

REVESTIMENTO ACRÍLICO MONOCOMPONENTE DE BASE AQUOSA PARA PROTECÇÃO DE BETÃO POR PINTURA

Artigo submetido em Julho de 2008
e aceite em Março de 2009

C. CARNEIRO ^{(1)(*)}, V. LOPES ⁽¹⁾, J. NOGUEIRA ⁽¹⁾ e A. MENDES ⁽²⁾

Resumo

A elevada alcalinidade do betão ($\text{pH} \approx 12,5$) permite que as armaduras no seu interior estejam protegidas por passivação. No entanto, a penetração de agentes corrosivos como o ião cloreto que destrói a camada passivante de óxidos de ferro que se forma em ambientes altamente alcalinos ou o dióxido de carbono que provoca um decréscimo no pH, expõem as armaduras à corrosão. A qualidade do betão, em particular a sua porosidade, agravam bastante este fenómeno, no entanto se o betão for protegido com um revestimento por pintura, essa dependência diminui.

As tintas de base solvente para protecção de betão têm um excelente efeito barreira contra estes agentes corrosivos e com relativa facilidade cumprem a norma EN 1504-2 (Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão). No entanto, são ambientalmente agressivas e em breve serão descontinuadas.

O presente trabalho descreve uma tinta de base aquosa que cumpre todos os requisitos estipulados para um revestimento para protecção de betão armado. Como a Norma EN 1504-2 não estabelece nenhum valor para a permeabilidade ao ião cloreto, deixando-o ao critério de cada país, o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) definiu que, em Portugal, esta permeabilidade deverá ser inferior a $10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

No decorrer deste estudo verificou-se que os parâmetros que mais influenciam o comportamento da tinta são a natureza química do ligante e o seu CVP (Concentração Volumétrica de Pigmento). O produto desenvolvido encontra-se patenteado (PT 103 563).

Palavras-Chave: Protecção de Betão Armado, Tinta Aquosa, EN 1504-2

MONOCOMPONENT WATER-BORNE ACRYLIC COATING FOR REINFORCED CONCRETE PROTECTION

Abstract

Reinforced concrete is protected against corrosion due to the high alkalinity of the concrete, which promotes a passive layer on the reinforcing structures surface. However, the penetration of corrosive agents, such as chloride ions or carbon dioxide, destroys this iron oxide passive layer, originating a decrease in pH and exposing the metal structure to corrosion.

The quality of concrete, in particular its porosity, exacerbates this phenomenon, however if the concrete is protected by a coating layer, this dependence decreases.

Solvent-based paints for concrete protection have great barrier properties against these corrosive agents and are easily compliant with the standard EN 1504-2 (Products and systems for the protection and repair of concrete structures). However, they show environmental impact and soon will be discontinued.

This paper describes a water-borne paint which accomplishes all the requirements for reinforced concrete protection. As the standard EN 1504-2 does not provide any value for the chloride ion permeability, leaving it to the discretion of each country, LNEC (National Laboratory of Civil Engineering) defined that in Portugal this permeability should be less than $10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

During this study, one has verified that the parameters that most influence paint performance are the chemical nature of the binder and paint PVC (Pigment Volume Concentration). The developed product is protected by the Portuguese Patent (PT 103 563).

Keywords: Reinforced Concrete Protection, Water-borne Paint, EN 1504-2

⁽¹⁾ CIN, Corporação Industrial do Norte, S. A. – Estrada Nacional 13 (km 6), Apartado 1008, 4471-909 Maia, Portugal

⁽²⁾ JLEPAE – Departamento de Eng^o Química, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto – Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

^(*) A quem a correspondência deve ser dirigida, e-mail: catarina.carneiro@cin.pt

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de pintar o betão não se prende exclusivamente com a função decorativa das tintas, mas também com a sua função protectora. Estas duas funções aliam-se tornando as estruturas de betão armado esteticamente mais atractivas e com um tempo médio de vida superior [1].

Inicialmente o betão era visto como um material inerte, com um tempo de vida útil quase ilimitado. Actualmente é consensual que quando as estruturas de betão armado estão expostas a ambientes agressivos, pode ocorrer a degradação do aço das suas armaduras. Por outro lado, a qualidade do betão e em particular a sua porosidade, influencia bastante este fenómeno. A aplicação dum revestimento por pintura é uma estratégia mais flexível que oferece também a protecção do betão. Muitos factores de degradação do betão têm origem externa, ou seja, a degradação do betão deve-se sobretudo a acções que ocorrem do exterior para o interior das estruturas.

