MIRELLA PENNACCHI ASSALI

**Emprego de agentes retardadores em substituição aos
desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para
recebimento do revestimento de argamassas.**

São Paulo

2012

MIRELLA PENNACCHI ASSALI

**Emprego de agentes retardadores em substituição aos
desmoldantes convencionais na moldagem do concreto para
recebimento do revestimento de argamassas.**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia

Área de Concentração:

Engenharia de Construção Civil e Urbana

Orientador: Profa. Dra. Kai Loh

São Paulo

2012

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 06 de dezembro de 2012.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CARTOGRÁFICA

Assali, Mirella Pennacchi

Emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para recebimento do revestimento de argamassas / M.P. Assali. -- ed.rev. -- São Paulo, 2012.

96 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

**1. Concreto 2. Moldagem 3. Revestimento 4. Argamassa
5. Agentes retardadores I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil
II. t.**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: ASSALI, Mirella Pennacchi

Título: Emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem do concreto para recebimento do revestimento de argamassas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Inúmeros obstáculos foram encontrados ao longo do desenvolvimento deste estudo podendo estes, somente ser vencidos com o apoio de pessoas queridas de meu convívio. Agradeço especialmente a meus pais, Maria Inez Pennacchi Assali e Fares Eduardo Assali, meus ídolos, exemplos de amor, ética, humildade, batalha, perseverança, garra e sucesso.

À minha insubstituível orientadora Kai Loh por toda paciência, conhecimento transmitido, conselhos, incentivo e motivação.

Aos meus queridos irmãos Rodrigo Pennacchi Assali e Cristian Assali pelo incentivo e por me suportarem nos dias difíceis.

Aos meus avós (*in memoriam*) Nabia José Nunes Assali, Adib Assali e Humberto Pennacchi por torcerem por mim de onde estiverem. Aos meus queridos “anjos da guarda” (*in memoriam*) Maria José e Ormindia Parreira por estarem sempre perto, mesmo nas lembranças, nas horas mais difíceis.

Às minhas queridas “vó Zeni”, Zeni Zanutta Pennacchi e Ditinha por todas as valiosas preces que me deram força durante a realização deste trabalho e por toda minha vida. À carinhosa “tia Silvana”, Silvana Rosalia Pennacchi por todos os abraços confortantes.

Ao meu companheiro de longa data Sérgio Henrique Comparini da Silva por estar ao meu lado em todos os momentos, sejam eles, bons ou ruins, por me suportar e incentivar durante todos estes anos.

Ao meu lindo sobrinho “Rafinha”, Rafael Paiva Assali e minha cunhada Simone Paiva Assali por todo carinho e alegria que me proporcionaram.

Aos professores da Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em especial, Vanderley John, Maria Alba Cincotto, Mércia Barros, Mario Souza Takeashi e Rafael Pillegi. Aos professores universitários, consultores e amigos: Rita Moura Fortes, João Virgílio Merighi, Fabiola Rago, Fabio Câmpora e Flavio Maranhão pelo incentivo e apoio técnico.

Aos fornecedores de materiais que se tornaram amigos imprescindíveis para o desenvolvimento técnico deste trabalho Ricardo Faria e Flávio de Camargo.

Aos colegas da Poli-USP: Eliane Betânia, César Romano, Rafael Ialago, Isabela

Libório, Ana Paula Werle, Rui Barbosa, Renata Monte pelos preciosos auxílios na realização dos ensaios.

Aos queridos amigos Daniel, Jamile, “Dogrão”, Janaina, “Bodão”, Ana, Felipe, Andressa, Samantha, Pâmela, Pablo, Ana, “Rambo” e Juliana que sempre me proporcionaram momentos maravilhosos de desconcentração, alegria, amizade e que me suportaram e acolheram ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros do CONSITRA – Consórcio setorial para inovação tecnológica em revestimento de argamassa, pelas sugestões, recursos e discussões técnicas imprescindíveis.

E por fim, a todos os companheiros da LENC Laboratório de Engenharia e Consultoria Ltda e demais empresas, principalmente a Simone Hegg Villibor, Alexandre Zuppolini Neto, Douglas Fadul Villibor, Paulo Serra, Sérgio Marques, Wolney Freire, Alvaro Sérgio Barbosa Júnior, Pedro Henrique, Rogério Perini, Fabio Vaz, Luciana Reis Andrade, Valdemir Barbosa Dias, Benício Bibiano Bento, Marin Orlando Oliveira Silva, Carlos Christian da Silva, Edgard Lavieri, Gilberto de França Jr., Marcelo Lima de Oliveira, Claudio Dias Monteiro, Cristiano Barbosa da Silva, Felipe de Souza Oliveira, Jorge Luiz Magalhães Souza, Nilton Ricardo Leite, Severino Sergio Ferreira da Silva e Cicero por todo incentivo, motivação e recurso disponibilizado, principalmente àqueles que me apoiaram tecnicamente, emocionalmente e profissionalmente. Um agradecimento especial a minha equipe por todo auxílio, dedicação e principalmente companheirismo: Rhaismany Gabriel, Carlos Cremonini, Cristina Rosa Lemos, Leandro Reis Andrade, Maíra Serra, Jonas Harzer Gomes Albuquerque, Daniele Sartorelli Machado.

RESUMO

As estruturas de concreto são moldadas em formas tratadas com desmoldantes e sua presença dificulta a adesão da argamassa 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 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 corpos de prova de concreto moldados em formas de madeira plastificada tratadas com agente retardador e com desmoldante convencional. O ensaio de aderência mostrou que a utilização de agentes retardadores possibilita maior facilidade para a remoção da camada superficial do concreto, resultando em aumento de rugosidade e absorção superficial, permitindo maior resistência de aderência da argamassa e chapisco. Posteriormente, foram coletados agentes retardadores do mercado e avaliados: desempenho na aplicação sobre as formas, impacto dos produtos na saúde do trabalhador e no meio ambiente, e o efeito retardador na hidratação do cimento. Também foram avaliados quanto: a aplicabilidade dos produtos e sua influência no preparo da superfície para o recebimento da argamassa quando tratadas com produtos retardadores e convencionais em três tipos de formas. O estudo mostrou que o uso de agente retardador pode ser uma técnica viável para reduzir os problemas de descolamento do revestimento aplicado sobre superfícies de concreto. Através dos ensaios específicos desenvolvidos e adaptados para esta pesquisa, foi possível identificar que existem diferenças de comportamentos entre os produtos, sendo eles convencionais ou retardadores, e que os tipos de forma influenciam nestes comportamentos. Foi verificado também que as formas mais simples e com custos menores podem ser mais apropriadas para utilização destes produtos.

Palavras chave: concreto. moldagem. formas. desmoldantes convencionais. agentes retardadores. revestimento. aderência.

ABSTRACT

The concrete structures are cast in molds treated with a release agent (demolding product), and its presence hinders the mortar's initial adhesion in the plastic state, as well as the bond strength after hardening. The study aims is to explore the potential use of retarding agents to replace conventional release agents in the concrete formwork. The technical viability 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 on concrete surfaces cast with a retarding release agent. The results showed that, through the use of retarding products, the removal of the concrete surface layer was possible by increasing the surface roughness, the surface water absorption and the tensile bond strength of the mortar to this concrete. Performance tests were also done with retarding products commercially available in the Brazilian market to verify the behavior of such products during application on molds, their impact on workers' health and on the environment, and the retarding effect in cement hydration. It was also evaluated the applicability of these products and their influence on surface preparation to receive mortar when treated with retarding and conventional products, in three types of molds. Retarding products showed to be a viable technique for reducing the detachment problems of rendering mortars applied on concrete surfaces. Through the specific tests developed and adapted for this study, it was observed that there are differences in behavior between the conventional or retarding products, and also observed how these types of molds can influence the performance of the products. It was also observed that the simplest molds with lower cost can be more suitable in this application.

Key-words: concrete. molding. molds. release agent. retarding agent. mortar. tensile bond strength

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Contexto.....	16
1.2 Objetivo.....	17
1.3 Estrutura do trabalho.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Tipos de produtos.....	22
2.1.1 <i>Desmoldantes convencionais.....</i>	<i>22</i>
2.1.2 <i>Produtos retardadores.....</i>	<i>25</i>
3 VIABILIDADE DE USO DE AGENTES RETARDADORES.....	28
3.1 Programa experimental.....	28
3.2 Materiais.....	28
3.3 Procedimento de preparo dos corpos de prova.....	29
3.4 Métodos.....	31
3.4.1 <i>Análise visual do aspecto da superfície de concreto.....</i>	<i>31</i>
3.4.2 <i>Absorção superficial do concreto – gota de água.....</i>	<i>31</i>
3.4.3 <i>Resistência de aderência à tração.....</i>	<i>31</i>
3.5 Resultados.....	32
3.5.1 <i>Análise visual do aspecto da superfície de concreto.....</i>	<i>32</i>
3.5.2 <i>Absorção superficial do concreto – gota de água.....</i>	<i>32</i>
3.5.3 <i>Resistência de aderência à tração.....</i>	<i>33</i>
3.6 Análise do capítulo.....	35
4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS AGENTES RETARDADORES.....	36
4.1 Programa experimental	36
4.2 Materiais.....	37
4.3 Métodos.....	38
4.3.1 <i>Caracterização dos produtos por espectrofotometria no infravermelho.....</i>	<i>38</i>
4.3.2 <i>Susceptibilidade da forma ao ataque químico pelo método do espalhamento.....</i>	<i>39</i>
4.3.3 <i>Aplicabilidade dos agentes retardadores sobre as formas pelo método do espalhamento.....</i>	<i>39</i>
4.3.4 <i>Identificação e quantificação dos compostos orgânicos voláteis por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa (CG-MS).....</i>	<i>39</i>

4.3.5 Calor de hidratação por calorimetria isotérmica.....	40
4.4 Resultados.....	40
4.4.1 Caracterização dos produtos por espectrofotometria no infravermelho.....	40
4.4.2 Susceptibilidade da forma ao ataque químico pelo método do espalhamento.....	43
4.4.3 Aplicabilidade dos agentes retardadores sobre as formas pelo método do espalhamento.....	45
4.4.4 Identificação e quantificação dos compostos orgânicos voláteis por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa (CG-MS).....	46
4.4.5 Calor de hidratação por calorimetria isotérmica.....	47
4.5 Análise do Capítulo.....	52
5 VERIFICAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DOS PRODUTOS NAS FORMAS DO MERCADO.....	55
5.1 Programa experimental.....	55
5.2 Materiais.....	55
5.3 Métodos.....	56
5.3.1 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pelo método do espalhamento.....	56
5.3.2 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pela medida do ângulo de contato.....	56
5.4 Resultados.....	57
5.4.1 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pelo método do espalhamento.....	57
5.4.2 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pela medida do ângulo de contato.....	59
5.5 Análise do Capítulo.....	63
6 INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE PRODUTOS E FORMAS NAS CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS DO CONCRETO	64
6.1 Programa experimental	64
6.2 Materiais.....	64
6.3 Procedimento de preparo dos corpos de prova de concreto.....	65
6.4 Métodos.....	66
6.4.1 Análise visual do aspecto da superfície de concreto.....	66
6.4.2 Resistência de aderência à tração.....	66
6.5 Resultados.....	66
6.5.1 Análise visual do aspecto da superfície de concreto.....	66
6.5.2 Resistência de aderência à tração.....	68

6.6 Análise do capítulo.....	74
7 CONCLUSÕES.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXO A – Resultados e análise estatística.....	87

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Descolamento de placas coesas com ruptura na interface chapisco e substrato (CARASEK, 2005).....	19
Figura 2 – Reação do agente retardador. (a) detalhe de uma estrutura de concreto moldado com agente retardador; (b) lavagem da superfície após remoção da forma; (c) superfície do concreto com camada superficial removida...	26
Figura 3 – Programa experimental: avaliação comparativa para verificar a viabilidade do uso de retardadores.....	28
Figura 4 – Aplicação do chapisco (a e b) e da argamassa (c e d).....	30
Figura 5 – Ensaio de gota de água – corpo de prova moldado com retardador.....	31
Figura 6 – Aspecto dos corpos de prova moldados com desmoldante retardador, após hidrojateamento.....	32
Figura 7 – Aspecto dos corpos de prova moldados com desmoldante convencional, após hidrojateamento.....	32
Figura 8 – Ensaio de gota de água realizado em corpo de prova moldado com desmoldante convencional logo após a aplicação até 31 minutos e 3 segundos.....	33
Figura 9 – Programa experimental: avaliação do desempenho de agentes retardadores.....	37
Figura 10 – Calorímetro com respectiva amostra.....	40
Figura 11 – Espectro de infravermelho do produto BR.....	41
Figura 12 – Espectro de infravermelho do produto CR.....	42
Figura 13 – Espectro de infravermelho do produto DR.....	42
Figura 14 – Espectro de infravermelho de um óleo mineral.....	43
Figura 15 – Espectro de infravermelho de: a = óleo de andiroba, b = andiroba + mineral 9:1, c = andiroba + mineral 7:3, d = andiroba + mineral 5:5, e = andiroba + mineral 3:7, f = andiroba + mineral 1:9, g = óleo mineral.	

