

Análise das causas de anomalias mais frequentes em revestimentos epóxicos em pisos industriais

Analysis of the causes of the most frequent anomalies in industrial floor coatings with epoxy resins

João Garcia

maxit - Tecnologias para a Construção, Reabilitação e Ambiente, S.A., Portugal

e-mail: joao.garcia@maxit.pt

Jorge de Brito

Instituto Superior Técnico - IST, Lisboa, Portugal

e-mail: jb@civil.ist.utl.pt

RESUMO: No presente artigo, apresenta-se um sistema classificativo das causas de anomalias mais frequentes em revestimentos epóxicos em pisos industriais (PIRE), que resulta de um sistema de inspecção e diagnóstico criado no âmbito de um projecto de dissertação de mestrado em construção no Instituto Superior Técnico (IST). Nesse projecto foram realizadas vistorias em 29 pisos de unidades industriais com este tipo de soluções, que permitiram aferir e calibrar o sistema proposto e apresentar as conclusões em seguida expostas.

ABSTRACT: In the present paper, a classifying system of the causes of the most common anomalies in epoxy coatings in industrial floors is presented, which results from a system of inspection and diagnosis created within a Construction Master Thesis project at Instituto Superior Técnico (IST). In this project surveys of 29 floors of industrial units with this coating solution were performed, which allowed the calibration of the system proposed and led to the conclusions presented in the paper.

1. INTRODUÇÃO

O piso é, sem dúvida, a estrutura mais utilizada numa edificação industrial. Toda a produção, comercialização, movimentação e produção se desenvolve sobre o pavimento, estando o mesmo sujeito a esforços estáticos e dinâmicos, acções químicas e lavagens frequentes. Em alguns sectores industriais, as normas vigentes exigem requisitos essenciais, em matéria de resistência mecânica, química, higiene e segurança ocupacional. A qualidade de um pavimento industrial está fortemente condicionada por factores diversificados mas interligados como sejam projecto estrutural, qualidade dos materiais, qualidade de execução, controlo de qualidade, protecção, conservação e manutenção. A escolha criteriosa de um revestimento de piso deve estar de acordo com a adequabilidade ao uso e com solicitações futuras (Figura 1). Existem

actualmente no mercado diferentes soluções que, tendo em conta as características que se pretendam alcançar, variam em termos de qualidade e necessariamente em custos de colocação [1].

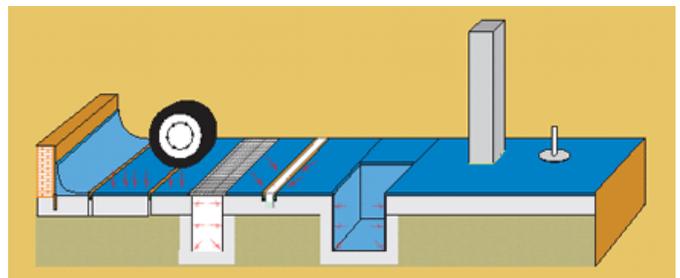


Figura 1 - Ilustração das solicitações actuantes num pavimento industrial [2]

As principais vantagens dos revestimentos epóxicos traduzem-se sobretudo em factores como resistências química e mecânica geralmente elevadas, facilidade de limpeza e impermeabilidade, mesmo em espessuras

reduzidas e, não menos importante, inúmeras possibilidades estéticas, tendo em conta a diversidade de acabamentos disponíveis.

Como em outros sistemas construtivos, a estes estão associadas anomalias tipificadas que, regra geral, são identificadas com uma ideia de má execução ou utilização. De facto, a causa humana é responsável directa pelo sucesso ou insucesso de uma aplicação, sendo portanto decisivo o facto de se procurar utilizar mão-de-obra especializada. 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. Sempre que um pavimento apresenta anomalias, não desempenha as características para as quais foi concebido, sejam elas de índole estético ou funcional. A identificação das causas associadas pode permitir a reparação eficiente dessa mesma anomalia e evitar repetições análogas em trabalhos futuros [3].

Na campanha experimental realizada no âmbito de um projecto de dissertação de Mestrado em Construção no IST, foi desenvolvido um plano aleatório de inspecções, do qual resultaram dados recolhidos em 29 pisos que apresentavam anomalias associadas a este tipo de revestimentos. Nestes, foram identificadas 64 anomalias associadas a 287 causas prováveis. Estas inspecções foram documentadas em fichas-tipo de inspecção.

2. CLASSIFICAÇÃO DE ANOMALIAS

Na classificação de anomalias em revestimentos epóxicos, propõe-se uma divisão em três grupos ou famílias que estão relacionadas com a localização da patologia. Assim, considera-se um primeiro grupo (A-A), que abrange a superfície corrente do revestimento, onde ocorre a maior parte das anomalias e que, conseqüentemente, apresenta maior diversidade de causas associadas. Um segundo grupo (A-B) representa as anomalias que ocorrem nos remates ou em zonas de ligação do revestimento a outros suportes e, finalmente, num grupo específico mas não menos importante (A-C), são incluídas as anomalias que ocorrem nas juntas de dilatação dos elementos construtivos. Desta forma, obtém-se uma classificação que abrange a grande maioria dos fenómenos anómalos característicos dos revestimentos epóxicos em

pavimentos industriais. Nesta classificação, não são desenvolvidas anomalias relacionadas com as camadas subjacentes ao revestimento.

O Quadro 1 apresenta os três grupos anteriormente apresentados, subdivididos em anomalias características em cada uma das localizações previstas, enquanto que na Figura 2 se apresentam exemplos de anomalias para os mesmos grupos.

