

# Viabilidade do emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para aplicação de argamassas de revestimento

*Feasibility of employing retarding agents as a substitute for conventional release agents in concrete moulding for the application of rendering mortar*

Mirella Pennacchi Assali  
Kai Loh

## Resumo

**N**presença do desmoldante na superfície estruturas de concreto armado pode dificultar a adesão da argamassa quando fresca, com posterior descolamento no estado endurecido. Este estudo tem por objetivo explorar o potencial de uso de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para a obtenção de superfícies com maior capacidade de ancoragem das argamassas. A viabilidade do uso de agentes retardadores foi verificada determinando-se de modo comparativo a resistência de aderência à tração da argamassa e do chapisco aplicados sobre placas de concreto moldadas com formas de madeira plastificada tratadas com agente retardador e com desmoldante convencional. O ensaio de aderência mostrou que a utilização de produtos retardadores possibilitou maior facilidade para a remoção da camada superficial do concreto, resultando em um aumento de rugosidade e absorção superficial. Posteriormente, foram avaliados produtos retardadores existentes no mercado para os quais foram observados desempenho na aplicação sobre as formas, impacto dos produtos na saúde do trabalhador e no meio ambiente. O estudo mostrou que o uso de desmoldante retardador pode ser uma técnica viável para evitar os problemas de descolamento do revestimento aplicado sobre superfícies de concreto.

**Palavras-chave:** Concreto. Desmoldantes. Agentes retardadores. Argamassa. Aderência.

## Abstract

*The presence of the release agent on the surface of concrete structures may jeopardize the initial adhesion of the mortar still in plastic state to the concrete surface, as well as the bond strength after hardening. The aim of this study is to explore the potential use of retarding agents as a replacement for conventional release agents in concrete formwork in order to achieve greater bonding strength on the mortar surface. The technical feasibility of using a retarding agent was verified by comparing the tensile bond strength of rendering mortars applied on concrete surfaces cast with a conventional release agent and with a retarding release agent. The adhesion test showed that the use of retarding products allowed easier removal of the concrete surface layer, which increased surface roughness, and surface water absorption e. Finally, performance tests were done with commercially available retarding products to verify the behaviour of such products during application on moulds, their impact on workers' health and on the environment. Retarding agents proved to be a feasible technique to avoid detachment problems of rendering mortars applied on concrete surfaces.*

**Keywords:** Concrete. Release agents. Retarding agents. Mortar. Tensile bond strength.

Mirella Pennacchi Assali  
Departamento de Engenharia de  
Construção Civil, Escola Politécnica  
Universidade de São Paulo  
Rua Catequese, 78, Butantã  
São Paulo - SP - Brasil  
CEP 05502-020  
Tel.: (11)3092-7633  
E-mail: mirella.assali@lenc.com.br

Kai Loh  
Departamento de Engenharia de  
Construção Civil, Escola Politécnica  
Universidade de São Paulo  
Tel.: (11)3091-5789  
E-mail: kai.loh@poli.usp.br

Recebido em 07/10/10  
Aceito em 19/09/11

## Introdução

A estrutura de um edifício pode ser executada por diversos métodos construtivos, mas aqueles que utilizam estruturas de concreto armado ainda são os mais utilizados no mercado nacional. Formas, concreto e aço são os principais materiais utilizados para a execução desse tipo de estrutura. Na etapa de moldagem do concreto, faz-se necessária a utilização de desmoldante na superfície das formas para garantir uma fácil desforma, impedindo, assim, sua adesão ao concreto moldado. Apesar de esses produtos serem muito utilizados, são pouco conhecidos e até o momento não foram objeto de estudos acadêmicos.

Quando esses produtos não são removidos adequadamente, podem ocasionar posterior descolamento do revestimento por falta de ancoragem da argamassa à base. Os procedimentos para remoção dos produtos geralmente são constituídos por lavagem ou escovação com água e sabão, ou até mesmo apicoamento, para aumentar a rugosidade e a absorção da água da superfície do concreto. Devido à dificuldade desse processo, tal remoção não é realizada na maioria das obras.

A necessidade de ter-se uma superfície do concreto apropriada para garantir maior aderência do revestimento de argamassa levou à busca por produtos no mercado com capacidade de retardar a pega e o endurecimento do cimento, possibilitando a remoção da camada superficial do concreto.

Este estudo tem por objetivo verificar a viabilidade do uso de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem do concreto com formas de madeira plastificada, para a obtenção de superfícies com maior capacidade de ancoragem das argamassas.

## Revisão da literatura

### Desmoldantes convencionais

Os desmoldantes começaram a ser utilizados na década de 1920, incorporados ao concreto, o que tornava inviável seu uso. Em 1930, foram muito utilizados os compostos de óleos leves contendo ácido orgânico, que também apresentavam problemas. A partir de 1990 esses produtos foram aperfeiçoados, mas sempre contendo em sua composição óleos vegetais ou minerais (MAERSCHEL, 2009).

Conforme Abbate (2003), esses produtos formam uma camada fina entre a forma e o concreto, impedindo a aderência entre ambos, o que facilita a desforma e aumenta o reaproveitamento da forma.

Não existem estudos detalhados sobre a influência desses produtos na aderência do revestimento aplicado posteriormente. Eles são apenas citados em manuais de fabricantes, em que são discutidos procedimentos de limpeza de superfícies de concreto ou de argamassas para recebimento de pintura, e também descrito pelas normas americanas ASTM D 6237 (AMERICAN..., 1998), ASTM D 6279 (AMERICAN..., 2003) e ASTM E 1857 (AMERICAN..., 1997), e em manuais de divulgação de empresas que comercializam esses produtos para a produção de concretos pré-moldados. Os poucos estudos existentes sobre os desmoldantes foram aqueles realizados por Djeal *et al.* (2002, 2008, 2010) e por Libessart (2006), em que se verificou a influência deles na qualidade da superfície de concreto aparente.

Os tipos de desmoldantes convencionais mais comuns são aqueles compostos de óleo mineral e vegetal (DJEAL *et al.*, 2010; ABBATE, 2003), e foram desenvolvidos para a obtenção de concreto aparente onde não há necessidade de sua remoção da superfície. A presença de resíduos de desmoldante poderá eventualmente interferir na aderência da argamassa se aplicada sobre essa superfície. Conforme Carasek, Cascudo e Jucá (2005) e Abbate (2003), esses produtos não são hidrossolúveis e, portanto, não são adequados para receber argamassa de revestimento.

Djeal *et al.* (2010) e Libessart (2006) realizaram estudos comparativos entre esses dois tipos de produto e verificaram se atendiam a alguns critérios estabelecidos para a obtenção de concreto aparente e se poderiam também ser válidos para superfícies a serem revestidas.