(OLIVEIRA et al., 2009).....	43
Figura 16 – Aspecto das formas após a remoção dos produtos DR e BR no ensaio de gota e o ataque intenso do produto AR no ensaio de espalhamento.....	45
Figura 17 – Superfície de concreto moldado com produto retardador de baixa capacidade de aderência à forma.....	45
Figura 18 – Escorrimento do produto CR diluído 1:2.....	46
Figura 19 – Representação esquemática de curva de taxa de calor de hidratação e critérios para determinação das variáveis.....	48
Figura 20 – Curva de taxa de calor liberado pela pasta de referência.....	49
Figura 21 – Curva comparativa da taxa de calor liberado.....	49
Figura 22 – Período de indução de pastas com produtos BR, CR e DR com 1% de adição e pasta de referência sem adição.....	50
Figura 23 – Curva comparativa da taxa de calor liberado acumulado.....	50
Figura 24 – Curva comparativa da taxa de calor liberado para pastas modificadas com 2%.....	51
Figura 25 – Curva comparativa da taxa de calor liberado para pastas modificadas com 3%.....	51
Figura 26 – Programa experimental: avaliação do desempenho das formas quanto a aplicação dos produtos.....	55
Figura 27 – (a) Goniômetro utilizado para avaliação do ângulo de contato e (b) Exemplo de resultado obtido na avaliação do ângulo de contato. (MARANHÃO, 2009).....	57
Figura 28 – Resultados comparativos do ângulo de contato inicial medido nos três tipos de forma aplicando-se três tipos de produtos.....	60
Figura 29 – Variação do ângulo de contato ao longo de 2 minutos.....	62
Figura 30 – Programa experimental: avaliação comparativa para comprovar a viabilidade do uso de retardadores aplicados em diferentes formas.....	64
Figura 31 – Níveis de rugosidade.....	67

Figura 32 – Resistências médias de aderência da argamassa aplicada sobre as superfícies moldadas em forma resinada.....	70
Figura 33 – Resistências médias de aderência da argamassa aplicada sobre as superfícies moldadas em forma plastificada.....	71
Figura 34 – Resistências médias de aderência da argamassa aplicada sobre as superfícies moldadas em forma compensado comum.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados de ângulo de contato e adesão. (LIBESSART, 2006).....	24
Tabela 2 – Resultados da espessura do filme (DJELAL et al, 2010).....	24
Tabela 3 – Absorção superficial do concreto.....	33
Tabela 4 – Resultados dos ensaios de resistência de aderência da argamassa e chapisco.....	34
Tabela 5 – Agentes retardadores.....	37
Tabela 6 - Aspecto e características dos agentes retardadores.....	44
Tabela 7 – Aspecto da forma após remoção dos agentes retardadores.....	44
Tabela 8 – Resultados de espalhamento e capacidade de recobrimento.....	46
Tabela 9 – Principais compostos identificados por CG_MS.....	47
Tabela 10 – Informações extraídas das FISPQ fornecidas pelo fabricante.....	53
Tabela 11 – Limites de exposição e equipamentos de proteção individual extraídas das FISPQ fornecidas pelo fabricante.....	54
Tabela 12 – Produtos retardadores e convencional.....	56
Tabela 13 – Resultados de espalhamento.....	58
Tabela 14 – Resultados da capacidade de recobrimento após espalhamento.....	58
Tabela 15 – Ângulos de contato da interface produto/forma.....	60
Tabela 16 – Caracterização das superfícies com base nos níveis de rugosidade.....	67
Tabela 17 – Resultado dos ensaios de resistência de aderência da argamassa.....	69
Tabela 18 – Análise de variância ANOVA para forma resinada.....	69
Tabela 19 – Análise de variância ANOVA para forma plastificada.....	71
Tabela 20 – Análise de variância ANOVA para forma compensado comum.....	72
Tabela 21 – Desempenho dos agentes retardadores estudados.....	76
Tabela 22 – Verificação da compatibilidade dos produtos nas formas.....	77

Tabela 23 – Influência dos tipos de produtos e formas nas características superficiais do concreto.....	77
---	----

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A estrutura de um edifício pode ser executada por diversos métodos construtivos, mas aqueles compostos por estruturas de concreto armado ainda são os mais utilizados no mercado nacional. Formas, concreto e aço, são os principais materiais utilizados para a execução deste 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.

Grande parte das construtoras do país utiliza e seleciona desmoldantes com base somente no preço do produto e, em alguns casos, pelas características descritas pelo fabricante. Estas empresas não possuem critérios específicos para avaliação do desempenho desses produtos, sendo somente verificado após a conclusão da obra quando da ocorrência de alguma patologia.

Apesar dos desmoldantes serem muito utilizados, são pouco conhecidos. No Brasil, até o momento, não foram objeto de estudos acadêmicos, e mesmo a nível internacional as pesquisas existentes são bem recentes. Grande parte das pesquisas existentes no mercado nacional foi realizada por fabricantes dos produtos de forma não-científica.

Pela falta de conhecimento básico sobre estes produtos, sua relação com as formas e seu impacto no preparo da superfície do concreto, são utilizados sem controle, de forma incorreta, não sendo obedecidas as instruções do fabricante.

Os desmoldantes convencionais mais utilizados são compostos de óleo mineral, os quais deixam resíduos na superfície do concreto após desforma. Quando estes produtos não são removidos adequadamente podem ocasionar posterior descolamento do revestimento por falta de condições de ancoragem da argamassa à superfície de concreto. 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 absorção da água da superfície do

concreto. Devido à dificuldade de realização desse processo, ele não é realizado na maioria das obras, podendo ocasionar problemas futuros com a aplicação do revestimento sobre esta superfície sem tratamento.

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

1.2 Objetivo

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

1.3 Estrutura do trabalho

A presente dissertação aborda os seguintes temas: desmoldantes convencionais e agentes retardadores, desempenho, compatibilidade com as formas e impacto no preparo da superfície para recebimento do revestimento de argamassa, discutidos em sete capítulos.

O estudo se inicia no **Capítulo 1** com uma descrição sucinta dos problemas ocasionados pela utilização e remoção inadequada de desmoldantes das estruturas de concreto em obra, tendo como objetivo uma potencial solução para o problema identificado.

No **Capítulo 2** são apresentados o levantamento e revisão dos tipos de produtos existentes no mercado, suas descrições, aplicações e finalidades. Também é apresentada através da revisão da literatura a importância dos tratamentos superficiais da base para evitar manifestações patológicas ocasionadas quando da utilização inadequada de desmoldantes no preparo da superfície para recebimento do revestimento de argamassa.

Como a utilização de um agente retardador pode ser considerada um tratamento superficial, e a verificação da possibilidade de utilização deste tipo de produto é objetivo deste estudo, no **Capítulo 3** foi avaliada a viabilidade de seu emprego através de ensaios comparativos exploratórios, entre superfícies de concreto obtidas com desmoldantes convencionais e com agentes retardadores. Os critérios avaliados foram: aspecto da superfície após limpeza, absorção superficial e resistência de aderência da argamassa aplicada sobre a superfície de concreto.

Uma vez comprovada a viabilidade do emprego dos agentes retardadores tendo em vista o aumento da resistência de aderência do revestimento, no **Capítulo 4** foi realizada uma avaliação do desempenho destes tipos de produto com base em alguns critérios propostos neste estudo.

A definição dos critérios para avaliação do desempenho dos agentes retardadores foi baseada nas rotinas das construtoras quando da execução de estruturas de concreto, bem como na função a ser desempenhada por um desmoldante, ou seja, impedir a aderência da superfície do concreto à forma, garantindo sua conservação e reaproveitamento. Neste capítulo, o potencial de uso dos agentes retardadores existentes no mercado foi explorado através de ensaios para a determinação da influência dos agentes retardadores sobre a superfície das formas, impacto dos produtos na saúde do trabalhador e meio ambiente, e efeito retardador na hidratação do cimento.

O desempenho dos desmoldantes pode depender do tipo de forma utilizada, portanto no **Capítulo 5** foi verificada sua compatibilidade com três tipos de forma de madeira através da análise do comportamento reológico e ângulo de contato dos produtos aplicados sobre as mesmas, para auxiliar na identificação de qual ou quais apresentam melhor desempenho na moldagem do concreto.

No **Capítulo 6** foi avaliada a influência dos tipos de produtos e de formas no preparo da superfície do concreto para receber o revestimento através de ensaios comparativos de caracterização da superfície do concreto, bem como de resistência de aderência a tração da argamassa aplicada sobre a mesma.

Finalmente, no **Capítulo 7** são apresentadas as conclusões obtidas através dos ensaios realizados nos **Capítulos 3, 4, 5 e 6** e também apresentado um quadro das propriedades para auxiliar a seleção dos produtos conforme os critérios estabelecidos e apresentados na pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A maioria das estruturas de concreto são revestidas por argamassa, sendo o descolamento o fenômeno patológico mais observado. Segundo Silva e Libório (2002) devido a alta incidência de falhas de aderência da argamassa no Brasil, as pesquisas sobre o assunto são consideradas de grande importância, mas incipientes.

Apesar do revestimento desempenhar um papel significativo no desempenho da edificação, é considerado de menor importância frente ao conjunto da obra (CANDIA, 1998), no entanto pode levar a ocorrência de manifestações patológicas resultando em prejuízos para as construtoras, usuários e fabricantes (FERNANDES, 2007; CIRNE; OLIVEIRA; DUMÊT, 2006).

De acordo com Cardoso (2009), Maciel, Barros, e Sabbatini (1998), as argamassas de revestimento contribuem com o conforto termo-acústico, proteção da fachada à agentes do meio ambiente, e, além disso, tem função niveladora.

Os principais fatores que influenciam o desempenho dos revestimentos de argamassa são as características superficiais das bases ou substratos, as técnicas de execução, a formulação das argamassas e as condições ambientais do local onde será executado o edifício (CANDIA, 1998).

A aderência ao substrato é considerada uma das principais propriedades exigidas a uma argamassa no estado endurecido (KAZMIERCZAK; BREZEZINSKI; COLLATTO 2007). No entanto, apesar de sua importância, são diversas as ocorrências de manifestações patológicas, sendo a mais freqüente o descolamento do revestimento aplicado sobre estruturas de concreto (Figura 1).

Figura 1 – Descolamento de placas coesas com ruptura na interface chapisco/substrato (CARASEK; CASCUDO; JUCÁ, 2005).

Conforme estudo realizado por Carasek, Cascudo e Jucá (2005), alguns fatores contribuem para a ocorrência desta patologia: deformabilidade excessiva da estrutura; existência de concretos de alta resistência mediante ao uso de formas plastificadas que resulta uma superfície lisa com baixa absorção de água; utilização de desmoldantes a base de óleos, muitas vezes em concentrações elevadas e sem limpeza posterior da superfície; e a utilização de argamassas de alta retratibilidade. As principais patologias de revestimento que ocorrem sobre as superfícies de concreto advêm da remoção insuficiente de resíduos de desmoldantes (CEOTTO; BANDUK; NAKAKURA, 2005).

Conforme descrito por Carasek (1998), a aderência entre o substrato e a argamassa, é obtida pela penetração da água de amassamento contendo os componentes do aglomerante dissolvidos, em estado coloidal, nos poros e cavidades do substrato. Sendo assim, os desmoldantes convencionais quando não removidos adequadamente da superfície, a deixam impregnada de óleo. Embora o desmoldante propicie uma desforma fácil, o excesso que penetra pelos poros do concreto pode exercer, conforme mencionado por Pretto (2007), uma ação semelhante a dos “hidrofugantes”.

Os hidrofugantes conforme Maranhão e Loh (2010) provocam reduções na velocidade de absorção de água, portanto podem impedir a penetração da pasta de aglomerante para o interior da camada superficial da base, o que leva a comprometer a aderência da argamassa.

Uma forma de melhorar a capacidade de aderência entre argamassa aplicada e o substrato é a execução do tratamento superficial da base, com o objetivo de aumentar a rugosidade, bem como, a área potencial de contato e regularizar a absorção de água (PRETTO, et al, 2009; SCARTEZINI, et. al., 2002). Este tratamento conforme sugerido por Baía e Sabbatini (2008) envolve um conjunto de atividades relacionadas à limpeza da estrutura, à eliminação das irregularidades superficiais, à remoção das incrustações e o preenchimento dos furos.

A limpeza da base deve ser executada através de procedimentos para remoção dos produtos geralmente realizados de maneira mecânica (jato de água em alta pressão e escovação), química (com utilização de água e detergente, o que requer lavagem posterior com água sob pressão) ou até mesmo apicoamento do concreto (o que também requer posterior lavagem com água ou ar em alta pressão), e que devido à dificuldade da execução destes procedimentos, não são realizados na maioria das

obras (ABBATE, 2003).

Com base nos procedimentos citados acima, verifica-se que há necessidade de se tratar a superfície, não só para proporcionar rugosidade e melhorar a ancoragem mecânica, mas também a necessidade de se remover o desmoldante impregnado (PRETTO, 2007).

Conforme descrito por Dupin et al.¹ (1988 apud Candia 1998), quanto maior a rugosidade da superfície e a existência de poros abertos, maior será a aderência entre o substrato e o revestimento. A metodologia comumente utilizada é a aplicação do chapisco, que, segundo Cândia (1998), Scartezini et al.(2002) e Silva et al.(2007), permite criar uma superfície rugosa para servir de ancoragem entre o revestimento e o substrato, e regular a capacidade de absorção do substrato. Conforme estudos de Carasek, Cascudo e Jucá (2005), a limpeza da base é sempre necessária, pois qualquer resíduo de desmoldante poderá comprometer os resultados de resistência de aderência do mesmo ao substrato.

CABREDO et al (2003) estudaram a influência do retardador de superfície como tratamento superficial, e ao compararem esse tratamento com o jato de areia e o apicoado, verificaram que o retardador danificou menos a superfície e proporcionou uma boa rugosidade ao substrato, mas constatou que até o momento não foram realizadas pesquisas para analisar se é adequado para garantir uma boa aderência ao revestimento.

Com base nos resultados do estudo realizado por Pretto, et al (2009), cujo objetivo foi avaliar o incremento da área potencial de contato de substratos de concreto que sofreram diferentes tratamentos superficiais (lavagem, escovação, lixamento, retardador de pega de superfície, e apicoamento), observou-se que a utilização de retardador de pega proporcionou um maior incremento de superfície específica, ou seja maior área potencial de contato entre o substrato e revestimento aplicado, mas, conforme observado por esta autora em sua dissertação (PRETTO, 2007) estes tratamentos prejudicaram as taxas de absorção de água, o que pode ter sido ocasionado pela exposição elevada de agregados, que possuem menor porosidade que a matriz, além de prejudicar também a resistência de aderência do revestimento aplicado sobre a superfície tratada.

Pretto (2007) avaliou somente um tipo de retardador de pega utilizado para fins arquitetônicos e sugeriu como um dos temas que carecem de pesquisas o estudo mais aprofundado com este tipo de produto.

¹DUPIN, L.; DÉTRICHÉ, C.H.; MASO, J.C. Accrochage direct d'un sur un isolant par une liaison de type mécanique dans le cadre d'un procédé d'isolation par l'estérieur. *Materiaux et Constructions*, v.21, p.370-378, 1988.

2.1 Tipos de produtos

2.1.1 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 apresentaram 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 quando aplicados, 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 mesma.

Fazem parte desta categoria produtos a base de óleos de petróleo, vegetais, ceras, sabões e biodegradáveis (WATERLOO, 2003; BATY; REYNOLDS, 2009).

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 (1998), ASTM D 6279 (2003) e ASTM E 1857 (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 Djelal 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 (DJELAL 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 solúveis em água e, portanto, não são adequados para receber argamassa de revestimento.

Djelal et al. (2010) e Libessart (2006) realizaram estudos comparativos entre esses dois tipos de produtos verificando-se determinados critérios (descritos a seguir) para

a obtenção de concreto aparente, bem como de superfícies a serem revestidas.

Os critérios considerados por Libessart (2006) foram: molhabilidade; ângulo de contato; e adesão desses óleos em três tipos de formas (polida, nova e usada). Esses critérios, para a obtenção de concreto aparente, são de grande importância, pois, para se obter uma superfície sem defeitos, os produtos devem apresentar fácil espalhamento e boa capacidade de recobrimento na superfície da forma, de modo que a mesma seja preenchida uniformemente. O produto deve também apresentar boa adesão sobre a forma, de modo que o concreto não remova o produto quando de sua moldagem.

Os métodos utilizados pelo autor foram:

a) Molhabilidade: determinada através da medição do ângulo de contato formado entre a forma e o desmoldante por um goniômetro, marca Digidrop. Os resultados representam as médias dos ângulos obtidos pela deposição de gotas dos produtos sobre as forma com uma seringa. (LIBESSART, 2006)

b) Adesão: determinada através da tensão superficial de líquido/vapor (L/V). Esta tensão surge porque em um líquido, os átomos e moléculas estão em equilíbrio e encontram-se unidos através de forças de atração. Em geral, estas forças existem em todas as direções dos átomos, quando estas moléculas se encontram na interface de separação (L/V), as forças não estão em equilíbrio, resultando em uma tensão na superfície.

