

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO DA TINTA LÁTEX NOS MECANISMOS DE TRANSPORTE DE ÁGUA EM CONCRETOS

UEMOTO, Kai L. (1); **AGOPYAN, Vahan** (2)

(1) Pesquisadora Associada do Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, Av. Prof. Almeida Prado- Trav.2, No 271, São Paulo, Brasil- E-mail: kailoh@pcc.usp.br

(2) Professor Titular do Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, Av. Prof. Almeida Prado- Trav.2, No 271, São Paulo, Brasil- E-mail: agopyan@pcc.usp.br

RESUMO

A difusão da água através da pintura está relacionada com a sua porosidade, a qual depende da estrutura química da resina e do teor de pigmentos presentes na tinta (denominado de *PVC* – “*pigment volume content*”). Para estudar a influência da composição da tinta no mecanismo de transporte de água, foi determinada a absorção e a evaporação de água de corpos-de-prova de concreto sem pintura e pintados com tintas látex acrílico, com diferentes formulações e que resultaram em acabamentos fosco e semi-brilho.

Os resultados mostram que existe correlação entre composição da tinta e a velocidade de absorção e evaporação de água e que, tintas de *PVC* alto (fosco), não protegem o concreto contra a penetração de água por capilaridade, neste caso, a pintura tem função decorativa e não de proteção. A composição do substrato também tem grande influência no mecanismo de transporte de água; concretos de elevada resistência mecânica apresentam baixa absorção de água.

ABSTRACT

The water diffusion through the painting is related with its porosity that it depends on the chemical structure of the resin and the pigments content (*PVC* – “*pigment volume content*”) present in the paint. To study the influence of the latex paint composition in the water transport mechanism, it was determined the water absorption and the evaporation of concrete specimens, unpainted and painted with acrylic latex, with different formulations, resulting in matt and gloss finishes.

The obtained results showed that correlation exists between paint composition and the water absorption and evaporation rate. high *PVC* paints (matt finishes) do not protect the concrete against the penetration of water by capillary, in this case, the paint application can be considered predominantly for decoration and not for protection. The composition of the substrate also has great influence in the water transport mechanism, high strength concrete by itself already presents low water absorption.

1. INTRODUÇÃO

Por muitos séculos as tintas foram empregadas por razões estéticas mas, tem sido cada vez mais freqüente o seu emprego como barreira de proteção de superfícies externas de edificações como, por exemplo, o uso de pinturas na proteção de estruturas de concreto armado (LEEMING, 1990). Nos grandes centros urbanos, com o aumento da industrialização foi crescendo o nível de agressividade do ar atmosférico com consequente redução na vida útil das superfícies externas dos edifícios. Este fenômeno levou a um uso crescente de pintura como proteção de fachadas de edifícios.

Estes sistemas de proteção por barreira têm grande importância no aumento da durabilidade do concreto devido à vantagem de poderem ser aplicados em estruturas recém-construídas, em superfícies de concreto de qualidade inferior ao previsto em projeto e também naquelas já existentes, como parte de um programa de manutenção e reparo de obras deterioradas (SWAMY; TANIKAWA, 1990). A durabilidade e o poder protetor desses materiais são geralmente menores do que aquele previsto para o concreto armado, devendo ser portanto periodicamente renovados.

A existência de uma grande variedade de produtos no mercado torna a seleção de sistemas de proteção por barreira uma tarefa difícil pois, produtos de mesma composição básica, dependendo da formulação, apresentam comportamentos distintos. O seu desempenho, relacionado às características de permeabilidade, e durabilidade são de grande importância na proteção do concreto e da sua armadura; portanto, eles devem ser selecionados com base nessas propriedades, quanto às características do concreto, das condições do meio ambiente, do projeto do edifício, como também na expectativa de manutenção do edifício.

