

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830
BT/PCC/228

**Painéis em Cimento Reforçado
com Fibras de Vidro (GRC)**

Vanessa Gomes da Silva
Vanderley Moacyr John

São Paulo - 1998

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico - Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Antônio Marcos de Aguirra Massola
Vice-Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. João da Rocha Lima Junior

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Antônio Domingues de Figueiredo
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico
Prof. Dr. Alex Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

Este texto faz parte da dissertação de mestrado de mesmo título que se encontra à disposição com os autores ou na biblioteca da Engenharia Civil.

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Vanessa Gomes da
Painéis em cimento reforçado com fibras de vidro (GRC) / V.G. da
Silva, V.M. John. -- São Paulo : EPUSP, 1998.
20 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departa-
mento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/228)

1. Painéis 2. Painéis em cimento reforçado com fibras de vidro I.
John, Vanderley Moacyr II. Universidade de São Paulo. Escola Politéc-
nica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV.
Série

ISSN 0103-9830

CDU 692.87
692.87-033.24



PAINÉIS EM CIMENTO REFORÇADO COM FIBRAS DE VIDRO (GRC)

RESUMO

Painéis leves em cimento reforçado com fibras de vidro são utilizados nos Estados Unidos, Europa e Japão como uma alternativa capaz de ampliar consideravelmente o potencial arquitetônico de fachadas pré-fabricadas.

O objetivo deste trabalho é apontar as principais vantagens da utilização de painéis GRC e apresentar os tipos de componentes disponíveis no mercado internacional e as tecnologias utilizadas para a sua produção.

A exemplo do ocorrido em nível internacional, a introdução de painéis GRC no mercado de construção brasileiro poderá representar a oferta de uma tecnologia eficiente de vedação de fachadas, com vantagens para projetistas e executores. A projeção manual gera componentes com propriedades mecânicas elevadas mediante um procedimento simples e de custo relativamente baixo, sendo, indiscutivelmente, o método mais indicado para o estágio inicial de implantação da tecnologia no Brasil. A projeção automática viria em um segundo momento, caracterizado por uma demanda consolidada por produtos repetitivos.

Palavras-chave: painéis, fachadas, cimento reforçado com fibras de vidro, GRC.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de GRC na produção de painéis foi pioneiramente utilizada na Inglaterra, como extensão das pesquisas realizadas pelo BRE para o desenvolvimento das fibras de vidro resistentes a álcalis.

Os primeiros painéis apresentavam configuração em sanduíche ou apenas um paramento externo com geometria simples, utilizando enrijecedores incorporados e cantoneiras de fixação aparafusadas ao componente (Figura 1_a). Essa última solução é utilizada ainda hoje, mas sua frequência foi diminuindo gradativamente com a consolidação do emprego de painéis enrijecidos por uma estrutura metálica leve (Figura 1_b), uma inovação criada na década de 70 pela indústria americana que permite peças maiores e com grande liberdade de formas (MOLLOY, 1985; SCHULTZ et al., 1987; PCI, 1994; McDOUGLE, 1995; PCI, 1995).