As medidas de tensão de superfície L/V foram feitas por meio de uma lâmina de Wihelmy. Após esta determinação, a energia de adesão Líquido/Sólido foi calculada. (LIBESSART, 2006)

Os resultados obtidos neste estudo, conforme apresentado na tabela 1 demonstraram que o produto à base de óleo mineral, de menor ângulo de contato, apresentou maior molhabilidade, mas esse resultado não mostrou influência significativa na adesão à forma, quando comparado aos resultados do produto à base de óleo vegetal.

Tabela 1 – Resultados de ângulo de contato e adesão (LIBESSART, 2006).

Tipo de Forma	Óleo Mineral		Óleo Vegetal	
	Ângulo (°)	Adesão (mN/m)	Ângulo (°)	Adesão (mN/m)
Nova	20,8	61,1	36,2	65,1
Usada	29,0	59,3	39,0	64,0
Polida	21,5	61,0	36,1	65,1

Djelal et al. (2010) avaliaram o aspecto da superfície do concreto e a espessura do filme de desmoldantes (base de óleo mineral e vegetal) aplicado em forma metálica, antes e após a moldagem do concreto.

A espessura do filme foi determinada por pesagem e, em seguida, seus resultados comparados com os obtidos através de uma análise quantitativa elementar, sendo esta, uma variação do método PIXE – Emissão induzida de raio X por partículas, patenteada em 2006 pela CEA de Saclay (DJELAL et al, 2010). A espessura foi determinada através deste método, medindo-se a fluorescência X da forma de aço nos seguintes casos:

- sem aplicação de desmoldante;
- com desmoldante antes da moldagem do concreto;
- com desmoldante após a moldagem do concreto.

Como a fluorescência X do aço é influenciada pela atenuação do raio X α causada pelo filme do desmoldante, foi possível estimar a espessura do filme através do método PIXE modificado por Djelal et al. (2010). Os resultados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da espessura do filme (DJELAL et al, 2010).

Óleos	Espessura antes da moldagem do concreto (μm)	Espessura após a moldagem do concreto (μm)
Mineral	11,8	0,6
Vegetal	3,1	0,15

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 de Djelal et al. (2010) e Libessart (2006) mostraram que o tipo de desmoldante influencia o aspecto da superfície do concreto e que cada produto apresenta um comportamento distinto.

Abbate (2003) verificou em seu estudo que o desempenho dos desmoldantes também depende do tipo de forma utilizada e que os puramente oleosos são adequados tanto para formas de madeira como para formas metálicas, por produzirem um filme homogêneo e contínuo. As emulsões, por sua vez, são mais adequadas para a utilização em formas de madeira e as ceras paraafínicas para formas metálicas. Quanto menos permeável e lisa for a forma, menor será a quantidade necessária de desmoldante. Em formas plastificadas, de baixíssima permeabilidade e extremamente lisas, os desmoldantes devem ser aplicados corretamente diluídos, de forma a evitar a formação de uma película espessa que pode contaminar o concreto.

A revisão bibliográfica consultada mostrou que devido a grande influência dos tipos de produto e tipos de forma, no preparo da superfície do concreto, a seleção dos produtos deve ser realizada com base em ensaios de desempenho e compatibilidade em laboratório, antes de serem utilizados em campo.

2.1.2 Produtos retardadores

Os produtos retardadores foram inicialmente usados para a produção de concreto com agregado exposto para fins arquitetônicos (www.br.graceconstruction.com; www.basf-cc.com.br). Atualmente já existem no mercado desmoldantes retardadores indicados para moldagem de concreto que permitem obter maior rugosidade superficial proporcionando maior aderência do revestimento de argamassa no substrato. Esse produto também é recomendado para aumentar a aderência do substrato de concreto já curado, com concreto fresco, conhecido no mercado como “corte verde”.

Os agentes retardadores, conforme denominado neste estudo, são constituídos por: desmoldantes retardadores e retardadores superficiais (arquitetônicos) os quais são aplicados sobre as formas para a posterior moldagem do concreto. A diferença entre eles é que no primeiro caso o produto foi desenvolvido com a finalidade de agente

de desforma.

Os agentes retardadores são classificados como produtos reativos, pois, além de criar uma barreira entre a superfície e a forma, reagem com a camada superficial do concreto, retardando a hidratação do cimento e permitindo a fácil remoção desta camada e a exposição dos agregados presentes no concreto. Essa categoria pode minimizar danos ao concreto moldado e às formas, mantendo-as limpas e estendendo sua vida útil (WATERLOO, 2003; BATY; REYNOLDS, 2009). A figura 2 apresenta o mecanismo de ação dos agentes retardadores.

Figura 2 – Reação do agente retardador. (a) detalhe de uma estrutura de concreto moldado com agente retardador; (b) lavagem da superfície após remoção da forma; (c) superfície do concreto com camada superficial removida.

Conforme Baumgart (1999), Khan e Ullah (2004), os aditivos retardadores podem ser constituídos de carboidratos (monossacarídeos, polissacarídeos, ácidos hidro-carboxílicos, etc.), bem como por produtos inorgânicos (sais de chumbo, fosfatos, boratos, etc.). Estes produtos, segundo Raupp-Pereira et al. (2007), geralmente são de base água e interferem na hidratação do cimento e do concreto a ser moldado. Devido ao grande número de produtos orgânicos e inorgânicos que podem agir como retardadores, os mecanismos de ação destes produtos podem ser diversos. Os possíveis mecanismos de ação identificados na literatura estão descritos a seguir:

a) Adsorção do retardador na superfície das partículas de cimento, formando uma camada protetora, dificultando o alcance das moléculas de água nos grão de cimento. (BAUMGART, 1999; KHAN; ULLAH, 2004; NAKAMURA, 2006; HANSEN², 1952 apud IPT, 1983; STEINOUR³, 1952 apud IPT, 1983; VIVIAN⁴, 1983 apud IPT, 1983). Essa adsorção pode ser provocada através de um dos seguintes grupos: HO-

² HANSEN, W.C. III Congresso sulla chimica del cemento, p.598. London, 1952.

³ STEINOUR, H.H. III Congresso sulla chimica del cemento, p.627. London, 1952.

⁴ VIVIAN, H.E. IV Congresso sulla chimica del cemento, vol. II, p.909. Washington, 1960.

CH (HANSEN², 1952 apud IPT, 1983), hidroxila – OH (STEINOUR³, 1952 apud IPT, 1983), oxidrila ou carboxílico – COOH (VIVIAN⁴, 1983 apud IPT, 1983), ou α -hidroxicarbonílico – HO-C-C=O (TAPLIN⁵, 1960 apud IPT, 1983), neste último caso, foi verificado por Bruere⁶ (1966 apud IPT, 1983) que alguns açúcares não tendo este grupo funcional, agem como retardadores porque no meio aquoso alcalino são capazes de formar este grupo.

b) Adsorção do retardador no núcleo do hidróxido de cálcio, impedindo seu crescimento, o que é essencial para a continuidade da hidratação do cimento após a finalização do período de indução. (KHAN; ULLAH, 2004; YOUNG, 1972⁷ e 1976⁸ apud IPT, 1983)

Os grãos anidros de cimento (C_3S e C_2S) quando em contato com a água, liberam os íons cálcio e hidroxila. Quando a concentração destes íons atinge um valor crítico, ou seja quando a solução se torna saturada, pelo mecanismo de dissolução-precipitação, ocorre uma rápida formação de silicato de cálcio hidratado (C-S-H) e hidróxido de cálcio (CH) (BETIOLI, 2007; YOUNG, 1972⁷ e 1976⁸ apud IPT, 1983).

c) Formação de complexos com íons cálcio em solução, aumentando sua solubilidade e inibindo a formação do núcleo dos hidróxidos, conforme especificado no item b. A adsorção destes complexos no núcleo do hidróxido de cálcio inibe o seu crescimento, tal como os íons cálcio e hidroxila, não precipitam e retardam assim a hidratação do cimento. (KHAN; ULLAH, 2004; YOUNG, 1972⁷ e 1976⁸ apud IPT, 1983)

d) Precipitação de derivados insolúveis dos retardadores em torno das partículas de cimento, formados da reação com a solução altamente alcalina, com mecanismo similar ao descrito no item a. (KHAN; ULLAH, 2004; VIVIAN⁴, 1983 apud IPT, 1983)

⁵ TAPLIN, J.H. IV Congresso sulla chimica del cemento, vol. II, p.924. Washington, 1960.

⁶ BRUERE, G.M. Nature, p.212, 1966.

⁷ YOUNG, J.F. Cem. Concr. Res., 2, p.415, 1972.

⁸ YOUNG, J.F. Transp. Res. Rec., 1, p.564, 1976.

3. VIABILIDADE DE USO DE AGENTES RETARDADORES

3.1 Programa experimental

Conforme apresentado na revisão da literatura, os desmoldantes convencionais mais utilizados são compostos de óleo mineral, os quais deixam resíduos na superfície do concreto após desforma. Quando estes produtos não são removidos adequadamente podem ocasionar posterior descolamento do revestimento por falta de condições de ancoragem da argamassa à superfície de concreto.

Neste capítulo foi verificada a influência do emprego de 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 executadas com desmoldantes convencionais e com agentes retardadores, conforme ensaios relacionados na figura 3.

Figura 3 – Programa experimental: avaliação comparativa para verificar a viabilidade do uso de retardadores.

3.2 Materiais

a) Produtos:

Conforme informações declaradas pelos fabricantes dos produtos nas fichas de informação de segurança de produtos químicos (FISPQ), eles são constituídos por:

- Convencional: emulsão de ácidos graxos;

- Retardador: óleo mineral emulsionado e carboidratos. Mistura de carboidratos e hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos, naftênicos e aromáticos constituídos principalmente de 12 a 24 átomos de carbono.

b) Ligantes:

- Cimento CPM E 32, utilizado na preparação de corpos de prova de concreto;
- Cimento CPM F, utilizado na preparação da argamassa e do chapisco; e
- Cal do tipo CH1, 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
- Areia natural fina, utilizada na preparação da argamassa.

d) Aditivo:

Foram utilizados aditivos somente para o preparo da argamassa e chapisco, sendo eles:

- Aditivo incorporador de ar (0,01%) na preparação da argamassa; e
- Aditivo hidroxietil celulose (HEC 0,3%) e acetato de vinila/etileno (EVA 1%) na preparação do chapisco.

e) Forma:

- Madeira plastificada de dimensões 50x25x2cm para moldagem dos corpos de prova de concreto.

3.3 Procedimento de preparo dos corpos de prova de concreto

O corpo de prova de concreto foi preparado na proporção de 1:2:1 (cimento:brita:areia) em massa, e relação água/cimento de 0,61, moldado em mesa vibratória, conforme especificado pela NBR 14082 (ABNT, 2004).

A moldagem dos corpos de prova foi realizada com formas de dimensões 50x25x2 cm, tratadas com desmoldante retardador e convencional (item 3.2 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. Os corpos de prova foram curados ao ar, durante 24h, tendo a superfície em contato com o desmoldante lavada posteriormente por hidrojetamento com equipamento Wap Mini, à uma pressão de 8 MPa. O jato foi aplicado com aproximadamente 1,5m de distância do corpo de prova. As diferenças no preparo dos corpos de prova para cada ensaio estão descritas a seguir:

- Absorção superficial pelo método da gota de água: foram moldados, na mesma data, dois conjuntos constituídos por três corpos de prova, com aplicação de desmoldante convencional e retardador.
- Análise visual e resistência de aderência à tração: foram preparados três conjuntos de dois corpos de concreto, um revestido com argamassa, outro com chapisco e um terceiro conjunto não revestido. Foram aplicados em cada um destes conjuntos, desmoldantes convencionais ou retardador.

Após lavagem da superfície dos corpos de prova (cps) foi realizada análise visual. Estes cps foram posteriormente curados 28 dias em câmara úmida com umidade e temperaturas controladas de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003). Nos cps curados, foi aplicado chapisco na proporção de 1:3 (cimento:areia) com aditivos, e da argamassa na proporção 1:1:6 (cimento:cal:areia) e aditivos detalhados no item 3.2.

O chapisco foi aplicado utilizando-se desempenadeira “sem dente” resultando camada com 0,5 cm de espessura, conforme apresentado na figura 4 (a) e (b). A argamassa foi aplicada, com equipamento de queda, altura fixa de 1,5m (ANTUNES, 2005) e regularizada com desempenadeira “sem dentes” resultando camada de 2,5 cm de espessura conforme figura 4 (c) e (d).

Figura 4 - Aplicação do chapisco (a e b) e da argamassa (c e d).

3.4 Métodos

3.4.1 *Análise visual do aspecto da superfície de concreto*

A análise da superfície do concreto foi realizada visualmente nos corpos de prova preparados com os dois tipos de desmoldantes, com base nos procedimentos detalhados no item 3.3.

3.4.2 *Absorção superficial do concreto - gota de água*

Foi verificada medindo-se o tempo de absorção de 3 mL de água depositada em 8 regiões distintas dos corpos de prova de concreto obtidos conforme item 3.3. Essas medições foram realizadas em duas condições de cura, secagem e lavagem, sendo elas:

- a) corpos de prova (placas) secos ao ar 24 horas após moldagem sem lavagem (Figura 5);
- b) corpos de prova (placas) lavados por hidrojateamento, curados durante 19 dias em câmara úmida (T a 24 ± 2 °C e UR a 98%), e secos ao ar durante 24 horas em condições controladas de laboratório, com temperatura de 23 ± 2 °C e umidade 63%.

Figura 5 - Ensaio de gota de água – corpo de prova moldado com retardador.

3.4.3 *Resistência de aderência à tração*

A influência dos desmoldantes na aderência do revestimento foi verificada pela medida da resistência de aderência da argamassa de revestimento e do chapisco aplicados no concreto, aos 28 dias de idade, conforme NBR 15258 (ABNT, 2005).

3.5 Resultados

3.5.1 *Análise visual do aspecto da superfície de concreto*

A análise visual das superfícies lavadas por hidrojateamento mostrou que os corpos de prova moldados com desmoldante retardador apresentaram uma superfície com elevada rugosidade devido à exposição dos agregados (Figura 6), e os corpos de prova moldados com desmoldante convencional uma superfície lisa (Figura 7). O desmoldante retardador se mostrou eficiente para a obtenção de uma superfície rugosa quando preparada com cimento CP III E 32, que pode permitir maior aderência do revestimento.

Figura 6 – Aspecto dos corpos de prova moldados com desmoldante retardador, após hidrojateamento.

Figura 7 – Aspecto dos corpos de prova moldados com desmoldante convencional, após hidrojateamento.

