação não deve confinar-se à zona afectada mas estender-se a uma área maior, delimitada por remates ou correspondente a um painel de esquartelamento.

A primeira fase destes trabalhos consiste na remoção do revestimento e posterior tratamento mecânico do suporte (Fig. 50 (a)). Por último, aplica-se a nova camada de revestimento à base de resinas sintéticas, segundo o sistema de pavimentação exigido.



(a)



(b)

Fig. 50 – (a) Tratamento mecânico; (b) aplicação de revestimento (Garcia, J., 2006).

No caso de revestimentos com formação à superfície de “bolhas osmóticas”, aconselha-se a aplicação de duas mãos de primário sobre a base de betão, para assim garantir que toda a área está coberta por este e obter o máximo de adesão possível entre o novo revestimento e o suporte para além da aplicação de um revestimento com espessura mínima de 6mm.

Esta técnica é uma das mais utilizadas, tendo em conta que, quando é necessária uma substituição do revestimento devido a uma anomalia, estética ou funcional, quase sempre isso envolve a substituição total ou parcial do revestimento.

3.6.3. APLICAÇÃO DE BARREIRA PÁRA-VAPOR

O efeito da humidade ascensional e consequências associadas foi já abordado ao longo desta dissertação. Uma possível solução de intervenção em locais onde este fenómeno ocorre, é a colocação de uma barreira pára-vapor uma vez que estas são componentes que dificultam a transferência de vapor de água, oferecendo uma resistência significativa à sua passagem (Freitas, V.ePinto, P., 2003)

As barreiras pára-vapor podem ser realizadas por membranas (rígidas ou flexíveis) ou por películas de revestimento (tintas e emulsões) (Fig. 51). Nos revestimentos à base de resinas sintéticas são geralmente utilizadas emulsões, normalmente de composição resinosa e com cimento incorporado (Garcia, J.eBrito, J.). Para a sua aplicação é necessária a remoção total do revestimento existente, pois na generalidade dos casos é necessária a colocação da barreira em toda a extensão do pavimento, de modo a evitar que o fenómeno possa ocorrer nas zonas circundantes.

Esta técnica de reparação pode não ser solução para locais com teores de humidade ascensional muito elevados. Assim, recomenda-se a realização de ensaios de diagnóstico ao suporte, com o objectivo de estudar a adequabilidade deste método aos sistemas de revestimento à base de resinas sintéticas, para se necessário seleccionar uma diferente técnica de diagnóstico, como a aplicação de outro tipo de revestimento que seja permeável ao vapor.

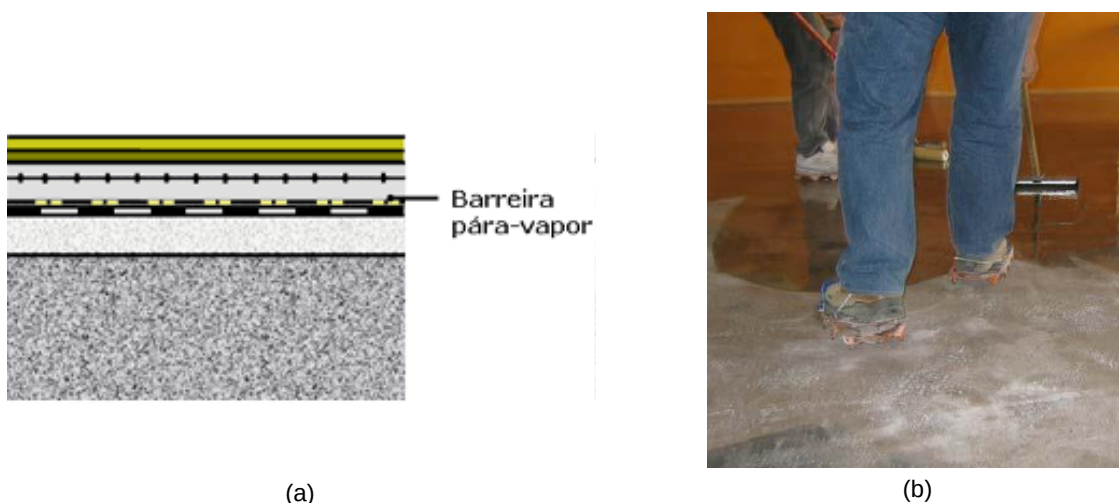


Fig. 52 – (a) Esquema de pavimento com barreira pára-vapor (Freitas, V.eSousa, M.); (b) aplicação de barreira pára-vapor.

3.6.4. COLOCAÇÃO DE ELEMENTOS DE PROTECÇÃO

Nas áreas onde são previstos agentes, que se considerem prejudiciais ao desempenho de um dado revestimento à base de resinas sintéticas, seja por alterações das suas características de resistência ou por alterações estéticas, devem ser previstas protecções do pavimento. Esta acção pode ser considerada como uma medida preventiva, aquando a especificação de protecções do pavimento é realizada desde a fase de projecto, antes da sua utilização, ou como técnica de reparação, no caso de se assistir a fenómenos anómalos como sejam o empoamento do revestimento por acção o calor ou o

amarelecimento por acções dos raios UV. Estes elementos tem como função proteger o revestimento dos agentes que se considerem prejudiciais ao seu desempenho.



Fig. 53 – Aplicação de elementos de protecção (Garcia, J.eBrito, J.).

3.6.5. COLOCAÇÃO DE ARMADURA/TRATAMENTO DE FISSURAS

Tal como referido no Capítulo 2, a aplicação de armadura é recomendável sempre que a base apresente fissuras, ou em áreas submetidas a cargas excessivas e nas ligações entre materiais distintos (Fig. 54 (a)).

Quando se verifica a fissuração no revestimento devida a movimentos diferenciais da estrutura, a reparação poderá envolver o tratamento de fissuras no suporte. Para tal, após a remoção do revestimento, deve-se proceder ao tratamento das fissuras com resinas e injeção (Fig. 54 (b)).



(a)



(b)

Fig. 54 – (a) Aplicação de revestimento sob armadura; (b) tratamento de fissura (Maxit).

As resinas utilizadas são normalmente epóxicas ou de poliuretano; o material injectado deve possuir fluidez adequada à penetração, ser estável a longo prazo e ter uma retracção reduzida ou ser mesmo ligeiramente expansivo (Aguiar, J. [et al.], 2001). Os produtos de injeção tem como função colmatar as áreas fissuradas, permitindo deste modo minimizar as tensões no suporte e, consequentemente, tornar mais improvável a ocorrência de novo fenómeno de fissuração no revestimento.

Para a injeção de resinas é necessário em primeiro lugar abrir pequenos orifícios ao longo da fissura para em seguida se realizar a injeção nos orifícios.

3.6.6. APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO FINO

Esta técnica de reparação é recomendada fundamentalmente para revestimentos à base de resinas sintéticas que apresentem anomalias tais como manchas, desgaste superficial, bolhas de difusão de ar e amarelecimento, ou seja, anomalias de índole estético.

Anomalias como manchas e bolhas de difusão de ar, ocorrem maioritariamente devido a condições atmosféricas desfavoráveis durante a aplicação, assim, aquando a aplicação de um novo revestimento fino deveram ser monitorizadas as condições atmosféricas e de humidade superficial para assim minimizar ou anular a fonte causadora das anomalias. A aplicação do revestimento deve ser precedida por um tratamento mecânico, geralmente polimento, seguido da aplicação do revestimento com a espessura mínima (Fig. 55), em toda a área do pavimento ou, caso existam áreas esquarteladas, apenas em áreas localizadas afectadas.



Fig. 56 – Aplicação de revestimento fino (Garcia, J.eBrito, J.).

3.6.7. NIVELAMENTO DO PAVIMENTO

Tal como explicado anteriormente na presente dissertação, o nivelamento do pavimento pode ser crucial em determinados tipos de pavimentos, tal como acontece com a execução de pendentes adequadas para pontos de evacuação de águas. Assim sendo, nos locais onde estes requisitos não se considerem devidamente satisfeitos, poderá ser necessária a aplicação de um produto autonivelante ou argamassa adequada para execução de desníveis no pavimento (Garcia, J., 2006).

Para a realização do nivelamento do pavimento é geralmente necessária a remoção do revestimento existente. Caso seja necessária a execução de pendentes adequadas, para garantir o correcto escoamento, após a remoção do revestimento, deverá efectuar-se um tratamento mecânico ao suporte, seguido da execução de pendentes e, por último, colocação de um novo revestimento à base de resinas sintéticas. Se o pavimento apresentar problemas de nivelamento não associado a pendentes, deverá ser aplicado um revestimento autonivelante (Fig. 57 (a)), após tratamento mecânico da superfície, podendo nestes casos o revestimento antigo ser ou não removido, dependendo do estado de conservação do mesmo.



Fig. 57 – (a) aplicação de revestimento autonivelante (FeRFA, 1999); (b) execução de pendentes.

