

**ESTUDO DA PROTEÇÃO DA SUPERFÍCIE DA FIBRA DE VIDRO
CONVENCIONAL VISANDO SUA UTILIZAÇÃO EM CIMENTO PORTLAND****Antônio de Paulo Peruzzi**Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo**Osny Pellegrino Ferreira**Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo**Edouard Zurstrassen**

Owens Corning Fiberglas do Brasil

RESUMO

O presente artigo traz os resultados dos estudos com a fibra de vidro convencional com objetivo de viabilizar sua utilização no ambiente alcalino do cimento Portland, por meio da proteção superficial das fibras de vidro com uma película de látex ou de uma mistura de látex com sílica ativa. O ambiente alcalino utilizado nas pesquisas foi do próprio cimento Portland e as amostras foram ensaiadas à flexão, o que aproxima os resultados obtidos da situação real de utilização das placas cimentícias.

Palavras chaves: *Dry Wall* / GRC / GFRC / fibra de vidro / látex / sílica ativa

1) Introdução

As placas cimentícias têm como principal função substituir aquelas compostas de gesso acartonado em áreas molhadas ou externas, no sistema *Dry Wall*. Elas são comercializadas com dimensões de 1.20m x 2.40m e espessura por volta de 10mm e são obtidas a partir do reforço das argamassas de cimento Portland com fibras em forma de tela e/ou com a adição de uma certa quantidade de fibras curtas nestas argamassas, formando um compósito. Essa adição visa reduzir a fragilidade dos elementos de cimento Portland, conferindo tenacidade e ductilidade aos mesmos.

Dentre os diversos tipos de fibra comercializados destaca-se a de vidro¹, que tem baixo custo, alto módulo de elasticidade e boa resistência à tração. Porém, a fibra de vidro convencional sofre degradação das propriedades físicas com o tempo, devido ao ataque do meio alcalino da matriz de cimento Portland, causando a perda do desempenho mecânico desta.

A fibra de vidro álcalis-resistente (AR) foi desenvolvida há alguns anos por meio da adição de cerca de 16% de óxido de zircônio (ZrO₂) à composição do vidro, mas, segundo PARDELA & DEL AGUILA (1992) e PURNELL et al (2000), o processo de degradação das propriedades mecânicas destas ainda permanece, embora com menor intensidade.

A *Owens Corning do Brasil* fabrica, na cidade de Rio Claro-SP, a fibra de vidro *Advantex* que, embora não tenha características de resistência aos álcalis, apresenta características superiores se comparadas às fibras de vidro tipo E (E-Glass). A Tabela 1 apresenta um comparativo entre a fibra de vidro *Advantex* e as fibras de vidro convencionais. A Tabela 2

¹ Podem ser citadas como os principais tipos de fibras utilizadas para este fim, as fibras de carbono, polipropileno, poliamida, poliéster, vidro e as fibras de amianto, esta última com utilização em processo de proibição no Brasil, acompanhando uma tendência mundial.

traz as propriedades mecânicas do filamento simples da fibra de vidro *Advantex* e da fibra de vidro tipo E².

TABELA 1 – Principais características da fibra de vidro *Advantex* comparadas à fibra tipo E

Propriedade	Método de Teste	Unidade	Advantex	Vidro E
Densidade	ASTM D1505	G/cc	2,62	2,52-2,62
Índice de refração	Imersão em óleo		1560-1562	1547-1562
Expansão Térmica Linear a 300°C	ASTM D696	Ppm/C	6	5,4
Ponto de amolecimento	ASTM C338	°C	916	930-860
Ponto de Enrijecimento	Viscosímetro de placas paralelas	°C	736	640-675
Ponto de deformação	Viscosímetro de placas paralelas	°C	691	600-630

TABELA 2 – Principais características mecânicas da fibra de vidro *Advantex* e tipo E