O pH alcalino do betão proporciona a formação de uma película de óxido de ferro, altamente estável e aderente, sobre as armaduras do betão protegendo-o contra a corrosão – passivação do aço. Nesta fase a taxa de corrosão do aço é desprezável. [2] Há agentes corrosivos que quando se difundem através do betão o pH desce quebrando a passivação e dando início a fenómenos de corrosão. Na Figura 1 pode visualizar-se o diagrama de Pourbaix do ferro em água. Este diagrama relaciona o potencial de oxidação do ferro com o pH da solução com a qual contacta. As diferentes áreas evidenciadas na figura correspondem à estabilidade termodinâmica dos diferentes compostos metálicos. Assim, na região de passivação as reacções termodinamicamente possíveis de ocorrer conduzem à formação de uma fina película de óxidos metálicos sobre a superfície do metal. Esta película quando estável protege o metal contra a corrosão, mesmo na presença de oxigénio e humidade. A

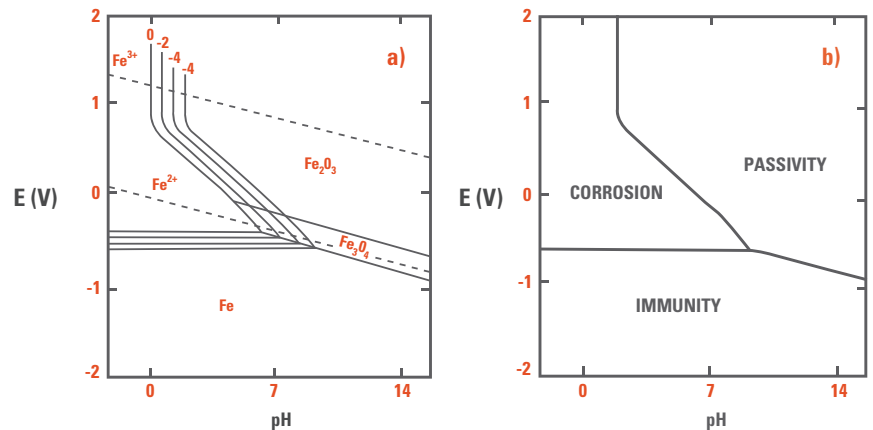


Fig. 1 – Diagramas de Pourbaix. a) para o sistema Fe - H₂O a 25° C e b) condições teóricas de corrosão, imunidade e passivação do Fe, a 25° C [4].

área de corrosão corresponde à zona onde as reacções possíveis conduzem à corrosão do metal por oxidação. Na região de imunidade as reacções não são termodinamicamente possíveis pelo que não há corrosão [3].

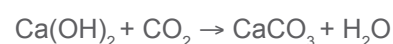
Mesmo quando o betão armado tem elevado pH, a presença do ião cloreto induz a corrosão das suas armaduras. Por este motivo, a presença do ião cloreto é considerada uma das maiores causas de degradação prematura do betão armado. A origem deste ião pode ser de natureza interna (por exemplo, na constituição de alguns aditivos do betão) ou externa (por exemplo, a proximidade a ambientes marinhos) [5]. A origem de natureza interna é facilmente contornada por normas, ao contrário, a externa é difícil de controlar. Quando as estruturas de betão armado estão expostas a um ambiente marinho, há um aumento significativo do teor de iões cloreto à superfície do betão. Nestas situações, um revestimento por pintura que proteja as estruturas de betão armado pode ter um papel preponderante na conservação dessas mesmas estruturas [1].

O processo de carbonatação inicia-se com a penetração do dióxido de carbono do ar através dos poros do betão. O dióxido de carbono reage com o

hidróxido de cálcio presente no betão originando carbonato de cálcio e água, de acordo com a reacção 1.

Este fenómeno começa na superfície do betão e vai penetrando no betão de acordo com a difusão do ar até atingir as armaduras do betão. Esta difusão depende de vários parâmetros, nomeadamente da porosidade do betão, da temperatura e humidade do ar [6,7]. A carbonatação provoca uma redução do pH do betão expondo as suas armaduras à corrosão [5].