3.5.2 *Absorção superficial do concreto - gota de água*

O ensaio foi realizado com o objetivo de avaliar a porosidade dos corpos de prova de concreto moldados com produto convencional e com produto retardador. A tabela 3 apresenta os resultados do ensaio de absorção superficial antes e após lavagem da superfície com hidrojateamento. O ensaio em corpos de prova lavados foi realizado após 20 dias conforme descrito no item 3.4.2.

Tabela 3 – Absorção superficial do concreto.

Corpos de prova	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

A figura 8 ilustra o corpo de prova de número 2 moldado com desmoldante convencional, após lavagem, no instante da aplicação da gota e a absorção até 31 minutos e 3 segundos.

Figura 8 – Ensaio de gota de água realizado em corpo de prova moldado com desmoldante convencional logo após a aplicação até 31 minutos e 3 segundos.

As superfícies dos corpos de prova moldados com desmoldante retardador, comparadas as obtidas com desmoldante convencional, apresentaram menor tempo de absorção da gota por apresentarem maior porosidade, portanto mais absorventes.

3.5.3 Resistência de aderência à tração

A tabela 4 apresenta os resultados individuais e as médias para cada corpo de prova.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de resistência de aderência da argamassa e chapisco.

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

A – Ruptura na argamassa ou chapisco, B – Ruptura na interface argamassa/substrato ou chapisco/substrato

Os resultados mostraram 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 corpos de prova tratados com desmoldante convencional e de referência (sem desmoldante) apresentaram menores resultados de aderência com descolamento.

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

- a) maior fluidez do chapisco;
- b) proporção mais rica em cimento;
- c) utilização de aditivos químicos (item 3.2 d); e
- d) aplicação realizada com desempenadeira, 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.

3.6 Análise do Capítulo

A análise comparativa do aspecto da superfície moldada com formas tratadas com produtos retardadores e convencionais mostrou que a utilização de agente retardador reduziu a velocidade de hidratação do cimento do tipo CPIII E 32 presente na camada superficial do concreto moldado. A redução da velocidade de hidratação deste cimento permitiu a remoção da camada por hidrojateamento resultando em maior exposição de agregados presentes neste concreto (Figura 6) e um aumento da absorção de água de aproximadamente 18 vezes em superfícies sem lavagem e 26 vezes quando há lavagem (Tabela 3). Observou-se que, apesar da remoção não ser intensa, ainda assim houve um aumento de resistência de aderência da argamassa aplicada (Tabela 4).

4. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS AGENTES RETARDADORES

4.1 Programa experimental

A utilização de agentes retardadores, conforme demonstrado no capítulo 3 pode ser viável, tendo em vista o aumento da resistência de aderência do revestimento, mas não se pode considerar somente este critério na avaliação do desempenho destes produtos para serem utilizados como desmoldantes.

No estudo realizado por Brito, Santos e Branco (2000), foram determinados critérios para avaliação do desempenho de desmoldantes convencionais, sendo eles:

- a) Interação do produto com o concreto: ausência de hidratação superficial, aderência do revestimento, uniformidade da cor do concreto e porosidade; e
- b) Interação do concreto com as formas: aderência, efeitos da corrosão nas formas metálicas, efeitos da chuva depois da aplicação, número de reutilizações sem limpeza.

Alguns destes critérios foram utilizados para a realização do presente estudo, mas a maioria deles foram propostos para avaliação de desmoldantes a serem utilizados para obtenção de superfície de concreto aparente, sendo eles moldados com formas metálicas.

A definição dos critérios para avaliação do desempenho dos agentes retardadores foi baseada além do estudo de Brito, Santos e Branco (2000) nas rotinas das construtoras quando da execução de estruturas de concreto, e na função a ser desempenhada por um desmoldante, ou seja impedir a aderência da superfície do concreto à forma, garantindo sua conservação e reaproveitamento. Portanto, deve possuir um fácil espalhamento e adesão, não reagindo quimicamente com as formas.

Os agentes retardadores também foram verificados sob critérios ambientais e de segurança, devido a uma crescente preocupação do mercado com relação a estes critérios. Segundo Chevalier e Le Téno (1996) a seleção dos materiais de construção deixará de ser feita somente com base em critérios estéticos, de durabilidade ou de custo, mas também será condicionada a questões como a

contaminação do meio ambiente e a toxidez dos produtos.

Os ensaios realizados para a determinação do potencial de uso dos agentes retardadores estão apresentados no fluxograma da figura 9.

Figura 9 – Programa experimental: avaliação do desempenho de agentes retardadores.

4.2 Materiais

a) Agentes retardadores:

Foram avaliados dois tipos de agentes retardadores: retardador superficial e desmoldante, conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5 – Agentes retardadores.

Materiais	Características*	Composição*	Identificação
Retardador superficial	Base solvente e cargas	Tolueno, mineral do grupo mica, 2-Propanol, sílica, sílica cristalina e dióxido de titânio	AR
	Base água e resinas	Resinas em água	BR
	Base carboidrato	Carboidratos em água	CR
Desmoldante retardador	Base óleo mineral emulsionado e carboidrato	Óleo Mineral emulsionado e carboidratos. Mistura de carboidratos e hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos, naftênicos e aromáticos (constituídos principalmente de 12 a 25 átomos de carbono)	DR

*declarado nas FISPQ fornecidas pelos fabricantes

b) Formas:

Madeira plastificada de dimensões 50x25x2cm, para avaliação do ataque químico por método da gota e espalhamento e aplicabilidade dos produtos estudados (facilidade de espalhamento). Este tipo de forma foi utilizado por apresentar uma superfície mais lisa e com menor absorção.

c) Cimento:

Classe CP III 40 RS, com massa específica de 2,999g/cm³ e área específica (Blaine) de 4030 cm²/g, foi escolhido por ser o mais utilizado no mercado atual, em peças de grandes dimensões, pilares e obras a serem expostas em ambientes agressivos.

4.3 Métodos

Para avaliação de diferentes tipos de agentes retardadores, foram selecionados os produtos apresentados no item 4.2 (a). Os produtos AR, BR, CR e DR, foram avaliados através dos métodos descritos nos itens 4.3.2, 4.3.3 e 4.3.4. O produto AR não foi utilizado nos demais ensaios (itens 4.3.1 e 4.3.5) por ter sido retirado de produção por seu fabricante.

4.3.1 Caracterização dos produtos por espectrofotometria no infravermelho

A espectrofotometria de infravermelho é uma técnica simples e rápida que vem sendo utilizada para caracterização de substâncias químicas.

Ela permite identificar qualitativamente uma substância química pelo tipo de ligação covalente existente nos grupos funcionais. As ligações químicas são excitadas por meio de radiações eletromagnéticas na região do infravermelho, parte da energia aplicada é absorvida por estas ligações e através da alteração da quantidade de energia aplicada obtêm-se espectros de infravermelho do material a ser identificado. Os espectros foram obtidos em espectrofotômetro da marca BONIN e modelo MB 100 em filmes “in natura”, no Laboratório do Instituto de Química da USP, e representam uma impressão digital dos produtos estudados podendo ser usados para controle de qualidade e uniformidade em obra.

Esses espectros foram obtidos em relação à absorbância, que é a quantidade de luz absorvida pela amostra. Os espectros mostram bandas de absorção que indicam os diferentes grupos funcionais, dependendo da posição em número de onda (cm^{-1}), onde se encontra a banda no espectro. A interpretação dos espectros não é considerada fácil, pois em uma só banda pode haver dois ou mais picos sobrepostos.

4.3.2 Suscetibilidade da forma ao ataque químico pelos métodos da gota e espalhamento

Foi avaliada depositando-se 3mL de cada tipo de produto puro, em 10 diferentes áreas da superfície das formas, mantidos por 24 horas em temperatura controlada de 23°C e umidade relativa de 65%. Após este período, a superfície foi lavada, seca e avaliada visualmente observando-se a alteração do aspecto da superfície. Este método foi baseado em diretrizes da norma ASTM D 543 (ASTM, 2006). O ataque químico foi avaliado visualmente também após espalhamento dos produtos na forma com rolo, e remoção destes por lavagem. Estas formas de aplicação foram definidas, pois, simulam as realizadas em obra, podendo ser por pulverização ou com utilização de rolo.

4.3.3 Aplicabilidade dos agentes retardadores sobre as formas pelo método do espalhamento

Avaliada pela facilidade de espalhamento e capacidade de recobrimento do produto sobre a superfície da forma. Os produtos foram aplicados, sem e com diluição indicada pelo fabricante, sobre as formas na posição horizontal, alternando-se posteriormente para a posição vertical, observando-se o recobrimento e a existência de escorrimento.

4.3.4 Identificação e quantificação dos compostos orgânicos voláteis por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa (CG-MS)

Cromatografia gasosa foi realizada em um equipamento de marca Shimadzu QP-5050A, acoplado a um Headspace Sampler, marca Shimadzu HSS-4A. Essa análise é constituída por uma separação prévia da fração volátil dos produtos por cromatografia gasosa e posteriormente a identificação desta 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 bibliotecas NIST 107, NIST 21 e WILEY 229.

4.3.5 Calor de hidratação por calorimetria isotérmica

Esta técnica permite registrar a energia (calor) liberada pelas etapas de hidratação do cimento ao longo do tempo.

O ensaio foi realizado em pasta de cimento contendo 50g de cimento, 24g 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 minuto e 30 segundos, sendo preparadas pastas de referência e modificadas com os produtos BR, DR e CR.

Essas misturas foram colocadas em porta-amostras, e levadas para o calorímetro de marca TA Instruments, modelo TamAir à temperatura de 25° C conforme ilustrado na figura 10.

Figura 10 – Calorímetro com respectiva amostra

4.4 Resultados

4.4.1 Caracterização dos produtos por espectrofotometria no infravermelho

Os espectros dos produtos estão apresentados nas figuras 11, 12 e 13. As bandas apresentadas nestes espectros entre 3500 a 3000 cm^{-1} são características dos

compostos hidroxilados (REDA, 2004), ou seja presença de água em suas composições.

Os espectros dos produtos (Figuras 11,12 e 13), quando comparados com os espectros dos óleos minerais (Figura 14 e 15), apresentaram em maior ou menor proporção bandas características destes óleos. Isto porque todos os espectros apresentam as bandas consideradas deformações axiais e angulares de C-H (alcanos) na faixa de 2962-2853 cm^{-1} (GUARIEIRO; RIBEIRO; PINTO, 2005). Observa-se também que o espectro do produto DR apresenta esta banda em maior intensidade, o que comprova a presença de óleo mineral confirmando informações do fabricante (Tabela 5).

Pode ser observado também nos espectros dos produtos BR, CR e DR, na faixa de 1750 a 1600 cm^{-1} a deformação axial C=O, característica dos ésteres e ácidos.

Figura 11 – Espectro de infravermelho do produto BR.

No espectro do produto BR (Figura 11) a banda de aproximadamente 1424,37 cm^{-1} de grande intensidade é característico de álcool (DYER, 1969). Conforme resultados determinados por CG-MS apresentados na tabela 9 (item 4.4.4), esta banda pode é considerada característica do álcool isopropílico.

Figura 12 – Espectro de infravermelho do produto CR.

As bandas apresentadas entre 1200 a 900 cm^{-1} (Figura 12) são as de deformação axial C-O, com maior intensidade no produto CR, características dos ácidos, ésteres ou alcoóis (MORRISON; BOYD, 1966). Conforme resultados apresentados na tabela 9 (item 4.4.4), esta banda é considerada característica do ácido carboxílico.

Figura 13 – Espectro de infravermelho do produto DR.

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 6 estão descritas as características físicas dos agentes retardadores e o aspecto da superfície das formas após 24 horas de contato com o agente e remoção do produto. Na tabela 7 estão descritos os aspectos obtidos pelos dois procedimentos de ensaio (métodos da gota e espalhamento) após remoção dos produtos. Conforme ilustrado na figura 16, 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 lavagem da forma. Os resultados obtidos mostram que o produto de base solvente pode reduzir o tempo de vida útil das formas. Apesar dos dois procedimentos de ensaios não apresentarem os mesmos resultados ambos foram utilizados para avaliação do ataque químico.

Tabela 6 - Aspecto e características dos agentes retardadores.

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

Tabela 7 – Aspecto da forma após remoção dos agentes retardadores.

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

Figura 16 - Aspecto das formas após a remoção dos produtos DR e BR no ensaio de gota e o ataque intenso do produto AR no ensaio de espalhamento.

4.4.3 Aplicabilidade dos agentes retardadores sobre as formas pelo método do espalhamento

Conforme observado por Djelal et al.(2002) a qualidade da superfície do concreto depende da viscosidade e propriedades tensoativas dos desmoldantes. Portanto, para o uso dos agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais, estes devem possuir espalhamento fácil e boa capacidade para recobrir a superfície da forma sem escorrer, de modo que o produto não seja removido durante a moldagem do concreto. A figura 17 mostra o efeito de um produto que foi parcialmente removido durante a moldagem do concreto e se concentrou nas bordas da forma.

Figura 17 – Superfície de concreto moldado com produto retardador de baixa capacidade de aderência à forma.

Os resultados de espalhamento e capacidade de recobrimento após aplicação do

produto estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados de espalhamento e capacidade de recobrimento.

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

* Apresentou escorrimento

O produto CR apresentado na figura 18, foi diluído na proporção 1:2 conforme recomendação do fabricante, no entanto, a aplicação do produto diluído não apresentou bom recobrimento à forma plastificada, o que poderá resultar na remoção do produto durante a moldagem do concreto.

Figura 18 - Escorrimento do produto CR diluído 1:2.

4.4.4 Identificação e quantificação dos compostos orgânicos voláteis por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa (CG-MS)

Um dos critérios essenciais a ser considerado é a avaliação do impacto dos produtos no meio ambiente e na saúde do trabalhador através da identificação e quantificação dos compostos orgânicos voláteis (COV).

Conforme observado por Uemoto, Agopyan e Ikematsu (2004), os compostos orgânicos voláteis (COV) emitidos durante a construção de um edifício influem no meio ambiente e afetam a saúde do trabalhador.

Os produtos utilizados como desmoldantes, principalmente aqueles de base

solvente, possuem em sua composição compostos orgânicos voláteis (VOC ou COV)⁹, que afetam a qualidade do ar e saúde do trabalhador (MARANHÃO; LOH, 2010). Apesar do tempo de exposição desses tipos de produto não ser longo durante a aplicação sobre a forma, podem impactar a qualidade do ar e afetar a saúde do aplicador.

A tabela 9 apresenta a proporção relativa das espécies químicas detectadas com valores acima de 1%, quanto ao teor total de COV emitido pelas amostras AR, BR, CR e DR. As espécies químicas identificadas causam irritação nos olhos, pele, nariz e desconforto respiratório, e outras como o tolueno ainda causa 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..., 2009).

Não foi detectado o teor de água presente nas amostras, pois a técnica utilizada não diferencia os COV que apresentam seu ponto de ebulição menor ou igual ao da água.