Propriedade	Método de Teste	Unidade	Advantex	Vidro E
Resistência à tração 23°C	ASTM D2101	MPa	3100-3800	3100-3800
Módulo de elasticidade	Sonic Method	GPa	80-81	76-78
Alongamento na carga de ruptura	ASTM D2101	%	4.6	4.5-4.9

Diante do alto custo das fibras AR e de seu desempenho insatisfatório a longas idades, tem-se realizado estudos para viabilizar a proteção superficial das fibras de vidro, por meio de uma película de látex ou de uma mistura de látex com sílica ativa, denominado tecnicamente de *coating*, visando a proteção da fibra de vidro convencional ao ataque do Ca(OH)₂ (BENTUR & MINDESS, 1990).

2) OBJETIVO

Estudar o comportamento da fibra de vidro convencional, em relação ao meio alcalino do Cimento Portland, quando protegida com *coating* de látex e sílica ativa.

3) MATERIAIS E MÉTODOS

3.1) Fibra de vidro

A fibra de vidro utilizada foi a *Advantex* da Owens Corning, na forma de *roving* (bobina), com 600 TEX³ e suas principais características estão apresentadas na Tabela 1.

3.2) Látex

No desenvolvimento desta pesquisa objetivou-se usar produtos que já sejam comercializados, sem necessidade de adaptação para ser utilizado na fibra de vidro. A Tabela 3 apresenta os tipos de látex utilizados no *coating* da fibra de vidro.

² O diâmetro de cada filamento gira em torno de 16µ e um cabo de 600 Tex (g/km) tem cerca de 1200 filamentos.

³ Unidade de densidade linear que corresponde ao peso por unidade de comprimento (g/km)

TABELA 3 - Látex utilizados na pesquisa

Látex	Nome Comercial	Composição	Fabricante
1	Rhoximat	Estireno-Butadieno	Rhodia
2	Synthomer 10656	Estireno-butadieno acrilato	Synthomer
3	Styrofan	Estireno-butadieno acrilato	Basf

3.3) Sílica ativa

Em ensaios exploratórios observou-se que mistura de sílica ativa em pó + látex resultou em um filme não homogêneo, com muitos grumos. Para contornar o problema a Microsílica-Elken forneceu a sílica ativa em dispersão coloidal, ou seja, dispersa em água, com um teor de sólidos por volta de 50%.

3.4) Argamassa Padrão

Para que o ataque alcalino às fibras de vidro ensaiadas pudesse ser padronizado, desenvolveu-se uma argamassa-padrão, ou seja, uma única composição de argamassa foi utilizada para envolver as fibras de vidro testadas, cuja composição é a seguinte:

- Tipo de Cimento: CP ARI RS (Ciminas)
- Relação a/c: 0,4
- Agregado: Areia quartzosa passante na malha 4.8mm, do rio Mogi Guaçu
- Cimento:agregado 1 : 2 (em massa)
- Superplastificante 1% (em relação à massa do cimento)

O cimento CP V ARI foi utilizado pelo fato de representar o caso mais crítico em relação à alcalinidade e mais favorável à indústria de pré-fabricados pelo ponto de vista da rapidez da desforma.

3.5) Preparo das amostras

3.5.1) *Coating* nas fibras

Foram realizados três tipos de *coating* nas fibras: i) *coating* com látex; ii) *coating* com mistura de látex e sílica ativa; iii) *coating* com sílica ativa e posterior *coating* com látex.

i) *coating* com látex: foi adicionada água a cada um dos látex estudado até o ponto em que, depois de polimerizado, o teor de polímero impregnado na fibra representasse 20% de sua massa total.

A fibra de vidro foi imersa no látex e, uma vez garantida sua total impregnação, retirada e colocada na vertical para secagem e formação do filme de polímero.

ii) *coating* com mistura de látex + sílica ativa: misturou-se a sílica ativa em emulsão com o látex até o ponto em que, depois de polimerizado, o teor de polímero impregnado na fibra representasse 20% de sua massa total.