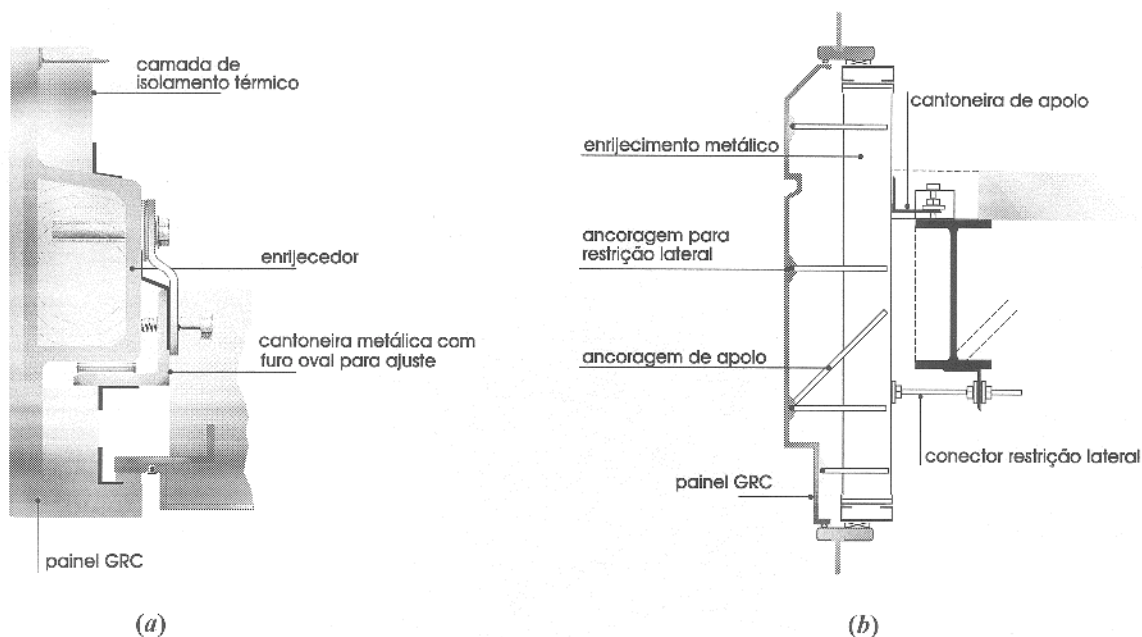


Figura 1 - (a) Painel GRC com enrijecimento incorporado e (b) painel enrijecido por uma estrutura metálica leve (*stud frame*²).

Os painéis de GRC podem ser empregados como alternativa ao uso de painéis de concreto ou em outras situações em que as tecnologias atualmente disponíveis mostrem-se pouco adequadas, como na restauração de edifícios de valor histórico, na reconstituição de materiais não mais disponíveis e na reabilitação de estruturas antigas ou danificadas.

A produção anual de painéis de fachada em GRC beira os 10 bilhões de m² ³, diluídos em diversos centros produtores em que se destacam Espanha, Inglaterra, Estados Unidos, Canadá e Japão. A exemplo do ocorrido em nível internacional, a introdução de painéis GRC no mercado de construção brasileiro poderá representar, simultaneamente, a oferta de uma tecnologia eficiente de vedação de fachadas e a geração de novas frentes de atuação para os fabricantes de pré-fabricados em concreto, com vantagens para projetistas e executores.

Nos próximos itens, apresenta-se as principais vantagens do emprego de painéis GRC na vedação de fachadas, assim como as propriedades mecânicas típicas, a formulação das misturas e os métodos utilizados na produção desses componentes.

2 Estrutura metálica composta por perfis leves em chapa dobrada, ligada ao painel por meio de placas de GRC (*bonding pads*) que fixam as ancoragens.

3 Estimativa obtida via e-mail do atual *chairman* da GRCA, Mr. Graham Gilbert, no dia 27/06/97 (Message ID [v01510103afd820b2ae9f@\[194.119.162.47\]](mailto:v01510103afd820b2ae9f@[194.119.162.47])).

2 VANTAGENS DO USO DE GRC NA CONFECÇÃO DE PAINÉIS DE FACHADA

As vantagens do emprego de painéis na vedação de fachadas tem sido crescentemente divulgadas, com reflexos positivos no cronograma e programação de atividades, na redução do índice de trabalho no canteiro, na racionalização do processo construtivo e, conseqüentemente, na qualidade do produto final. A essas vantagens acrescentam-se diversas outras quando se utiliza o GRC na produção dos painéis, principalmente no que tange à *leveza, à aptidão a incorporação de instalações e camadas de isolamento embutidas e à flexibilidade de projeto* oferecidas pelos componentes.

Apesar de contar com alguma flexibilidade de formas, a geometria dos painéis em concreto é definida basicamente pela disposição e cobrimento para a proteção da armadura de aço. Nos painéis de GRC, o reforço é disperso uniforme e bidimensionalmente pela matriz de cimento, eliminando as limitações impostas por dificuldades de armação. Como as fibras, não são susceptíveis à corrosão, *o cobrimento é da ordem de milímetros*, estritamente o necessário para evitar a exposição das fibras.

O aumento significativo da resistência inicial a impacto, à tração e à flexão é fundamental para evitar quebras e danos superficiais durante o manuseio e içamento dos painéis e permite reduzir a espessura dos componentes e eliminar a armação de reforço em torno das ancoragens para içamento de painéis de concreto.