Tabela 9 – 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%)

4.4.5 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 anterior 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 19), permitindo a determinação do período de indução e o pico máximo de calor. O período de indução na presença do agente retardador deve ser igual ao período transcorrido entre a moldagem e a desforma da estrutura de concreto em obra, garantindo,

⁹ A Diretiva 2004/42/CE (DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA, 2004, p. L143/89) define o VOC ou COV como qualquer composto orgânico que tenha ponto de ebulição inicial menor ou igual a 250 °C a uma pressão padrão de 101,3 kPa.

assim, a remoção da camada superficial do concreto por hidrojateamento ou escovação.

O período de indução foi calculado a partir das intersecções do trecho horizontal com duas retas: a reta traçada no período de pré-indução e a extrapolação da linha de regressão do período de aceleração (Figura 19). 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 e pasta de cimento CP III 40 RS puro, usado como referência a uma temperatura de 25°C. 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 a 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%.

Figura 19 - Representação esquemática de curva de taxa de calor de hidratação e critérios para determinação das variáveis.

A curva de fluxo de calor liberado pela pasta de referência está apresentada na figura 20. A figura 21 apresenta uma comparação entre a curva da referência e a das pastas modificadas com 1%.

A figura 20 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.

Figura 20 – Curva de taxa de calor liberado pela pasta de referência.

Observa-se nas figuras 21 e 22 que a adição dos agentes retardadores CR (1%) e DR (1%) aumentam 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 observou uma redução nos picos máximos de calor, de 3,08W/kg obtida para referência para 2,70W/kg da pasta com DR e 1,88W/kg da pasta com CR.

O período de indução obtido pelo produto retardador BR de 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 mais significativos.

Figura 21 – Curva comparativa da taxa de calor liberado.

Figura 22 – Período de indução de pastas com produtos BR, CR e DR com 1% de adição e pasta de referência sem adição.

As pastas modificadas apresentaram uma baixa quantidade de calor total acumulado liberado durante 139 horas (DR 1%) e 151 horas (CR 1%), de 36 J/g e 34 J/g respectivamente, enquanto o calor liberado pela referência nestes dois períodos foi de 261 J/g e 264 J/g (Figura 23).

Figura 23 – Curva comparativa da taxa de calor liberado acumulado.

As figuras 24 e 25 apresentam uma comparação entre a curva da pasta referência e a das pastas modificadas com 2% e 3%.

Observa-se nas figuras 24 e 25 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, ocorrendo apenas com o produto BR.

Figura 24 – Curva comparativa da taxa de calor liberado para pastas modificadas com 2%.

Figura 25 – Curva comparativa da taxa de calor liberado para pastas modificadas com 3%.

4.5 Análise do capítulo

A avaliação do desempenho dos agentes retardadores como desmoldantes foi realizada com base no programa de ensaios apresentados na figura 9.

Os espectrogramas (Figuras 11, 12 e 13) mostram que os produtos estudados BR, CR e DR, eram constituídos por óleos minerais, alcoóis, ésteres e ácidos, o que confirmam os dados obtidos por CG-MS (Tabela 9), e declarados nas FISPQ dos fabricantes (Tabela 10).

Os ensaios de suscetibilidade da forma ao ataque químico mostraram que o composto à base de solvente AR causou maior ataque à forma plastificada (Tabela 7) o que pode reduzir sua durabilidade. Os produtos à base de água CR e DR, apesar do leve ataque à forma (Tabela 7) apresentaram resultados satisfatórios com relação ao espalhamento e recobrimento da superfície da forma.

O ensaio de aplicabilidade mostrou que os agentes retardadores quando aplicados sem diluição, apresentam maior facilidade de espalhamento e recobrimento na forma plastificada 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, mostrou 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.

Os ensaios de identificação e quantificação dos COV mostraram que todos os produtos estudados contêm espécies químicas que podem ser agressivas, em maior ou menor proporção (Tabela 9), inclusive confirmam as informações apresentadas nas fichas de informações de segurança de produto químico (FISPQ) disponibilizadas pelos fabricantes (Tabela 10) com exceção do produto BR.

Tabela 10 – Informações extraídas das FISPQ fornecidas pelo fabricante

Produtos	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 parafinicos, olefinicos, 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

Todos os fabricantes dos produtos estudados recomendam o uso de equipamentos de proteção individual (EPI): óculos, luvas e avental durante seu manuseio. Somente o fabricante do produto AR de base solvente ainda indica a utilização de respiradores (máscaras), já que contem substâncias irritantes, cancerígenas, entre outras. Os limites de exposição, bem como os equipamentos de proteção individual indicados pelos fabricantes estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11 – limites de exposição e equipamentos de proteção individual extraídas das FISPQ fornecidas pelo fabricante

Produtos	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 ³ 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 ³ (OSHA)	
	Silica Cristalina: valor TWA de 0,025 mg/m ³ de fração respirável (ACGIH); valor de TWA 0,1 mg/m ³ de fração respirável (OSHA)	
	Dioxido de titânio: valor TWA de 10mg/m ³ (ACGIH); valor de PEL 15 mg/m ³ (OSHA)	
BR	Carbonato de cálcio (25-50%): 10mg/m ³	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*.

O produto de base solvente AR contém o tolueno em altas concentrações conforme apresentado nas tabelas 9 e 10 que afeta seriamente a saúde do trabalhador em caso de uso continuado sem utilização de EPI.

5. VERIFICAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DOS PRODUTOS NAS FORMAS DO MERCADO

5.1 Programa experimental

Os ensaios apresentados nos capítulos anteriores foram realizados com a utilização de formas de madeira plastificada, por ser a mais utilizada no mercado atual, no entanto, a revisão bibliográfica (ABBATE, 2003) mostrou que o tipo de forma influi no desempenho dos desmoldantes e acabamento da superfície.

Neste capítulo, foi realizada a verificação da compatibilidade dos produtos nos três tipos de forma de madeira, avaliando qual ou quais tipos apresentam melhor desempenho na moldagem do concreto. A compatibilidade foi medida pela aplicação dos produtos sobre as formas onde foi determinada a capacidade de espalhamento e medido o ângulo de contato, conforme apresentado no esquema da figura 26.

Figura 26 – Programa experimental: avaliação do desempenho das formas quanto a aplicação dos produtos.

5.2 Materiais

a) Produtos:

Foram estudados apenas os agentes retardadores que obtiveram bom desempenho, conforme resultados dos ensaios apresentados no capítulo 4, e um produto convencional, vide tabela 12.

Tabela 12 – Produtos retardadores e convencional.

Materiais	Características*	Identificação
Retardador	Conforme Tabela 5	CR
	Conforme Tabela 5	DR
Convencional	Emulsão de ácidos graxos	EC

*declarado nas FISPQ fornecidas pelos fabricantes

b) Formas:

Foram utilizados três tipos de formas: madeira resinada, plastificada e sem tratamento (compensado comum) de dimensões: 50x25x2cm para ensaio de espalhamento e 10x10cm para medida do ângulo de contato.

5.3 Métodos

A aplicabilidade foi determinada através de ensaios que medem a capacidade de molhamento de um líquido, neste caso os produtos retardadores e convencionais, sobre uma superfície, que são as formas. Esta avaliação é de grande importância para garantir que os produtos não sejam removidos da forma durante a moldagem do concreto, conforme já apresentado no item 4.4.3 (Capítulo 4). Os ensaios realizados foram:

5.3.1 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pelo método do espalhamento

O ensaio é constituído pela aplicação do produto com rolo, com a diluição indicada pelo fabricante para simulação de aplicação em obra, na horizontal e alternando-se posteriormente para posição para vertical. Com a forma na vertical foi avaliada a capacidade de recobrimento do produto com ou sem escorrimento.

5.3.2 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pela medida do ângulo de contato

Foi determinada através da medida do ângulo de contato, sendo esta obtida com a

utilização de uma micropipeta acoplada a um goniômetro da marca Kruss, modelo DAS 100. As medidas foram realizadas nas amostras relacionadas no item 5.2 (a) com duração máxima até 10 minutos. O ensaio foi realizado depositando-se 8 μL (gota) de cada produto sobre 10 regiões da superfície de cada forma. O tempo ocorrido entre a deposição da gota e o início da medição foi de 3 segundos.

A figura 27 (a) apresenta o equipamento utilizado, e a figura 27 (b) mostra um exemplo de resultado obtido na avaliação do ângulo de contato.

(a)

(b)

Figura 27 – (a) Goniômetro utilizado para avaliação do ângulo de contato e (b) Exemplo de resultado obtido na avaliação do ângulo de contato (MARANHÃO, 2009).

5.4 Resultados

5.4.1 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pelo método do espalhamento

Nas tabelas 13 e 14 estão apresentados os resultados médios de três repetições obtidos no momento em que o produto é aplicado na forma (espalhamento) e a capacidade de recobrimento após espalhamento.

Tabela 13 – Resultados de espalhamento.

Produto	Formas	Espalhamento
CR	Resinada	Bom
	Plastificada	Bom
	Comum	Bom
DR	Resinada	Bom
	Plastificada	Bom
	Comum	Bom
EC	Resinada	Bom
	Plastificada	Bom
	Comum	Bom

Tabela 14 – Resultados da capacidade de recobrimento após espalhamento.

Produto	Diluição	Tipos de Formas/Recobrimento		
		Resinada	Comum	Plastificada
CR	1:1
		Bom	Bom	Ruim*
DR	1:1
		Bom	Bom	Ruim*
EC	1:10
		Bom	Bom	Ruim*

* Apresentou escorrimento e formação de gotículas do produto na superfície da forma

Conforme demonstrado na tabela 13, os produtos apresentaram bom espalhamento quando aplicados sobre os três tipos de formas (resinada, plastificada e comum), no entanto, a capacidade de recobrimento (Tabela 14) somente foi observada nas formas resinada e comum. Quando os produtos foram aplicados nas formas plastificadas, apresentaram escorrimento e formação de gotículas do produto na superfície da mesma. Quando usado desmoldante convencional, este escorrimento pode gerar superfícies de concreto não homogêneas com maior concentração do produto em determinadas regiões. Com a utilização de retardadores, a camada superficial destas regiões será removida com maior intensidade que as demais podendo causar problemas na aderência do revestimento aplicado sobre estas superfícies.

Os resultados qualitativos da tabela 14 mostram também que os produtos diluídos não apresentam bom recobrimento à forma plastificada, confirmando assim os resultados obtidos na tabela 8, o que não se observa quando da aplicação nos demais tipos de forma.

5.4.2 Aplicabilidade dos produtos sobre as formas pela medida do ângulo de contato

Uma das características importantes de um material líquido é a sua habilidade de molhar livremente a superfície do material que está sendo avaliado. O molhamento ocorre na interface líquido/sólido quando as moléculas do líquido tem maior atração pelas moléculas da superfície do sólido do que pelas suas próprias moléculas. Isto é, quando as forças de adesão são maiores que as de coesão. Se as moléculas do líquido possuem maior atração entre si do que pelas moléculas da superfície do sólido, ou seja, quando as forças de coesão são maiores que as de adesão, o líquido formará gotículas e não molhará a superfície (NDT EDUCATION..., 2012).

A molhabilidade de um líquido pode ser determinada através da medida de seu ângulo de contato (ou ângulo de molhabilidade) quando aplicado na superfície de um sólido. Conforme Buzeto e Campos (2004) e NDT Education Resource Center (2012), o valor do ângulo de contato de uma gota de um líquido depende da energia superficial do material avaliado e da tensão superficial do líquido. Esta tensão é provocada pelas ligações intermoleculares ou forças coesivas entre as moléculas do

líquido.

Quando a gota espalha por uma superfície o seu ângulo de contato tende a zero, mas se o espalhamento for parcial o ângulo de contato variará entre 10 a 180 graus. Quanto menor o ângulo de contato, obtido através da aplicação dos produtos (líquido) nas formas, melhor a molhabilidade, espalhamento e capacidade de recobrimento.

Foi determinado o ângulo de contato dos produtos CR, DR e EC nos três tipos de forma. A tabela 15 e figura 28 apresentam os resultados médios de dez determinações dos ângulos de contato iniciais, ou seja, logo após a deposição da gota nas formas.

Tabela 15 – Ângulos de contato da interface produto/forma.

Produtos	Tipo de Forma					
	Comum		Resinada		Plastificada	
	Ângulo de Contato (°)	Desvio Padrão	Ângulo de Contato (°)	Desvio Padrão	Ângulo de Contato (°)	Desvio Padrão
CR	60,3	5,3	65,5	13,9	76,9	11,2
DR	49,9	11,8	36,7	12,6	59,8	8,9
EC	52,2	8,7	47,7	8,6	78,0	12,9

Figura 28 – Resultados comparativos do ângulo de contato inicial medido nos três tipos de forma aplicando-se os três tipos de produtos.

A forma plastificada foi a que apresentou maiores valores médios de ângulo de contato do que os demais tipos, sendo: 76,9°, 59,8° e 78° para os produtos CR, DR e EC respectivamente, mostrando ser a que apresenta menor capacidade de recobrimento.

As diferentes formas tratadas com o produto CR obtiveram valores de 60,3°, 65,5° e 76,9° para as formas comum, resinada e plastificada respectivamente. Observa-se neste caso, que a forma mais adequada, ou seja, com menor ângulo de contato foi a comum.

Os resultados obtidos através da aplicação do produto DR e EC na forma de madeira resinada foram 36,7° e 47,7° e na comum: 49,9° e 52,2°. Nos dois casos a forma resinada apresentou melhor desempenho quanto à capacidade de recobrimento, devido à obtenção de um menor ângulo de contato.

Outra maneira de identificar a molhabilidade de um líquido é através da medida dos ângulos de contato ao longo do tempo, neste caso 2 minutos após deposição da gota nas formas, vide figura 29.

Através desta avaliação, foi possível determinar em quais tipos de formas os produtos apresentaram valores dos ângulos de contato menores que 10°. Quanto menor o tempo de espalhamento da gota, melhor a molhabilidade do produto sobre a forma.

Foi possível observar que com aplicação dos produtos CR, DR e EC nas formas resinada e comum, os valores obtidos do ângulo de contato foram inferiores a 10° após 2 minutos (Figura 29). Estes resultados mostram que estes tipos de forma, apresentam um maior potencial de molhabilidade, capacidade de recobrimento e espalhamento quando estes tipos de produtos são utilizados. Já para a forma plastificada, foi obtido um valor maior do que 10° após 2 minutos, além disso, formou gotículas na superfície da forma, prejudicando seu recobrimento.

Estes resultados confirmam os obtidos no item 5.4.1 (Tabela 14) onde os produtos CR, DR e EC não apresentam um bom recobrimento quando aplicados em formas plastificadas. Já quando aplicados em formas resinadas e comum, os resultados apresentados foram satisfatórios (Tabela 14).

A figura 29 ilustra a variação do ângulo de contato ao longo de 2 minutos.

Produto	Forma	Tempo de deposição da gota		
		3s (Inicial)	5s	2 min
CR	Comum			Ângulo de contato inferior a 10°
	Resinado
	Plastificado
DR	Comum			Ângulo de contato inferior a 10°
	Resinado
	Plastificado
EC	Comum			Ângulo de contato inferior a 10°
	Resinado
	Plastificado

Figura 29 – Variação do ângulo de contato ao longo de 2 minutos.