A fibra de vidro foi imersa na mistura de látex e sílica ativa e, uma vez garantida que esta tenha sido totalmente impregnada, foi retirada e colocada na vertical para secagem e formação do filme de polímero.

iii) *coating* com sílica ativa e posterior *coating* com látex: de forma diferente ao descrito em ii), neste caso o *coating* foi feito em duas etapas. Na primeira foi feito o *coating* com a emulsão de sílica ativa e, logo a seguir, o *coating* com látex. Depois a fibra foi retirada do látex e colocada na vertical para secagem e formação do filme de polímero. A Figura 1 representa esquematicamente o processo de duplo *coating* com sílica ativa e látex. Este procedimento foi utilizado para os látex 1 e 2.

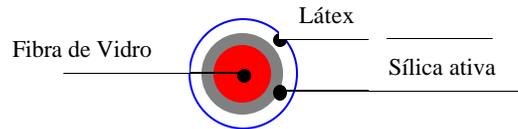


FIGURA 1 – Representação esquemática da fibra de vidro com *coating* de sílica ativa e *coating* de látex

3.5.2) Preparo das placas cimentícias

As placas cimentícias foram confeccionadas utilizando-se a argamassa-padrão, com dimensões de 350x50x15mm, segundo a ASTM C 947-99. Em uma das faces foram colocados quatro linhas de fibra de vidro, com o respectivo tipo de *coating*, distanciadas entre si de 10mm. Para cada tipo de *coating* a ser ensaiado foram preparados 6 corpos-de-prova. Uma vez moldados e compactados em mesa vibratória, os corpos-de-prova foram curados por 28 dias em câmara úmida.

3.5.3) Processo de hidratação acelerado⁴

Após o processo de cura convencional de 7 dias, em câmara úmida, as amostras foram submetidas à processo de hidratação acelerado, imersos em água a 65°C, segundo procedimentos descritos por LITHERLAND (1981).

3.5.4) Ensaio das amostras

As amostras foram ensaiadas saturadas, segundo ASTM C 947-99, com velocidade de deslocamento de travessa de 3,0mm/min.

O tratamento estatístico foi feito segundo o *critério de Chauvenet*, adotando-se como número mínimo de amostras 3 corpos-de-prova.

4) RESULTADOS EXPERIMENTAIS

4.1) Amostras com *coating* de Látex

As FIGURAS 2A, 2B e 2C trazem os resultados obtidos para as amostras com *coating* com látex.

⁴ Preferimos não usar o termo *envelhecimento acelerado* pelo fato que, em nosso entendimento, este estar melhor relacionado às situações de uso como exposição à intempéries, ambientes agressivos, etc. que o material possa experimentar.

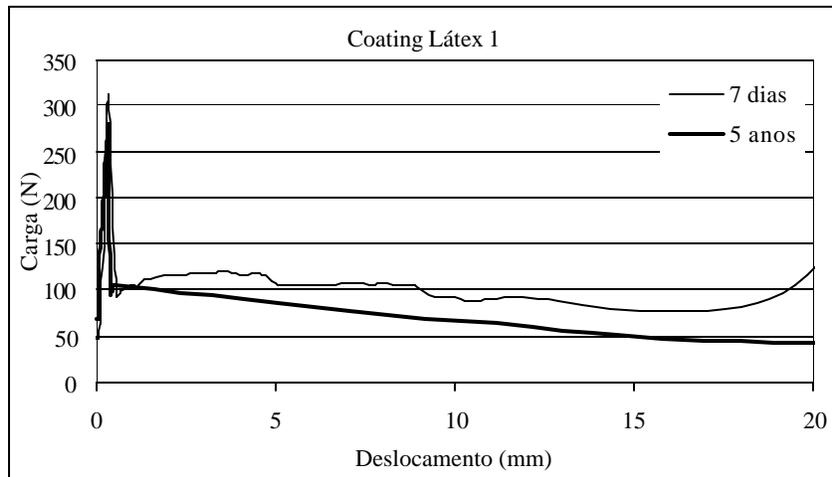


FIGURA 2.A - Amostras de fibra com *coating* com látex 1, com hidratação acelerada de 5 anos