Libessart (2006) comparou os produtos com base nos seguintes critérios: molhabilidade; ângulo de contato; e adesão desses óleos em três tipos de formas (polida, nova e usada). Esses critérios de avaliação para a obtenção de concreto aparente são de grande importância, pois, para se obter uma superfície sem defeitos, os produtos devem apresentar fácil espalhamento, de modo que a forma seja preenchida uniformemente. O produto deve também apresentar boa adesão, de modo que o concreto não remova o produto quando de sua moldagem. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que o produto à base de óleo mineral apresentou melhor molhabilidade, ou seja, menor ângulo de contato, mas esse resultado não teve influência significativa na adesão à forma, quando comparado aos resultados do produto à base de óleo vegetal.

Djeal *et al.* (2010) avaliaram o aspecto da superfície do concreto e a espessura do filme de desmoldantes (base de óleo mineral e vegetal) aplicado na forma, antes e após a moldagem do concreto. Conforme demonstrado pelos autores, a aplicação do óleo mineral resulta em um filme de maior espessura do que a aplicação do óleo vegetal, e o mesmo ocorre com o resíduo deixado por esse produto após a moldagem do concreto, o que pode aumentar o risco de problemas de descolamento de argamassa ou ocorrência de manchas na superfície do concreto aparente.

Os estudos realizados mostraram que o tipo de desmoldante influencia o aspecto da superfície do concreto, que cada agente apresenta um comportamento distinto. Portanto, os produtos precisam ser mais bem avaliados e estudados antes de ser utilizados em campo.

### Produtos retardadores

Os agentes retardadores foram inicialmente usados para a produção de concreto com agregado exposto para fins arquitetônicos ([www.br.graceconstruction.com](http://www.br.graceconstruction.com); [www.basf-cc.com.br](http://www.basf-cc.com.br)). Atualmente já existem no mercado desmoldantes retardadores indicados para moldagem de concreto que proporcionam maior rugosidade em sua superfície e maior aderência do revestimento de argamassa com o substrato. Outra aplicação é o uso desse produto para aumentar a aderência do substrato de concreto já curado, com concreto fresco, conhecido no mercado como “corte verde”.

Os produtos retardadores incluem desmoldantes retardadores e retardadores superficiais (arquitetônicos), os quais são aplicados sobre as formas para a posterior moldagem do concreto, cuja diferença entre eles é que o primeiro foi desenvolvido como agente de desforma, enquanto

os demais, quando incorporados ao concreto, são utilizados para melhorar a trabalhabilidade, a durabilidade e o desempenho do concreto (CHANG; CHAN; ZHAO, 1995).

Os agentes retardadores podem ser considerados reativos, pois, além de criarem uma barreira entre a superfície do concreto e a forma, reagem com a camada superficial do concreto, retardando, assim, a hidratação do cimento e permitindo a fácil remoção dessa camada e a exposição dos agregados presentes no concreto. Essa categoria pode minimizar danos ao concreto moldado e às formas, prolongando sua vida útil (WATERLOO, 2003; BATY; REYNOLDS, 2009).

## Programa experimental

### Viabilidade de uso: etapa 1

Para avaliar a viabilidade de uso dos agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais no preparo da superfície de concreto para o recebimento do revestimento de argamassa, foram realizados ensaios comparativos exploratórios entre superfícies de concreto executado com desmoldantes convencionais e com agentes retardadores, conforme ensaios relacionados na Figura 1.

### Avaliação do desempenho de produtos retardadores disponíveis no mercado: etapa 2

O potencial de uso dos produtos retardadores existentes no mercado foi explorado através de ensaios para a determinação da influência dos agentes retardadores sobre as formas e do efeito retardador na hidratação do cimento determinado por calorimetria isotérmica, conforme apresentado no fluxograma da Figura 2.

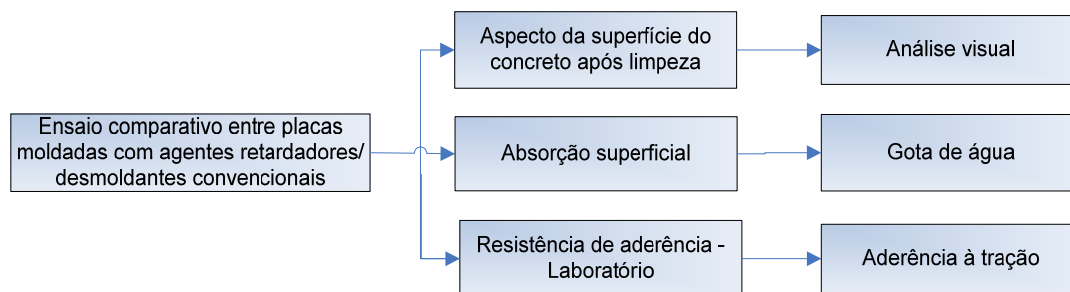


Figura 1 - Programa experimental: avaliação comparativa para verificar a viabilidade do uso de retardadores



Figura 2 - Programa experimental: avaliação do desempenho de agentes retardadores

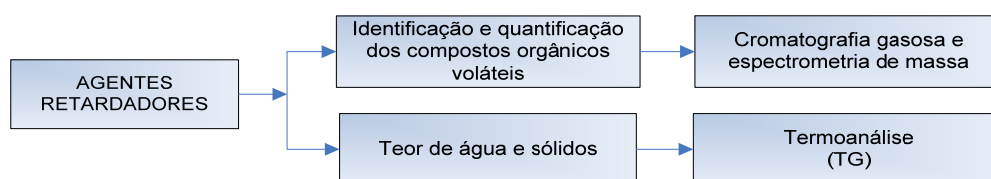


Figura 3 - Programa experimental: avaliação do impacto dos produtos

## Impacto dos produtos na saúde do trabalhador e meio ambiente

Os produtos utilizados como desmoldantes, principalmente aqueles de base solvente, possuem em sua composição compostos orgânicos voláteis (VOC ou COV)<sup>1</sup>, que afetam a qualidade do ar e a saúde do trabalhador. Apesar de o tempo de exposição desses tipos de produto não ser longo durante a aplicação sobre a forma, se comparado a outros produtos de base solvente, como, por exemplo, as tintas, mesmo assim podem impactar a qualidade do ar e afetar a saúde do aplicador.

Os COV foram identificados e quantificados conforme apresentado no fluxograma da Figura 3.

## Procedimentos experimentais

### Etapa 1

#### Materiais empregados no preparo das amostras

##### (a) desmoldantes:

- convencional à base de emulsão de ácidos graxos; e

- retardador à base de óleos emulsionados e carboidratos.

##### (b) ligantes:

- cimento CPIII E 32, utilizado na preparação de corpos de prova de concreto;

- cimento CPII F, utilizado na preparação da argamassa e do chapisco; e

- cal do tipo CHI, utilizada na preparação da argamassa.

##### (c) agregado:

- areia natural média, utilizada na preparação de corpos de prova de concreto e preparação do chapisco;

- brita 0 (pedrisco), utilizada na preparação de corpos de prova de concreto e preparação do chapisco; e

- areia natural fina, utilizada na preparação de argamassa.

(d) aditivo: foram utilizados aditivos somente para o preparo da argamassa de revestimento e do chapisco, sendo eles:

- aditivo incorporador de ar (0,01%) na preparação da argamassa de revestimento; e

- ditivo hidroxietil celulose (HEC a 0,3%) e acetato de vinila/etileno (EVA a 1%) na preparação do chapisco.