3.6.8. APLICAÇÃO DE OUTRO TIPO DE REVESTIMENTO

A necessidade de aplicação de um outro tipo de revestimento acontece quando o revestimento à base de resinas sintéticas não satisfaz os requisitos estéticos ou funcionais exigidos, ou quando não é possível eliminar as principais causas associadas às anomalias observadas. No caso de anomalias associadas a humidade ascensional, pode por vezes não ser possível, através da aplicação de uma barreira para vapor, anular a causa, sendo necessário aplicar um revestimento permeável ao vapor de água, como por exemplo do tipo ladrilhos cerâmicos. Em termos económicos esta também pode ser uma solução atractiva. Como é de esperar, esta técnica implica a remoção do revestimento existente, eventual tratamento mecânico do suporte e aplicação do novo revestimento.



Fig. 58 – Revestimento cerâmico em pavimento industrial (Garcia, J., 2006).

4

ESTUDO DE CASOS

4.1. ANOMALIAS EM PAVIMENTO EXTERIOR DE UM EDIFÍCIO DE COMÉRCIO E SERVIÇOS

4.1.1. INTRODUÇÃO

O presente estudo refere-se a um revestimento aplicado em pavimento exterior de um edifício de comércio e serviços, situado na cidade do Porto.

Inicialmente (em projecto) estava prevista a aplicação de um sistema de revestimento à base de resinas de poliuretano. Em fase de preparação de obra foi alterada a solução para um sistema à base de resinas de metacrilatos, aplicado em Junho de 2006.

Um ano após a aplicação já eram visíveis diversas anomalias. Nessa altura optou-se pela remoção parcial do revestimento e aplicação de um novo sistema, desta feita à base de resinas de poliuretano.

Nos pontos seguintes é feita a descrição dos sistemas aplicados e anomalias observadas e é sintetizada a análise realizada com vista à identificação das causas prováveis e possíveis soluções de reparação.

4.1.2. ANOMALIAS NO PAVIMENTO

4.1.2.1. Descrição das anomalias

Analisando separadamente as anomalias presentes na praça, com o revestimento original à base de resinas de metacrilatos, e as anomalias observadas na zona reparada, com aplicação de um novo pavimento à base de resinas de poliuretano, destacam-se as seguintes:

Anomalias observadas em pavimento original, à base de resinas de metacrilatos:

- Fissuração (Fig. 59(a));
- Descolamento/ Levantamento (Fig. 59 (c));
- Bolhas osmóticas (Fig. 59 (e));
- Bolhas de difusão de ar (Fig. 59 (b));
- Má preparação do suporte (pendentes insuficientes e irregularidade da superfície).



Fig. 59 – Anomalias verificadas no revestimento à base de resinas de metacrilatos.

Anomalias presentes em pavimento à base de resinas de poliuretano:

- Eflorescências (Fig. 60 (a) e (d));
- Má preparação do suporte (pendentes insuficientes e irregularidade da superfície);
- Bolhas (Fig. 60 (b)).

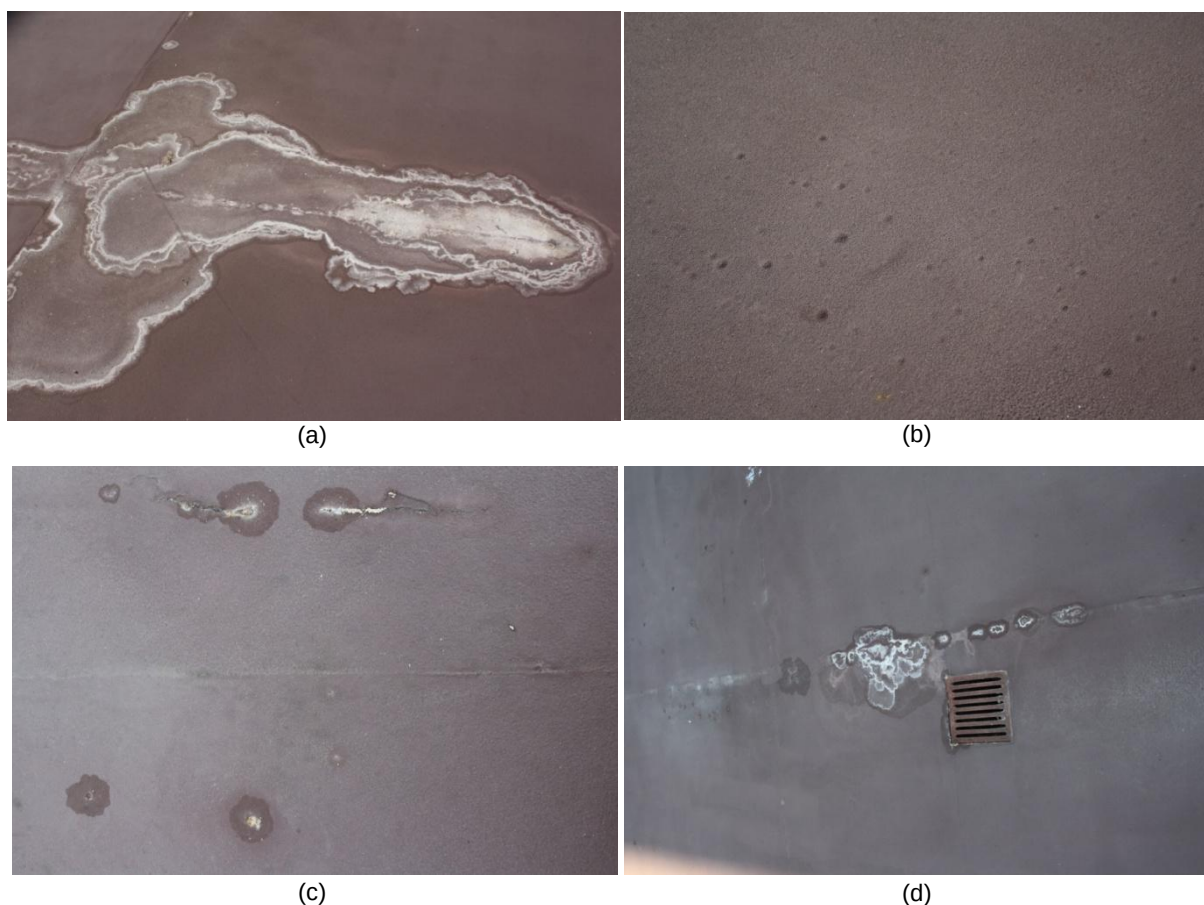


Fig. 60 – Anomalias observadas no revestimento à base de resinas de poliuretano.

Após a visita ao local, e como se depreende da análise das Fig. 59 e Fig. 60, é fácil constatar que as zonas com maior exposição solar correspondem às de maior concentração de anomalias em superfície corrente.

Em geral verificou-se a incorrecta execução de remates com elementos emergentes e com pontos de descarga da rede de drenagem de águas residuais pluviais.

4.1.2.2. Diagnóstico

4.1.2.3. Procedimentos de análise

Com o objectivo de analisar as anomalias, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Visita ao local para inspecção visual, levantamento fotográfico e mapeamento das anomalias;
- Análise de informação escrita e peças desenhadas sobre os diferentes sistemas de revestimento utilizados;
- Análise de documentos técnicos sobre os sistemas de revestimento aplicados;
- Aplicação do método do filme de polietileno;
- Medição de temperatura superficial.

4.1.2.4. Caracterização do pavimento estudado

Para a compreensão do pavimento em estudo podemos analisar a Fig. 61 que apresenta um pormenor de um corte construtivo referente ao Projecto de Execução da especialidade de Arquitectura.

É importante salientar que estava previsto a aplicação de um revestimento elástico com base em resinas de poliuretano em vez do de resinas de metacrilatos aplicado em obra.

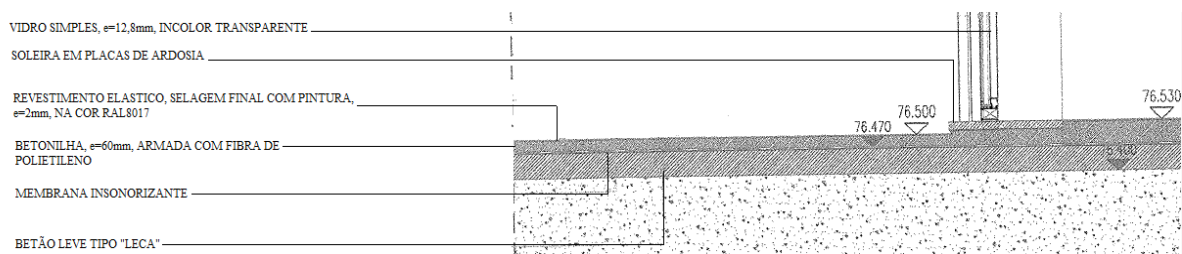


Fig. 61 – Pormenor da constituição do pavimento da praça (ligação às montras).

Seguidamente são descritas ambas as soluções de revestimento de pavimento aplicadas conforme foram especificadas em informação escrita consultada.