Quadro 1 - Classificação de anomalias proposta [1]

A-A SUPERFÍCIE CORRENTE	
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	
A-B REMATES	
A-B1 descolamento nos elementos de ligação	
A-C JUNTAS DE DILATAÇÃO	
A-C1 descolamento nos elementos de ligação	

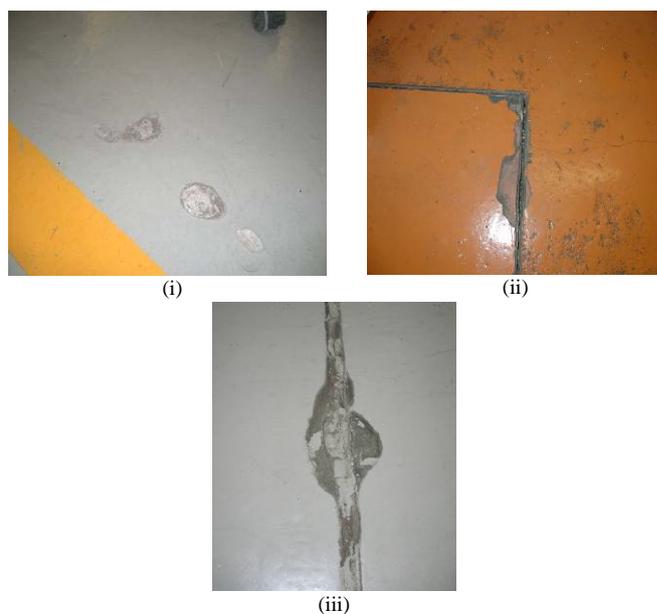


Figura 2 - Anomalias características: (i) superfície corrente; (ii) remates; (iii) juntas de dilatação [1]

3. CLASSIFICAÇÃO DE CAUSAS

No presente trabalho, pretende-se apresentar um sistema de classificação de causas onde é proposto um agrupamento segundo um critério de origem cronológico. Assim, são primeiramente apresentados os erros de projecto, seguidos dos erros de execução, acções de origem mecânica exterior, acções ambientais e erros de utilização do revestimento, sintetizados no Quadro 2.

A especificação de um produto para um campo de aplicação com limitações não equacionadas ou

condicionado por factores de aplicação desfavoráveis, associado a prazos de execução mal programados, pode contribuir significativamente para a ocorrência de anomalias indesejadas, pelo que os erros de projecto (C-A) assumem um peso significativo em anomalias neste tipo de soluções.

Os erros de execução (C-B) são os que apresentam maior número de causas relacionadas com as anomalias anteriormente apresentadas. Assim, associados às novas tecnologias e exigências, devem existir um planeamento e acompanhamento cuidadoso dos trabalhos, de forma a minimizar as possíveis anomalias.

Quadro 2 - Classificação de causas proposta [1]

C-A ERROS DE PROJECTO	
C-A1 especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar	C-A5 concepção / pormenorização dos pontos de evacuação de águas
C-A2 especificação incorrecta das espessuras a aplicar	C-A6 concepção / pormenorização de sistemas de protecção
C-A3 concepção / pormenorização das juntas estruturais	C-A7 não previsão de planimetria, quando exigida
C-A4 concepção / pormenorização dos elementos emergentes	C-A8 não previsão de penderes, 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 penderes 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 ACCÕES 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 ACCÕES AMBIENTAIS	
C-D1 radiação solar	C-D4 humidade ascensional
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	

As acções de origem mecânica exterior (C-C) englobam um conjunto de causas muitas vezes de difícil previsão. Estas acções estão relacionadas com queda de objectos, choques / vibrações, movimentos diferenciais, ataque químico / biológico, choques térmicos ou vandalismo. Assim sendo, as características e desempenhos expectáveis deste tipo de revestimentos devem ser

o mais possível equacionados em termos dos campos de aplicação previstos.

As causas relacionadas com acções ambientais (C-D) englobam factores como radiação solar, temperaturas elevadas, humidade ou o próprio envelhecimento natural / desgaste do revestimento. As condições ambientais podem condicionar o desempenho do revestimento, quando ocorrem durante a aplicação do mesmo ou quando este é submetido a condições não previstas, ao longo da sua vida útil.

Por último, os factores relacionados com a utilização do pavimento (C-E) podem igualmente condicionar o desempenho do mesmo. Assim, a ausência de conservação / manutenção, ausência de inspecções, utilização prematura do revestimento, cargas excessivas ou lavagens sucessivas com agentes químicos agressivos podem contribuir para a ocorrência de anomalias. Embora este tipo de pavimentos apresente resistência elevada à maioria dos produtos de limpeza convencionais, é conveniente elaborar procedimentos de inspecção, de forma a detectar possíveis infiltrações e conseqüente descolamento do revestimento.

A Figura 3 apresenta exemplos de anomalias relacionadas com as causas dos grupos apresentados.

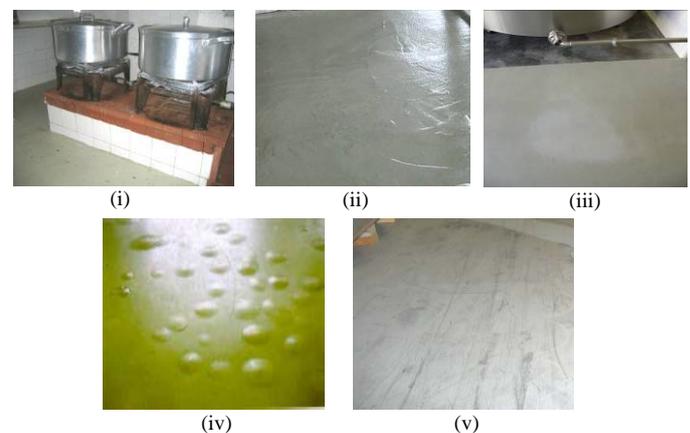


Figura 3 - (i) especificação incorrecta para o campo de aplicação(C-A); (ii) má aplicação do revestimento (C-B); (iii) ataque químico (C-C); (iv) humidade ascensional (C-D); modificação do campo de aplicação (C-E) [1]

4. FICHAS DE ANOMALIA

A partir das anomalias características e das causas associadas, construíram-se fichas individuais para cada uma das anomalias. No Quadro 3, é apresentado um exemplo de uma destas fichas.

Estas fichas constituem uma ferramenta essencial e devem fazer parte integrante do manual de inspecção, sendo indispensáveis nas visitas a obras. Destas fichas constam informações sobre a identificação da anomalia (incluindo uma fotografia), descrição sumária das manifestações patológicas, causas prováveis, consequências possíveis, aspectos a inspecionar no diagnóstico, ensaios a realizar *in situ*, nível de gravidade / urgência da intervenção (valor 0 - necessidade de intervenção imediata, até seis meses; valor 1 - necessidade de intervenção a médio prazo, até um ano; valor 2 - necessidade de monitorizar a evolução da anomalia) e soluções de reparação.