##### (e) forma:

- madeira plastificada de dimensões 50x25x2 cm para moldagem dos corpos de prova de concreto.

<sup>1</sup> A Diretiva 2004/42/CE (DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA, 2004, p. L143/89) define o VOC como qualquer composto orgânico que tenha ponto de ebulição inicial menor ou igual a 250 oC a uma pressão padrão de 101,3 kPa.

## Procedimento de preparo dos corpos de prova

(a) tratamento das formas: as formas foram tratadas com desmoldante retardador e convencional (em Etapa 1, Materiais, alínea a). Devido à baixa viscosidade dos produtos, a aplicação foi realizada por pulverização nas diluições indicadas pelo fabricante, de 1:2 para o retardador e de 1:10 para o convencional.

(b) corpos de prova de concreto: concreto foi preparado na proporção em massa de 1:2:1 (cimento:brita:areia), e relação água/cimento de 0,61, em mesa vibratória, conforme especificado pela NBR 14082 (ABNT, 2004), nas dimensões de 50x25x2 cm, e posteriormente curados ao ar, durante 24 h, sendo a superfície em contato com o desmoldante lavada posteriormente por hidrojateamento. Os substratos preparados para a realização dos ensaios estão descritos a seguir:

- substratos para o ensaio de absorção superficial - gota de água: foram moldadas na mesma data placas com aplicação de desmoldante convencional e retardador, sendo uma com uma única demão, e as demais com duas e três demãos;

- substrato moldado para a determinação do ensaio de análise visual e resistência de aderência à tração: foram preparados dois conjuntos de placas de concreto revestidas, sendo um somente com argamassa, e outro somente com chapisco. Um terceiro conjunto não foi revestido. Foram aplicados, em cada um desses conjuntos, desmoldantes convencionais ou retardador.

As placas foram mantidas até a idade de 28 dias após a lavagem em câmara úmida, com umidade e temperaturas controladas de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003), para posterior aplicação do chapisco na proporção de 1:3 (cimento:areia) e aditivos, e da argamassa de revestimento na proporção 1:1:6 (cimento:cal:areia) e aditivos.

A argamassa foi aplicada com equipamento de queda, altura fixa de 1,5 m (ANTUNES, 2005) e regularizada com desempenadeira “sem dentes”, resultando em camada de 2,5 cm de espessura. O chapisco foi aplicado utilizando-se desempenadeira “sem dente”, resultando em camada com 0,5 cm de espessura.

## Métodos

### Análise visual do aspecto da superfície de concreto

A análise da superfície do concreto foi realizada nos corpos de prova preparados com os dois tipos de desmoldantes, com base nos procedimentos detalhados em Etapa 1 e Etapa 2.

### Absorção superficial do concreto: gota de água

A absorção superficial do concreto foi verificada medindo-se o tempo de absorção de 8 gotas de 3 ml de água aplicadas em placas (em Procedimento de preparo dos corpos de prova, Corpos de prova de concreto), 24 h após moldagem sem lavagem, bem como 20 dias após as primeiras determinações com as placas lavadas por hidrojateamento (Figura 4).

As determinações foram realizadas em condições controladas de laboratório, com temperatura de  $23 \pm 2$  °C e umidade 63%, sendo as placas curadas após lavagem durante 19 dias em câmara úmida (T a  $24 \pm 2$  °C e UR a 98%).

### Resistência de aderência à tração

A influência dos desmoldantes na aderência do revestimento foi verificada por ensaio de resistência de aderência da argamassa de revestimento e do chapisco, conforme NBR 15258 (ABNT, 2005).

## Etapa 2

### Materiais

(a) agentes retardadores: na Tabela 1 estão listados os produtos avaliados no estudo;

(b) forma: madeira plastificada de dimensões 50x25x2 cm, para a avaliação do ataque químico por método da gota e espalhamento e aplicabilidade dos produtos estudados (facilidade de espalhamento); e

(c) cimento: o cimento usado para a verificação do efeito retardador dos produtos foi da classe CP III 40 RS, com densidade de 2,999 g/cm<sup>3</sup> e área específica de 4030 cm<sup>2</sup>/g. Esse tipo de cimento foi escolhido por ser atualmente o mais usual no mercado hoje, sendo utilizado principalmente em peças de grandes dimensões, pilares e obras em ambientes agressivos.



Figura 4 - Ensaio de gota de água - placa moldada com retardador

Tabela 1 - Agentes retardadores

Características*	Identificação
Retardador à base de solvente e resinas especiais	AR
Retardador à base de água e resinas especiais	BR
Retardador à base de carboidrato	CR
Desmoldante retardador à base de óleo mineral emulsionado e carboidrato	DR

Nota: \*Indicado pelo fabricante.

## Métodos

### Suscetibilidade da forma ao ataque químico: método da gota e espalhamento

A suscetibilidade da forma foi avaliada depositando-se 3 ml de cada tipo de produto em 10 diferentes áreas da superfície das formas, durante 24 h, em temperatura controlada de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa de 65%. Após a exposição, a superfície foi lavada, seca e avaliada visualmente. Esse método foi baseado em diretrizes da norma ASTM D 543 (AMERICAN..., 2006). O ataque químico foi avaliado também pelo espalhamento dos produtos na forma com rolo e, posteriormente, pela remoção do material aplicado por lavagem.

### Aplicabilidade dos agentes retardadores sobre as formas: método do espalhamento

Para a análise do espalhamento e da capacidade de recobrimento sem escorrimento dos produtos, eles foram aplicados sem e com diluição indicada pelo fabricante, sobre as formas na posição horizontal, alternando-se posteriormente para a posição vertical.

### Calor de hidratação por calorimetria isotérmica

O ensaio foi realizado em pasta de cimento contendo 50 g de cimento, 24 g de água (relação água/cimento de 0,48) e agentes retardadores com concentrações de 1%, 2% e 3% em relação à massa de cimento, misturada durante 1 min 30 s. Essas misturas foram colocadas em porta-amostras e levadas para o calorímetro da marca TA Instruments, modelo TamAir, a uma temperatura de 25° C.

## Identificação e quantificação de COV

### Cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa (GC-MS)

Cromatografia gasosa foi realizada nas amostras AR, BR, CR e DR com equipamento da marca Shimadzu QP- 5050A, acoplado a um Headspace Sampler, marca Shimadzu HSS-4A. Essa análise é constituída por uma separação prévia da fração volátil das amostras por cromatografia gasosa e posteriormente a identificação dessa fração por espectrometria de massa. A identificação foi feita por comparação com espectro padrão ou de referência, em banco de espectros para pesquisa, tendo sido usadas as bibliotecas NIST 107, NIST 21 e WILEY 229.

### Termogravimetria (TG)

Foi realizada nas amostras CR e DR com equipamento da marca NETZSCH STA 409 PC/PG, utilizando-se temperatura de até 1.000 °C. Nessa técnica é medida a variação de massa (perda ou ganho) da amostra em função da temperatura, quando submetida a um programa controlado de temperatura.