Quando comparados a componentes similares em concreto convencional, as principais vantagens do GRC relacionam-se à massa significativamente inferior, proporcionada por uma espessura típica entre 10 e 15 mm. Com a redução da massa dos painéis, a imposição de cargas permanentes diminui e permite reduzir as seções de elementos de fundação⁴, constituindo uma alternativa especialmente indicada para situações em que solos com pequena capacidade de suporte ou danos ao sistema estrutural do edifício limitem o peso máximo do sistema de vedação e revestimento.

A redução no peso dos componentes permite que os painéis sejam manipulados com equipamentos de menor porte desde a etapa de fabricação, além de reduzir os custos unitários de

⁴ SABBATINI (1998) alerta que, no Brasil, o alívio de carga de peso próprio imposto por painéis leves que não contraventam a estrutura pode ser considerado apenas no dimensionamento de fundações e não para a redução de seção das peças estruturais. O procedimento de dimensionamento utilizado no país gera estruturas que normalmente não atendem às exigências normativas de estabilidade global frente as solicitações de vento e, para uso de vedações que não contribuam na rigidez da estrutura, as seções das peças estruturais provavelmente serão maiores que as praticadas para vedação tradicional.

transporte dos componentes acabados⁵, já que uma maior área de painéis pode ser embarcada por vez (BENNETT Jr., 1988).

Os painéis de GRC são geralmente entregues nas obras enrijecidos por urna estrutura metálica, que promove a fixação dos painéis à estrutura do edifício e serve de suporte para a aplicação dos elementos de acabamento interno e para os caixilhos das esquadrias (Figura 2_a).

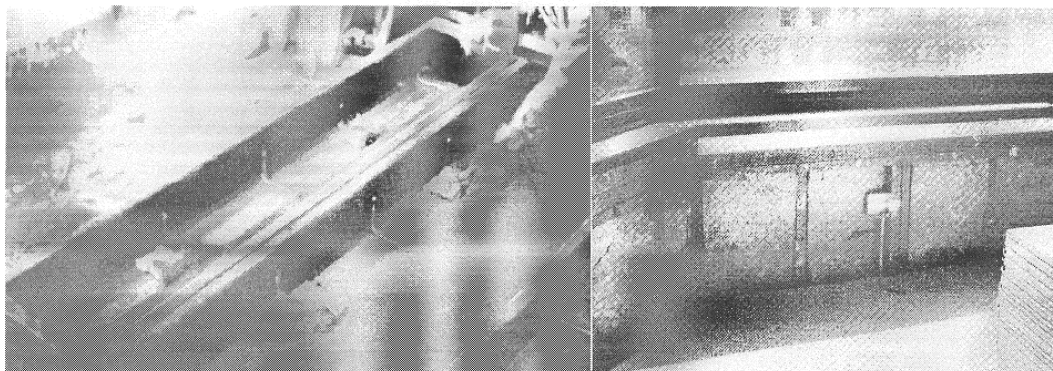


Figura 2 – (a) Enrijecimento metálico incorporado aos painéis em GRC e (b) passagem de tubulações entre os paramentos da fachada (PCI, 1994).

A cavidade criada entre os paramentos interno e externo que compõem a fachada é apropriada para abrigar a passagem de instalações e camadas de material isolante e fonoabsorvente (Figura 2_b), propiciando a graduação do nível de isolamento termoacústico de acordo com o rigor das condições de exposição, a racionalização dos projetos complementares e o aumento na área útil dos pavimentos, normalmente prejudicada pela necessidade de maior espessura de parede para oferecer níveis de conforto termoacústico equivalentes.

A utilização do cimento reforçado com fibras de vidro confere grande *flexibilidade de formas, dimensões, cores e texturas superficiais* aos componentes.

A tixotropia inicial induzida pelas fibras, associada à moldabilidade da mistura e às características das tecnologias de produção, permite a conformação de painéis retilíneos, curvos e peças de canto com raio reduzido ou arestas vivas (Figura 3) (F1P, 1984; BENTUR; MINDESS, 1990; PCI, 1994). Independentemente da complexidade superficial do componente, o custo final do painel é função do grau de reutilização dos moldes, um dos principais fatores que determinam a modulação adotada no projeto.