5.5 Análise do capítulo

Os resultados obtidos mostram que os ensaios realizados são técnicas viáveis para caracterização de formas a serem tratadas com quaisquer tipos de desmoldantes. A realização destes, permite selecionar a forma mais adequada aos produtos diminuindo os problemas como, a remoção do desmoldante aplicado na forma devido à falta de sua adesão.

Foi observado através dos ensaios de espalhamento e ângulo de contato que as formas de madeira resinada e compensado comum, são compatíveis com todos os produtos estudados, sendo estes aplicados com maior facilidade e sem escorrimento. Já as formas de madeira plastificada tratadas com estes tipos de produto podem ocasionar problemas tanto nas superfícies de concreto moldadas com desmoldantes convencionais, quanto com agentes retardadores.

6. INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE PRODUTOS E FORMAS NAS CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS DO CONCRETO

6.1 Programa experimental

Uma vez selecionados os tipos de agentes retardadores viáveis para substituírem os desmoldantes convencionais (Capítulo 4), foi realizada uma análise para correlacionar as características superficiais dos concretos moldados com diferentes produtos e tipos de forma e os resultados de resistência de aderência da argamassa aplicada sobre estas superfícies.

Esta análise foi realizada devido a identificação do comportamento distinto dos produtos caracterizados com base na determinação do ângulo de contato (Capítulo 5).

Os ensaios estão resumidos na Figura 30.

Figura 30 – Programa experimental: avaliação comparativa para comprovar a viabilidade do uso de retardadores aplicados em diferentes formas.

6.2 Materiais

a) Produtos:

Foram avaliados os produtos CR, DR e EC citados no item 5.2 (a)

b) Ligantes

- Cimento CP III 40 RS: com massa específica de $3,012 \text{ g/cm}^3$ e área específica de $4,590 \text{ cm}^2/\text{g}$, para preparação de corpos de prova de concreto;
- Cimento CP II F e cal do tipo CH I: preparação da argamassa;

c) Agregado

- Areia natural média e brita 0 (pedrisco) para preparação de corpos de prova de concreto moldado em laboratório;
- Areia natural fina para preparação de argamassa.

d) Aditivo

- Aditivo incorporador de ar (proporção 100mL para 50kg de cimento) para preparação da argamassa;

e) Forma

Foram utilizados três tipos de formas: madeira resinada, plastificada e sem tratamento (compensado comum).

6.3 Procedimento de preparo dos corpos de prova de concreto

Foram preparados na proporção em massa de 1:2:1 (cimento:brita:areia), e relação água/cimento de 0,61, moldado em mesa vibratória, conforme especificado pela NBR 14082 (ABNT, 2004), e curados ao ar, durante 72 horas. A superfície do concreto foi lavada posteriormente por hidrojateamento. O período de 72 horas foi definido por ser compatível com o exigido para a desforma de estruturas de concreto em obra (3 a 7 dias).

Foram utilizadas formas de dimensões 50x25x2 cm tratadas com agentes retardadores e desmoldante convencional (item 6.2 a). A aplicação foi realizada com rolo nas diluições indicadas pelo fabricante em seu site no ano de 2009, de 1:1 para o retardador e de 1:10 para o convencional, sendo mantidos na forma por um período de 2 horas antes da moldagem.

Foram moldados quatro conjuntos de corpos de prova (cps) de concreto. Cada

conjunto é constituído por doze cps, sendo para cada três cps foi aplicado cada um dos produtos CR, DR e EC e três sem aplicação dos produtos (referência), totalizando trinta e seis cps.

Os cps foram curados até 28 dias, após lavagem, em câmara úmida, com umidade e temperaturas controladas de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003). Nesta etapa os cps foram revestidos somente com argamassa na proporção 1:1:6 (cimento:cal:areia) e aditivo, sendo aplicada com equipamento de queda, altura fixa de 1,5m (ANTUNES, 2005) e regularizada com desempenadeira “sem dentes” resultando camada de 2,5 cm de espessura.

6.4 Métodos

6.4.1 Análise visual do aspecto da superfície do concreto

Análise visual foi realizada nos corpos de prova preparados com agentes retardadores e desmoldante convencional conforme item 6.3 após lavagem da superfície.

Na análise foi observada a rugosidade da superfície de concreto verificando-se o grau de exposição dos agregados identificado através de níveis de rugosidade definidos pelos autores deste estudo.

6.4.2 Resistência de aderência à tração

A influência dos produtos na aderência do revestimento foi verificada por ensaio de resistência de aderência da argamassa de revestimento aplicada no concreto, aos 28 dias de idade, conforme NBR 15258 (ABNT, 2005).

6.5 Resultados

6.5.1 Análise visual do aspecto da superfície do concreto

Os níveis de rugosidade foram classificados com base no grau de exposição dos agregados após lavagem das superfícies. Os critérios usados na classificação dos níveis apresentados na figura 31 estão apresentados a seguir:

- 1 - Superfície lisa sem agregado exposto;
- 2 - Superfície homogênea apresentando agregado exposto e remoção da camada superficial de aproximadamente 1mm;
- 3 - Superfície com agregado exposto somente em algumas regiões;
- 4 - Superfície homogênea apresentando agregado exposto e remoção da camada superficial de aproximadamente 3mm.

Figura 31 – Níveis de rugosidade.

As superfícies dos corpos de prova de concreto (item 6.3) foram classificadas com base nos níveis apresentados na figura 31. Na tabela 16 estão apresentados os resultados médios da análise de três corpos de prova moldados com cada um dos tipos de forma e produtos estudados.

Tabela 16 – Caracterização das superfícies com base nos níveis de rugosidade.

Produtos	Tipo de Formas		
	Comum	Resinada	Plastificada
CR	4	4	3
DR	4	4	3
EC	1	2	1
Referência	1	2	1

A análise visual realizada mostra que:

- a) os corpos de prova obtidos com a utilização de desmoldante convencional (EC) ou sem aplicação de produto (referência) em formas de compensado comum e plastificada, apresentaram uma superfície lisa sem exposição dos agregados, classificada como nível 1;

b) os corpos de prova obtidos com a utilização de desmoldante convencional (EC) ou sem aplicação de produto (referência) em formas de compensado resinado, apresentaram uma superfície homogênea com exposição dos agregados e remoção da camada superficial do concreto, classificada como nível 2;

c) os corpos de prova obtidos com a utilização de agentes retardadores (CR e DR) em formas de compensado comum e resinada, apresentaram uma superfície com exposição dos agregados de modo homogêneo e remoção superficial mais intensa, nível 4, do que quando moldado em forma plastificada, classificada como nível 3;

Os resultados apresentados na tabela 16 confirmam os resultados obtidos no Capítulo 3 (Figuras 6 e 7), onde os corpos de prova moldados com desmoldante retardador apresentou uma superfície com elevada rugosidade, bem como os corpos de prova moldados com desmoldante convencional uma superfície lisa (somente para formas de compensado comum e plastificada).

A tabela 16 mostra que a moldagem com forma de madeira resinada, sem produto (referência) ou com aplicação de desmoldante convencional (EC) resulta em remoção superficial de aproximadamente 1mm (Nível 2). Esta remoção pode ter ocorrido devido à presença de resina composta de fenol-formaldeído na superfície da forma conforme informação do fabricante. A resina em contato com a água do concreto pode ter solubilizado e posteriormente envolvido os grãos de cimento retardando sua hidratação.

6.5.2 Resistência de aderência à tração

Estão apresentados na tabela 17 os resultados individuais e as médias para cada corpo de prova. Com base nestes resultados, foi realizada uma análise estatística aplicando-se o método da Análise de Variância (ANOVA), a um nível de significância de 5%, visando verificar se existe uma diferença significativa entre as médias obtidas e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente.

Foi realizada também a análise t-Student dos grupos de resultados que mais se diferenciam dos demais com um nível de significância de 5%. Esta análise foi realizada com o objetivo de comparar a diferença entre duas médias de dois grupos separadamente, e os resultados encontram-se no Anexo A.

Tabela 17 – Resultados dos ensaios de resistência de aderência da argamassa.

Produtos	Forma	Média (30cps) MPa	Desvio padrão	Coeficiente de Variação	Forma de Ruptura %	
					A	B
CR	Resinada	0,45	0,08	0,18	90	10
	Plastificada	0,39	0,09	0,24	99	1
	Comum	0,47	0,10	0,22	95	5
DR	Resinada	0,49	0,10	0,20	91	9
	Plastificada	0,42	0,11	0,27	92	8
	Comum	0,42	0,10	0,23	96	4
EC	Resinada	0,44	0,07	0,15	91	9
	Plastificada	0,36	0,10	0,27	62	38
	Comum	0,35	0,07	0,21	71	29
Referência	Resinada	0,46	0,11	0,24	98	2
	Plastificada	0,37	0,14	0,37	63	37
	Comum	0,35	0,08	0,22	79	23

A – Ruptura na argamassa, B – Ruptura na interface argamassa/substrato

Nas figuras 32, 33 e 34 estão apresentados os resultados médios de resistência de aderência de argamassa aplicada sobre superfícies de concreto obtidas usando diferentes formas e nas tabelas 18, 19 e 20 as análises de variância (ANOVA) dos resultados de aderência com o objetivo de verificar se existe diferença significativa entre suas médias.

a) Forma resinada.

Tabela 18 – Análise de variância ANOVA para forma resinada.

Fonte da variação	Soma dos quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0390	3	0,0130	1,58	0,1990	2,13
Dentro dos grupos	0,9581	116	0,0083			
Total	0,9971	119

Figura 32 – Resistências médias de aderência da argamassa aplicada sobre as superfícies moldadas em forma resinada.

A ANOVA mostrou que o valor de F calculado é menor que o F crítico tabelado, portanto, não há diferenças significativas entre as médias dos resultados de resistência de aderência. O mesmo pode ser concluído através da análise do valor P, sendo este maior que 0,05.

Para comparar a diferença entre os grupos separadamente, foi realizada a análise t-Student, cujo resultado se encontra no Anexo A deste trabalho. Foi possível observar através desta análise, bem como da figura 32 que:

- a) o grupo de resultados que mais se diferencia dos demais é do produto DR;
- b) o grupo DR foi o único que possuiu uma diferença significativa quando comparado com o EC (menor valor no gráfico), apresentando o valor de T calculado (2,22) maior que os T críticos (uni-caudal – 1,30 e bi-caudal – 1,68);
- c) não há diferença significativa entre os demais grupos CR, EC e Ref, por apresentarem todos os valores T calculados foram menores que os T críticos.

A superfície obtida com a utilização do desmoldante convencional (EC) ou sem desmoldante (Ref) apresentou remoção superficial, nível 2, conforme apresentado na tabela 16. Neste caso, o produto foi provavelmente removido juntamente com a camada superficial do corpo de prova de concreto, aumentando a aderência da argamassa.

Pode-se observar também (Tabela 17) que a forma de ruptura dos corpos de prova foi predominantemente na argamassa sem descolamento.

b) Forma plastificada.

Tabela 19 – Análise de variância ANOVA para forma plastificada.

Fonte da variação	Soma dos quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0777	3	0,0259	2,05	0,1110	2,13
Dentro dos grupos	1,4417	114	0,0126			
Total	1,5194	117

Figura 33 – Resistências médias de aderência da argamassa aplicada sobre as superfícies moldadas em forma plastificada.

A ANOVA mostrou que o valor de F calculado é menor que o F crítico tabelado, portanto, não há diferenças significativas entre as médias. O mesmo pode ser concluído através da análise do valor P, sendo este maior que 0,05. Apesar da ANOVA mostrar que não existem diferenças significativas, também foram comparadas as médias entre os grupos separadamente, através da análise t-Student (Anexo A).

A análise t-Student e a figura 33 mostram que:

- o grupo de resultados que mais se diferencia dos demais é do DR, seguido pelo CR;
- há diferença significativa entre os resultados médios do grupo DR comparados

com os dos grupos Ref e EC, por apresentarem os mesmos valores de T crítico (uni-caudal: 1,30 e bi-caudal: 1,67) menores que T calculados (1,63 para Ref e 2,47 para EC);

c) não há diferença significativa entre os grupos EC e Ref por apresentarem T calculado (0,49) menor que T crítico (uni-caudal: 1,30; bi-caudal: 1,67);

d) não há diferença significativa que entre os grupos CR e Ref.

As superfícies de concreto obtidas com a utilização dos produtos CR e DR, retardadores, em formas plastificadas resultaram em um aumento significativo nos resultados da aderência da argamassa comparados aos resultados obtidos com utilização do produto EC.

A tabela 17 mostrou que o coeficiente de variação dos resultados obtidos em todos os casos, quando da utilização de formas plastificadas, foi maior que quando comparados com os coeficientes obtidos para os demais tipos de formas. Para este tipo de forma, conforme apresentado na tabela 14, os produtos não apresentaram recobrimento homogêneo da superfície, resultando (Tabela 16) em regiões com menor ou maior exposição dos agregados, obtendo portanto, maior variabilidade nos resultados.

A tabela 17 mostrou também, que a forma de ruptura predominante para os agentes retardadores (CR e DR) foi na argamassa sem descolamento. Para a superfície obtida com desmoldante convencional (EC) e referência (Ref), a ruptura foi de aproximadamente 60% na argamassa e 40% na interface substrato – argamassa, apresentando maior índice de descolamento.

b) Forma de compensado comum.

Tabela 20 – Análise de variância ANOVA para forma de compensado comum.

Fonte da variação	Soma dos quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,2874	3	0,0958	12,03	0,00000007	2,13
Dentro dos grupos	0,9157	115	0,0080			
Total	1,2031	118

Figura 34 – Resistências médias de aderência da argamassa aplicada sobre as superfícies moldadas em forma de compensado comum.

A ANOVA mostrou que o valor de F calculado é maior que o F crítico tabelado, portanto, podemos afirmar que existem diferenças significativas entre as médias. O mesmo pode ser concluído através da análise do valor P, sendo este menor que 0,05.

Para verificar qual grupo mais se diferencia dos demais, foi realizada a análise t-Student (Anexo A). Foi possível observar através desta análise, bem como dos resultados apresentados na figura 34, que:

- a) o grupo CR é o que mais se diferencia dos demais;
- b) há diferença significativa entre os grupos de resultados CR e DR por apresentarem os valores de T calculado maiores que os T crítico conforme Anexo A;
- c) não há diferença significativa entre os grupos EC e Ref.

Os resultados de aderência (Figura 34) com tratamento das formas de compensado comum com agentes retardadores, tal como os obtidos com forma plastificada, foram significativamente maiores.

6.6 Análise do capítulo

Os resultados médios de resistência de aderência da argamassa aplicada sobre superfícies de concreto moldados nos três tipos de forma de madeira, tratadas com agentes retardadores, CR e DR, desmoldante convencional, EC e sem tratamento, Ref apresentados na tabela 17, são considerados satisfatórios quando comparados aos limites da norma NBR 13749/96, $\geq 0,20$ MPa para revestimento interno e $\geq 0,30$ MPa para revestimento externo.