Atualmente os produtos mais comuns para a proteção de superfícies em concreto de fachadas de edifícios residenciais e comerciais, são formulados com resinas estireno/acrílicas e poliuretânicas, em solventes orgânicos e vários tipos de silicones. No entanto, nas últimas décadas, o problema ambiental vem acarretando a necessidade de emprego de produtos à base de água em lugar de solventes orgânicos devido à emissão de menores teores de compostos orgânicos voláteis (VOC)¹ (RYINDERS et al, 1995) para a atmosfera. As agências de proteção ambiental dos Estados Unidos (BREZINSKI, 1995), do Canadá e dos países Europeus (REPETTE, 1997) já impuseram restrições ao volume máximo de compostos voláteis nos revestimentos de proteção. Estas restrições levaram ao desenvolvimento de novas resinas ou copolimerizadas com outras resinas as quais foram incorporadas às formulações antigas. Assim, as informações quanto ao desempenho e durabilidade dos produtos existentes em aplicações anteriores já não são mais aplicáveis aos produtos atuais do mercado. Além disso, as pesquisas têm sido direcionadas no sentido de produzir tintas de base aquosa com desempenho equivalente aos de base solvente, mas menos tóxicas.

No Brasil, as tintas acrílicas para aplicação em fachadas externas de edifícios são constituídas por resinas acrílicas de base aquosa, copolimerizadas com estireno, mas estes produtos não são muito utilizados para a proteção do concreto, prevalecendo ainda produtos à de base solvente. Hoje vêm sendo introduzidos pelas principais industrias de tinta produtos à base de acrílico puro pois, conforme resultados de uso em outros países e de estudos realizados pelos fabricantes de resina e de tintas, proporcionam películas de

¹ Significa qualquer composto de carbono, excluindo monóxido e dióxido de carbono, ácido carbônico, carbonatos metálicos e de amônio e que participam de reações fotoquímicas na atmosfera.

maior resistência ao intemperismo do que o estireno acrílico, tradicionalmente usado no nosso país. Até o momento, não existem conhecimentos suficientes quanto ao uso de tintas acrílicas puras, de base aquosa, na proteção do concreto contra a penetração de agentes agressivos, pois as informações em literatura ainda estão mais voltadas para produtos à base de solvente orgânico e para outros tipos de proteção superficial. Há necessidade de desenvolvimento de estudos com tipos de sistema de pintura, com o objetivo de estabelecer parâmetros para fornecer subsídios auxiliares na seleção e especificação de produtos para a proteção de edifícios de concreto aparente ou de outros materiais utilizados em fachadas.

2. COMPOSIÇÃO DAS TINTAS

De modo geral, as tintas são constituídas por três componentes principais: a **resina** ou polímero, também chamada de veículo não volátil, o **pigmento**, e o **solvente**, chamado veículo volátil. Nem sempre há necessidade de que a tinta seja constituída por estes três componentes; por exemplo, os vernizes são películas transparentes e que geralmente não contêm pigmentos em sua composição. Os três componentes geralmente estão presentes nas tintas, mas o que difere um tipo de tinta do outro é a sua formulação e o mecanismo de polimerização durante a formação de película. Além destes 3 principais componentes também entram na composição das tintas grande número de **aditivos**, que são adicionados em pequenas proporções e com funções diferenciadas como exemplo, modificando a reologia e a tensão superficial, estabilizando as emulsões, aumentando a resistência a fungos, alterando a temperatura mínima de formação de filme.

Não só o tipo de polímero afeta as características da película de tinta mas o mecanismo de formação de filme; sendo as duas formas principais por evaporação do solvente ou por reação química com o catalisador ou endurecedor (LEEMING, 1990). A sua formulação também tem grande influência na porosidade da película de tinta e consequentemente no seu desempenho. Existe um grande número de formulações possíveis o que não permite classificar os produtos em grupos genéricos, por exemplo uma tinta à base de epóxi pode apresentar comportamento totalmente distinto de uma outra tinta também à base de epóxi, mas com outra formulação. O tipo de solvente utilizado na tinta ou se o produto é pigmentado ou não podem modificar mais o comportamento deste material do que o tipo de polímero utilizado (LEEMING, 1990). Os materiais utilizados na formulação devem ser bem proporcionados para a obtenção de tinta de boa qualidade. Os aditivos espessantes, dispersantes, agentes coalescentes e os pigmentos também têm papel decisivo na porosidade e no desempenho de um revestimento (VINK et al., 1995). O conhecimento da composição da tinta permite ter uma noção sobre algumas propriedades da pintura, como a porosidade do filme ou a durabilidade, mas a previsão do seu comportamento só é possível através da realização de ensaios de desempenho.