A água é outro parâmetro importante na corrosão do betão armado. A água dissolve sais e gases que degradam a superfície do betão, congela nos poros causando a sua fissuração, induz a erosão do betão e é também uma fonte de humidade do interior de edifícios [8]. Assim, para proteger convenientemente o betão armado, os revestimentos por pintura têm de exercer efeito barreira contra a permeação de água líquida. Por outro lado, estes revestimentos têm de permitir a passagem do vapor de água, existente no interior das estruturas de betão, através da sua película [1]. Assim, desenvolver um revestimento por pintura que seja impermeável à água líquida e agentes de corrosão e permeável ao vapor de água, é um processo muito complexo.



1

Na **Figura 2** pode visualizar-se uma fotografia de uma estrutura em betão armado com sinais visíveis de corrosão.



Fig. 2 – Estrutura em betão armado com sinais visíveis de corrosão (Adaptado de [9]).

As tintas de base solvente para protecção de betão têm um excelente desempenho, no entanto, a sua utilização é penalizada pela legislação ambiental que é cada vez mais restritiva. Assim, o desafio deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um produto de base aquosa capaz de substituir os produtos de base solvente. A norma EN 1504-2 [10] (Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão) especifica requisitos para identificação, desempenho, segurança e avaliação da conformidade de produtos e esquemas de pintura que serão utilizados para protecção do betão armado, aumentando a sua durabilidade, assim como, para trabalhos de reparação e manutenção de estruturas de betão armado.

2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

De acordo com as exigências da sociedade actual, um revestimento por pintura para protecção de betão deve ser fácil de aplicar, ser

monocomponente, ter baixo brilho e cumprir com os requisitos da norma EN 1504-2 [10]. Durante cerca de dois anos a CIN trabalhou no desenvolvimento de um revestimento por pintura, de base aquosa, que satisfizesse todas as características chave acima referidas.

A permeabilidade ao ião cloreto, segundo a norma EN 1504-2 [10], não necessita de ser determinada se a permeabilidade à água líquida, determinada segundo a EN 1062-3 [11], for inferior a $0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1/2}$ pois, não é expectável que haja difusão deste ião através da película de tinta. No entanto, resultados experimentais mostram que esta suposição não é correcta e, em Portugal, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) estipulou que a permeabilidade ao ião cloreto tem de ser inferior a $10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para tintas para protecção de betão armado. O método de ensaio seguido para a determinação da permeabilidade ao ião cloreto consiste no uso de uma célula de permeação composta por duas câmaras, a superior e a inferior, divididas pelo provete de tinta a ensaiar. A câmara superior é cheia com uma solução a 2,5 M de cloreto de sódio e a câmara inferior é cheia com água desionizada. Na câmara inferior existe ainda um eléctrodo de condutividade que vai registando a história da concentração. Esta célula de permeação – **Figura 3** – implementa o método de *Time-Lag*

[12]. A permeabilidade ao ião cloreto através da película de tinta (P_R) exprime-se em $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$.

A permeabilidade ao dióxido de carbono é determinada segundo a norma EN 1062-6 [13]. Para a realização destes ensaios foi desenvolvida uma unidade de determinação da permeabilidade ao dióxido de carbono. Esta consiste numa célula de permeação formada por duas câmaras, a superior e a inferior, separadas pelo provete de tinta a testar – **Figura 4**. A câmara superior (**Figura 4**, partes 1 e 2) é atravessada por uma corrente gasosa composta por 15 % de dióxido de carbono (CO_2) em azoto (N_2). A configuração desta câmara garante uma homogeneização máxima para que a concentração de entrada e saída sejam praticamente iguais. A câmara inferior (**Figura 4**, partes 3 e 4) é alimentada uma corrente de N_2 puro que à saída terá na sua composição todo o CO_2 que permeou através da película de tinta. A configuração da câmara inferior garante que a concentração no interior desta câmara seja praticamente homogénea. Esta corrente é alimentada a um analisador de CO_2 . Toda a unidade é monitorizada através de uma aplicação informática desenvolvida em *LabView*. Esta permite obter a história das pressões e da concentração de CO_2 no permeado e controlar os caudais. Esta célula de permeação implementa o método *Wicke-Kallenbach* [14]. A permeabilidade ao dióxido de