A avaliação comparativa da resistência de aderência entre corpos-de-prova moldados com desmoldante retardador, EC, e agentes retardadores, CR e DR, em formas plastificada e comum apresentaram diferença significativa, mesmo assim os valores de resistência foram superiores aos indicados pela norma brasileira.

Os resultados satisfatórios demonstrados, mesmo com a utilização de desmoldante convencional, EC, pode ter ocorrido devido ao tipo de desmoldante utilizado, e/ou à remoção dos resíduos do mesmo da superfície do concreto antes da aplicação da argamassa realizada neste estudo, o que não é realizado na maioria das obras.

Conforme apresentado na tabela 17, a forma de ruptura foi o principal fator que diferenciou o comportamento dos agentes retardadores e desmoldante convencional no preparo da superfície para recebimento do revestimento de argamassa.

A ruptura predominante, quando utilizado EC e Ref nas formas de madeira plastificada e comum, ocorreu na interface argamassa/substrato com descolamento, diferentemente quando utilizados os retardadores CR e DR que ocorreu na argamassa, sem descolamento.

Os resultados de resistência de aderência, considerados satisfatórios mostram a viabilidade de uso de agentes retardadores na moldagem de superfícies de concreto.

O estudo também mostrou que a utilização de forma resinada foi aquela que apresentou o melhor resultado de resistência de aderência, não sendo observadas diferenças significativas quando utilizado um ou outro tipo de produto. Isto pode ter ocorrido devido à presença de resina composta de fenol-formaldeído na superfície da forma. A resina pode ter solubilizado e posteriormente envolvido os grãos de cimento retardando sua hidratação, possibilitando a remoção da superfície do concreto mesmo tratada com desmoldante convencional. Este tipo de forma deverá

ser melhor estudado por ter apresentado o mesmo efeito na superfície de concreto que aquele obtido com a utilização de agentes retardadores.

7. CONCLUSÕES

A bibliografia consultada e os resultados apresentados neste estudo mostram:

- a) A importância do preparo da superfície do concreto para recebimento do revestimento de argamassa;
- b) Diferenças de comportamento entre os produtos como: impacto na saúde do trabalhador e meio ambiente, efeito na hidratação do cimento e influência na superfície das formas conforme apresentado na tabela 21, por isso a necessidade de realização de ensaios para seleção adequada dos produtos e das formas a serem utilizadas;

Tabela 21 – Desempenho dos agentes retardadores estudados.

Características avaliadas	Ensaio	Agentes Retardadores			
		AR base solvente	BR base água	CR base água	DR base água
Caracterização da composição	Espectrofotometria no infravermelho	Conforme indicação do fabricante			
Influência nas superfícies das formas	Gota e Espalhamento	R	M	B	M
Impacto na saúde e meio ambiente	Cromatografia e espectrometria de massa	R	B	M	M
Efeito na hidratação do cimento	Calorimetria isotérmica	--	R	B	B

Desempenho: B – Bom; M – Regular; R - Ruim

- c) A influência dos tipos de forma no desempenho do produto utilizado como desmoldante (vide Tabelas 22 e 23). Os ensaios propostos auxiliam a seleção das formas mais adequadas para obtenção de superfícies de concreto para o recebimento do revestimento de argamassa.

Os resultados apresentados evidenciam que as formas mais simples e com custos menores, podem até, ser as mais viáveis para utilização de agentes retardadores, ou até mesmo de desmoldantes convencionais. A utilização de forma resinada pode ser adequada mesmo em caso de uso de desmoldante convencional, pois a aplicação deste permitiu a remoção da camada superficial do concreto e também resultou em

aumento de resistência de aderência. Sugere-se uma continuação de estudo usando este tipo de forma.

Tabela 22 – Verificação da compatibilidade dos produtos nas formas.

Formas	Produtos		
	CR Retardador	DR Retardador	EC Convencional
Comum	B	B	B
Plastificada	R	R	R
Resinada	B	B	B

Desempenho: B – Bom; R – Ruim

Tabela 23 – Influência dos tipos de produtos e formas nas características superficiais do concreto.

Formas		Produtos		
		CR Retardador	DR Retardador	EC Convencional
Comum	Aspecto Superficial	B	B	R
	Resistência de Aderência	B	B	R
Plastificada	Aspecto Superficial	M	M	R
	Resistência de Aderência	B	B	R
Resinada	Aspecto Superficial	B	B	M
	Resistência de Aderência	M	B	M

Desempenho: B – Bom; M – Regular; R – Ruim

d) É viável o uso de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem do concreto para melhorar a aderência da argamassa conforme evidenciados pelos resultados de resistência de aderência, obtidos para todos os tipos de forma.

Estes resultados contrariam os obtidos por Pretto (2007) em seu trabalho, o qual demonstrou que o tratamento superficial com produto retardador prejudicou as taxas de absorção de água, bem como a resistência de aderência do revestimento

aplicado sobre a superfície tratada. As diferenças observadas entre as duas pesquisas podem ser causadas pelos comportamentos distintos existentes entre os produtos do mercado e a compatibilidade dos mesmos com as formas utilizadas.

Os resultados de resistência de aderência não permitiram observar diferenças significativas entre os resultados obtidos com a argamassa aplicada sobre superfícies de concreto quando foram utilizados agentes retardadores comparativamente aos desmoldantes convencionais com relação à NBR 13749/96, provavelmente devido:

- à realização de limpeza da superfície sendo eliminados os resíduos do desmoldante convencional, o que não é realizado na maioria das obras;
- ao tipo de desmoldante convencional que pode não ter deixado resíduos na superfície do concreto.

Sugestões para futuros trabalhos

Apesar da pesquisa ter atingido os objetivos, mostrando a viabilidade de uso de agentes retardadores como desmoldantes e a influência das diferentes formas no acabamento superficial do concreto, propõe-se a continuidade deste tipo de estudo devido à importância do tema na durabilidade das fachadas.

Recomenda-se a realização dos seguintes estudos:

- Avaliação comparativa do impacto ambiental gerado por resíduos dos diversos tipos de tratamentos superficiais do concreto: utilização de retardadores, apicoamento, escovação, etc.;
- Avaliação dos mecanismos de limpeza superficial quando da utilização de agentes retardadores;
- Avaliação do comportamento da argamassa aplicada sobre substratos tratados com agentes retardadores através do método *squeeze-flow*;
- Avaliação comparativa entre o desempenho dos agentes retardadores e desmoldantes convencionais no preparo da superfície de concreto com utilização de outros tipos de cimento e de formas;
- Avaliação comparativa entre o desempenho dos agentes retardadores e desmoldantes convencionais no preparo da superfície de concreto para receber o revestimento em obra;

- Verificação do desempenho de formas de madeira resinada no preparo da superfície de concreto para recebimento do revestimento;
- Caracterização das formas existentes no mercado para moldagem de concreto;
- Aplicação dos ensaios e critérios usados neste estudo para avaliação do desempenho de desmoldantes convencionais, incluindo a determinação da quantidade de resíduo causado por este tipo de produto na superfície do concreto;
- Redação de manuais de aplicação de agentes retardadores e desmoldantes convencionais na moldagem do concreto;
- Propor normas brasileiras para avaliação do desempenho de agentes retardadores e desmoldantes convencionais na moldagem do concreto.

Contribuições do estudo ao meio técnico

Os conhecimentos desta pesquisa já estão sendo divulgados ao meio técnico através de apresentações em congressos, simpósios e publicações de artigos. Até o momento foram apresentados os seguintes artigos:

- VIII SBTA – Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, realizado em 19-22 de maio de 2009, Curitiba – Paraná. Trabalho: Efeito de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na aderência da argamassa sobre superfícies de concreto;
- 53º IBRACON - Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em novembro de 2011, Florianópolis, Santa Catarina. Trabalho: Proposta de critérios de seleção de desmoldantes para produção de concreto;
- Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 11, n. 4, p. 7-23, out. / dez. 2011, Porto Alegre – Rio Grande do Sul. Trabalho: Viabilidade do emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para aplicação de argamassas de revestimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATE, V. Desmoldante: um para cada tipo de forma. **Téchne**, n.70, jan/2003.

ANTUNES, R.P.N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. São Paulo, 2005. Dissertação de Doutorado – Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **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.

_____. **NBR 15258**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS (ASTM). **ASTM D 543** - Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents. West Conshohocken, 2006.

_____. **ASTM D 6237** - Standard Guide for Painting Inspectors (Concrete and Masonry Substrates). West Conshohocken, 1998.

_____. **ASTM D 6279**: Test method for rub abrasion mar resistance of high gloss coatings. West Conshohocken, 2003

_____. **ASTM E 1857**: Standard guide for selection of cleaning techniques for masonry, concrete, and stucco surfaces. West Conshohocken, 1997.

BAÍÁ, G.; SABBATINI, F. H. Projeto e execução de revestimento de argamassa. 4ª edição. São Paulo: O Nome da Rosa. 82p. (Primeiros passos da Qualidade no canteiro de obras). 2008.

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.2011

BAUMGART, O. **Aditivos para concretos, argamassa e caldas de cimento.** e.12. 1999.

BETIOLI, A.M. **Influência dos polímeros MHEC e EVA na hidratação e comportamento reológico de pastas de cimento portland.** Florianópolis, 2007. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, 188p.

BRITO, J.; SANTOS, R.; BRANCO, F. A. Evaluation of technical performance of concrete vegetable oil based release agents. **Materials and Structure**, 33, p 262-269, 2000. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/qp03817474w61w22/>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

BUZETO, F.A.; CAMPOS, J.S.C. **Modificação do ângulo de contato de amostras de borracha natural submetida a tratamento por descarga corona.** In. CONGRESSO CONAMET/SAM, 2004. Disponível em: <<http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/laserena/152.pdf>> Acesso em: 08 fev. 2012.

CABREDO, L. V.; MADRAZO, J. A. P.; STAMBUK, J. C.; MERINO, J.F. **Influencia de distintos tratamientos superficiales em paneles prefabricados de hormigón armado expuestos a diferentes condiciones ambientales.** XIV Jornadas Chilenas del Hormigón. 2003

CANDIA, M.C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa.** São Paulo, 1998. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, 198p.

CARESEK, H. **Aderência de argamassa à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** São Paulo, 1998. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 285p.

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.

CARDOSO, F.A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico**. São Paulo, 2009. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 138p.

CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimento de argamassas – Boas práticas em projeto, execução e avaliação**. v.1. Porto Alegre. Recomendações Técnicas HABITARE. Rio Grande do Sul. 2005.

CHEVALIER, J. L.; LE TÉNO, J. F. Requirements for an LCA-based Model for the evaluation of environmental quality of building products. **Building and Environment**. Vol. 31, nº 5, p. 487-491, 1996.

CIRNE, L. S. R.; OLIVEIRA, F. L.; DUMÊT, T. B. **Levantamento das principais patologias de revestimentos de fachada de edifícios na cidade de Salvador. Salvador**. Comunidade da Construção. Baía, 2006.

DJELAL, C.; DE CARO, P.; LIBESSART, L.; DUBOIS, I.; PÉBÈRE, N. Comprehension of demoulding mechanisms at the formwork/oil/concrete interface. **Materials and Structure**, 41, p 571-581, 2008. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/174213742222617h/>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

DJELAL, C.; VANHOVE, Y.; CHAMBELLAN, D.; BRISSET, P. Influence of the application method of release agents on thickness of mould oils. **Materials and Structure**, 43, p 687-698, 2010. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/j547213418k9wg13/>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

DJELAL, C.; VANHOVE, Y.; DE CARO, P.; BRISSET, P. Role of demoulding agents during self-compacting concrete casting in formwork. **Materials and Structure**, 35, p 470-476, 2002. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/92u67m47806r3486/>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

DYER, J. R. **Aplicações da espectroscopia de absorção aos compostos orgânicos**. São Paulo. E. Blucher, 1969, c1965. 155p.

FERNANDES, H.C. **Estimativa da energia de lançamento das argamassas projetadas por spray a ar comprimido**. São Paulo, 2007. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 95p.

GUARIEIRO, L. L. N.; RIBEIRO, N. M.; PINTO, A. C. **Desenvolvimento de metodologia para quantificação das misturas biodiesel: diesel por infravermelho**. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS, 3, Salvador, 2005. Anais. Bahia. 2005. 5p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Tecnologia de aditivos**. Curso realizado de 21 a 25 de março de 1983. vol.1. São Paulo, 1983. 163p.

KAZMIERCZAK, C.S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. **Influência do tipo de preparo de substrato na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa industrializada**. In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 7, Recife, 2007. Anais. Pernambuco. 2007. p.75, nº 1323.

KHAN, B.; ULLAH, M. Effect of a retarding admixture on the setting time of cement pastes in hot weather. **Journal of King AbdulAziz University (JKAU): Eng. Sci.**, v. 15, nº 1 p. 63-79, 2004. Disponível em: <http://www.kau.edu.sa/Files/135/Researches/54945_25263.pdf> . Acesso em: 08 fev. 2011.

KINNEY, F.D. **Proceeding third international conference on superplasticizers and other admixtures in concrete**. ACI SP 119, 19-40, 1989.

LIBERSSART L. **Influence des composées chimiques des agents de démoulage sur l'interface coffrage/béton – Impact sur l'esthétique des parements en béton**. Tese de Doutorado – Universidade d'Artois à Béthune, 2006.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1998. (Apostila do programa de construção civil)

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.2011

MARANHÃO, F.L. **Método para redução de mancha nas vedações externas de edifícios**. São Paulo, 2009. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 109p.

MARANHÃO, F. L.; LOH, K. O uso de hidrofugantes em materiais de construção poros. **Revista Técnica**, e.155, 2010. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/155/artigo-162892-1.asp>> . Acesso em: 23 dez. 2010.

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. **Organic chemistry**. 2. ed. Boston: 1966. 1204p.

NAKAMURA, J. Aditivos e adições. **Revista Técnica**, 2006. Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/150/imprime151693.asp>> Acesso em 08 fev. 2011.

NDT EDUCATION RESOURCE CENTER. **Surface energy (Surface wetting capability)**. Disponível em: <<http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/PenetrantTest/PTMaterials/surfaceenergy.htm>> Acesso em: 10 mai. 2012.

OLIVEIRA, N. M. C.; NASCIMENTO, M.G.S.; CARVALHO, C. E. G.; REGIANI, A. M. **Uso de espectroscopia de infravermelho e análise via úmida para identificação de adulterações no óleo de andiroba**. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32, Fortaleza, 2009. Anais. Ceará. 2009.

PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. Rio Grande do Sul, 2007. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 261p.

PRETTO, M. E. J.; PAGNUSSAT, D.T.; BONIN, L. C., MASUERO, A. B. **Análise da rugosidade de substratos de concreto com diferentes tratamentos superficiais, utilizando scanner tridimensional a laser**. In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS AGAMASSAS, 8, Curitiba, 2009. Anais. Paraná. 2009.