Quadro 3 - Exemplo de ficha de anomalia [1]

FICHA DE ANOMALIA A-A1	DESCOLAMENTO
LOCALIZAÇÃO: superfície corrente	
DESCRIÇÃO: descolamento do revestimento epóxico, em áreas localizadas ou em toda a extensão do pavimento	
CAUSAS PROVÁVEIS:	
<ul style="list-style-type: none"> - especificação incorrecta dos produtos, em termos de campo de aplicação, espessuras, requisitos mínimos, permeabilidade à água e ao vapor (C-A1, C-A2) - concepção / pormenorização dos pontos de evacuação de águas (C-A5) - má interpretação dos dados do projecto (C-B1, C-B2, C-B19, C-B20) - não realização de ensaios de humidade e resistências do suporte (C-B2, C-B3, C-B19, C-B20) - falta de aderência entre o suporte e o revestimento (C-B4, C-B5, C-B6, C-B19) - desrespeito pelas recomendações de aplicação do fabricante (C-B2, C-B8, C-B12, C-B13, C-B19) - queda de objectos, vandalismo (C-C1, C-C2, C-C6) - humidade ascensional (C-D3) - ausência de manutenção e consequente progressão da anomalia (C-E1) - utilização prematura ou modificação do campo de aplicação inicialmente previsto (C-E2, C-E5) 	
CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:	
<ul style="list-style-type: none"> - infiltrações de água nas zonas afectadas e consequente descolamento do revestimento circundante - aspecto estético afectado 	
ASPECTOS A INSPECIONAR:	
<ul style="list-style-type: none"> - diagnóstico ao suporte (S/N) - tratamento mecânico do suporte (S/N) - tipo de revestimento e camadas subjacentes - condições atmosféricas durante a aplicação 	<ul style="list-style-type: none"> - humidade ascensional (S/N) - revestimento circundante aderente (S/N) - presença de humidade noutros elementos (S/N) - área afectada: (...) %
ENSAIOS A REALIZAR:	
<ul style="list-style-type: none"> - avaliação de planimetria - medição de humidade superficial - medição de temperatura - filme de polietileno 	<ul style="list-style-type: none"> - caroteadora - ensaio de tracção (<i>pull-off</i>) - teste de aderência por quadrícula - medição de humidade em profundidade
PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:	
<ul style="list-style-type: none"> - condições para que o fenómeno progrida (S/N) - percentagem de área de PIRE afectada: (...) % 	
NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:	
0 - quando houver condições para progressão do fenómeno e consequente descolamento do revestimento circundante ou quando a área afectada for igual ou superior a 5% da área total de PIRE	
1 - quando o fenómeno estiver circunscrito e não apresentar condições para progressão ou se área afectada não for superior a 5%	
SOLUÇÕES DE REPARAÇÃO:	
<ul style="list-style-type: none"> - aplicação de novo revestimento epóxico - aplicação de barreira pára-vapor - aplicação de outro tipo de revestimento 	

5. FICHAS DE INSPECÇÃO

Estas fichas (Quadro 4) foram preparadas para as inspecções realizadas e contêm as informações consideradas de maior importância para caracterização do observado, incluindo as

anomalias detectadas e todas as informações relacionadas, o mapeamento e levantamento fotográfico das mesmas, o resultado dos ensaios *in situ* (quando estes tiverem lugar) e as zonas do revestimento que devem merecer especial cuidado em inspecções futuras. As fichas de inspecção pretendem ainda caracterizar os edifícios onde se localizam os pisos vistoriados, bem como os materiais e condições relacionadas com a execução do revestimento [adaptado de 4].

Quadro 4 – Ficha de inspecção [1]

FICHA DE INSPECÇÃO N.º		Data da inspecção	
RESPONSÁVEL / FUNÇÃO			
OBJECTIVO DA INSPECÇÃO			
I. Pavimento Pav ____			
I.1 - Localização			
I.2 - Tipo de indústria		Alimentar	Automóvel
		Química	Outra:
I.3 - Ano da conclusão		I.3.1 - Área total de pavimento (m²)	
I.4 - Percentagem do pavimento com PIRE (%)			
I.5 - Caracterização construtiva			
I.6 - Contactos efectuados			
Proprietário		Projectista	Empreiteiro
		Outro:	
I.6.1 - Nome(s)			
I.7 - Notas			
II. A - Pavimentos Industriais em revestimentos epóxicos (PIRE) vistoriados			
II.1 - PIRE Pav ____ A		II.2 - Data de conclusão	
II.3 - Tipo de PIRE		Pintura	Multicamada
		Revestimento	Argamassa epóxida
II.4 - Piso térreo		S	N
		II.5 - Área total (m²)	
II.7 - Designação comercial do produto aplicado		II.8 - Ficha técnica	
		S	N
		NS	
II.9 - Acabamento superficial		Liso	Textura fina
			Textura grossa
II.10 - Tipo de suporte			
II.11 - Diagnóstico ao suporte		S	N
		NS	
II.12 - Tratamento mecânico		S	N
		NS	
II.13 - Primário de aderência		S	N
		NS	
II.14 - Humidade ascensional		S	N
		NS	
II.15 - Barreira pára-vapor		S	N
		NS	
II.16 - Elementos de protecção		S	N
		NS	
II.17 - Condições de aplicação		Calor	Humidade
		Obra aberta	Normais

6. MAPEAMENTO DAS ANOMALIAS

Uma das ferramentas que se recomenda durante as inspecções é o mapeamento de anomalias, em complemento às fichas de inspecção, já que estas não permitem por si só localizar com exactidão as anomalias identificadas num piso. O mapeamento tem como principais objectivos conhecer a incidência de cada anomalia em toda a extensão do revestimento, bem como a gravidade da sua expressão em cada caso, de forma a poder ser constituído um projecto de reparação adequado.

Este procedimento deverá ser 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 em função do revestimento

circundante. Este esquema poderá ser realizado com uma malha simplificada, com quadrados com dimensão adequada à dimensão do pavimento, onde deverão ser identificadas as anomalias [adaptado de 4], ou recorrendo a fotografias do local, onde devem ser assinaladas as mesmas anomalias.