## Resultados

### Etapas 1

#### Análise visual do aspecto da superfície de concreto

A análise visual das superfícies lavadas por hidrojateamento mostrou que os substratos moldados com desmoldante retardador apresentaram uma superfície com elevada

rugosidade devido à exposição dos agregados (Figura 5); e os substratos moldados com desmoldante convencional, uma superfície lisa (Figura 6). O desmoldante retardador se mostrou eficiente para a obtenção de uma superfície rugosa de aderência.

#### Absorção superficial do concreto: gota de água

O ensaio de absorção foi realizado com o objetivo de caracterizar a porosidade dos corpos de prova

de concreto moldados com produto convencional e com produto retardador.

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de absorção superficial antes e após a lavagem da superfície com hidrojateamento. O ensaio em substratos lavados foi realizado após 20 dias de secagem. Os resultados mostram que, tanto antes como após a lavagem, a superfície obtida com o produto retardador apresentou menor tempo de absorção da gota, portanto apresentou uma superfície mais porosa e absorvente.



Figura 5 - Aspecto dos substratos moldados com desmoldante retardador, após hidrojateamento



Figura 6 - Aspecto dos substratos moldados com desmoldante convencional, após hidrojateamento

Tabela 2 - Absorção superficial do concreto

Substratos (Placas)	Lavagem	Convencional (min)		Retardador (min)	
		Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
1	sem	18:50	04:53	01:20	00:22
2		19:00	11:41	01:26	00:19
3		15:31	06:17	00:53	00:13
1	com	25:08	07:37	00:24	00:05
2		31:03	08:17	00:23	00:04
3		22:03	06:28	00:31	00:13





Figura 7 - Ensaio de gota de água realizado em placa moldada com desmoldante convencional logo após a aplicação e ao longo do tempo de 31 min e 3 s

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de resistência de aderência da argamassa e chapisco

Substrato	Produto	Argamassa						Média	Desvio padrão	Ruptura predomin.
		Tensão (MPa)								
		1	2	3	4	5	6			
1	Retardador	0,75	0,75	0,25	0,40	0,40	0,50	0,51	0,20	B
4	Convencional	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,17	0,08	B
6	Referência	0,06	0,60	0,25	0,00	0,25	0,25	0,24	0,20	B
Chapisco										
2	Retardador	1,28	0,94	1,13	0,83	1,36	1,08	1,10	0,20	A
3	Convencional	1,18	0,73	1,06	1,13	1,10	0,69	0,98	0,21	A
5	Referência	0,92	0,94	1,20	1,65	0,79	0,89	1,07	0,32	A

Nota: Legenda:

A: Ruptura na argamassa ou chapisco; e

B: Ruptura na interface argamassa/substrato ou chapisco/substrato.

A Figura 7 ilustra a placa de número 2 moldada com desmoldante convencional, lavada logo após a aplicação da gota, e absorção ao longo do tempo de 31 min e 3 s.

### Resistência de aderência à tração

A Tabela 3 apresenta os resultados individuais e as médias para cada substrato tratado.

Os resultados mostram que o uso de um retardador como agente de desforma aumentou a aderência da argamassa de revestimento ao concreto em 2 a 3 vezes. A ruptura ocorreu predominantemente na interface argamassa-substrato em todos os casos, mas os substratos tratados com desmoldante convencional e de referência (sem desmoldante) apresentaram baixo resultado de aderência.

A resistência de aderência do chapisco aplicado sobre as superfícies de concreto após hidrojetamento, moldadas sem e com a aplicação dos dois tipos de desmoldante, não apresentou diferença significativa na resistência de aderência. Os resultados são atribuídos a:

(a) maior fluidez do chapisco; proporção mais rica em cimento;

(b) utilização de aditivos químicos (em Materiais empregados, Aditivo); e

(c) aplicação realizada com desempenadeira, que provavelmente resultou em redução de eventuais bolhas de ar na interface, tornando-a homogênea.

A ruptura predominante em todos os casos ocorreu no chapisco sem ocorrência de descolamento.

## Etapa 2

### Suscetibilidade da forma ao ataque químico: método da gota e espalhamento

Os agentes retardadores são constituídos de espécies químicas que podem eventualmente ocasionar ataque às formas utilizadas na moldagem do concreto, diminuindo sua vida útil e elevando o custo da execução da obra.

Na Tabela 4 estão detalhados o aspecto da superfície das formas e as características dos agentes retardadores antes e após 24 h da aplicação da gota. Na Tabela 5 estão apresentados os resultados obtidos pelos dois procedimentos de ensaio (métodos da gota e espalhamento). Conforme ilustrado na Figura 8, o ensaio de gota



mostrou um leve ataque dos produtos de base aquosa DR e BR à forma, e o ensaio de espalhamento mostrou um intenso ataque do produto base solvente AR à forma. O intenso ataque do produto AR ocorreu no instante da aplicação do produto, com a formação de elipses, mantendo-se também após a lavagem da forma. Os resultados obtidos mostram que o produto de base solvente pode reduzir o tempo de vida útil das formas. Apesar de os dois procedimentos de ensaios não apresentarem os mesmos resultados, ambos foram considerados para avaliação do ataque químico.

### Aplicabilidade dos agentes retardadores sobre as formas: método do espalhamento

Na seleção dos produtos foi considerado que eles devem possuir um espalhamento fácil e boa capacidade para recobrir a superfície da forma sem escorrer, de modo que, durante a moldagem do concreto, este não seja removido. A Figura 9 mostra um caso em que parte do produto presente na forma foi removida durante a moldagem do concreto e se concentrou nas bordas da forma.

Tabela 4 - Aspecto e características dos agentes retardadores

Produto	Odor	Aspecto na embalagem	Aspecto após secagem	Remoção com espátula
AR base solvente	Extremamente forte	Líquido viscoso	Formação de película	Difícil, somente solvente orgânico
BR base água	Forte	Líquido viscoso	Plástico	Fácil
CR base água	Fraco	Gel	Pastoso	Extremamente fácil
DR base água	Fraco	Líquido viscoso	Oleoso	Extremamente fácil

Tabela 5 - Aspecto da forma após a remoção dos desmoldantes

Produto	Característica	Efeito (Ataque)	
		Gota	Espalhamento
AR	Base solvente	Nenhum	Intenso
BR		Leve	Nenhum
CR	Base água	Nenhum	Nenhum
DR		Leve	Nenhum