Pelo fato do polímero ser o constituinte principal das tintas, as suas características afetam de modo acentuado as películas resultantes; são eles que formam na pintura uma barreira contra gases e vapores. A difusão dos agentes através da película ocorre devido à passagem de moléculas pequenas, de vapor e de gases, através dos vazios e falhas entre as moléculas dos polímeros (FELDMAN, 1989). A difusão é medida pela permeabilidade da película a estes agentes e depende principalmente da sua estrutura que, por sua vez, depende da composição química, teor de resina, teor e morfologia dos pigmentos, dos aditivos usados na sua formulação, da espessura do filme e até da forma de aplicação. Qualquer tinta oferece proteção por barreira mas algumas são mais eficientes do que outras em função de sua porosidade.

3. INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE PIGMENTOS

Um dos parâmetros mais utilizados para descrever a composição (formulação) de uma tinta é a concentração volumétrica de pigmentos, denominado internacionalmente por *PVC* (Pigment volume content). O *PVC* é definido como sendo a fração volumétrica percentual do pigmento sobre o volume total de sólidos do filme seco:

$$PVC = \frac{V_p}{V_p + V_v} \times 100$$

onde,

V_p = volume de pigmento

V_v = volume de veículo sólido

O teor de pigmento presente na formulação da tinta é um fator que influí de modo significativo na porosidade e permeabilidade de um sistema de proteção por barreira. Um elevado teor de pigmento significa proporcionalmente um baixo teor de resina; desta forma, numa tinta de alto *PVC* há muito pigmento para pouca resina. Como a resina é responsável pela permeabilidade da tinta, quanto maior o teor de pigmento mais porosa é a película de tinta e quanto menor o teor de pigmento mais eficiente a proteção.

Com um elevado teor de veículo não volátil (resina) e baixo teor de pigmento, todas as partículas ficam envolvidas pela resina; aumentando-se o teor de pigmento pode-se chegar a um ponto onde não existe resina suficiente para preencher todos os vazios existentes entre as partículas de pigmento. Neste ponto, no filme, os pigmentos ficam aglutinados somente em alguns pontos e a película de tinta sofre uma variação acentuada em suas propriedades, por exemplo, elevado aumento na permeabilidade a gases como o CO_2 , vapor de água e outros líquidos. Este ponto tem sido definido como *PVC Crítico (CPVC)*, o ponto onde a porcentagem em volume de pigmentos no filme tem veículo suficiente para preencher todos os vazios existentes entre as partículas de pigmento, após a evaporação do solvente (ASBECK, 1992). Um aumento adicional de pigmento leva o *PVC* a um ponto acima do crítico, resultando em película sem coesão, descontínua e de elevada porosidade. Portanto, o *PVC* é de grande importância na qualidade do produto além de ser o principal responsável pelo aspecto de acabamento da película. Na prática, os dados de *PVC* dão uma noção da permeabilidade do filme de tinta além de permitir distinguir os acabamentos brilhante, semi-brilho e fosco. As tintas foscas possuem um *PVC* elevado enquanto que uma tinta semi-brilho possui um *PVC* baixo.