7. CAMPANHA EXPERIMENTAL

A campanha de inspeções desenvolvida permitiu a recolha de dados resultantes de uma amostragem aleatória em 29 pisos. Durante as inspeções, foram registadas informações sobre a caracterização construtiva dos espaços, condições de aplicação (sempre que possível), tipo de anomalias observadas, causas prováveis, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação sugeridas. Estes dados foram organizados numa base de dados (sistema operativo Windows, programa Microsoft Access).

Relativamente à idade dos pisos inspeccionados, 28% têm mais de 5 anos e os restantes 72% menos, resultando numa média ponderada de 3 anos. A média de idades, tendo em conta a contribuição das áreas individuais, resulta em 5 anos, sobretudo por os pisos inspeccionados com mais de 5 anos apresentarem, casualmente, áreas superiores aos mais recentemente construídos. A maioria das inspeções realizou-se na região de Lisboa e Vale do Tejo

Tendo em conta as 64 anomalias identificadas nos 29 pisos inspeccionados, resulta uma média de 2,2 anomalias / PIRE. Neste universo, são consideradas de igual modo as anomalias que ocorrem isoladamente, devidas a causas aparentemente distintas e as que ocorrem em proximidade e por factores provavelmente relacionados.

A Figura 4 apresenta a contribuição de cada grupo de anomalias na amostra, enquanto que a Figura 5 apresenta as frequências absolutas e relativas destas anomalias, representando as primeiras o número de ocorrências individuais e as segundas esse mesmo número dividido por 29, o número de pisos inspeccionados.

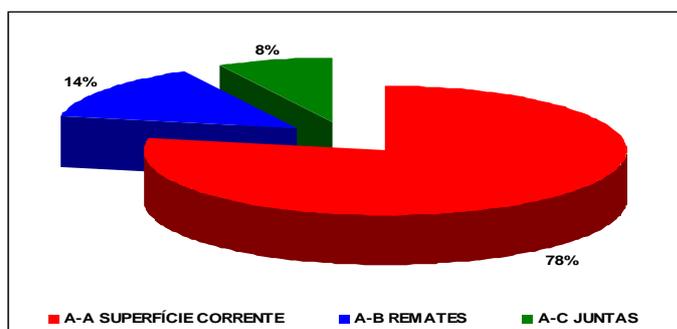


Figura 4 - Contribuição relativa de cada grupo de anomalias na amostra

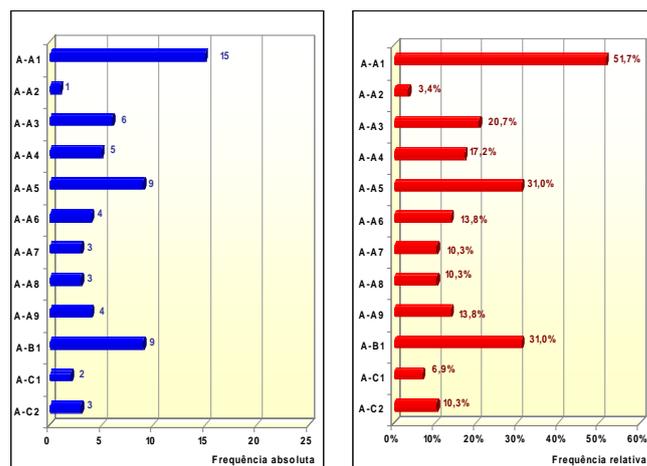


Figura 5 - Frequências absolutas e relativas das anomalias nos 29 pisos inspeccionados

Destes gráficos, verifica-se que o número de anomalias classificadas como A-A (zona corrente) é consideravelmente superior ao das anomalias A-B (remates) e A-C (juntas).

Este facto pode ser explicado pelo facto de na superfície do revestimento ser identificado um maior número de anomalias, algumas delas com elevado índice de ocorrência em simultaneidade. No entanto, se se observarem as frequências relativas das mesmas anomalias, verifica-se que, por exemplo, a anomalia A-B1 (descolamento nos elementos de ligação) apresenta um valor superior a 30%, o que significa que, no caso dos pisos inspeccionados, a probabilidade de ocorrência desta anomalia é elevada, sendo superior à maioria das anomalias registadas na superfície corrente. As anomalias em remates ou juntas são geralmente potenciadoras de desenvolvimento das mesmas para a superfície corrente, maioritariamente por fenómenos de descolamento.

A anomalia A-A1 (descolamento) é, como se pode concluir destes resultados, a que mais se observa na amostra, claramente mais frequente do que todas as outras. A anomalia A-A5 (desgaste) é

também bastante representativa, totalizando ambas mais de 35% do universo total identificado.

O mesmo tipo de tratamento foi utilizado para a validação das causas. A amostra total representa 287 registos de ocorrências, nas 64 anomalias identificadas, das quais resulta uma média de 4,5 causas prováveis para cada anomalia. Em primeiro lugar, é apresentado na Figura 6 um gráfico onde são observadas as frequências absolutas das causas, de acordo com a classificação apresentada no Capítulo 3. Na Figura 7, é apresentada uma análise similar, tendo em conta a contribuição relativa das mesmas causas.