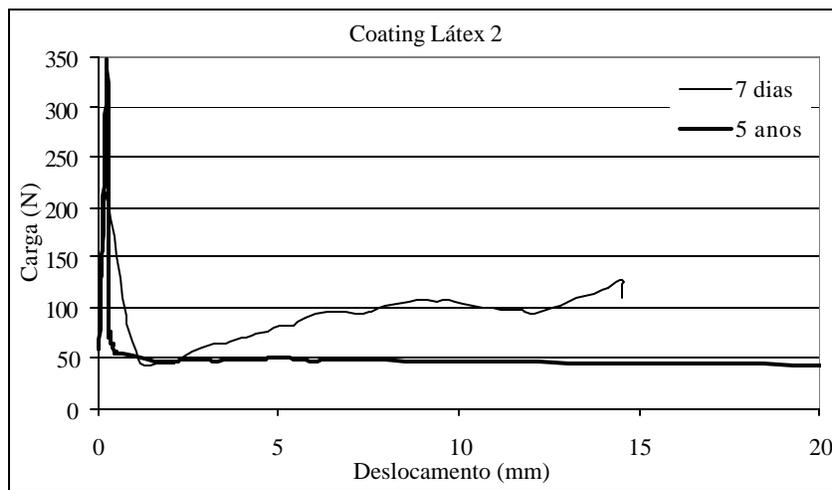


FIGURA 2.B - Amostras de fibra com *coating* de látex 2, com hidratação acelerada de 5 anos

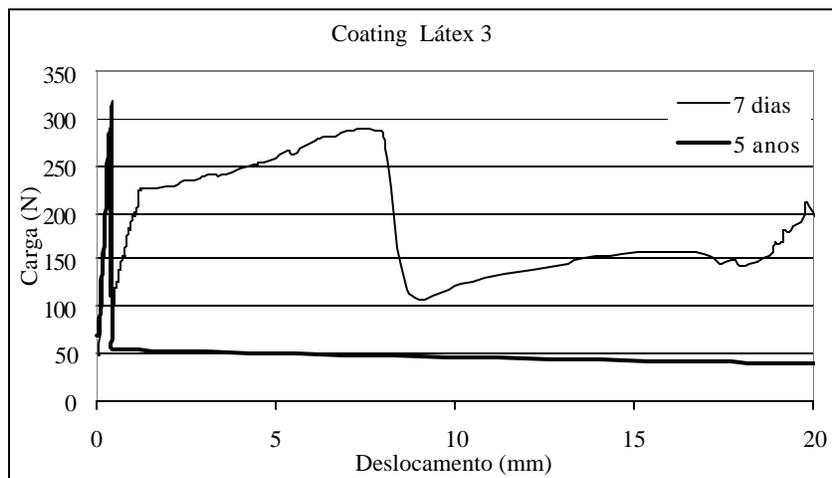


FIGURA 2.C - Amostras de fibra com *coating* de látex 3 com hidratação acelerada de 5 anos

Pode-se observar que nenhuma das amostras com *coating* de látex apresentaram eficiência na proteção superficial, em relação ao ataque alcalino, após processo de hidratação acelerada de 5 anos. Todas as amostras, para qualquer tipo de látex utilizado, apresentaram ruptura frágil, indicando que as fibras de vidro tiveram suas propriedades físicas afetadas devido a reação $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Esse resultado levou à formulação da seguinte hipótese:

O coating de látex utilizado foi de aproximadamente 20% da massa da fibra. Qual seria o resultado das amostras se o coating fosse feito com o teor de polímero original do látex(»50%)?