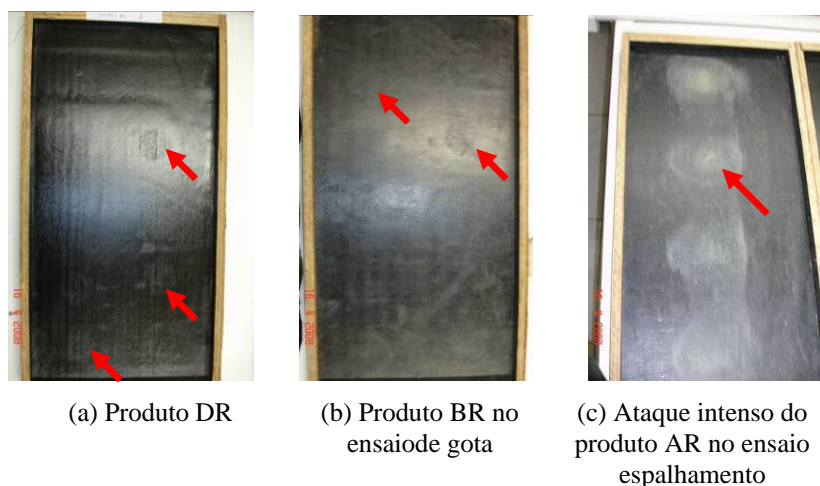


Figura 8 - Aspecto das formas após a remoção dos produtos



Figura 9 - Superfície de concreto moldado com produto retardador de baixa capacidade de aderência à forma

Tabela 6 - Resultados de aplicabilidade

Produto	Característica	Espalhamento	Recobrimento
AR	Base água	Bom	Bom
BR		Bom	Bom
CR		Bom	Bom
CR diluído		Bom	Ruim*
DR		Bom	Bom

Nota: \*apresentando escorrimento.

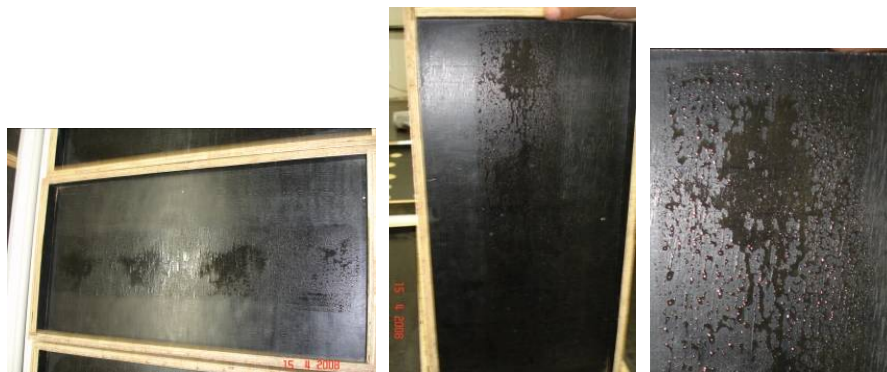


Figura 10 - Aplicabilidade do produto CR diluído 1:2

Os dados de aplicabilidade obtidos estão apresentados na Tabela 6.

O produto CR foi diluído na proporção 1:2 conforme orientação do fabricante. No entanto, a aplicação do produto diluído não apresentou bom recobrimento à forma (Figura 10), o que pode resultar na remoção do produto durante a moldagem do concreto.

#### Calor de hidratação por calorimetria isotérmica

A calorimetria isotérmica mede a taxa de calor liberado durante a hidratação do cimento, fornecendo informações sobre o período de indução (período posterior à dissolução inicial do cimento e anterior à pega), permitindo investigar o efeito de produtos retardadores sobre a hidratação

do cimento. Através deste método são obtidas curvas de taxa de calor liberado em função do tempo (Figura 11), permitindo a determinação do período de indução e do pico máximo de calor. O período de indução do cimento na presença do agente retardador deve ser igual ao período transcorrido entre a moldagem e a desforma da estrutura de concreto em obra, garantindo, assim, a remoção da camada superficial do concreto pelo hidrojetamento.

O período de indução foi calculado a partir das interseções do trecho horizontal com duas retas: a reta traçada após o pico de dissolução inicial do cimento e a extrapolação da linha de regressão do período de aceleração, como indicado na Figura 11. Foi analisada também a curva de calor total liberado, isto é, valores acumulados até 240 horas de hidratação.

O ensaio foi realizado utilizando-se pastas modificadas com 1%, 2% e 3% dos produtos BR, CR e DR. Não foi dada continuidade a este ensaio com o produto AR devido às características negativas como o elevado odor, dificuldade de remoção e ataque à superfície da forma. Foi estabelecido o teor de 1% dos produtos por ser o teor mais citado na literatura para estudos de calor de hidratação em pastas modificadas com aditivos. Na prática, a camada superficial do concreto é que fica em contato direto com estes produtos e o teor que age na hidratação é acima de 1%. Desse modo, o ensaio de calor de hidratação também foi realizado com teores mais elevados, de 2% e 3%.

A curva de fluxo de calor por massa de cimento da pasta de referência está apresentada na Figura 12. A Figura 13 apresenta uma comparação entre a curva da pasta de referência e a das pastas modificadas com 1%.

A Figura 12 ilustra a determinação do período de indução que ocorre durante 1 hora e 40 minutos e o

pico máximo de calor obtido de 3,08 W/kg para a pasta de referência.

Observa-se nas Figuras 13 e 14 que a adição dos produtos retardadores CR (1%) e DR (1%) aumenta significativamente o período de indução, o qual representa o período entre a moldagem e desforma do concreto em obra, sendo de 1 hora e 40 minutos para a pasta de referência, 5 dias, 17 horas e 30 minutos para a pasta modificada com DR e 6 dias e 5 horas para pasta modificada com CR. Além da alteração do período de indução observada nestes dois produtos, também se observou uma redução nos picos máximos de calor (de 3,08W/kg na pasta referência para 2,7W/kg na pasta com DR e para 1,88W/kg na pasta com CR).

O período de indução obtido pelo produto retardador BR (4 horas e 30 minutos) não apresentou um aumento tão significativo comparado com a pasta de referência. Já os produtos DR e CR apresentaram efeitos muito mais significativos.

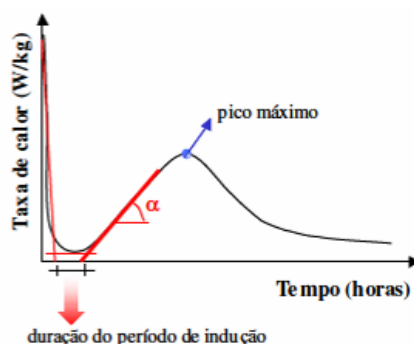


Figura 11 - Representação esquemática de curva de taxa de calor de hidratação e critérios para determinação das variáveis

Fonte: Betioli (2007).