Composição do sistema de revestimento aplicado à base de metacrilato, sistema do tipo “Degadur 332/528”, (Anti-Derrapante $\approx$ 5mm):

- Preparação mecânica do pavimento com aspiração em simultâneo;
- Aplicação de primário à base de resinas de metacrilato, Degadur 112;
- Aplicação de membrana líquida de resina de metacrilato flexível, Degadur 430 com espessura de 2mm;
- Aplicação de revestimento elástico à base de resinas de metacrilato, Degadur 332, seguido de polvilhamento em fresco com areia de sílica lavada e calibrada;
- Selagem final com resina de metacrilato flexível, Degadur 528 em duas demãos, na cor RAL 8017, com acabamento anti-derrapante.

Nas condições técnicas consultadas apenas foi encontrada referência ao preenchimento de juntas por banda própria para reforço de ligações com 15cm de largura e 2mm. No entanto, não foram encontrados nos desenhos referências ao espaçamento necessário.

Na análise da documentação técnica não foi encontrada qualquer referência à incorporação no sistema de uma barreira pára-vapor.

Composição do sistema posteriormente aplicado - sistema “Mastertop” à base de Poliuretano:

- Granalhagem prévia dos revestimentos dos pavimentos existentes, para criação de boas condições de aderência;
- Aplicação do SISTEMA MASTERTOP da BASF;
- Aplicação de primário de aderência Mastertop P611 (0,25kg/m²) com incorporação de armadura de fibra de vidro TX 270;
- Lixagem rotativa de forma a uniformizar a superfície de trabalho;
- Aplicação de verniz de aderência Mastertop P611 (0,50kg/m²) + cargas APS 50;

- Aplicação de revestimento elástico, auto-nivelante e impermeável, bicomponente à base de resinas de poliuretano em solvente, CONIPUR 266 (1,20kg/m²) com cerca de 1mm de espessura na cor RAL 7032;
- Selagem geral do revestimento com resina de poliuretano monocomponente CONIPUR 258 (0,50kg/m²) na cor 8071.

Intervenção realizada para aplicação da segunda solução:

- Remoção do revestimento existente na área identificada como mais danificada e aplicação de um novo, à base de resinas de poliuretano;
- Execução de juntas de isolamento/dilatação com cerca de 25mm de largura e profundidade permitida pela betonilha em cada local, para tentar conferir uma melhor capacidade de movimentos elásticos ao revestimento devido à grande extensão de aplicação. Para além do aumento do número de juntas de dilatação em relação ao número compreendido no projecto original, foram realizadas juntas de dilatação a contornar os elementos emergentes.
- Aplicação na parte interior da fachada dos estabelecimentos do mesmo sistema de impermeabilização utilizado na praça, por cima da soleira, com utilização de uma meia cana. Pelo exterior, aplicação de uma contra-soleira, conforme Fig. 62, de forma a garantir uma maior protecção ao sistema de impermeabilização executado.
- Execução de furos com ϕ 22mm no nível inferior da laje e colocação de uma caleira, ligada aos tubos de queda existentes na cobertura, para garantir a não existência de água nem de vapor de água ascendente, uma vez que este tipo soluções de impermeabilização do pavimento são muito sensíveis ao teor de humidade do substrato, e não foram previstos quaisquer tipo de barreiras pára-vapor no projecto original.

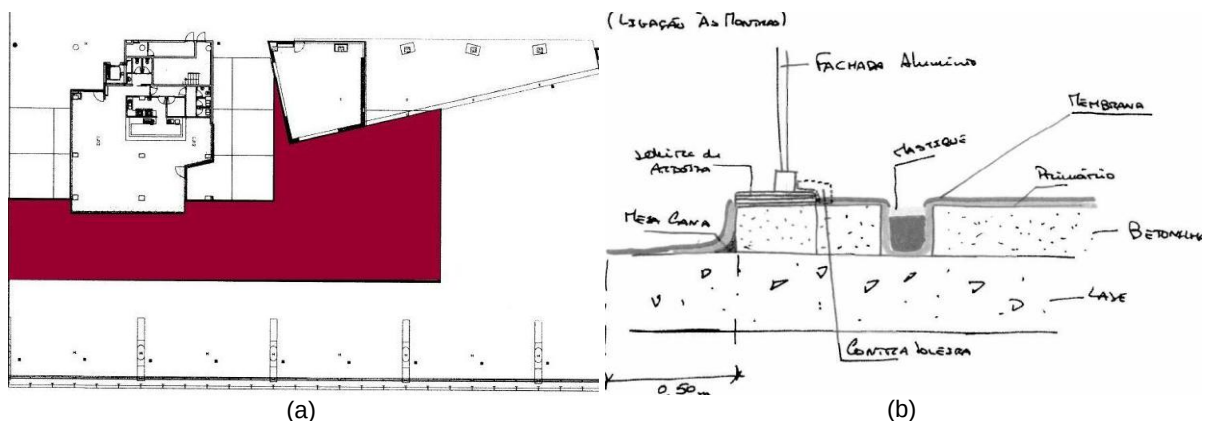


Fig. 62 – (a) Área de intervenção; (b) tratamento das soleiras existentes.

4.1.2.5. Sondagens e medições efectuadas

Durante visita ao local em Junho de 2010, foram realizados diversos ensaios não destrutivos para aferir parâmetros importantes para a compreensão das causas das anomalias.

Foram recolhidas amostras em zonas com descolamento do revestimento à base de metacrilatos, para medição da espessura.

Procedeu-se à colocação 3 filmes de polietileno (dois sobre o revestimento à base de resinas de metacrilato e um outro sobre o revestimento à base de resinas de poliuretano), com 1x1m², selados

com fita adesiva, durante 24h, com o objectivo de verificar a eventual existência de humidade no suporte.

Com o apoio de um termómetro de infravermelhos, tipo “Pyrometer IE7”, efectuaram-se medições da temperatura superficial em ambos os sistemas de revestimento, em zonas com e sem exposição solar (ver Fig. 63). Foram realizadas medições em quatro momentos distintos que fecham um período de 24h:

- Tarde: 17h / Temperatura ambiente = 25°C
- Noite: 22h / Temperatura ambiente = 16°C
- Manhã: 10h / Temperatura ambiente = 22°C
- Tarde: 17h / Temperatura ambiente = 24°C

Para calibração do equipamento considerou-se uma emissividade do revestimento $\varepsilon = 0,93$. Para cada local de ensaio e para cada momento de medição, foram efectuadas dez leituras da temperatura.

A Fig. 64 permite visualizar o momento de realização do teste de filme de polietileno.

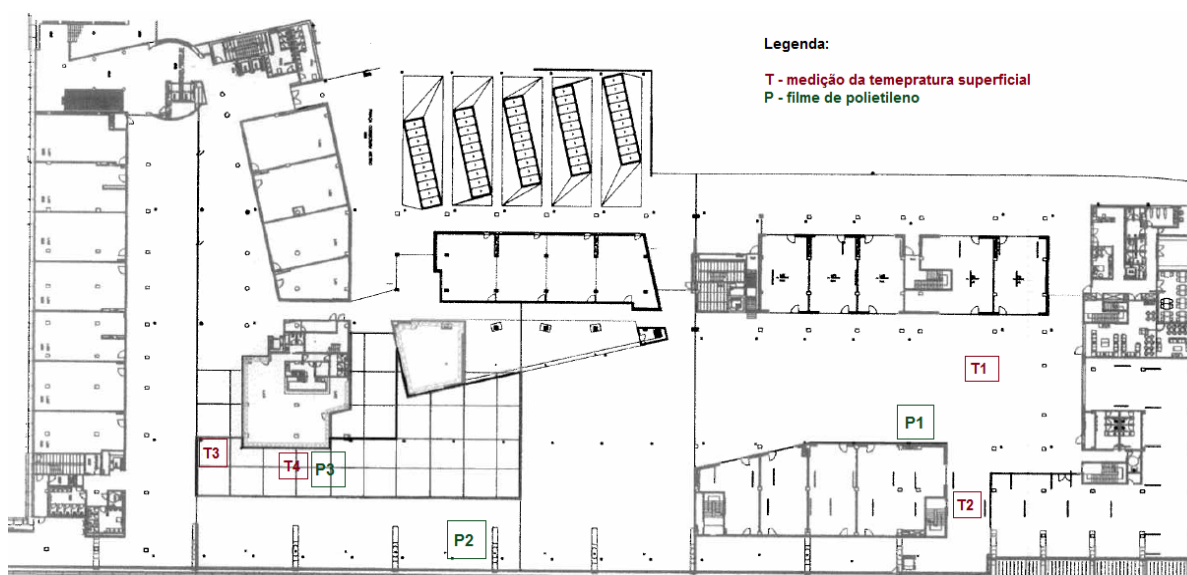


Fig. 63 – Planta de localização dos testes de filme de polietileno e medição da temperatura.



Fig. 64 – Teste do filme de polietileno.