A FIGURA 3 apresenta os resultados obtidos para amostras com *coating* de látex, tal como industrializado.

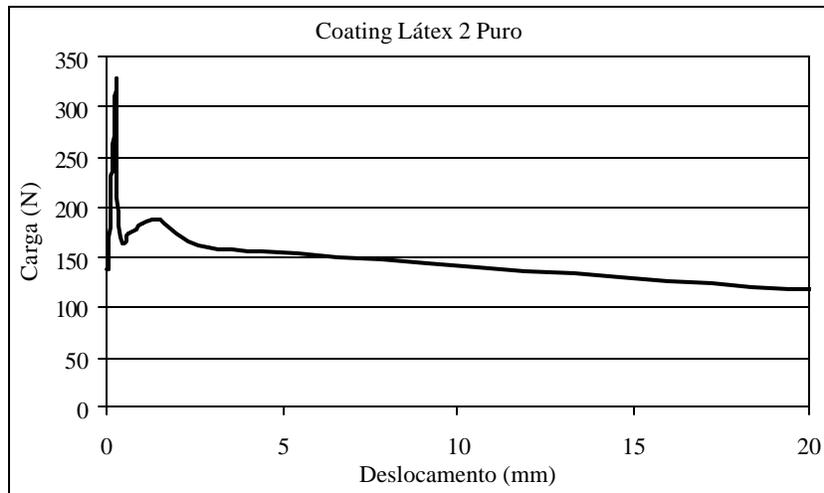


FIGURA 3 - Resultados obtidos para amostras com *coating* de látex 2 puro

Observou-se que a amostra de *coating* com látex 2 puro apresentou uma pequena resistência mecânica, se comparada às amostras das FIGURAS 2.A, 2.B e 2.C, porém, bastante aquém do desempenho esperado.

Outra hipótese levantada foi a de se fazer *coatings* duplos, ou seja, efetuar um primeiro *coating* com látex, esperar a polimerização e, a seguir, proceder um novo *coating*, com posterior polimerização.

No teste, utilizou-se duplo *coating* com látex 2, resultando num *coating* de cerca de 40% da massa da fibra. A FIGURA 4 apresenta o resultado obtido.

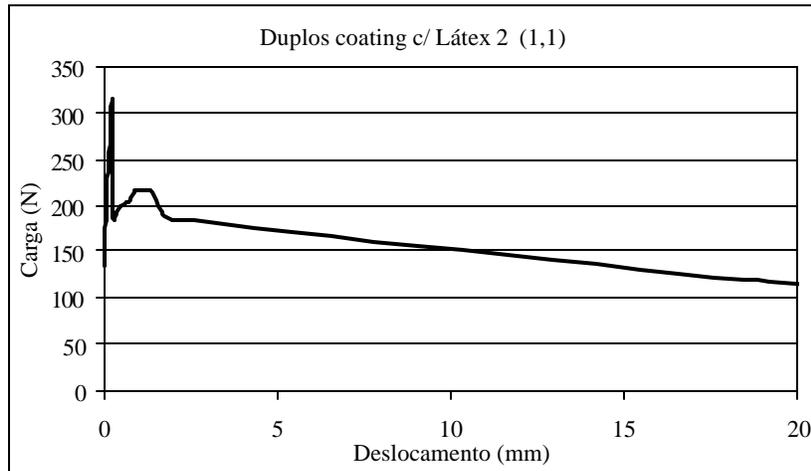


FIGURA 4 – Resultado obtido com duplo *coating* com látex 2 diluído em proporção 1:1

As FIGURAS 5 e 6 trazem os resultados obtidos nas amostras com *coating* em uma mistura de látex e sílica ativa em emulsão coloidal. Aqui, misturou-se o látex 1 e 2 puros à emulsão de sílica ativa, sem se ater ao teor de *coating*, que será objeto em estudos futuros.