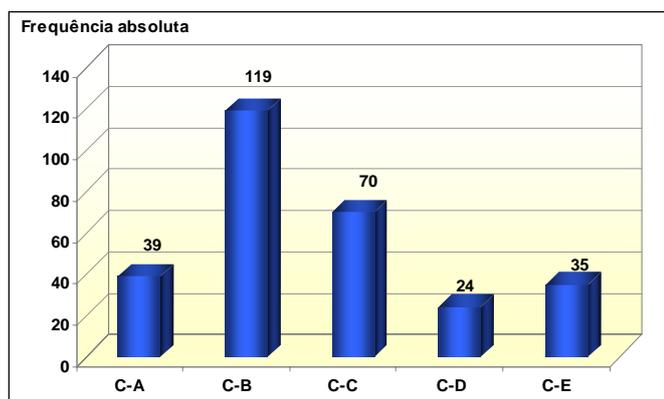


Figura 6 - Frequência absoluta das causas por grupo classificativo

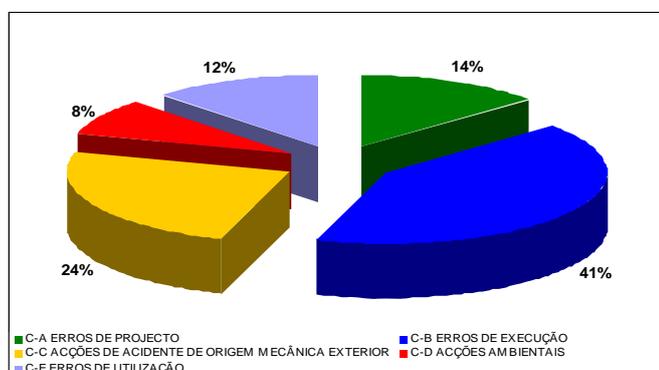


Figura 7 - Contribuição relativa de cada grupo de causas para a ocorrência de anomalias

Da observação deste gráfico, conclui-se que os erros de execução são os que ocorrem com maior frequência associados às anomalias identificadas. Embora estes erros sejam considerados geralmente como os principais responsáveis pela ocorrência de anomalias, não deixa de ser importante verificar que outros grupos, por exemplo os erros dos grupos C-A (erros de projecto) e C-C (acções de acidente de origem mecânica exterior), apresentam um registo considerável. Assim, o necessário investimento na divulgação e informação sobre

estes sistemas construtivos deverá permitir que os materiais e soluções utilizados sejam os adequados ao tipo de utilização previsto. Além disso, a correcta especificação poderá minimizar alguns dos erros de execução e utilização frequentemente encontrados.

Quando se determina, para cada uma das 64 anomalias, a contribuição de pelo menos uma causa de determinado grupo para a sua ocorrência (Figura 8), as conclusões são muito diferentes.

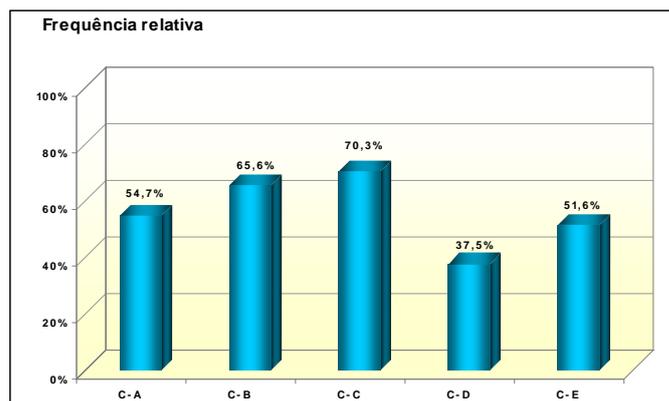


Figura 8 - Contribuição de cada um dos grupos de causas para a ocorrência das anomalias

Neste caso, as causas do grupo C-C (acções de acidente de origem mecânica exterior) assumem maior importância, o que significa que estas causas são identificadas, pelo menos uma vez, em maior número de PIRE inspeccionados. Desta forma, conclui-se que as causas C-B (erros de execução) ocorrem em maior número, mas muitas vezes na mesma inspeção, enquanto que as causas C-C (acções de acidente de origem mecânica exterior), embora em menor número relativo, são observadas em grande parte dos PIRE inspeccionados.

Apresenta-se agora informação similar, desta vez abordando na amostra apenas as causas consideradas indirectas (Figura 9) e directas (Figura 10). As primeiras estão relacionadas com o início do processo de deterioração, ou seja são consideradas causas secundárias do processo de deterioração, não necessárias para o seu desenvolvimento. As segundas, consideradas próximas da anomalia, estão associadas à fase final do processo de deterioração e, quando ocorrem, constituem uma das razões principais do processo de deterioração.

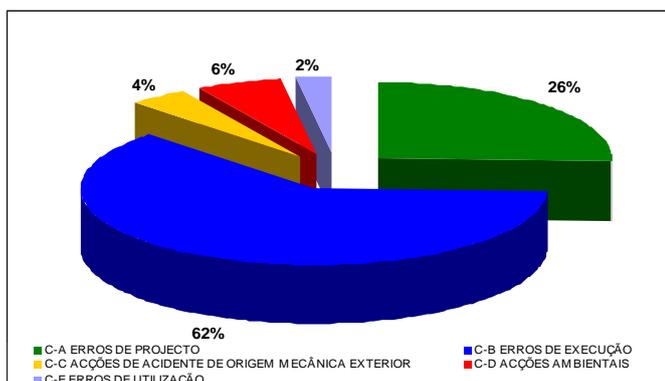


Figura 9 - Contribuição indirecta de cada grupo de causas para a ocorrência das anomalias

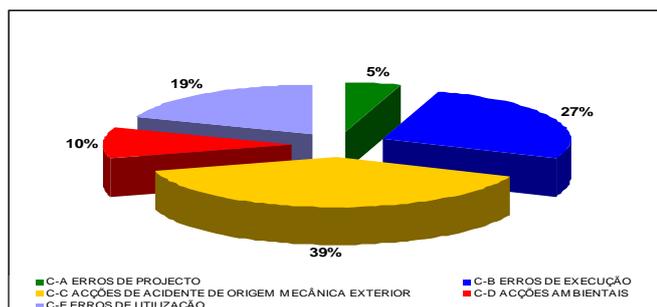


Figura 10 - Contribuição directa de cada grupo de causas para a ocorrência das anomalias

Da análise destes gráficos, verifica-se a predominância das causas do grupo C-B (erros de execução) como contribuições indirectas para a ocorrência de anomalias (mais de 60% das causas totais), realçando a importância da necessária formação e fiscalização ao nível da execução dos revestimentos de piso. Em quase todas as restantes situações, os erros de projecto são causas consideradas indirectas das anomalias identificadas na amostra.

Relativamente às causas directas, observa-se uma distribuição mais equilibrada entre os vários grupos, mais em conformidade com o observado no gráfico das causas totais. A predominância pertence às causas do grupo C-B (erros de execução) e C-C (acções de acidente de origem mecânica exterior). Confirma-se ainda a vulnerabilidade relativa deste tipo de pavimentos ao tipo de utilização que lhes é dado, sobretudo se se tiver em conta que os erros do grupo C-E (erros de utilização) representam cerca de 20% do total considerado.