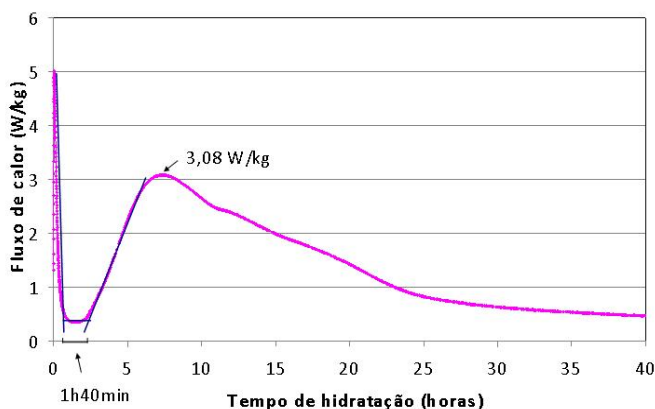


Figura 12 - Curva de taxa de calor liberado pela pasta de referência

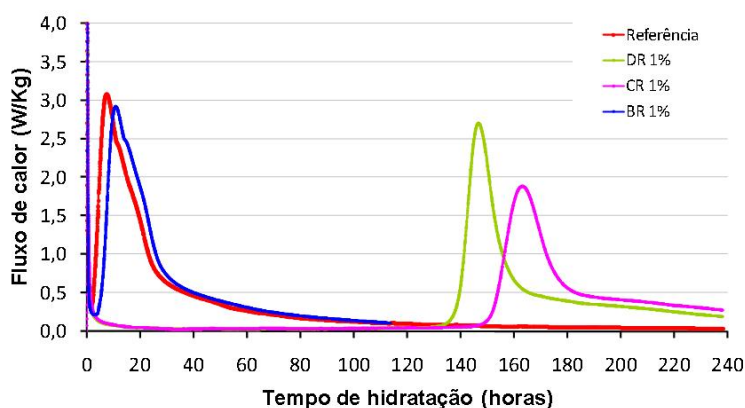


Figura 13 - Curva comparativa da taxa de calor liberado para pastas modificadas com 1% de diferentes retardadores

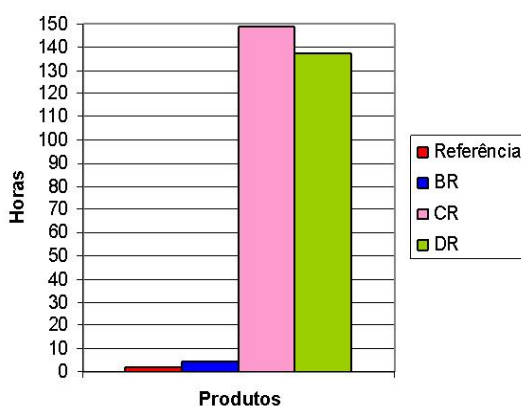


Figura 14 - Período de indução de pastas com 1% dos produtos BR, CR e DR e da pasta referência

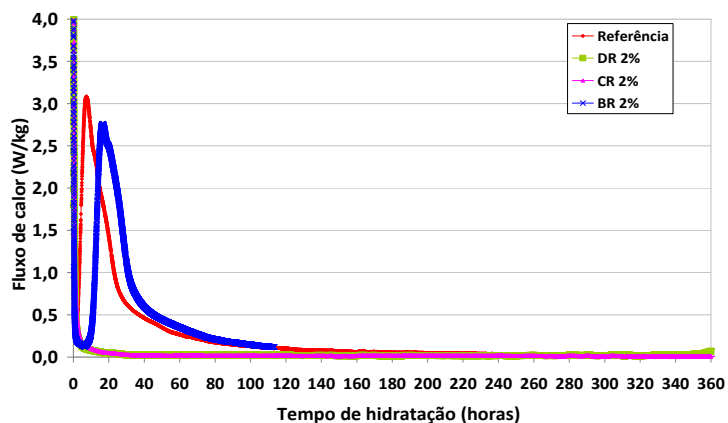


Figura 15 - Curva comparativa da taxa de calor liberado para pastas modificadas com 2%

As Figuras 15 e 16 apresentam uma comparação entre a curva da pasta referência e a das pastas modificadas com 2% e 3%.

Observa-se nas Figuras 15 e 16 que a adição dos produtos retardadores CR (2% e 3%) e DR (2% e 3%) não apresentaram sinais de hidratação durante um período de quinze dias, isso ocorreu apenas com o produto BR.

### Influência do COV na qualidade do ar e saúde do trabalhador

#### Identificação e quantificação dos COV por CG-MS

A Tabela 7 apresenta a proporção detectada das espécies químicas referente ao valor total de COV emitido por cada amostra AR, BR, CR e DR.

As espécies químicas identificadas causam irritação nos olhos, pele, nariz e desconforto respiratório, e outras como o tolueno ainda causam danos ao fígado e rim, o heptano causa náuseas e inconsciência e o nonano causa confusão mental, tremor, falta de coordenação motora conforme dados apresentados pelo National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH (THE NATIONAL..., 2011). A exposição prolongada a estes produtos gera danos graves à saúde do trabalhador.

### Quantificação do teor de água por TG

Foram estimados os teores de água, COV e sólidos apenas nos produtos CR e DR, ambos de base água, conforme apresentado nas Figuras 17 e 18.

Conforme apresentado no gráfico de TG do produto CR (Figura 17), o pico de 101,7°C se refere a perda de água, de 69,32%, junto com outros compostos com temperatura de ebulição inferior e ao redor de 100°C (oxazolidina ou furanona, P.E.: 70°C). O pico de 229,8°C foi considerado teor de COV, de 11,47%, e o restante de cargas minerais e outros resíduos.

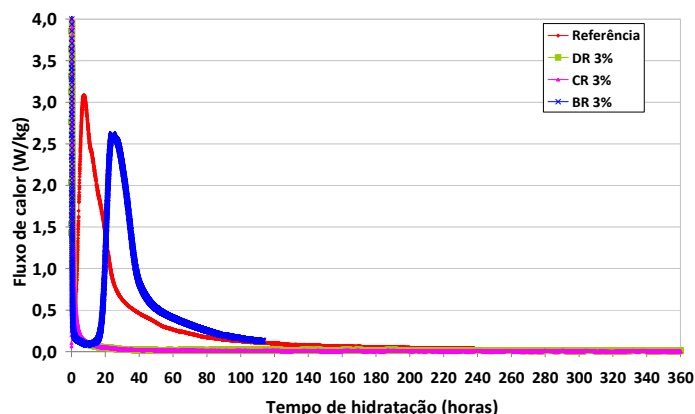


Figura 16 - Curva comparativa da taxa de calor liberado para pastas modificadas com 3%

Tabela 7 - Principais compostos identificados por CG\_MS

Amostras	Compostos e Proporção
AR	éter diisopropílico (15,10%), tolueno (83,67%)
BR	éster etílico (17,41%), álcool isopropílico (82,59%)
CR	ácido carboxílico (54,99%), oxazolidina ou furanona (43,17%)
DR	heptano (3,63%), ciclohexano (4,34%), 1,2 – dimetil benzeno, (2,53%), octano (7,57%), nonano (7,80%), decano (4,31%), duodecano (2,46%)