4. MATERIAIS

4.1 Tintas

Foram preparadas em laboratório um verniz e quatro tintas de látex de diferentes formulações. As amostras foram preparadas com um copolímero acrílico (metilmacrilato (MMA) / butil metacrilato), com temperatura de transição de vítreo (T_g) de 21 °C e *PVC* de 25%, 40%, 60% e 75%, que são os valores usuais do mercado brasileiro. As características das amostras estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características das tintas

Determinações	PVC (%)				
	75	60	40	25	0
Teor de sólidos (%)	47,1	51,6	49,0	45,0	42,3
Teor de resina (%)	7,10	10,8	16,8	21,6	42,1
Pigmentos (%)	40,0	40,8	32,2	23,4	0,21

4.2 Concreto

Foram preparados 2 traços de concreto, um com alta resistência (40MPa) e outro de baixa resistência (20 MPa). Os concretos foram preparados com cimento tipo I, marca Itambé, areia média do rio Tietê e brita 1 proveniente da pedreira Riúma, com dimensão máxima característica de 19 mm. Após a moldagem, os corpos-de-prova foram curados durante 7 dias em câmara úmida e posteriormente armazenados durante 21 dias em laboratório à temperatura de $25\pm2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $50\pm5\%$.

4.3 Preparação dos corpos-de-prova de concreto

Os corpos-de-prova de concreto foram extraídos de painéis, com dimensões de 50cmx100cmx5cm, e estucados com argamassa de cimento e areia. Foram aplicados duas demãos de tinta de PVC 25%, 40%, 60% e 75%, resultando em espessura da película úmida de 200 μm /demão e para a tinta de PVC 0 (verniz) foram aplicadas duas demãos do material, resultando em espessura da película úmida de 160 μm /demão. A quantidade de tinta aplicada foi controlada por pesagem e a espessura úmida determinada por meio de medidor com dentes em forma de degraus.

5. ENSAIOS E RESULTADOS

5.1 Absorção de água por capilaridade

O método de *absorção de água por capilaridade* teve como objetivo simular a penetração de água, em fachada exposta à chuva, durante 7 dias consecutivos. O ensaio teve como base as diretrizes apresentadas na norma BS-6477-92 “Water repellents for masonry surfaces, item 5.3 Absorption of water”. O procedimento consiste na imersão parcial de corpos-de-prova de concreto, de dimensões de 10x10x2,5 cm, sem e com pintura, em água. Após períodos de exposição pré-fixados, de 1 h, 3 h, 5 h, 7 h e a cada 24 h até 168h, é determinada a quantidade de água absorvida pela superfície em contato com a água, por diferença de massa. Os ensaios foram realizados à temperatura de 25°C e umidade relativa de 50-60 %.

Os resultados médios e os desvios-padrão, de 4 determinações, obtidos em concretos de baixa e alta resistência mecânica ($f_{ck}=20$ MPa e $f_{ck}=40$ MPa), sem e com pintura, encontram-se ilustrados nas Figuras 1 e 2. Para concreto com $f_{ck}=20$ MPa os resultados mostram que corpos-de-prova pintados com as 4 tintas (PVC 25%, 40%, 60% e 75%) apresentam absorção de água inferior ao concreto não pintado. Quanto menor o PVC da tinta, maior o teor de resina e menor a absorção de água por capilaridade. A tinta de PVC 0%, que na realidade é o verniz, praticamente não apresentou absorção de água; a redução é superior a 10 vezes.

Para concretos com $f_{ck}=40$ MPa, comparando-se as médias obtidas nos ensaios, verifica-se através da análise de variância (ANOVA) que, a um nível de significância de

5%, não existe diferença de absorção entre concretos pintados com as 4 tintas. No entanto, existe diferença de absorção entre os concretos pintados com as 4 tintas e a referência sem pintura. O verniz, do mesmo modo que no caso anterior, reduziu a absorção de água por capilaridade de modo significativo, de 2 a 3 vezes.

5.2 Evaporação de água

O concreto tem a capacidade de absorver água e de secar. O processo de secagem é bastante complexo e depende principalmente do teor inicial de água presente no interior do material, de sua distribuição, do teor crítico de água, do transporte de vapor e das dimensões do próprio elemento de concreto. Essa propriedade normalmente é determinada traçando-se a curva de evaporação de água do material ao longo do tempo.