4.1.2.6. Resultados obtidos

Através da análise da informação disponível sobre os produtos presentes no revestimento à base de resinas de metacrilatos, conclui-se:

- O sistema “Degadur”, à base de resinas sintéticas de metacrilatos, pode ser aplicado sobre substratos de betão, metal ou asfálticos em áreas internas ou externas; este possui uma elevada resistência a condições climatéricas variadas, tendo uma elevada resistência aos raios UV;
- A ficha de aplicação do sistema define 5mm como espessura mínima e 8mm como espessura máxima;
- Relativamente ao substrato, a ficha de aplicação do sistema “Degadur” salienta a importância da sua preparação através de jateamento ou tratamento mecânico, e a necessidade do controle do seu nível de humidade, considerando para betões leves o valor máximo de 3,5%;
- Para substratos muito absorventes são aconselhadas, segundo o fabricante, duas demãos do primário Degadur 112, de forma a assegurar a obtenção de uma superfície fina e contínua ao longo de toda a superfície para se obter uma boa ligação com a camada superior do revestimento;
- Segundo a ficha de aplicação, o revestimento Degadur 430 é recomendado para misturar com Degadur 332, tal como aplicado em obra, e a sua aplicação é aconselhável em câmaras frigoríficas e “shock freezers” (onde ocorrem variações de temperatura dos -18°C a +90°C);
- Relativamente ao selante Degadur 528, a ficha de aplicação disponível do produto indica uma espessura mínima de 0,4mm para garantir uma melhor cura, e máximo de 0,8mm.

Entre a informação fornecida para análise foi possível verificar um mapeamento de anomalias que data de 2007, prévio à realização da alteração de parte do sistema de revestimento (Fig. 65).

Através da análise da Fig. 66 (mapeamento realizado em Maio de 2010), é possível verificar a evolução das anomalias no revestimento à base de metacrilatos, principalmente o aumento da fissuração. De notar que, entretanto, a parte mais afectada do revestimento, em 2007, foi substituída pelo sistema à base de resinas de poliuretano.

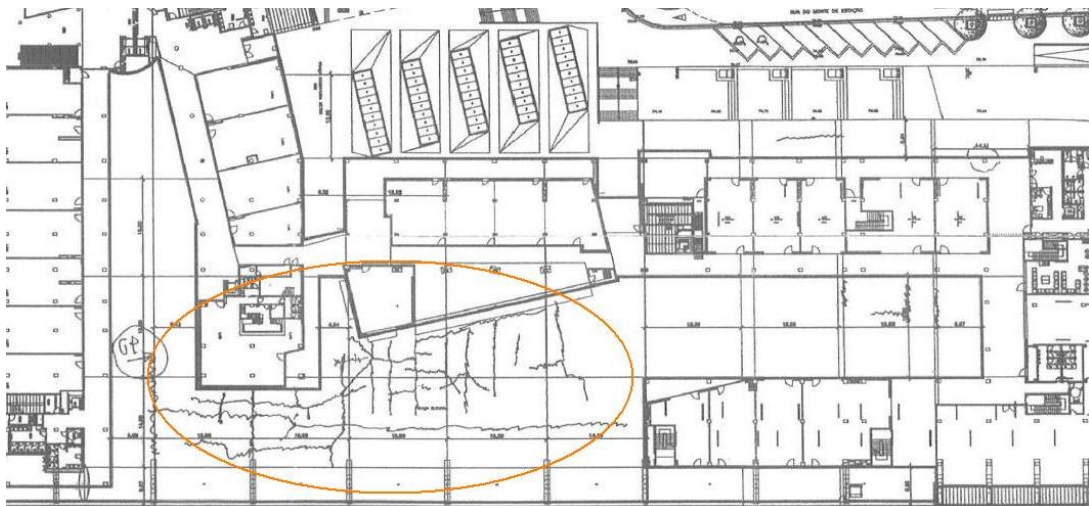


Fig. 65 – Mapeamento das anomalias 2007.



Fig. 66 – Mapeamento das anomalias 2010.

Verificou-se que as camadas de revestimento apresentavam espessuras inferiores à espessura recomendada, chegando em certos casos a ser de apenas 2,5 mm (Fig. 67)



Fig. 67 – Medição da espessura de amostras do revestimento à base de resinas de metacrilato.

O teste com filme de polietileno permitiu verificar a existência de humidade condensada na película aplicada sobre o revestimento à base de resinas de poliuretano (Fig. 68). Este facto indica a possível existência de humidade em excesso na laje, ainda em processo de secagem. Os filmes aplicados nas zonas com revestimento à base de metacrilatos não acusaram presença de humidade.



Fig. 68 – Filme de polietileno com presença de condensação.

O Quadro 13 apresenta os resultados das medições de temperatura superficial obtidos. De acordo com a imagem (Fig. 63), relembra-se que os pontos de ensaio T1 e T2 referem-se ao revestimento de pavimento à base de metacrilatos e os pontos T3 e T4 ao revestimento à base de poliuretano. Após a análise dos valores obtidos, pode-se concluir o seguinte:

- As temperaturas do revestimento à base de metacrilatos atingiram uma amplitude da ordem dos 14°C entre o período de medição com exposição solar (17h) e o período nocturno (22h);
- As temperaturas do revestimento à base de poliuretanos atingiram uma amplitude da ordem dos 22°C entre o período de medição com exposição solar (17h) e o período nocturno (22h);
- Para ambos os sistemas de revestimento, a exposição solar directa tem uma grande influência na temperatura superficial, que se manifesta durante todos os períodos de medição;
- O revestimento de pavimento à base de poliuretano tem maior capacidade de absorção/dissipação de calor quando comparado com o revestimento à base de resinas de metacrilato, o que se manifesta por temperaturas mais elevadas no período diurno e inferiores no período nocturno

Quadro 13 – Valores de temperatura superficial obtidos.

Tarde (°C)						Noite (°C)					Manhã (°C)					Tarde (°C)								
T1	38	38	37	37	37	Sol	25	24	24	24	24	Sombra	21	21	21	21	21	Sombra	37	37	37	37	36	Sol
	39	39	39	38	38		24	23	23	23	23		20	20	20	20	19		36	36	36	36	35	
T2	12	11	12	12	12	Sombra	18	17	17	17	17	Sombra	19	19	19	19	19	Sombra	13	12	12	12	11	Sombra
	12	12	11	12	11		17	18	18	18	18		19	19	19	19	19		11	11	11	11	11	
T3	45	45	45	45	44	Sol	23	22	22	22	22	Sombra	42	42	42	42	41	Sol	42	43	42	42	42	Sol
	44	44	44	44	44		22	22	22	22	22		41	41	41	40	40		42	42	42	42	43	
T4	25	25	25	24	25	Sombra	17	17	17	17	17	Sombra	40	40	40	40	40	Sol	22	22	22	22	21	Sombra
	24	24	24	24	24		17	17	17	17	17		40	40	40	40	40		21	21	21	21	21	

A temperatura superficial de um revestimento (t_s), obtém-se simplificada pela seguinte fórmula:

$$t_s \cong t_e + \frac{\alpha \cdot R}{h_e}$$

Em que:

- t_e = temperatura exterior (°C)
- α = Coeficiente de absorção solar
- R = Radiação solar (W/m^2)
- h_e = condutância térmica superficial [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]

Considerando um dia em que a radiação solar tem um valor de $750 W/m^2$, com temperatura exterior de $25^\circ C$, obtêm-se os seguintes valores de temperatura superficial para revestimentos claros e escuros, respectivamente:

- Superfície exterior branca ($\alpha=0,4$):

$$t_s = 25 + \frac{0,4 \cdot 750}{25} = 37^\circ C$$

- Superfície exterior castanha ($\alpha=0,8$):

$$t_s = 25 + \frac{0,8 \cdot 750}{25} = 49^\circ C$$

Realizando o cálculo da temperatura fictícia ar-sol de um revestimento, considerando a simplificação de regime permanente, conclui-se que a cor do revestimento pode ter uma influência da ordem dos doze graus na sua temperatura superficial.

4.1.2.7. Causas prováveis do problema observado

Considerando as anomalias descritas para o revestimento à base de resinas de metacrilato em 4.1.2.1 e aplicando a matriz presente no Quadro 10, verifica-se que as causas prováveis são:

- Erros de projecto:
 - Especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar;
 - Especificação incorrecta das espessura a aplicar;
 - Não previsão de planimetria, quando exigida;
 - Não previsão de pendentes quando exigidas.
- Erros de execução:
 - Má interpretação dos dados de projecto;
 - Mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante;
 - Não realização de ensaios de diagnóstico ao suporte;
 - Tratamento mecânico do suporte inexistente ou insuficiente;
 - Falta de coincidência entre as juntas do suporte e do revestimento;
 - Aplicação com tempo húmido/chuvoso ou não controlo do ponto de orvalho;
 - Quantidade de material insuficiente ou má regularização das superfícies acabadas;
- Acções de Acidente de origem mecânica exterior:
 - Queda de objectos;
 - Choques/vibrações;
 - Movimentos diferenciais;

- Choques térmicos;
- Acções ambientais:
 - Humidade excessiva;
- Erros de utilização:
 - Tráfego de cargas excessivo;
 - Modificação de aplicação inicialmente previsto;

Tendo em consideração a situação concreta os factores mais preponderantes parecem ser a reduzida espessura aplicada, que não confere a resistência prevista e necessária ao revestimento, bem como a inexistência de juntas de dilatação suficientes para permitir a livre dilatação (agravado pelo facto de se tratar de um pavimento exposto à radiação solar) e incorrecta execução de remates com elementos emergentes e de drenagem, conforme descrito em 2.5.3.2. e 2.5.3.3., respectivamente.