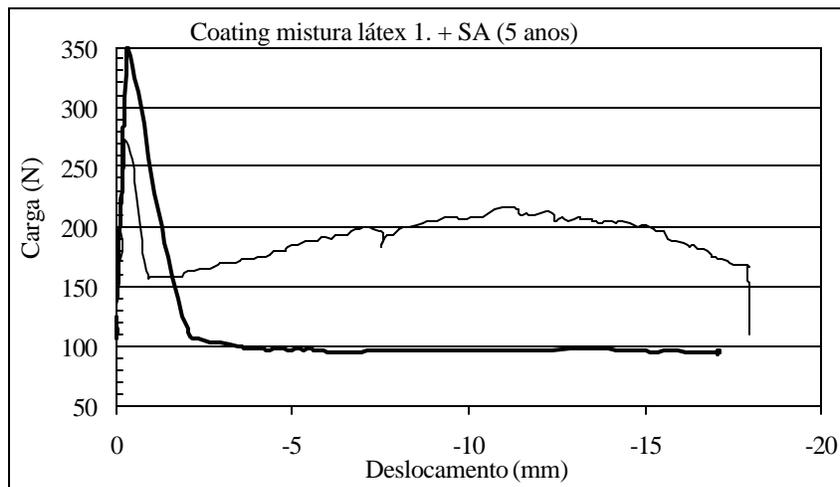


FIGURA 5 – Amostras com *coating* de mistura de Látex 1+ S.A. (linha fina: amostras padrão, linha grossa: amostras ensaiadas)

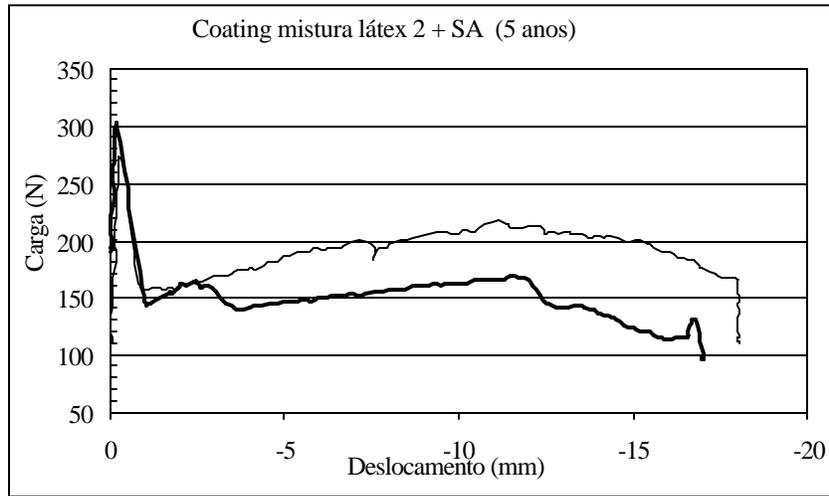


FIGURA 6 – Amostras com *coating* de mistura de Látex 2 + S.A. (linha fina: amostras padrão, linha grossa: amostras ensaiadas)

É possível notar que as amostras apresentam alguma resistência, porém, bastante aquém daquela desejada.

Uma outra maneira de se fazer um *coating* na fibra de vidro, utilizando látex e sílica ativa, foi realizada, seguindo os procedimentos:

- 1º) *Coating* da fibra de vidro em sílica ativa em emulsão coloidal;
- 2º) esperou-se a secagem da água;
- 3º) *coating* da fibra recoberta com sílica ativa no látex puro.

Os resultados dos ensaios são apresentados nas FIGURAS 7 e 8.