O método de determinação da *evaporação de água* teve como diretrizes o ensaio proposto pela BS-6477-92 “Water repellents for masonry surfaces, item 5.4 Evaporation of water”. O ensaio normalmente é realizado nos mesmos corpos-de-prova, utilizados no ensaio anterior, e consiste na evaporação da água absorvida pelos corpos-de-prova saturados de água. No estudo, com o objetivo de determinar a velocidade de perda de água absorvida no ensaio anterior, os corpos-de-prova contendo água, usados no ensaio anterior, tiveram as faces não pintadas (lateral e face oposta à pintada) impermeabilizadas com selante á base de silicone. A água presente no interior desses corpos-de-prova é evaporada através da face pintada, à temperatura de 25°C e umidade relativa de 50-60 %. O fluxo de água que evapora através da pintura aplicada na superfície dos corpos-de-prova é determinado por diferença de massa, ao longo do tempo, durante 15 dias. Este método teve como objetivo simular o mecanismo de perda de água, absorvida por capilaridade pela exposição à chuva, durante 7 dias. Desta forma, o ensaio não foi realizado com corpos-de-prova saturados com água conforme recomendado pela BS-6477.

Os resultados médios e os desvios-padrão, de 4 determinações, obtidos em concretos de baixa e alta resistência mecânica ($f_{ck}=20$ MPa e $f_{ck}=40$ MPa), sem e com pintura, encontram-se ilustrados nas Figuras 3 e 4.

Conforme mostrado no ensaio de absorção de água por capilaridade, a aplicação de tinta reduz a velocidade de penetração de água; os resultados obtidos mostram que os concretos pintados com tinta de PVC 75% quase conseguem chegar à saturação após 168 horas de contato com um filme de água, enquanto que os concretos pintados com as outras tintas não conseguem chegar à saturação após o mesmo período de exposição. Desta forma, com exceção dos corpos-de-prova pintados com tinta de PVC 75%, o ensaio de evaporação foi iniciado com corpos-de-prova não saturados com água.

Os resultados obtidos neste ensaio mostram que corpos-de-prova pintados com tintas de baixo PVC apresentam menor velocidade de perda de água comparativamente aos sem pintura, usados como referência, tanto em concretos de baixa como os de alta resistência. Quanto menor o PVC da tinta, maior o teor de resina e menor a velocidade de perda de massa por evaporação. A perda de massa determinada nesse ensaio representa apenas parte da água existente no interior dos corpos-de-prova; a outra parte devido a gradiente de concentração de umidade, é redistribuída no interior dos mesmos.

O procedimento usado não foi o mais adequado para estudar o mecanismo de perda de água através da pintura, pelo fato dos corpos-de-prova ensaiados não terem atingido a condição de saturação, onde existe uma condição de umidade uniforme. Para que o ensaio de evaporação seja válido, os corpos-de-prova deveriam ser mantidos em contato

com a água até a saturação. Pelo fato da absorção de água por capilaridade, em concretos pintados com tintas de PVC inferior a 60%, ser muito lenta, a condição de saturação só seria atingida após meses ou anos, o que inviabilizou este procedimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que as tintas protegem os concretos contra a penetração de água por capilaridade e que em concretos mais pobres o grau de proteção das tintas varia em função da composição. Quanto maior o teor de resina, menor o PVC, maior a proteção contra a penetração de água por capilaridade. Para concretos de f_{ck} 40MPa não se observa diferenciação nítida na capacidade de proteção das tintas. A análise de variância não mostrou diferenças de comportamento entre as pinturas. O concreto de maior resistência mecânica por si só já apresenta menor velocidade de absorção de água.