Quanto ao revestimento à base de poliuretano,

- Erros de projecto:
 - Especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar;
 - Especificação incorrecta das espessura a aplicar;
 - Não previsão de planimetria, quando exigida;
 - Não previsão de pendentos quando exigidas.
- Erros de execução:
 - Má interpretação dos dados de projecto;
 - Mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante;
 - Não realização de ensaios de diagnóstico ao suporte;
 - Quantidade de material insuficiente ou má regularização das superfícies acabadas;
 - Utilização de inertes ou pigmentos sem controlo de tipo, cor ou granulometria;
 - Aplicação com tempo húmido/chuvoso ou não controlo do ponto de orvalho;
- Acções ambientais:
 - Humidade excessiva;

Para este pavimento salienta-se a presença de humidade no substrato como comprovado no ensaio com filme de polietileno.

Em ambos os casos a falta de planimetria e insuficiência de pendentos é um factor acelerador da progressão do nível de afectação.

4.1.3. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

4.1.3.1. Considerações gerais

As técnicas de reparação das anomalias devem ser curativas mas também preventivas, ou seja, deve-se procurar, na medida do possível, eliminar as causas possíveis das anomalias, adoptando procedimentos que assegurem resultados satisfatórios a longo prazo.

Tendo em atenção as patologias observadas e a análise efectuada, propõe-se a substituição do revestimento existente por outro em que as exigências funcionais do pavimento sejam efectivamente garantidas pelos produtos seleccionados.

A remoção apenas se justifica em áreas degradadas, criando-se junta entre zonas originais e reabilitadas. Salvaguarda-se que haverá diferença de aspecto entre revestimentos aplicados em diferentes momentos.

Não se propõe a alteração do sistema à base de resinas de metacrilatos visto que não se exclui que se tivesse sido aplicada uma espessura superior (de acordo com recomendações do fabricante) e se tivesse havido o correcto dimensionamento/aplicação de juntas de esquadramento, o seu desempenho pudesse ter sido satisfatório. Também se verificou que a aplicação de um sistema à base de outra resina não é só por si solução, se não for pormenorizada a execução de pontos notáveis (ligações a sumidouros, elementos emergentes, etc).

Assim, uma das preocupações na aplicação de um novo revestimento deverá ser a realização de penderes e pormenores de ligação aos pontos de drenagem de águas residuais pluviais.

Como se referiu no ponto 4.1.2.6., a escolha da cor do revestimento tem grande influência na amplitude térmica diária a que estará sujeito. Assim, seria aconselhável a escolha de um revestimento com coeficiente de absorção mais baixo.

4.1.3.2. Trabalho a executar

Em zona corrente, deverão ser efectuadas as seguintes intervenções:

- Remoção do revestimento da área a tratar;
- Tratamento da base (descontaminar) através de remoção até camada não contaminada (fresagem);
- Regularização da base e execução de penderes adequadas;
- Garantia de condições de aderência necessárias para aplicação do revestimento;
- Execução de juntas de esquadramento em todo o pavimento;
- Nas zonas de ligação com elementos emergentes, recomenda-se que seja efectuado um corte no pavimento (com dobro da espessura do revestimento), preenchido com o próprio produto de revestimento.
- Aplicação novo revestimento, de acordo com as especificações.

Devem ser cumpridas as recomendações do fabricante, nomeadamente as relacionadas com a metodologia de aplicação e tempos de cura.

O factor humano é preponderante para o correcto desempenho do revestimento, pelo que se deve recorrer a mão-de-obra experiente.

Deverão ser efectuadas as seguintes intervenções em zona de junta com sumidouro:

- Remoção do revestimento da área a tratar;
- Tratamento da base (descontaminar) através de remoção até camada não contaminada (fresagem);
- Realização de inclinação adequada no sentido do canal para promover o escoamento;
- Garantia de condições de aderência necessárias para aplicação do revestimento;
- Aplicação de junta flexível entre canal e pavimento (para absorção de movimento diferencial dos diferentes materiais).
- Aplicação de novo revestimento, de modo a garantir a continuidade de impermeabilização (sobrepor as abas das caleiras).

4.2. ANOMALIAS EM PAVIMENTO INDUSTRIAL EM ZONAS DE PRODUÇÃO

4.2.1. INTRODUÇÃO

O presente estudo refere-se a um revestimento aplicado na zona de produção de um edifício de indústria alimentar, situado na área metropolitana do Porto.

Os pavimentos da zona de produção são térreos e apresentam uma solução de revestimento à base de resinas de metacrilatos.

O objectivo do estudo é realizar o diagnóstico das principais anomalias que afectam o pavimento, determinar as possíveis causas associadas ao seu surgimento e propor um conjunto de acções correctivas que possam conduzir à sua eliminação.

A análise do pavimento divide-se em três partes fundamentais, estruturadas da seguinte forma:

- Na primeira parte estabelece-se uma análise detalhada das anomalias;
- Na segunda parte são descritos os principais procedimentos de análise efectuados nos quais se baseou o estudo, são interpretados os resultados obtidos e identificadas causas possíveis para a ocorrência das anomalias;
- Na terceira parte são propostas as acções correctivas consideradas mais adequadas para o caso.

4.2.2. ANOMALIAS NO PAVIMENTO

4.2.2.1. Descrição das anomalias

O revestimento à base de resinas de metacrilato do pavimento (térreo) das zonas de produção apresenta as seguintes anomalias:

- Branqueamento
- Fissuração
- Descolamento
- Alteração de cor
- Desagregação



(a)



(b)



Fig. 69 – (a) e (b) branqueamento e descolamento do revestimento de pavimento em resinas de metacrilatos; (c) e (d) fissuração e alteração de cor do revestimento de pavimento em resinas de metacrilatos; (e) e (f) descolamento do revestimento e anomalia na drenagem de líquidos derramados

As anomalias ocorrem particularmente em zonas de remates com elementos de drenagem e em superfície corrente, onde ocorrem despejos frequentes de líquidos associados à indústria de produção de queijo, a temperaturas elevadas.

Segundo informação, a aplicação do revestimento ocorreu durante os meses de Junho e Julho de 2008, tendo as anomalias sido detectadas dois, três meses após início de laboração.

4.2.2.2. Diagnostico

4.2.2.3. Procedimentos de análise

Com o objectivo de analisar as anomalias, foram efectuados os seguintes procedimentos:

- Visitas ao local para inspecção visual, levantamento fotográfico das anomalias e recolha de amostras de revestimento danificado;
- Análise de peças desenhadas do projecto e fotografias de obra
- Análise de informação escrita tal como descrições do sistema de revestimento aplicado e pareceres do fabricante e aplicador;
- Análise de documentos técnicos do sistema de revestimento aplicado.

4.2.2.4. Caracterização do pavimento estudado

De acordo com o desenho apresentado na Fig. 70, (Planta de pavimentos - Pormenores) referente À Especialidade de Fundações e Estruturas, o pavimento térreo das zonas de produção tem a seguinte constituição. A legenda apresenta gralha na identificação da camada 1, mas é possível verificar que foi prevista uma membrana à prova de humidade sob a laje de betão.

De referir que estava prevista a aplicação de revestimento epóxico autonivelante e não de metacrilatos.