Em seguida, faz-se uma análise individual da contribuição de cada causa para a ocorrência das várias anomalias. Tendo em conta que algumas das anomalias ocorrem poucas vezes na amostra, como acontece por exemplo com a anomalia A-A2

(empolamento), com apenas uma ocorrência, ou a anomalia A-A8 (bolhas de difusão de ar), com duas ocorrências, este tipo de análise não é representativo e, portanto, não é apresentado neste tratamento. O critério será exclusivamente analisar os dados das anomalias que apresentam três ou mais ocorrências e são apresentadas todas as causas observadas pelo menos uma vez para cada anomalia.

A Figura 11 apresenta os dados relativos às causas prováveis da anomalia A-A1 (descolamento). Esta foi identificada em 15 inspecções, estando registadas na amostra 74 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 4,9 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

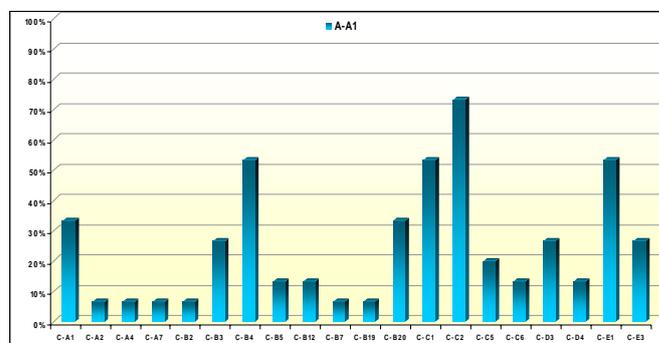


Figura 11 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A1

As causas C-B4 (tratamento mecânico do suporte inexistente ou insuficiente) e C-C2 (choques / vibrações) apresentam valores elevados, sendo por isso consideradas como causas muito prováveis da ocorrência desta anomalia, sobretudo quando se encontram relacionadas. A causa C-E1 (ausência de conservação e manutenção) foi identificada igualmente com forte representatividade durante as inspecções, talvez porque o fenómeno progride quando não são desenvolvidos procedimentos de manutenção adequados.

A mesma análise é apresentada na Figura 12, desta vez para a anomalia A-A3 (fissuração). Esta anomalia foi identificada em 6 inspecções, estando registadas na amostra 16 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 2,7 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

Neste caso, destaca-se claramente a causa C-C3 (movimentos diferenciais), tendo sido assinalada em todos os pisos que apresentavam esta anomalia.

De facto, tendo em conta que estes materiais não apresentam tendência para fissuração, a não ser que o suporte assuma tais fenómenos, os movimentos estruturais do edifício podem induzir tensões ao pavimento, com consequente observação do fenómeno de fissuração.

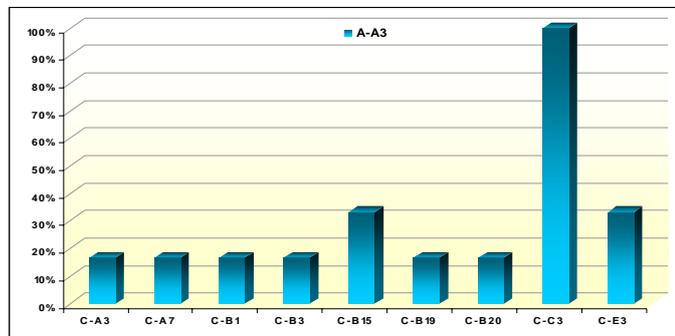


Figura 12 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A3

Apresentam-se na Figura 13 os dados relativos às causas prováveis da anomalia A-A4 (manchas). Esta foi identificada em 5 inspeções, estando registadas na amostra 17 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 3,4 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

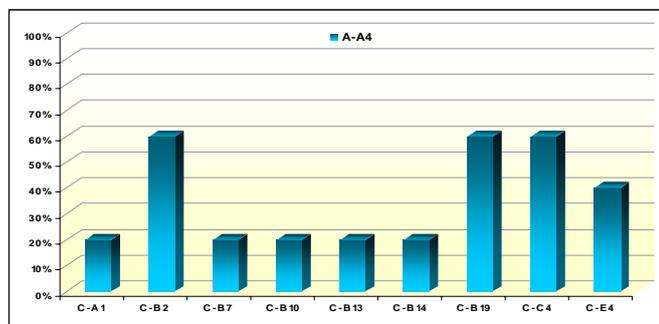


Figura 13 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A4

A esta anomalia estão particularmente associados erros de execução, sendo fortemente referenciados os que estão relacionados com a responsabilidade pela selecção dos materiais e mão-de-obra associada. Além destes, destacam-se ainda as causas C-C4 (ataque químico / biológico) e C-D4 (lavagens excessivas ou produtos de limpeza não recomendados), frequentemente responsáveis pela observação desta anomalia.

Na Figura 14, pode-se observar os dados relativos às causas prováveis da anomalia A-A5 (desgaste). Esta foi identificada em 9 inspeções, estando registadas na amostra 43 causas prováveis

(directas e indirectas). A média resulta assim em 4,8 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

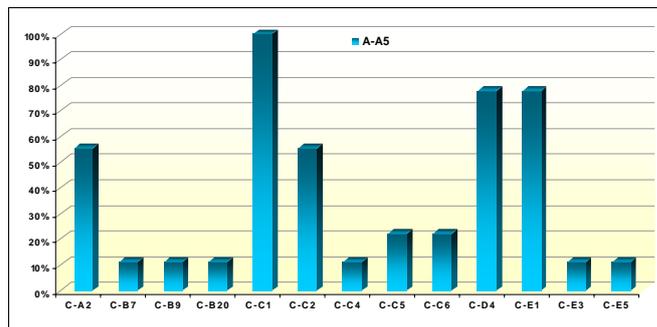


Figura 14 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A5

Esta anomalia, contrariamente às anteriores, não sofre influência dos erros de execução, revelando maior sensibilidade às causas relacionadas com acções de acidente, como se observa claramente pela importância das causas C-C1 (queda de objectos) e C-C2 (choques / vibrações). Além disso, são ainda destacadas as causa C-D4 (envelhecimento natural) e C-E1 (ausência de conservação e manutenção), embora estas sejam mais genéricas. A causa C-A2 (especificação incorrecta das espessuras a aplicar) merece ainda uma observação, uma vez que os registos elevados permitem concluir que esta anomalia está muito relacionada com a prescrição dos materiais, sobretudo a espessura correcta para as exigências requeridas.