Na Figura 5 estão reunidas as curvas de absorção de água e de perda de água, expressos em kg/m^2 . Observa-se que tanto os concretos sem pintura ou pintados, com as diferentes formulações de tinta, apresentam velocidade de absorção de água maior do que de perda de água. A baixa velocidade de perda de água leva a concluir que a água residual presente no concreto só é possível de ser eliminada após meses de secagem, em ambiente com umidade relativa inferior a 70%. O fenômeno da sucção capilar já foi estudado por diversos autores e, conforme SASSE; HONSINGER (1990) é resultado de forças capilares ou adsorptivas e verificada em casos onde a molhagem da superfície ocorre sem pressão externa. Para eles o estudo da secagem é de extrema importância em superfícies tratadas pelo fato da água líquida acumular-se abaixo da área pintada devido à condensação o que pode resultar no aparecimento de falhas em pintura, como fungos e empolamentos. As curvas de absorção e de secagem obtidas neste estudo apresentam o mesmo comportamento que o observado por LEEMING (1990). Conforme esse autor o fenômeno de “respiro” ou melhor o de entrada e saída de água no concreto é de elevada importância na compreensão dos mecanismos de transporte; no entanto, existem poucos métodos para a sua medida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASBECK, W.K. A critical look at CPVC performance and applications properties. **Journal of Coatings Technology**. v.64, n. 806, p.47-58, 1992.
- BREZINSKI, J. J. Regulation of volatile organic compound emissions from paints and coatings. KOLESKE, J.V. ed. In: **Paint and coating testing manual: fourteenth edition of the Gardner-Sward handbook**. ASTM Manual Series: MNL 17, p.3-12, 1995. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Specification for water repellents for masonry surfaces**. BS 6477. London, 1998.
- FELDMAN, J. M. R. Polymeric building materials. London, Elsevier Science Publishers LTD, 1989.
- HEWLETT, P. C. Methods of protecting concrete - coatings and linings. DHIR, R. K.; GREEN, J. W. ed. In: **Protection of concrete**. London, Chapman and Hall, 1990, p. 105 - 29.
- LEEMING, M. Surface treatments for the protection of concrete. DHIR, R. K.; GREEN, J. W. ed. In: **Protection of concrete**. London, Chapman and Hall, p. 135-48, 1990.
- REPETTE, W. L. **Modelo de previsão de vida útil de revestimentos de proteção da superfície do concreto em meios de elevada agressividade**. São Paulo, 1997. 231p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

RYINDERS, R. M.; HEGEDUS, C. R.; GILICINSKI, A. G. Characterization of particle coalescence in waterborne coating using atomic force microscopy. **Journal of coatings Technology**. v.67, n. 845, p. 59-69, 1995.

SASSE, H. R.; HONSINGER, D., Development and optimization of impregnation materials. DHIR, R. K.; GREEN, J. W. ed. In: **Protection of concrete**. London, Chapman and Hall, 1990, p. 177 - 190.

SWAMY, R. N.; TANIKAWA, S. Surface coatings to preserve concrete durability. DHIR, R. K.; GREEN, J. W. ed. In: **Protection of concrete**. London, Chapman and Hall, p. 149-65, 1990.

VINK, P. et al. UV stability of water-borne acrylic coatings. **Polymer Degradation and Stability**. v. 48, p.155-60, 1995.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP, pelo apoio financeiro dado ao projeto de doutorado da pesquisadora Kai Loh Uemoto.