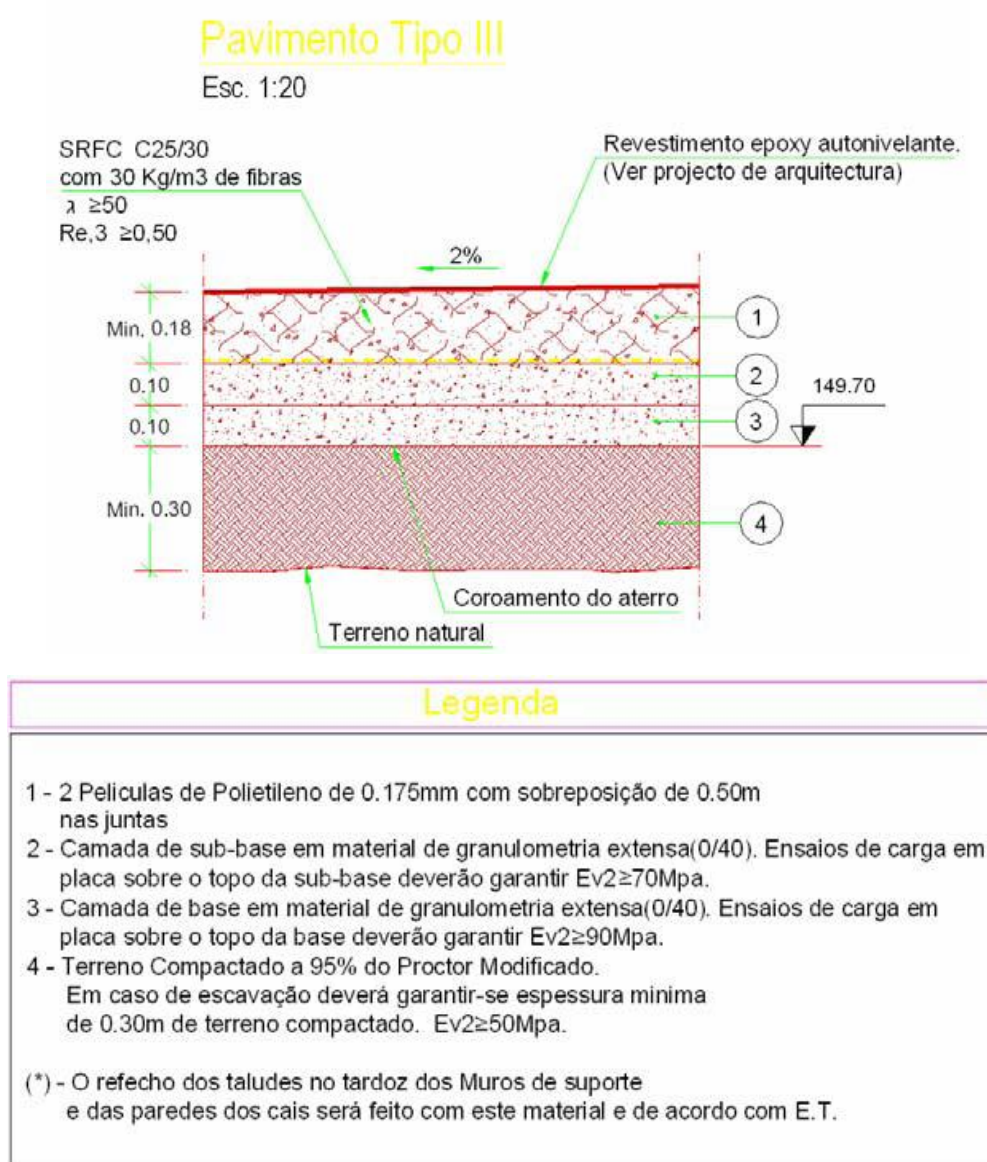


Fig. 70 – Pormenor de constituição do pavimento das zonas de produção

Na figura Fig. 71 é possível analisar outro pormenor, neste caso, relativo ao remate com os canais de drenagem. A Fig. 72 apresenta a localização de juntas de retracção a realizar. O mesmo desenho apresenta ainda a descrição para execução de juntas.

Pormenor da caleira

Esc. 1:20

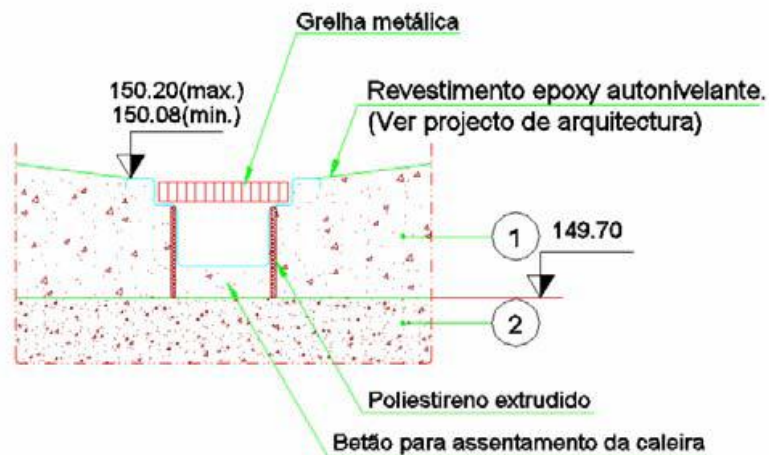
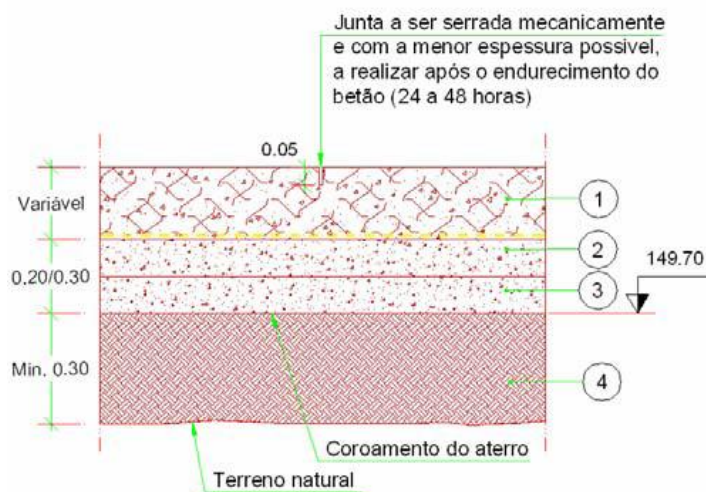


Fig. 71 – Pormenor de pavimento em zona de caleira.

Junta de Retracção (J.R.)

Esc. 1:20



JUNTAS

- A disposição das juntas apresentadas constitui um esquema de princípio que poderá ser alterado em função, dos processos construtivos, faseamentos de obra, ou outros, desde que atempadamente seja solicitada aprovação à fiscalização.
- Todas as juntas deverão ser seladas por uma questão de higiene e desinfecção. Esta função pode ser desempenhada pelo revestimento em argamassa epoxy (excepto juntas de dilatação), por meio de cordão de mastique resistente a laticínios (juntas de dilatação/isolamento) ou por meio de uma resina epoxy (juntas serradas).
- A disposição das juntas apresentada deverá ser revista em função dos layouts finais dos Packs na Câmara Frigorífica Logística e das prateleiras nas Caves de Cora.

Fig. 72 – Pormenor de junta de retracção e descrição do seu modo de execução.

Quanto ao revestimento, passa-se a transcrever a composição do sistema aplicado, que foi alterado por indicação do Dono de Obra, sistema à base de metacrilato “Duracon”, (Anti-Derrapante $\approx$ 4 mm):

- Preparação da superfície por processos mecânicos, através de granalhagem e aspiração;
- Aplicação de uma demão de primário “Duracon 101”, e polvilhamento com inertes naturais para ancoragem da camada seguinte;
- Aplicação de argamassa à base de resinas de metacrilato “Duracon 205”, e inertes calibrados, seguido de polvilhamento de quartzo colorido, com granulometria a definir;
- Aplicação de duas demãos a rolo, de resina de Metacrilato “Duracon 301;305;306” (inclui 307), com acabamento anti-derrapante, de rugosidade a definir.”

Trata-se de um sistema de revestimento do tipo “Duracon BC”.

Por observação no local, e como se pode verificar pela Fig. 69 (e) e (f), parece não existir continuidade de revestimento sob as caleiras. Será necessária uma inspecção em que se retire uma caleira para verificar como foi efectuada a junta. A configuração actual tem folga entre os dois elementos, permitindo que os líquidos se infiltrem.

Segundo informação analisada conclui-se que foi efectuada uma “cunha” ou reforço de bordo em “Duracon” para ser conferida uma maior espessura no referido bordo/ligação com a caleira. Constatou-se também que as juntas foram preenchidas com a resina do próprio sistema, conforme indicações da ficha técnica.

4.2.2.5. Sondagens e medições efectuadas

Foi medida a espessura do revestimento em zonas de ocorrência de anomalias.

Não foi possível realizar sondagens para recolha de amostras da camada base do pavimento que seriam, posteriormente, em laboratório, sujeitas a secagem para determinação do teor de humidade.

4.2.2.6. Resultados obtidos

Verificou-se que as camadas de revestimento apresentavam espessuras inferiores à espessura recomendada, chegando em certos casos a ser de apenas 2 mm (Fig. 73).

Nas amostras recolhidas é também evidente a fissuração, desagregação e alteração de cor do revestimento (Fig. 74).