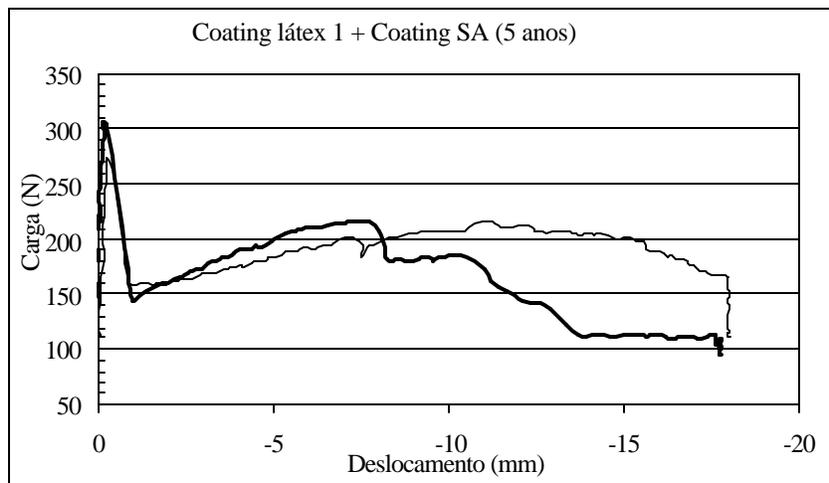


FIGURA 7 - Resultado dos ensaios das amostras com *coating* de Látex 1 + coating SA

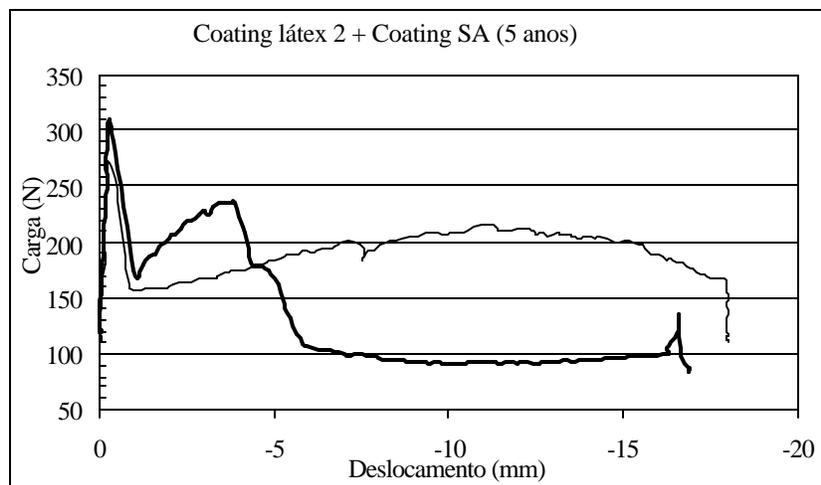


FIGURA 8 - Resultado dos ensaios das amostras com *coating* de S.A e Látex 2 (linha fina: amostras padrão, linha grossa: amostras ensaiadas)

As FIGURAS 7 e 8 mostram que os resultados obtidos são satisfatórios, se comparados aos obtidos com o *coating* com látex, com *coating* com S.A. exclusivamente e com a mistura de látex + S.A..

Observe-se que, principalmente para as amostras com *coating* S.A + *coating* látex 1 (SB), são apresentados melhores resultados, se aproximando da amostra padrão (linha fina).

Resultados menos significativos foram observados para as amostras com *coating* S.A + *coating* com látex 2, para tanto, cabe a seguinte observação: o *coating* com o látex 1 proporcionou uma fibra bastante maleável, diferente do látex 2 que resultou numa fibra rígida e com a camada de *coating* quebrável quando torcida. Talvez nesta diferença esteja a causa para um pior desempenho da fibra com *coating* com S.A e *coating* com látex 2.

5) ANÁLISE DOS RESULTADOS

Viu-se que o *coating* feito com qualquer um dos látexes utilizados não resultou em uma proteção efetiva da fibra, quanto ao ataque alcalino, depois de 5 anos no processo de hidratação acelerada. Porém, a utilização desse tipo de *coating* pode ser interessante na proteção das fibras às primeiras idades da argamassa de cimento Portland.