Quanto às causas prováveis da anomalia A-A6 (falta de planimetria), a Figura 15 expõe os registos obtidos. Esta anomalia foi identificada em 4 inspeções, estando registadas na amostra 15 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 3,8 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

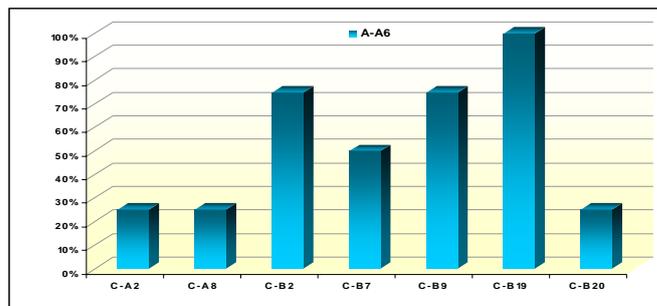


Figura 15 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A6

No caso desta anomalia, as causas prováveis estão fortemente relacionadas com erros de execução, particularmente as causas C-B2 (mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante) e C-B19 (fiscalização / controlo de qualidade insuficiente). Além destas, destacam-se as causas C-B7 (falta de planimetria do suporte ou pendentes mal executadas) e C-B9 (quantidade de material insuficiente ou má regularização das superfícies acabadas), inevitavelmente associadas à falta de qualidade da mão-de-obra seleccionada e à fiscalização insuficiente durante a execução dos trabalhos.

A Figura 16 apresenta as causas prováveis da anomalia A-A7 (bolhas osmóticas). Esta foi identificada em 3 inspecções, estando registadas na amostra 9 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 3,0 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

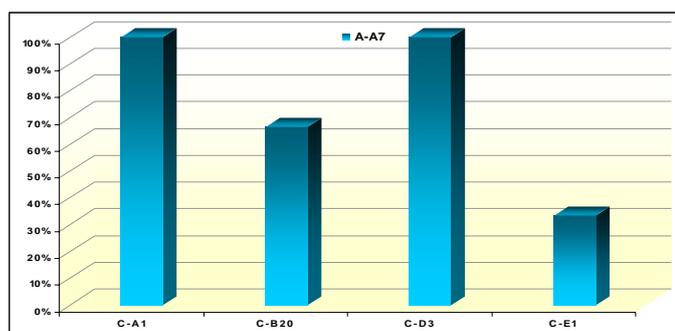


Figura 16 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A7

A análise detalhada desta anomalia permite concluir que esta é geralmente devida às causas C-A1 (especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar) e C-D3 (humidade excessiva), estando as mesmas relacionadas. De facto, em pisos térreos em que o nível de humidade ascensional seja elevado, estes revestimentos podem apresentar este tipo de fenómenos patológicos, devendo ser evitados com a inclusão de uma barreira pára-vapor adequada ou, ainda, pela selecção de um revestimento permeável ao vapor de água. A causa C-B20 (prazos de execução condicionados) apresenta igualmente valores elevados, sobretudo pelo facto de, em obra, nem sempre existirem condições e disponibilidade para a realização de ensaios ao suporte e aos níveis de humidade dos mesmos.

Na Figura 17, são apresentadas as causas prováveis da anomalia A-A8 (bolhas por difusão

de ar). Esta foi identificada em 3 inspecções, estando registadas na amostra 9 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 3,0 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

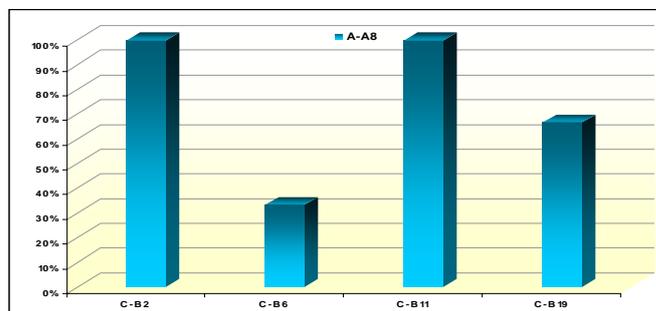


Figura 17 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A8

Esta anomalia é fortemente representada por causas do grupo C-B (erros de execução). Deste modo, as causas C-B2 (mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante) e C-B11 (não utilização de rolo de picos) são as mais identificadas com esta anomalia, sendo que a utilização do rolo de picos é um procedimento fundamental para o sucesso de qualquer regularização de revestimentos epóxicos, particularmente os autonivelantes, uma vez que liberta o ar no revestimento e evita a formação das bolhas de difusão de ar.

Quanto às causas da anomalia A-A9, estas são apresentadas na Figura 18. Esta anomalia foi identificada em 4 inspecções, estando registadas na amostra 14 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 3,5 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

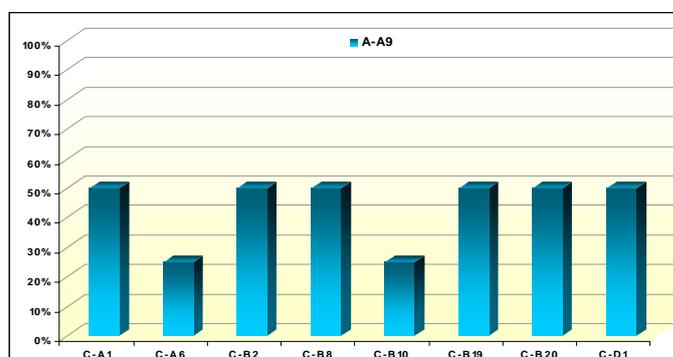


Figura 18 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A9

Neste caso, existe uma distribuição equitativa entre várias causas. Destas, destacam-se as causas

C-A1 (especificação incorrecta dos produtos ou camadas a aplicar), C-B2 (mão-de-obra inexperiente ou não recomendada pelo fabricante) e C-D1 (radiação solar), nos casos em que os revestimentos epóxicos são aplicados em áreas submetidas a radiação solar, que, como já explicado, amarelece a camada superficial, e as causas C-B8 (desrespeito pelas dosagens e recomendações do fabricante) e C-B10 (utilização de inertes ou pigmentos sem controlo no tipo, cor ou granulometria), no caso em que sejam observadas descolorações na superfície do revestimento.