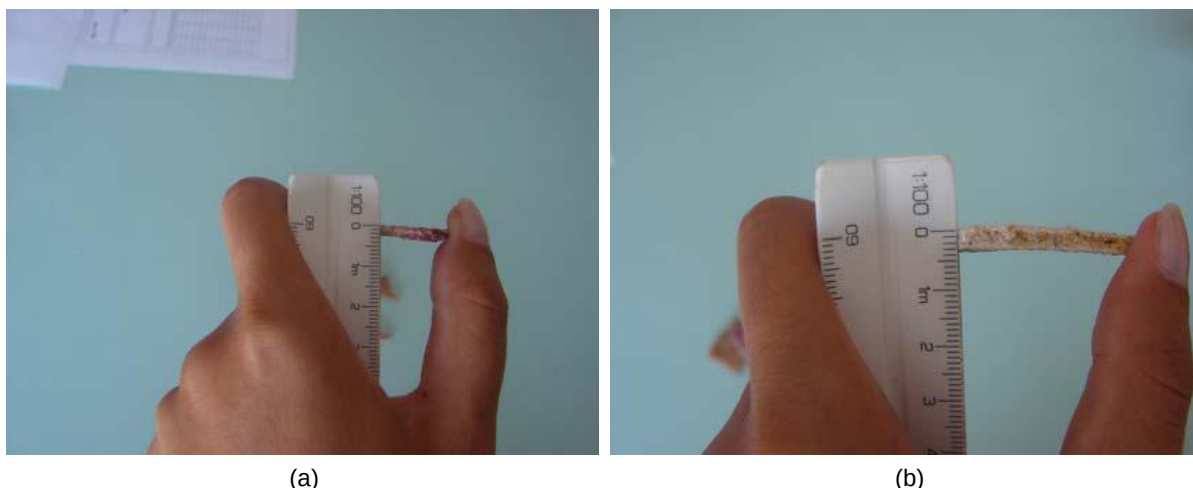


Fig. 73 – Medição de espessura de amostras de revestimento de pavimento à base de resinas de metacrilato



Fig. 74 – Amostras de revestimento de pavimento à base de resinas de metacrilato em que é visível a fissuração, desagregação e branqueamento/alteração de cor

A análise da informação disponível sobre os produtos do tipo “Duracon” permitiu concluir o seguinte:

- O sistema “Duracon BC”, à base de resinas sintéticas de metacrilatos, é aconselhado para revestimento de pavimentos da indústria alimentar;
- A ficha de aplicação do sistema “Duracon BC” menciona que este terá uma espessura (todos os componentes) entre 4 e 6 mm;
- A ficha de aplicação do sistema “Duracon BC” define que, em situações em que é necessária resistência ao calor, na camada intermédia deve ser aplicado o produto “Duracon 203” e não o produto “Duracon 205”;
- A ficha técnica disponível do produto “Duracon 203” refere que este é particularmente adequado para aplicação em áreas sujeitas a cargas pesadas de água quente e calor, dando como exemplo áreas circundantes de máquinas de lavar, panelas, caldeiras, fornos, etc.;
- A ficha técnica disponível do produto “Duracon 205” refere que se trata de uma resina de aplicação geral, não devendo ser aplicada em áreas sujeitas a elevadas cargas de água quente e que “para tais situações recomendamos “Duracon 203”;

- A ficha técnica do produto de selagem “Duracon 305” refere que este é adequado para a selagem de pavimentos na indústria de processamento alimentar, no entanto, salienta o seguinte aviso importante: “Uma carga constante de água pode produzir uma descoloração branca do produto de selagem Duracon 305. Em áreas onde se acumulam resíduos ou água corrente, em especial água quente, canalizar sempre a água para o sistema de esgoto apropriado. Prever um número adequado de canais de descarga”.

Por outro lado, a caracterização do sistema é omissa num ponto que é considerado fundamental para a boa execução do sistema, que é a pormenorização/esquematização do modo de remate com caleiras.

4.2.2.7. Causas prováveis do problema observado

Devido à complexidade do processo construtivo, é sempre difícil aferir qual a causa (ou causas) de anomalias.

No presente caso, as causas identificadas para a ocorrência das anomalias são:

- Desadequação dos produtos aplicados relativamente à exposição aos produtos químicos e às temperaturas elevadas a que o revestimento está sujeito, por erro de projecto (especificação incorrecta) ou por falha na previsão do ambiente a que o revestimento seria exposto;
- Inexistência de informação detalhada e suportada por desenhos de pormenor do modo de remate do sistema com caleiras motiva anomalias;
- Erro de execução, em concreto, insuficiente espessura do revestimento em algumas zonas;
- Revestimento de juntas com o próprio sistema e não com mástique de poliuretano.

Considera-se que na fase de selecção do revestimento, pode ter existido uma definição inapropriada dos seguintes requisitos:

- Tipo de utilização do espaço e tipo e frequência de tráfego;
- Tipo de cargas, estáticas ou dinâmicas, e severidade do impacto;
- Discriminação de todos os químicos que podem entrar em contacto com o revestimento de piso (incluindo frequência e temperatura dos derrames);
- Temperatura a que o revestimento deve resistir (por radiação, condução ou contacto directo);
- Conformidade com requisitos de higiene e da indústria alimentar;
- Durabilidade expectável do revestimento;
- Espessura do revestimento a executar;
- Tempo necessário à aplicação e cura do revestimento;
- Características da base onde se vai aplicar o revestimento e tratamentos a realizar.

4.2.3. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

4.2.3.1. Considerações gerais

Tal como referido anteriormente, as técnicas de reparação das anomalias devem ser curativas mas também preventivas.

Tendo em atenção as patologias observadas e a análise efectuada, propõe-se a substituição do revestimento existente por outro em que as exigências funcionais do pavimento sejam efectivamente garantidas pelos produtos seleccionados.

Não se exclui que, caso tivessem sido respeitadas as recomendações do fabricante, o pavimento à base de resinas de metacrilatos pudesse ter tido um comportamento adequado, nomeadamente as seguintes:

- Utilização de resina ligante do tipo Duracon 203 (em detrimento da Duracon 205);
- Canalização dos líquidos que normalmente são derramados para o pavimento;
- Aplicação correcta de espessuras dos componentes;
- Execução de detalhe adequado da ligação do revestimento às caleiras.

No entanto, dever-se-á proceder a um estudo das temperaturas e composição química dos líquidos derramados para perceber, junto do fabricante, se são compatíveis com o sistema aplicado.

4.2.3.2. Trabalho a executar

Em zona corrente, deverão ser efectuadas as seguintes intervenções:

- Remoção do revestimento da área a tratar;
- Tratamento da base (descontaminar) através de remoção até camada não contaminada (fresagem);
- Garantia de condições de aderência necessárias para aplicação do revestimento;
- Aplicação novo revestimento, de acordo com as especificações.

Devem ser cumpridas as recomendações do fabricante, nomeadamente as relacionadas com a metodologia de aplicação e tempos de cura.

O factor humano é preponderante para o correcto desempenho do revestimento, pelo que se deve recorrer a mão-de-obra experiente.

Para além da substituição do revestimento em áreas degradadas, deverão também ser eliminadas outras causas das anomalias, nomeadamente, deverão ser corrigidas todas as ligações a canais de drenagem.

Deverão ser efectuadas as seguintes intervenções em zona de junta com canal de drenagem metálico:

- Remoção do revestimento da área a tratar;
- Tratamento da base (descontaminar) através de remoção até camada não contaminada (fresagem);
- Realização de inclinação adequada no sentido do canal para promover o escoamento;
- Garantia de condições de aderência necessárias para aplicação do revestimento;
- Aplicação de junta flexível entre canal e pavimento (para absorção de movimento diferencial dos diferentes materiais);
- Aplicação de um novo revestimento, de modo a garantir a continuidade de impermeabilização (sobrepor as abas das caleiras).

Sempre que possível, os volumes de descarga devem ser entubados e drenados directamente para os canais. Nos restantes casos, os pavimentos sujeitos à descarga de grandes volumes de líquidos a elevadas temperaturas podem ser protegidos pela instalação de sprays refrigerantes, como cortinas de água, o que permite também diluir os derrames quimicamente agressivos para concentrações mais seguras.

As juntas de dilatação da base devem ser mantidas no revestimento, sendo preenchidas de acordo com o esquema da Fig. 75. Assim, as juntas deverão ser preenchidas com um cordão flexível à base de poliuretano. Caso necessário, deverá ser aplicado fundo de junta e perfil cobre-juntas na parte superior.

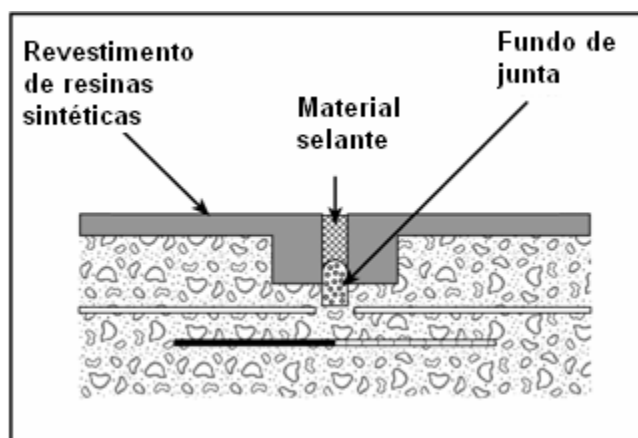


Fig. 75 – Princípio de preenchimento de juntas.

As áreas reparadas devem ser separadas das áreas não reparadas através de juntas preenchidas com mástique de poliuretano (e protegidas com perfil tapa-juntas, caso necessário).