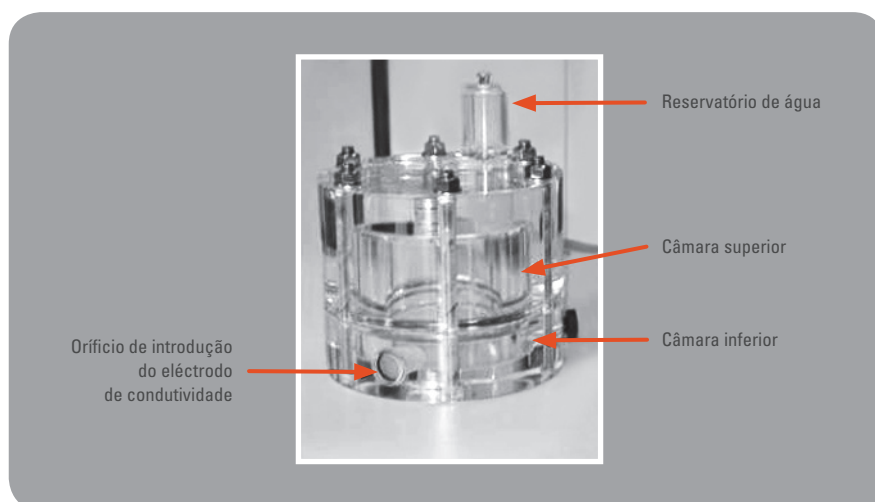


Fig. 3 – Célula de permeação utilizada na determinação da permeabilidade ao ião cloreto.

carbono de películas de tinta exprime-se em termos de S_D , em metros, que corresponde à espessura de camada de ar com difusão equivalente. A permeabilidade ao vapor de água é determinada segundo a norma EN ISO 7783-2 [15].

Numa primeira fase do trabalho (fase #1) seleccionaram-se tintas com diferentes tipos de ligantes e diferentes CVP's (concentração volumétrica de pigmento), de acordo com a Tabela 1. Nesta primeira fase determinou-se a permeabilidade à água líquida, ao vapor de água, ao dióxido de carbono e ao ião cloreto, de acordo com as normas / métodos acima referidos – Tabelas 2 e 3. As tintas foram aplicadas segundo as respectivas especificações, estando as espessuras de película seca compreendidas entre 100 e 180 μm . Tendo em conta os resultados obtidos e considerando que a permeabilidade ao ião cloreto é o parâmetro mais crítico, optou-se por estudar na segunda fase deste trabalho (fase #2) tintas com diferentes ligantes mas com o mesmo CVP ($\approx 22\%$) da tinta C, dado que esta foi a única que cumpriu todos os requisitos da fase #1 – Tabela 4. Na Tabela 5 pode observar-se os resultados experimentais obtidos para a permeabilidade ao ião cloreto.

Analisando os resultados da Tabela 5 poder-se-ia concluir que o tipo de ligante seria, provavelmente, a variável que mais influencia a permeabilidade ao ião cloreto. No entanto, para avaliar melhor a influência do CVP, procedeu-se à elaboração de uma formulação utilizando o ligante da tinta C (emulsão acrílica modificada com Veova) mas aumentando o CVP da tinta para cerca de 27%. A permeabilidade desta nova tinta ao ião cloreto é de $1,7 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, não cumprindo os requisitos estabelecidos para Portugal para a protecção anticorrosiva. Desta forma, conclui-se que o CVP também é uma variável importante no desempenho das tintas, no que se refere à permeabilidade ao ião cloreto. Para completar o estudo efectuado, a tinta C foi caracterizada de acordo com outros parâmetros estabelecidos para tintas para protecção de betão