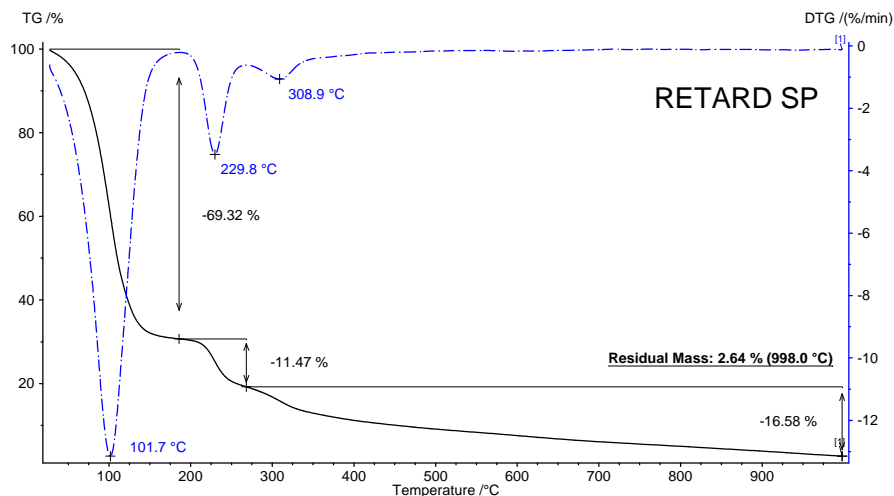


Figura 17 - Análise termogravimétrica do produto CR

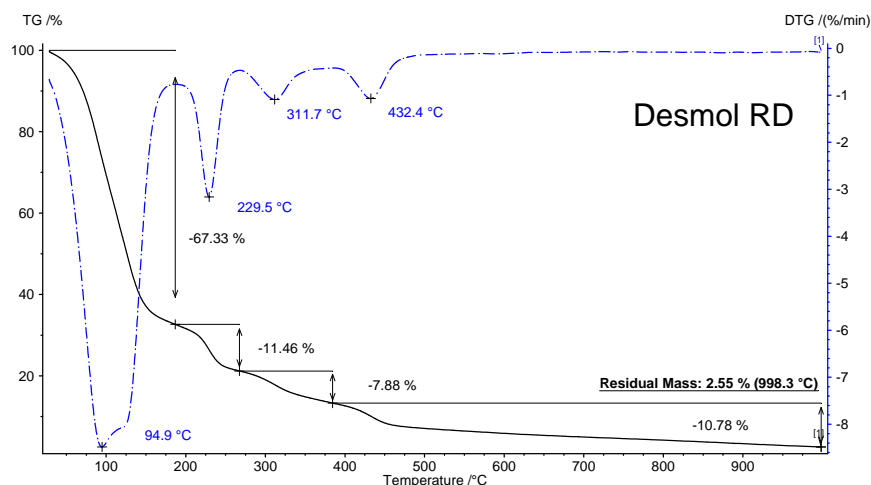


Figura 18 - Análise termogravimétrica do produto DR

Conforme apresentado no gráfico de TG do produto DR (Figura 18), o pico de 94,9°C se refere a perda de água, de 67,33%, junto com outros compostos com temperatura de ebulição inferior e ao redor de 100°C (heptano – P.E.: 98°C, ciclohexano – P.E.: 80,7°C e 1,2 – dimetil benzeno, – P.E.: 80,1°C). O pico de 229,5°C foi considerado teor de COV, de 11,46%, e o restante de cargas minerais e outros resíduos.

## Discussões

### Viabilidade de uso: Etapa 1

A avaliação comparativa no preparo da superfície com formas tratadas com produtos retardadores e com produtos convencionais mostrou que a utilização de agente retardador reduz a velocidade de hidratação do cimento presente na camada superficial do concreto moldado. A redução da velocidade de hidratação deste cimento permite a remoção desta camada por hidrojetamento resultando em uma maior exposição de agregados presentes neste concreto (Figura 5) e aumento de aproximadamente 18 vezes (sem lavagem) e 26 vezes (com lavagem) da absorção de água (Tabela 2). Observou-se que, apesar da remoção da camada superficial não ser intensa, ainda assim houve um aumento de resistência de aderência da argamassa de revestimento aplicada (Tabela 3).

### Avaliação do desempenho dos produtos retardadores: Etapa 2

Os ensaios comparativos realizados com os produtos do mercado mostraram que o composto à base de solvente AR causou maior ataque à forma plastificada (Tabela 5), reduzindo sua durabilidade.

Os produtos à base de água CR e DR, apesar do leve ataque à forma (Tabela 5), apresentaram

resultados satisfatórios com relação à aplicabilidade e recobrimento da superfície. O ensaio de aplicabilidade mostrou que esses produtos retardadores, quando aplicados sem diluição, apresentam maior facilidade de espalhamento e recobrimento na forma do que quando diluídos.

A calorimetria isotérmica foi realizada utilizando-se três concentrações distintas (1%, 2% e 3%) dos produtos. Nas concentrações de 2% e 3% os produtos CR e DR não apresentaram sinais de hidratação durante um período de quinze dias, mostrando que esses teores foram excessivos para o estudo do efeito retardador. Conforme informado por empresas do mercado da construção civil o período comumente utilizado para a desforma de estruturas de concreto em obra varia de três a sete dias. Os resultados obtidos na concentração de 1% mostraram o efeito retardador dos produtos CR e DR compatível com o período utilizado pelas empresas. Apesar do produto BR apresentar boas características e aplicabilidade, apresentou restrições em sua utilização em obra, podendo ser somente utilizado quando o período de desforma for menor que 24 horas e em maior concentração que os demais.

### Impacto dos produtos na saúde do trabalhador e meio ambiente

Todos os produtos estudados contêm espécies químicas que podem ser agressivas a saúde do trabalhador e ao meio ambiente, em maior ou menor proporção (Tabela 7), inclusive confirmam as informações apresentadas nas fichas de inspeção de produtos químicos (FISPO) disponibilizadas pelos fabricantes, com exceção do produto BR (Tabela 8).



Tabela 8 - Informações extraídas das FISPQ fornecidas pelo fabricante

Amostras	Composição	Ingredientes que contribuem para o perigo		Identificação dos perigos
		Concentração	CAS	
AR	Tolueno	40 a 70%	108-88-3	Inflamável. Irritante para os olhos e pele. Contém uma substância cancerígena. Superexposição pode causar depressão do SNC, como cefaléia, tonturas, náuseas e perda de consciência.
	mineral grupo mica	10 a 30%	12001-26-2	
	2-Propanol	1 a 5%	67-63-0	
	Silica	1 a 5%	112945-52-5	
	Silica Cristalina	0,5 a 1,5%	14808-60-7	
	dioxido de titânio	0,1 a 1%	13463-67-7	
BR	produto é um preparado	Não contribuem	Não enquadrado	não apresenta
CR	Carboidratos em água	Não contribuem	Não enquadrado	Pode causar irritação nos olhos ou vias respiratórias quando houver contato prolongado
DR	Óleo Mineral emulsionado e carboidratos. Mistura de carboidratos e hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos, naftênicos e aromáticos (constituídos principalmente de 12 a 25 átomos de carbono)	hidrocarbonetos aromáticos de 2 a 10%	68334-30-5	Pode causar irritação nas vias aéreas superiores. Sua ingestão é levemente tóxica, provocando irritação na mucosa digestiva. Pode provocar irritações na pele e olhos