É também de extrema importância a adopção de normas de manutenção apropriadas para o tipo de revestimento, o que deve ser identificado junto do fabricante. Em revestimentos à base de resinas, o modo mais adequado de limpeza é com escova mecânica com vácuo húmido. No entanto, em indústria alimentar, poderá ser necessária a lavagem com jacto de água quente, a temperatura que não altere as características do revestimento.

5

CONCLUSÃO

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização da presente dissertação e o aprofundamento do estudo sobre revestimentos à base de resinas sintéticas foram possíveis conclusões a vários níveis. As conclusões estão organizadas de forma sequencial de acordo com o desenvolvimento do trabalho, e são:

- A selecção do revestimento deve ter em conta as exigências funcionais específicas de segurança, durabilidade e habitabilidade. O revestimento deve ter total adequação à utilização prevista, sendo importante o estudo do grau de exigência de casa edifício.
- Existência de uma enorme variedade de soluções, quer ao nível de resinas base, como de sistema de aplicação ou de acabamento, tornando estes revestimentos apropriados para uma grande gama de edifícios e muito adaptável, sendo assim possível a realização de soluções arquitectónicas mais arrojadas e anteriormente impensáveis.
- Falta de conhecimento e investigação, por parte de quem projecta, da variedade de sistemas e das especificidades do material, não explorando novas soluções. No caso de Portugal, os revestimentos finos continuam a merecer preferência, muitas vezes não só por questões económicas, mas também por desconhecimento das soluções, não seguindo assim a tendência europeia para a utilização crescente de revestimentos espessos.
- Escassa pormenorização no projecto, em especial em pontos singulares como juntas, pontos de evacuação de água e ligações a pavimento/parede. Esta carência dá origem a pontos de elevada fragilidade onde diversas anomalias são despoletadas podendo depois progredir para as áreas circundantes do revestimento.
- A má preparação do suporte está na origem de diversas anomalias tais como a falta de aderência ou irregularidade da superfície. Cabe ao projectista fazer uma descrição detalhada dos métodos de tratamento do suporte a executar e caso necessário, dos ensaios a realizar (avaliação da planimetria, medição do teor de humidade, entre outros) antes da aplicação, para assim minimizar a ocorrência destas anomalias.
- Segundo a bibliografia consultada, a maior percentagem de causas de anomalias está associada a erros de execução, exibindo assim a sensibilidades destes materiais à qualidade da mão-de-obra utilizada. Para a aplicação, deve ser empregada mão-de-obra indicada pelo fabricante, garantindo assim total conhecimento do material e das técnicas de aplicação mais apropriadas. Na fase de aplicação deve ser feito um acompanhamento de perto por parte da fiscalização da obra para garantir que o produto é aplicado nas quantidades especificadas e

segundo os procedimentos recomendados pelo fabricante (espessura, tempos de cura, dosagem da mistura, selecção de cargas, etc.).

- A manutenção dos revestimentos à base de resinas sintéticas deve ser encarada como uma medida preventiva à ocorrência de anomalias e ainda ser suficientemente efectiva para a detecção e minimização da progressão da mesma.
- No sistema proposto, foram preferencialmente seleccionadas técnicas de diagnóstico passíveis de serem realizadas “*in situ*”, devendo as mesmas ser seleccionadas em função do equipamento requerido, grau de complexidade, vantagens e limitações. A experiência do inspector e a análise dos factos evidenciados deverão contribuir decisivamente para o correcto diagnóstico da anomalia.
- Na selecção da técnica de reparação, deve ser tido em conta o grau de desenvolvimento da anomalia e a sua gravidade, podendo o revestimento ser removido e substituído por um de outro tipo, caso se conclua que o revestimento à base de resinas sintéticas não é adequável à utilização (sendo impossível eliminar as causas que originam tais anomalias).
- O investimento em acções de manutenção e prevenção poderá diminuir consideravelmente os custos de eventuais reparações. É também importante introduzir o conceito de “caderno de manutenção” a realizar pelo projectista, com todas as especificações de materiais e técnicas a utilizar em futura obras de manutenção/reabilitação.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O trabalho apresentado ao longo desta dissertação poderá potenciar eventuais desenvolvimentos futuros. De entre as várias perspectivas ou propostas, destacam-se as seguintes:

- Desenvolver análises similares para outros materiais ainda pouco estudados, para divulgar o mais possível novas soluções construtivas e garantir a sua boa especificação e aplicação.
- Desenvolver estudos de durabilidade para este tipo de revestimentos, nos quais deverão ser monitorizados e temporizados os processos de degradação associados, no sentido de permitir a previsão da sua vida útil.
- Fomentar a criação de uma associação reguladora do sector, que possa desenvolver estudos e previsões de mercado e que reúna os principais intervenientes no processo.

BIBLIOGRAFIA

- Aguiar, José; Cabrita, A M Reis; Appleton, João - Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais. 5ª ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2001. 972-49-1726-6
- Brito, Jorge - Sistemas de inspeção e diagnóstico em edifícios Porto 2009.
- Esgalhado, Helena; Rocha, Adélia - Materiais plásticos para a construção civil características e tipos de aplicação. Lisboa: LNEC, 2002. 972-49-1914-5
- FeRFA - Guide to the specification and application of synthetic resin flooring 1999.
- FeRFA - Guide to osmosis in resin flooring. 2009a.
- FeRFA - Guide to seamless resin Terrazzo. 2009b.
- Freitas, Vasco P.; Sousa, Marília - Degradação do revestimento à base de resinas epóxicas do pavimento de um laboratório.
- Freitas, Vasco Peixoto de - Patologia da construção 2007.
- Freitas, Vasco Peixoto de ; Pinto, Paulo da Silva - Humidade na construção - Humidade de condensação. 2003.
- Garcia, J; Brito, J - Exigências Funcionais e Requisitos dos Revestimentos de Pisos Industriais. Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção. Lisboa. LNEC, 2006.
- Garcia, J; Brito, J - Empolamento do revestimento epóxico em pavimento industrial.
- Garcia, João - Sistema de inspeção e diagnóstico de revestimentos epóxicos em pisos industriais Lisboa: UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, 2006.
- Garcia, João; Brito, Jorge - Descolamento do revestimento epóxico em pavimento industrial.
- Garcia, João; Brito, Jorge - Manchas em revestimento epóxico em área comercial. PATORREB.
- Gonçalves, Adelaide; Brito, Jorge; Branco, Fernando - Causas de anomalias em paredes de alvenaria de edifícios recentes. 2008.
- Jiang, Yi - Durability and retro-reflectivity of pavement markings 2008.
- Konrad, Ronny Marc - Os primórdios da resina epóxi. Brasil: 2003.
- Liot, Jean-Paul; Carpentier, Brigitte; Vetter, Françoise; Saulnier, Henri - Guide des revêtements de sol. 1998.
- LNEC - Emprego de resinas epoxi na construção. Lisboa: LNEC, 1987.
- Lopes, Elizabete Montefusco; Barros, Mércia Bottura - A importância da umidade do substrato no desempenho dos revestimentos de pisos de concreto - parte II. Brasil.
- Lopes, Elizabeth Montefusco - A importância da umidade do substrato no desempenho dos revestimentos de piso de concreto. Brasil: 2004.
- Maxit - www.maxit.pt.

- Moura, Marcos Vasconcelos - Preparação da superfície - Parte I. Brasil: 2003a.
- Moura, Marcos Vasconcelos - Preparação de superfícies: Polimento e Fresamento - Parte II. Brasil: 2003b.
- Nascimento, José Martins - Exigências funcionais de revestimentos de piso. Lisboa: LNEC, 1985.
- OZ - Ensaio de aderência por tracção. Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda., 1996.
- Pinto, Paulo; Freitas, Vasco - Descolamento do Revestimento de Piso de um Pavilhão Gimnodesportivo. Porto: Feup, 2003.
- Rocha, Adélia C P F - Materiais plásticos para a construção civil. Lisboa: LNEC, 1990. 972-49-1341-4
- Rocher, Wellington Tadeu - Identificação dos agentes agressivos e das patologias em pisos industriais de frigorífico de suínos. Florianópolis: 2007.
- Rufo, Marcelo - A evolução dos agentes de cura para resinas epóxi. Brasil: 2003.
- Salvaterra, Luis Gonzaga - Processos de manutenção técnica de edifícios em revestimentos de piso - pavimentos industriais Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- Sika - Tecnologia e Conceitos Sika para Pavimentos Industriais.
- Silva, Maria Angélica Covelo - Metodologia de selecção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil. (1996).
- Silvestre, Jorge - Sistema de apoio à inspecção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2005.
- Sousa, José; Corvacho, Helena - Soluções de reabilitação de coberturas planas. Desempenho e durabilidade. Porto: 2009.
- Sousa, Marília Margarida - PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO - ELABORAÇÃO DE UM CATÁLOGO. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- Weber - <http://www.weber.com.pt/>.
- Weber - O guia Weber 2010 - Regularização e nivelamento de pavimentos. 2010.
- Williamson, N. - Defects in Industrial Concrete Floors - Their Causes and How to Avoid Them. UK: 2003.