Os dados da Figura 19 dizem respeito às causas prováveis da ocorrência da anomalia A-B1 (descolamento nos elementos de ligação - remates). Esta foi identificada em 9 inspecções, estando registadas na amostra 59 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 6,6 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

Esta anomalia é a que apresenta maior diversidade nos registos obtidos, quer na quantidade de causas identificadas, quer na impossibilidade de definir um grupo de causas maioritariamente responsáveis por este tipo de anomalia. Observa-se que pelo menos uma causa de cada grupo classificativo se apresenta como muito provável, o que permite concluir que este tipo de anomalia pode ser ocasionada por erros em qualquer das fases construtivas. Por este facto, estes elementos devem ser cuidadosamente planeados e devem igualmente ser monitorizados todos os aspectos relacionados com a execução e utilização do revestimento.

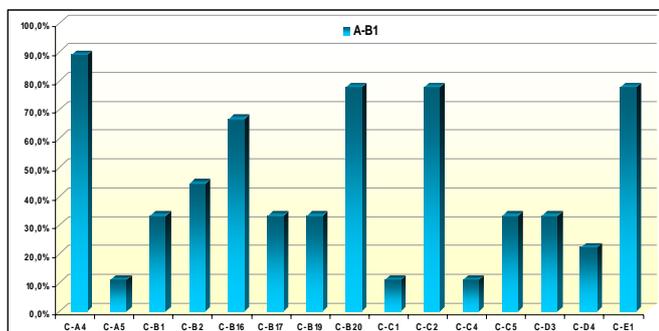


Figura 19 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-B1

Finalmente, a Figura 20 apresenta as causas prováveis da anomalia A-C2 (fissuração - juntas). Esta foi identificada em 3 inspecções, estando

registadas na amostra 18 causas prováveis (directas e indirectas). A média resulta assim em 6 causas prováveis para a ocorrência desta anomalia.

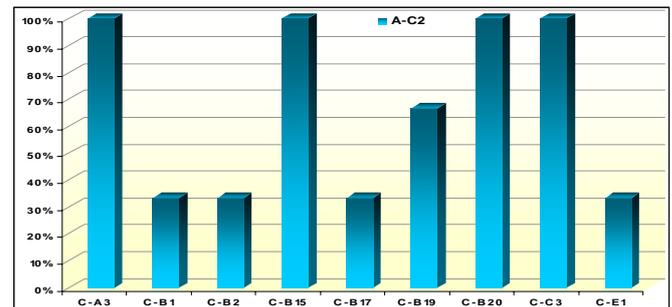


Figura 20 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-C2

Tal como na anomalia anterior, também neste caso existe uma grande diversidade em termos de grupos de causas prováveis. Destacam-se as causas C-A3 (concepção / pormenorização das juntas estruturais), C-B15 (falta de coincidência entre as juntas do suporte e do revestimento), C-B20 (prazos de execução condicionados) e C-C3 (movimentos diferenciais). As duas primeiras são particularmente importantes, uma vez que das quatro são aquelas que mais facilmente podem ser minimizadas, mas que frequentemente surgem associadas a este tipo de fenómenos.

8. CONCLUSÕES

Os resultados das inspecções realizadas aos 29 pisos revelaram algumas informações importantes no que diz respeito às anomalias mais frequentemente encontradas nestes elementos construtivos e às causas prováveis para a ocorrência das mesmas. Entre as conclusões possíveis, destacam-se:

- o maior número de anomalias ocorre na superfície corrente do revestimento; este facto não implica que as anomalias em pontos singulares, como remates e juntas, apresentem menor gravidade e não potenciem a progressão de anomalias à zona corrente, dado o carácter progressivo que lhes está associado;

- as anomalias A-A1 (descolamento) e A-A5 (desgaste) representam cerca de 35% do universo total identificado; se a estas se adicionar a anomalia A-B1 (descolamento em remates), este valor aumenta para mais de 50%; além disso, verifica-se que a probabilidade de ocorrência destas anomalias em cada PIRE inspeccionado é

de 51,7, 31,0 e 31,0%, respectivamente; desta forma, parecem estar claramente identificadas as principais anomalias que podem ocorrer com este tipo de revestimentos;

- nas 287 causas identificadas, existe um importante domínio do grupo C-B (erros de execução), com 119 registos evidenciados, o que faz deste grupo o mais representativo na amostra em estudo;

- as causas relacionadas com o grupo C-D (acções ambientais) foram as menos representativas, ocorrendo 24 vezes no universo total da amostra, talvez pelo facto de estes materiais serem geralmente aplicados no interior ou em áreas protegidas, sendo portanto menos vulneráveis a condições adversas;

- a anomalia A-B1 (descolamento nos elementos de ligação - remates) é a que apresenta maior diversidade de causas prováveis, desde a concepção e execução do revestimento, até às condições de utilização; por sua vez, os erros do grupo C-B (erros de execução) são frequentemente responsáveis pela anomalia A-A6 (falta de

planimetria do suporte ou pendentes mal executadas);

REFERÊNCIAS

1. Garcia, J. - *Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos Epóxicos em Pisos Industriais*, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Janeiro de 2006.
2. Eisinger, A., “*Pisos e Revestimentos Industriais - Reconhecimento de sua Importância*”, Revista PI - Pisos Industriais, Brasil, Ano 1, n.º 0, Julho de 2003.
3. Williamson, N. *Defects in Industrial Concrete Floors - Their Causes and How to Avoid Them*, Industrial Floors 2003, 5th International Colloquium January 21-23, UK, 2003.
4. Silvestre, J., “*Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes*”, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Setembro de 2005.