A ruptura frágil das amostras com *coating* exclusivamente de látex, aos 5 anos, deve-se a dois fatores que ocorreram concomitantemente: o aumento da resistência e do módulo de elasticidade da argamassa - devido imersão em água à 65°C⁵ - e à deficiência mecânica da fibra devido ataque do Ca(OH)₂. Uma maneira eficiente de verificar a intensidade do ataque alcalino à fibra de vidro é submetê-la a envelhecimento acelerado em solução saturada de

⁵ O processo de hidratação acelerado atuou como cura térmica.

Hidróxido de Cálcio e depois ensaiá-la à tração simples. Esse procedimento será realizado em futuros experimentos.

Acredita-se que um *coating* da fibra exclusivamente com sílica ativa em emulsão não resultaria em bons resultados pelo fato da sílica se misturar à água de amassamento da argamassa, deixando a fibra de vidro suscetível ao ataque do Ca(OH)_2 . A validade desta hipótese é reforçada pelo desempenho da fibra de vidro com *coating* de S.A. e posterior *coating* de látex (1 e 2). Neste caso, primeiro a película de látex impediu o contato da S.A. e da fibra de vidro com o Ca(OH)_2 , porém, uma vez que o filme de látex foi rompido, a S.A. passou a reagir com o Ca(OH)_2 , mas isso em idades mais avançadas.

Acredita-se que o motivo para o *coating* com a mistura de S.A. e látex não se mostrar eficiente - e sim o *coating* com S.A. e posterior *coating* com látex - deve-se ao fato das partículas de sílica ativa ficarem encapsuladas pelo filme de polímero, impossibilitando a reação da S.A. com o Ca(OH)_2 , pela reação pozolânica⁶.

O bom desempenho das amostras com duplo *coating*: S.A e Látex, indica que a hipótese que motivou a realização desta pesquisa parece estar correta, motivando futuros estudos do comportamento deste tipo de *coating* em idades mais avançadas (entre 10 e 15 anos de envelhecimento acelerado).

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PURNELL, P.; SHORT, N. R.; MAJUNDAR, A. J. (2000) "Microstructural observations in new matrix glass fibre reinforced". Cement and Concrete Research. Pergamon. Ed. 30.

PARDELA, M. L.; DEL AGUILA, A. (1992) "El envejecimiento de las pastas de cemento reforzadas con fibras de vidrio". Revista Materiales de construcción, vol. 42, n. 226.

BENTUR, A.; MINDESS, S. (1990) "Fibre reinforced cementitious composites". Elsevier Applied Science.

LITHERLAND, K. L., OAKLEY, D. R., PROCTOR, B. A. (1981) "The use of accelerated ageing procedures of predict the long term strength of GRC composites". Cement and Concrete Research. Pergamon. vol. 11, p. 455-466.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à **Owens Corning** e à **FIPAI** pelo financiamento desta pesquisa. Estendemos nossos agradecimentos à MBT, Microsílica e Holcim pelos materiais empregados.

CONTATO

Antônio de Paulo Peruzzi

Mestre em Tecnologia do Ambiente Construído – Doutorando da EESC-USP

e-mail: aperuzzi@sc.usp.br

Osny Pellegrino Ferreira

Professor Doutor da Escola de Engenharia de São Carlos – USP

e-mail: osnypefe@sc.usp.br

Edouard P. Zurstrassen

Engenheiro Químico –Owens Corning Fiberglas

e-mail: edouard.p.zurstrassen@owenscorning.com

⁶ A reação pozolânica consome Ca(OH)_2 , pois, resumidamente, as partículas de pozolana reagem com o Ca(OH)_2 formando C-S-H (produto desejável na hidratação) $\Rightarrow \text{Pozolana (Si)} + \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C-S-H}$