Tabela 9 - limites de exposição e equipamentos de proteção individual extraídas das FISPQ fornecidas pelo fabricante

Amostras	Limites de exposição	Equipamentos de proteção individual
AR	Tolueno: valor TWA de 20 ppm (ACGIH); valor de TWA 200 ppm, de CLV 300 ppm e concentração máxima de 500 ppm (OSHA)	Respiradores (máscaras) apropriadas, luvas, óculos e avental apropriados conforme o grau de atividade e exposição aos produtos químicos.
	Mineral grupo mica: valor TWA de 3mg/m <sup>3</sup> de fração respirável (ACGIH); valor TWA 20 milhões de partículas por pé cúbico de ar (OSHA).	
	2-Propanol: valor TWA de 200 ppm (ACGIH); valor de PEL 400 ppm, 980 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)	
	Silica Cristalina: valor TWA de 0,025 mg/m <sup>3</sup> de fração respirável (ACGIH); valor de TWA 0,1 mg/m <sup>3</sup> de fração respirável (OSHA)	
	Dioxido de titânio: valor TWA de 10mg/m <sup>3</sup> (ACGIH); valor de PEL 15 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)	
BR	Carbonato de cálcio (25-50%): 10mg/m <sup>3</sup>	Luvas de borracha nitrílica ou de isobutileno-isopreno, óculos, vestuário de trabalho e botas.
CR	Não indicado	Luvas de borracha, óculos e avental de PVC.
DR	Não indicado	Máscara semi-facial com filtro para vapores orgânicos, luvas de PVC, óculos e avental de PVC.

## Legenda:

OSHA - *Occupational Safety and Health Administration*;  
ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*;  
TWA - *time-weighted average*;  
PEL - *permissible exposure limit*; e  
CLV - *Customer Lifetime Value*.

Os fabricantes recomendam o uso de equipamentos de proteção individual: óculos, luvas e avental durante o manuseio dos produtos. Somente o fabricante do produto AR de base solvente ainda indica a utilização de respiradores (máscaras), já que contêm substâncias irritantes, cancerígenas, entre outras. Os limites de exposição, bem como os equipamentos de proteção individual indicados pelos fabricantes estão apresentados na Tabela 9.

O produto de base de solvente AR contém espécies químicas em altas concentrações conforme apresentado nas Tabelas 7 e 8 que podem afetar seriamente a saúde do trabalhador em caso de uso continuado.

Conforme as Figuras 17 e 18, os produtos de base água CR e DR contêm em suas formulações aproximadamente 70% de água e baixa concentração de COV (11%) o que os tornam de menor impacto ao meio ambiente e à saúde do trabalhador.

## Conclusões

Os resultados obtidos mostraram que o uso de agentes retardadores em substituição aos convencionais é viável por que permite a obtenção de superfície com maior rugosidade e absorção de água resultando um aumento da aderência da argamassa aplicada, de 2 a 3 vezes, possibilitando minimizar os problemas de descolamento de revestimentos em fachadas de edifício, fenômeno comum nas obras do país.

Os ensaios utilizados no estudo se mostram viáveis para identificar as diferenças de desempenho existentes entre os produtos retardadores comercializados, e permitem estabelecer critérios importantes para seleção dos mesmos em substituição aos produtos convencionais.

## Referências

ABBATE, V. Desmoldante: um para cada tipo de forma. **Téchne**, São Paulo, v. 70, p. 48-49, jan. 2003.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS. **ASTM D 543**: standard practices for evaluating the resistance of plastics to chemical reagents. West Conshohocken, 2006.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS. **ASTM D 6237**: standard guide for painting inspectors (concrete and masonry substrates). West Conshohocken, 1998.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS. **ASTM D 6279**: test method for rub abrasion mar resistance of high gloss coatings. West Conshohocken, 2003.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS. **ASTM E 1857**: standard guide for selection of cleaning techniques for masonry, concrete, and stucco surfaces. West Conshohocken, 1997.

ANTUNES, R. P. N. **Influência da Reologia e da Energia de Impacto na Resistência de Aderência de Revestimentos de Argamassa**. São Paulo, 2005. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: concreto:procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14082**: argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica: execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15258**: argamassa para revestimento de paredes e tetos: determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

BATY, G.; REYNOLDS, R. **Release Agents. What are they? How they work?** Cresset Chemical Company, 2009. Disponível em: <<http://www.cresset.com/rabrochu.htm>>. Acesso em: 07 dez. 2010.

BETIOLI, A. M. **Influência dos Polímeros MHEC e EVA na Hidratação e Comportamento Reológico de Pastas de Cimento Portland**. 188 f. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. Estudo de Casos de Deslocamento de Revestimento de Argamassa Aplicado Sobre Estrutura de Concreto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 6., Florianópolis, 2005. **Anais...** Santa Catarina, 2005. p. 551-561.

CHANG, D. Y.; CHAN, S. Y. N.; ZHAO, R. P. The Combined Admixture of Calcium Lignosulphonate and Sulphonated Naphthalene Formaldehyde Condensates. **Construction and Building Materials**, v. 9, n. 4, p. 205-209, 1995.

DJEAL, C. *et al.* Comprehension of Demoulding Mechanisms at the Formwork/Oil/Concrete Interface. **Materials and Structure**, v. 41, p. 571-581, abr. 2008.

DJEAL, C. *et al.* Influence of the Application Method of Release Agents on Thickness of Mould Oils. **Materials and Structure**, v. 43, p. 687-698, 2010.

DJEAL, C. *et al.* Role of Demoulding Agents During Self-Compacting Concrete Casting in Formwork. **Materials and Structure**, v. 35, p. 470-476, set./out. 2002.

LIBERSSART, L. **Influence des Composés Chimiques des Agents de Démoulage Sur l'Interface Coffrage/Béton: impact sur l'esthétique des parements em béton**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade d'Artois à Béthune, 2006.

MAERSCHEL, R. **Quality Needs for Concrete Mould Release**. Berryessa Company, 2009. Disponível em: <<http://www.berryessa.com.au/uploads/QualityNeedsForConcreteMouldRelease.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2010.

THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. USA. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/NIOSH/>>. Acesso em 30 maio 2011.

WATERLOO, R. F. **Form Release Agents**. MC Magazine Archive. National Precast Concrete Association (NPCA), 2003. Disponível em: <<http://www.precast.org/precast-magazines/2010/05/chemical-hazards/#more-2125>>. Acesso em 07 jan. 2011.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Consórcio Setorial para Inovação em Tecnologia de Revestimento de Argamassa (CONSITRA) e à LENC Laboratório de Engenharia e Consultoria Ltda pelo auxílio no desenvolvimento deste artigo.

**Revista Ambiente Construído**  
Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído  
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro  
Porto Alegre - RS - Brasil  
CEP 90035-190  
Telefone: +55 (51) 3308-4084  
Fax: +55 (51) 3308-4054  
[www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido](http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido)  
E-mail: [ambienteconstruido@ufrgs.br](mailto:ambienteconstruido@ufrgs.br)