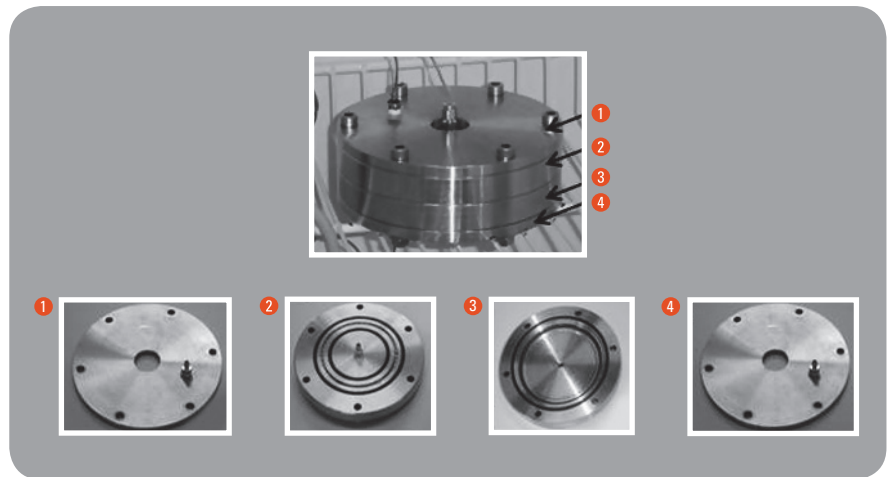


Fig. 4 – Componentes da célula de permeação utilizada na determinação da permeabilidade ao dióxido de carbono.

Tabela 1 - Ligantes testados nas tintas durante a fase #1.

Tinta	Descrição do ligante	CVP / (%)
A	Dispersão aquosa de copolímeros de butil acrilato e metil metacrilato. Teor de sólidos em massa: 50 % (w/w) Temperatura mínima de formação de película (TMFP): 5 °C	46,6
B	Emulsão estireno-acrílica com elevada resistência à água e humidade. Teor de sólidos em massa: 42 % (w/w) TMFP: 29 °C	27,6
C	Emulsão acrílica modificada com Veova. Teor de sólidos em massa: 47 % (w/w) TMFP: 6 °C	22,1

Tabela 2 - Resultados experimentais para as permeabilidades à água líquida e vapor de água das tintas da primeira fase.

Tinta	Permeabilidade à água líquida, $w / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1/2})$		Permeabilidade ao vapor de água, $S_D / (\text{m})$	
	Resultado experimental	Requisito da norma	Resultado experimental	Requisito da norma
A	0,05	< 0,1	0,2	≤ 5 para a classe I (Permeável ao vapor de água)
B	0,006		0,7	
C	0,004		3,6	

Tabela 3 - Resultados experimentais para as permeabilidades ao dióxido de carbono e ião cloreto das tintas da primeira fase.

Tinta	Espessura de película seca / (μm)	Permeabilidade ao dióxido de carbono, $S_D / (\text{m})$		Permeabilidade ao ião cloreto, $P_R / (\text{m}^2 \text{ s}^{-1})$	
		Resultado experimental	Requisito da norma	Resultado experimental	Requisito nacional
A	80	252	≥ 50	$3,2 \times 10^{-12}$	$< 1 \times 10^{-14}$
B	110	312		$3,5 \times 10^{-14}$	
C	184	772		$5,7 \times 10^{-17}$	

armado – Tabelas 6 e 7. Da análise destas tabelas pode verificar-se que esta tinta cumpre com os requisitos estabelecidos na norma EN 1504-2 [10] assim como com os requisitos nacionais, estabelecidos pelo LNEC, para este tipo de revestimento. Esta tinta apresenta ainda alguma flexibilidade, determinada segundo procedimentos internos, a duas temperaturas diferentes. A 23° C e com 145 µm de espessura, a tinta C apresenta uma elongação de cerca de 280 %. No entanto, para uma espessura de 200 µm o alongamento passa para cerca de 490 %. Para temperaturas mais baixas, a taxa de elongação reduz; assim se o ensaio for realizado com a película de tinta a 12° C e para as mesmas espessuras secas, o alongamento é cerca de 175 % e 290 %, respectivamente.

Outra característica da tinta C é a sua boa aplicabilidade à trincha, rolo ou pistola *airless*. Esta tinta, quando aplicada sobre betão, apresenta um acabamento mate. Na Figura 5 pode visualizar-se o aspecto de uma película da tinta C após 2 anos em exposição no exterior; após este período de exposição verifica-se que a película não apresenta qualquer defeito.