PRETTO, M. E. J.; MOURA, C. B.; BONIN, L. C., MASUERO, A. B. **Avaliação da influência dos tratamentos superficiais em substratos de estrutura de concreto na aderência da argamassa de chapisco.** In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS AGAMASSAS, 7, Recife, 2007. Anais. Pernambuco. 2007. p.81.

RAUPP-PEREIRA, F. et al. Potable water filtration sludge : use as set retarder in one-coat plastering mortars. **Construction and Building Materials**, v.21, p. 646-653, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=741970404&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=6e987a5196139b6287d0686632ad2552> . Acesso em: 16 abr. 2008.

REDA, S. Y. **Estudo comparativo de óleos vegetais submetidos a estresse térmico.** Ponta Grossa, 2004. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 153 p.

SCARTEZINI, L. M., et al. Influência do prepare da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 85-92, abr./jun. 2002. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3420/1835>>. Acesso em: 23 dez. 2010.

SILVA, V. S.; GOMES, A.O.; MARQUES, P. D. P.; NERY, R. A. **Aderência de chapiscos com aditivos à base de resina acrílica em concretos estruturais.** In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS AGAMASSAS, 7, Recife, 2007. Anais. Pernambuco. 2007. p. 48.

SILVA, V. S.; LIMBÓRIO, J.B.L. **Estudo da aderência de revestimento e chapiscos em estruturas de concreto armado.** In. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 44, Belo Horizonte, 2002. Anais. Minas Gerais. 2002. 15p.

THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). USA. Disponível em: < <http://www.cdc.gov/niosh>>. Acesso em 30 mai 2009.

UEMOTO, K. L. ; AGOPYAN, V. ; IKEMATSU, P. . **As tintas imobiliárias e o impacto ambiental - Parte II.** In: Encontro Brasileiro de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. Encontro Brasileiro de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004.

WATERLOO, R. F. **Form release agents**. MC Magazine Archive. National Precast Concrete Association (NPCA), 2003. Disponível em: <<http://www.precast.org/precaster-magazines/2010/05/chemical-hazards/#more-2125>>. Acesso em 07/01/2011.

ANEXO A – Resultados e análise estatística

O anexo A apresenta, em tabelas, os resultados gerais, bem como análise estatística t-Student comum nível de significância de 5% para cada tipo de forma estudada:

a) Forma resinada

Tabela A – Resultados individuais de resistência de aderência a tração.

DR	Ref	EC	CR
Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
0,30	0,44	0,46	0,52
0,57	0,41	0,47	0,56
0,59	0,47	0,44	0,50
0,41	0,44	0,41	0,43
0,50	0,43	0,38	0,45
0,53	0,41	0,51	0,48
0,43	0,50	0,49	0,41
0,39	0,45	0,42	0,47
0,46	0,52	0,48	0,43
0,51	0,54	0,49	0,50
0,75	0,51	0,38	0,24
0,52	0,65	0,42	0,48
0,68	0,71	0,42	0,54
0,53	0,54	0,38	0,51
0,44	0,60	0,54	0,44
0,65	0,54	0,49	0,45
0,49	0,55	0,47	0,56
0,47	0,49	0,44	0,43
0,48	0,51	0,47	0,56
0,50	0,59	0,52	0,41
0,40	0,42	0,52	0,37
0,44	0,31	0,38	0,35
0,40	0,17	0,44	0,29
0,42	0,32	0,48	0,59
0,47	0,43	0,50	0,38
0,66	0,28	0,40	0,41
0,43	0,50	0,28	0,47
0,40	0,49	0,45	0,45
0,41	0,38	0,50	0,37
0,50	0,31	0,26	0,47

Tabela B – Resultados médios de resistência de aderência a tração

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
CR	30	13,5849697	0,452832323	0,006288376
DR	30	14,77365455	0,492455152	0,009480046
Ref	30	13,93957736	0,464652579	0,0129033
EC	30	13,34523494	0,444841165	0,004366081

Tabela C – Análise t-Student entre os produtos CR e DR.

	CR	DR
	Variável 1	Variável 2
Média	0,452832323	0,492455152
Variância	0,006288376	0,009480046
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	56	
Stat t	-1,72827156	
P(T<=t) uni-caudal	0,044725214	
t crítico uni-caudal	1,296852673	
P(T<=t) bi-caudal	0,089450428	
t crítico bi-caudal	1,672522304	

Tabela D – Análise t-Student entre os produtos CR e Ref .

	CR	Ref
	Variável 1	Variável 2
Média	0,452832323	0,464652579
Variância	0,006288376	0,0129033
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	52	
Stat t	-0,467337938	
P(T<=t) uni-caudal	0,321105319	
t crítico uni-caudal	1,298045016	
P(T<=t) bi-caudal	0,642210637	
t crítico bi-caudal	1,674689154	

Tabela E – Análise t-Student entre os produtos CR e EC.

	CR	EC
	Variável 1	Variável 2
Média	0,452832323	0,444841165
Variância	0,006288376	0,004366081
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	56	
Stat t	0,424037945	
P(T<=t) uni-caudal	0,336581317	
t crítico uni-caudal	1,296852673	
P(T<=t) bi-caudal	0,673162635	
t crítico bi-caudal	1,672522304	

Tabela F – Análise t-Student entre os produtos DR e Ref.

	DR	Ref
	Variável 1	Variável 2
Média	0,492455152	0,464652579
Variância	0,009480046	0,0129033
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	57	
Stat t	1,017848441	
P(T<=t) uni-caudal	0,156525473	
t crítico uni-caudal	1,296581044	
P(T<=t) bi-caudal	0,313050945	
t crítico bi-caudal	1,672028889	

Tabela G – Análise t-Student entre os produtos DR e EC.

	DR	EC
	Variável 1	Variável 2
Média	0,492455152	0,444841165
Variância	0,009480046	0,004366081
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	51	
Stat t	2,216312691	
P(T<=t) uni-caudal	0,015578747	
t crítico uni-caudal	1,298372713	
P(T<=t) bi-caudal	0,031157494	
t crítico bi-caudal	1,675284951	

Tabela H – Análise t-Student entre os produtos Ref e EC.

	Ref	EC
	Variável 1	Variável 2
Média	0,464652579	0,444841165
Variância	0,0129033	0,004366081
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	47	
Stat t	0,825729359	
P(T<=t) uni-caudal	0,206564752	
t crítico uni-caudal	1,299824947	
P(T<=t) bi-caudal	0,413129504	
t crítico bi-caudal	1,677926722	

b) Forma plastificada

Tabela I – Resultados individuais de resistência de aderência a tração.

DR	Ref	EC	CR
Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
0,25	0,57	0,11	0,36
0,24	0,28	0,27	0,36
0,26	0,35	0,44	0,35
0,36	0,36	0,38	0,34
0,30	0,28	0,32	0,35
0,25	0,44	0,41	0,38
0,38	0,29	0,20	0,42
0,38	0,47	0,32	0,49
0,18	0,42	0,53	0,47
0,52	0,41	0,28	0,57
0,44	0,50	0,32	0,55
0,40	0,54	0,16	0,29
0,49	0,42	0,38	0,24
0,45	0,49	0,37	0,45
0,47	0,39	0,41	0,22
0,41	0,51	0,39	0,23
0,44	0,43	0,36	0,27
0,48	0,35	0,42	0,44
0,49	0,44	0,43	0,42
0,38	0,44	0,36	0,35
0,49	0,38	0,42	0,55
0,66	0,36	0,41	0,45
0,57	0,32	0,22	0,42
0,44	0,33	0,44	0,28
0,59	0,11	0,28	0,39
0,42	0,60	0,45	0,37
0,52	0,23	0,38	0,35
0,40	0,13	0,51	0,47
0,57	0,21	0,38	0,46
	0,00	0,27	

Tabela J – Resultados médios de resistência de aderência a tração

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
DR	29	12,29639537	0,424013633	0,013100183
Ref	30	11,11769947	0,370589982	0,018977639
EC	30	10,66320232	0,355440077	0,009487758
CR	29	11,34744528	0,391291216	0,008907557

Tabela K – Análise t-Student entre os produtos DR e Ref.

	DR	Ref
	Variável 1	Variável 2
Média	0,424013633	0,370589982
Variância	0,013100183	0,018977639
Observações	29	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	56	
Stat t	1,622389586	
P(T<=t) uni-caudal	0,055168525	
t crítico uni-caudal	1,296852673	
P(T<=t) bi-caudal	0,110337051	
t crítico bi-caudal	1,672522304	

Tabela L – Análise t-Student entre os produtos DR e EC.

	DR	EC
	Variável 1	Variável 2
Média	0,424013633	0,355440077
Variância	0,013100183	0,009487758
Observações	29	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	55	
Stat t	2,474452672	
P(T<=t) uni-caudal	0,008228477	
t crítico uni-caudal	1,2971343	
P(T<=t) bi-caudal	0,016456954	
t crítico bi-caudal	1,673033966	

Tabela M – Análise t-Student entre os produtos DR e CR.

	DR	CR
	Variável 1	Variável 2
Média	0,424013633	0,391291216
Variância	0,013100183	0,008907557
Observações	29	29
Hipótese da diferença de média	0	
gl	54	
Stat t	1,187836447	
P(T<=t) uni-caudal	0,120048156	
t crítico uni-caudal	1,297426488	
P(T<=t) bi-caudal	0,240096311	
t crítico bi-caudal	1,673564907	

Tabela N – Análise t-Student entre os produtos Ref e EC.

	Ref	EC
	Variável 1	Variável 2
Média	0,370589982	0,355440077
Variância	0,018977639	0,009487758
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	52	
Stat t	0,491826486	
P(T<=t) uni-caudal	0,312455937	
t crítico uni-caudal	1,298045016	
P(T<=t) bi-caudal	0,624911875	
t crítico bi-caudal	1,674689154	

Tabela O – Análise t-Student entre os produtos Ref e CR.

	Ref	CR
	Variável 1	Variável 2
Média	0,370589982	0,391291216
Variância	0,018977639	0,008907557
Observações	30	29
Hipótese da diferença de média	0	
gl	51	
Stat t	-0,67529138	
P(T<=t) uni-caudal	0,251270515	
t crítico uni-caudal	1,298372713	
P(T<=t) bi-caudal	0,50254103	
t crítico bi-caudal	1,675284951	

Tabela P – Análise t-Student entre os produtos EC e CR.

	EC	CR
	Variável 1	Variável 2
Média	0,355440077	0,391291216
Variância	0,009487758	0,008907557
Observações	30	29
Hipótese da diferença de média	0	
gl	57	
Stat t	-1,43586654	
P(T<=t) uni-caudal	0,078252914	
t crítico uni-caudal	1,296581044	
P(T<=t) bi-caudal	0,156505828	
t crítico bi-caudal	1,672028889	

c) Forma de compensado comum

Tabela Q – Resultados individuais de resistência de aderência a tração

DR	Ref	EC	CR
Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
0,35	0,24	0,19	0,70
0,40	0,31	0,25	0,55
0,32	0,23	0,37	0,45
0,39	0,29	0,35	0,51
0,32	0,33	0,31	0,56
0,32	0,22	0,35	0,59
0,31	0,22	0,31	0,54
0,27	0,26	0,31	0,45
0,42	0,41	0,32	0,52
0,29	0,38	0,29	0,50
0,42	0,44	0,39	0,22
0,34	0,29	0,33	0,45
0,38	0,38	0,20	0,36
0,49	0,37	0,32	0,35
0,41	0,31	0,33	0,26
0,34	0,44	0,41	0,41
0,44	0,36	0,28	0,42
0,47	0,40	0,27	0,33
0,49	0,41	0,35	0,39
0,43	0,31	0,39	0,38
0,58	0,31	0,43	0,43
0,39	0,29	0,38	0,47
0,57	0,46	0,39	0,50
0,35	0,39	0,49	0,57
0,53	0,49	0,43	0,55
0,46	0,40	0,45	0,57
0,54	0,37	0,38	0,54
0,36	0,39	0,48	0,57
0,53	0,50	0,42	0,49
0,68	0,36		0,40

Tabela R – Resultados médios de resistência de aderência a tração

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
DR	30	12,66099198	0,422033066	0,009607608
Ref	30	10,63822995	0,354607665	0,005993627
EC	29	10,22868307	0,352713209	0,005419098
CR	30	14,09440606	0,469813535	0,01074162

Tabela S – Análise t-Student entre os produtos DR e Ref.

	DR	Ref
	Variável 1	Variável 2
Média	0,424013633	0,370589982
Variância	0,013100183	0,018977639
Observações	29	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	56	
Stat t	1,622389586	
P(T<=t) uni-caudal	0,055168525	
t crítico uni-caudal	1,296852673	
P(T<=t) bi-caudal	0,110337051	
t crítico bi-caudal	1,672522304	

Tabela T – Análise t-Student entre os produtos DR e EC.

	DR	EC
	Variável 1	Variável 2
Média	0,424013633	0,355440077
Variância	0,013100183	0,009487758
Observações	29	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	55	
Stat t	2,474452672	
P(T<=t) uni-caudal	0,008228477	
t crítico uni-caudal	1,2971343	
P(T<=t) bi-caudal	0,016456954	
t crítico bi-caudal	1,673033966	

Tabela U – Análise t-Student entre os produtos DR e CR.

	DR	CR
	Variável 1	Variável 2
Média	0,424013633	0,391291216
Variância	0,013100183	0,008907557
Observações	29	29
Hipótese da diferença de média	0	
gl	54	
Stat t	1,187836447	
P(T<=t) uni-caudal	0,120048156	
t crítico uni-caudal	1,297426488	
P(T<=t) bi-caudal	0,240096311	
t crítico bi-caudal	1,673564907	

Tabela V – Análise t-Student entre os produtos Ref e EC.

	Ref	EC
	Variável 1	Variável 2
Média	0,370589982	0,355440077
Variância	0,018977639	0,009487758
Observações	30	30
Hipótese da diferença de média	0	
gl	52	
Stat t	0,491826486	
P(T<=t) uni-caudal	0,312455937	
t crítico uni-caudal	1,298045016	
P(T<=t) bi-caudal	0,624911875	
t crítico bi-caudal	1,674689154	

Tabela X – Análise t-Student entre os produtos Ref e CR.

	Ref	CR
	Variável 1	Variável 2
Média	0,370589982	0,391291216
Variância	0,018977639	0,008907557
Observações	30	29
Hipótese da diferença de média	0	
gl	51	
Stat t	-0,67529138	
P(T<=t) uni-caudal	0,251270515	
t crítico uni-caudal	1,298372713	
P(T<=t) bi-caudal	0,50254103	
t crítico bi-caudal	1,675284951	

Tabela Y – Análise t-Student entre os produtos EC e CR.

	EC	CR
	Variável 1	Variável 2
Média	0,355440077	0,391291216
Variância	0,009487758	0,008907557
Observações	30	29
Hipótese da diferença de média	0	
gl	57	
Stat t	-1,43586654	
P(T<=t) uni-caudal	0,078252914	
t crítico uni-caudal	1,296581044	
P(T<=t) bi-caudal	0,156505828	
t crítico bi-caudal	1,672028889	