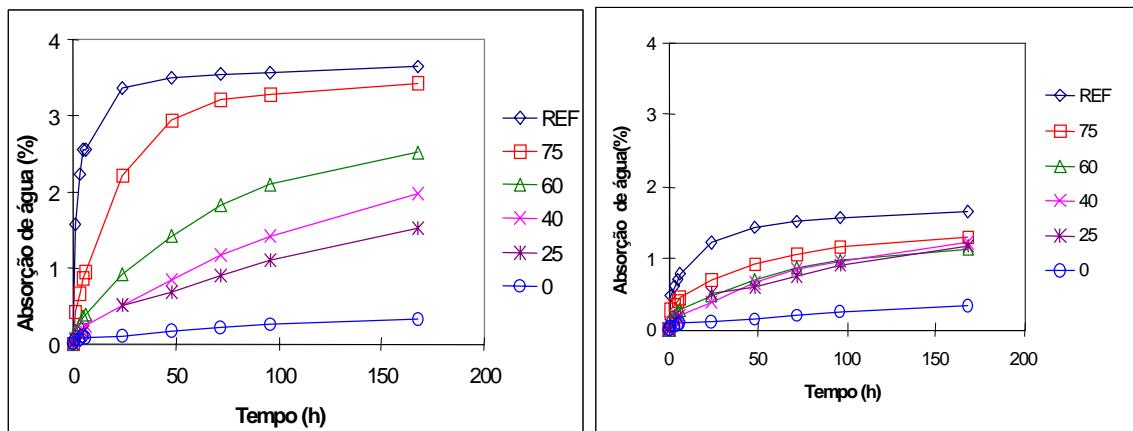


Figura 1 : Absorção de água de concreto de fck 20 MPa, com e sem pinturas

Figura 2 : Absorção de água de concreto de fck 40 MPa, com e sem pinturas

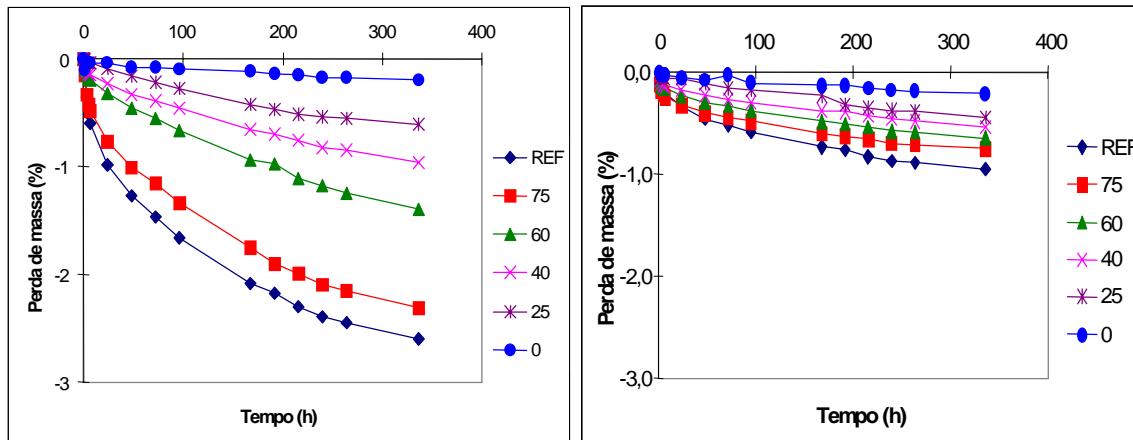


Figura 3 : Evaporação de água de concreto de fck 20 MPa, com e sem pinturas

Figura 4 : Evaporação de água de concreto de fck 40 MPa, com e sem pinturas

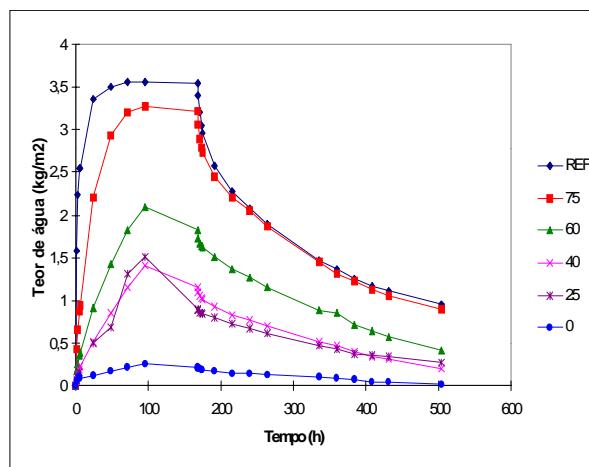


Figura 5: Variação do teor de água ao longo do tempo, de concreto de 20 MPa, com e sem pintura