3. CONCLUSÕES

Foi desenvolvido com sucesso um revestimento aquoso por pintura para protecção de betão armado contra agentes corrosivos. Esta tinta foi criteriosamente desenvolvida através da selecção do melhor tipo de ligante e da optimização da sua utilização. Verificou-se que a natureza do ligante e o CVP são os parâmetros mais importantes na formulação de tintas para protecção de betão. Esta tinta cumpre os requisitos estabelecidos na norma EN 1504-2 [10] para protecção contra o ingresso de agentes agressivos no betão, assim como com os requisitos Portugueses, estabelecidos pelo LNEC, para a permeabilidade ao ião cloreto. Este produto encontra-se patenteado, PT 103563 [16].

Tabela 4 - Ligantes testados nas tintas durante a fase #2.

Tinta	Descrição do ligante	CVP /(%)
D	Dispersão aquosa de copolímeros de ésteres do ácido acrílico e metacrílico. Teor de sólidos em massa: 50 % (w/w) TMFP: 17 °C	22
E	Dispersão aquosa de copolímeros de ésteres do ácido acrílico e metacrílico. Teor de sólidos em massa: 46 % (w/w) TMFP: 13 °C	22
F	Emulsão acrílica. Teor de sólidos em massa: 52,5 % (w/w) TMFP: 8 °C	22
G	Emulsão acrílica. Teor de sólidos em massa: 46 % (w/w) TMFP: 8 °C	22
H	Dispersão aquosa de copolímeros de etil-hexil acrilato e metil metacrilato. Teor de sólidos em massa: 50 % (w/w) TMFP: 16 °C	22
I	Polímero acrílico. Teor de sólidos em massa: 50 % (w/w) TMFP: < 5 °C	22

Tabela 5 - Resultados experimentais para a permeabilidade ao ião cloreto das tintas durante a fase #2.

Tintas	Espessura de película seca / (µm)	Permeabilidade ao ião cloreto, P_R / (m ² ·s ⁻¹)	
		Resultados experimentais	Requisito nacional
D	140	$4,3 \times 10^{-14}$	$< 1 \times 10^{-14}$
E	120	$2,6 \times 10^{-13}$	
F	165	$5,3 \times 10^{-13}$	
G	145	$1,0 \times 10^{-13}$	
H	190	$4,5 \times 10^{-12}$	
I	115	$7,2 \times 10^{-12}$	



Fig. 5 – Tinta C após dois anos de exposição no exterior.

Tabela 6 - Caracterização da tinta C de acordo com a norma EN 1504-2 [10].

Ensaio	Espessura de película seca / (μm)	Resultado	Requisito	Apreciação
Aderência Pull-off (EN ISO 4624)	160 a 190	- Resistência à ruptura: 1,4 N mm ⁻² (nenhum valor individual inferior a 0,7 N mm ⁻²) - Natureza da ruptura: 100 % A (ruptura de coesão do suporte)	> 1,0 N mm ⁻² e nenhum valor individual inferior a 0,7 N mm ⁻²	Cumprimento requisito
Permeabilidade ao vapor de água (EN ISO 7783-2)	180	$\mu = 2,0 \times 10^4$ $S_D = 3,6$ m	$S_D \leq 5$ m para a classe I (revestimentos permeáveis ao vapor de água)	Cumprimento requisito
Permeabilidade à água líquida (EN 1062-3)	150 a 220	$w = 0,004$ kg m ⁻² h ^{-1/2}	$w < 0,1$ kg m ⁻² h ^{-1/2}	Cumprimento requisito
Permeabilidade ao dióxido de carbono (EN 1062-6)	180	$\mu = 4,3 \times 10^6$ $S_D = 772$ m	$S_D \geq 50$ m	Cumprimento requisito

μ - número de resistência à difusão.

Tabela 7 - Caracterização adicional da tinta C de acordo com a norma EN 1504-2 [10] e os requisitos de cadernos de encargos de empresas nacionais.

Ensaio	Espessura de película seca / (μm)	Resultado	Requisito	Apreciação
Aderência por quadrícula (ISO 2409)	160 a 190	Espaço entre cortes: 4 mm	Espaço entre cortes: 4 mm Classificação: 2 ou melhor	Cumprimento requisito
Coeficiente de carbonatação (LNEC E 391)	200	Profundidade de carbonatação no betão após 90 dias: 13 mm $K = 1,3$ mm d ^{-1/2}	O revestimento deve originar um atraso no início da carbonatação e uma redução de, pelo menos, 50 % na profundidade de carbonatação.	Cumprimento requisito
		Profundidade de carbonatação no betão pintado após 90 dias: 0 mm		
Permeabilidade ao ião cloreto (célula de permeação)	184	Espessura do suporte: 4740 μm $P_s = 5,9 \times 10^{-11}$ m ² s ⁻¹	$P_R < 1 \times 10^{-14}$ m ² s ⁻¹	Cumprimento requisito
		Suporte pintado: $P_C = 1,4 \times 10^{-15}$ m ² s ⁻¹		
		Revestimento: $P_R = 5,7 \times 10^{-17}$ m ² s ⁻¹		
Envelhecimento artificial (ISO 11507)	---	Após 2000 hr		Cumprimento requisito
		1) Alterações no aspecto físico: Diferença de cor: $\Delta E = 1,4$	Alterações no aspecto físico: - Sem farinação; - É aceite uma ligeira alteração de cor.	
Avaliação: 1) ISO 7724 2) EN 1062-6	198	2) Permeabilidade ao dióxido de carbono: $\mu = 1,3 \times 10^7$ ($\pm 50\%$) $S_D > 1100$ m	Permeabilidade ao dióxido de carbono: - Sem alteração no valor de S_D quando comparado com o valor inicial.	Cumprimento requisito

μ - número de resistência à difusão; P_C - Permeabilidade do conjunto suporte + tinta; P_s - Permeabilidade do suporte.

Referências

[1] P. Moreira (Contribuição dos revestimentos poliméricos para a durabilidade de betões em ambientes agressivos), Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (Área de Materiais e Reabilitação da Construção), Universidade do Minho, Braga, Portugal, p. 37 (2006).

[2] B. Bavarian and L. Reiner (Corrosion Protection of Steel Rebar in Concrete using Migrating Corrosion Inhibitors, MCI 2021 & 2022), The Cortec Corporation, March, USA (2002).

[3] http://pwp.net.ipl.pt/dem.isel/smanutencao/Disciplinas/Quimica/elementos_q_files/Pourbaix.pdf, Julho (2008).

[4] D. Talbot (Corrosion and Science and Technology), 1st Ed., CRC Press, Boca Raton, USA, p. 82 (1998).

[5] K. Freire (Avaliação do Desempenho de Inibidores de Corrosão em Armaduras de Concreto), Tese de Mestrado, Universidade do Paraná, Brasil, p. 21 (2005).

[6] M. P. Rodrigues (Durabilidade de revestimentos por pintura para protecção do betão armado), Tese de Doutoramento, FEUP, Porto, Portugal (1998).

[7] International Report (Design Manual for Roads and Bridges), Volume 2, Section 4, Part 3, A/6, May (2004).

[8] T. L. Viness and P. E. Manager (Architectural Coatings for Repair and Protection of Concrete Facades," Materials and Construction: Exploring the Connection) in *Proceedings of the 5th ASCE Materials Engineering Congress*, Cincinnati, OH, USA (1999).

[9] <http://qedchemicals.co.uk/ccorrosion.aspx>, Julho (2008).

[10] EN 1504-2 (Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity – Part 2: Surface protection systems for concrete), CEN, Brussels, Belgium (2004).

[11] EN 1062-3 (Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete – Part 3: Determination and classification of liquid water transmission rate (permeability), CEN, Brussels, Belgium (2001).

[12] C. Carneiro, F. Oliveira, J. Nogueira e A. Mendes, *JCT Research*, 3, 2 (2006).

[13] EN 1062-6 (Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete – Part 6: Determination of carbon dioxide permeability), CEN, Brussels, Belgium (2004).

[14] C. Carneiro, F. Oliveira, J. Nogueira e A. Mendes, *JCT Research*, 3, 4 (2006).

[15] EN ISO 7783-2 (Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete – Part 2: Determination and classification of water-vapour transmission rate (permeability), CEN, Brussels, Belgium (2001).

[16] C. Carneiro, V. Lopes, J. Nogueira e A. Mendes (Revestimento Acrílico Monocomponente de Base Aquosa para Protecção de Betão por Pintura), PT 103 563, INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) "Boletim da Propriedade Industrial", número 03/2008 (2008).