⁵ O custo do transporte é estabelecido em função da unidade de volume ou de massa transportada. Um painel em GRC pesa aproximadamente 1/6 de um componente de função similar feito em concreto armado. Sendo assim, para uma mesma massa transportada, é possível embarcar uma área superficial muitas vezes superior.

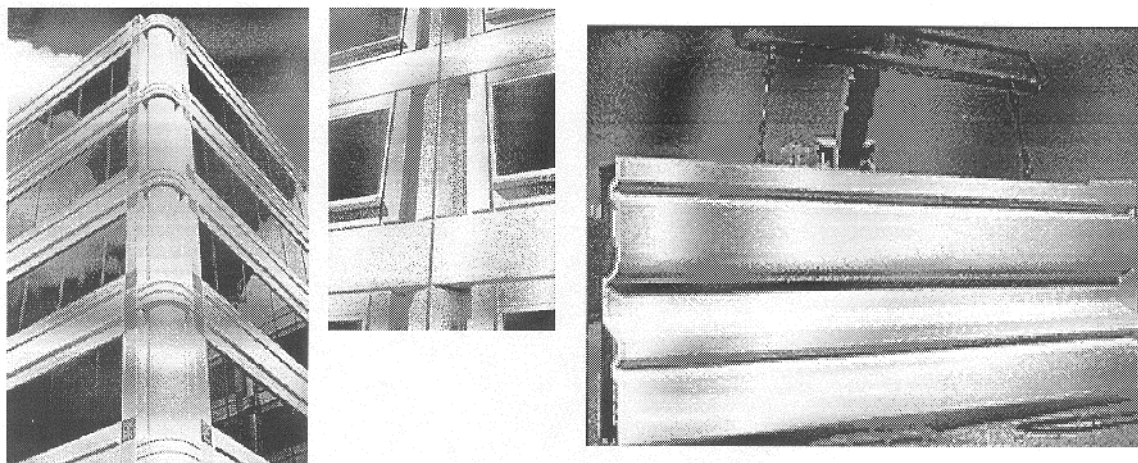


Figura 3 - Flexibilidade de formas, cores, texturas e acabamentos admitida pelos painéis de cimento reforçado com fibras de vidro (PCI, 1995).

O reforço proporcionado pelas fibras permite que os painéis GRC tenham sua maior dimensão tanto no sentido horizontal como vertical, o que facilita a definição da modulação da fachada. A versatilidade de geometrias e seções pode ser explorada para criar recuos do plano das esquadrias, um recursos de sombreamento horizontal e vertical que contribui na redução do ganho de calor por incidência solar direta sem prejuízo da ventilação e iluminação naturais.

Seja por requisito estático ou para reproduzir outros materiais de construção, é possível aplicar diversas cores e texturas aos componentes em GRC. A textura dada pela superfície do molde é, certamente, a alternativa de acabamento superficial mais econômica, mas esbarra em dois problemas: a falta de uniformidade de aspecto e a fissuração superficial da pasta de cimento que reveste o painel. A uniformidade do acabamento depende diretamente da homogeneidade de coloração do cimento e dos pigmentos, e requer maior controle da origem dos materiais e da homogeneização da mistura.

O prejuízo estético provocado pelas fissuras superficiais pode ser amenizado pela alteração do perfil geométrico do painel ou pela subdivisão de sua superfície em áreas menores. Entretanto, apesar de invisíveis a média distância e de não serem críticas em termos de durabilidade, essas fissuras acumulam água e poluentes, criando condições ideais para a proliferação de microorganismos (PCI, 1994).

Apesar das publicações do PCI (PCI, 1991 e PCI, 1994) incluírem a incorporação de placas de granito, *terracotta* e cerâmica entre os padrões de acabamento de painéis GRC, recomenda-se que somente painéis integralmente pigmentados ou com argamassas de acabamento com variação volumétrica compatível com a do compósito. Nesse segunda alternativa, a formulação da argamassa de acabamento e as características dos agregados decorativos definem a cor do componente.

A remoção da pasta em torno dos agregados é feita química (utilizando retardadores ou aplicando ácido diluído) ou mecanicamente (utilizando abrasivos, escovas, jato de areia ou polimento), resultando em diferentes graus de exposição.

3 DIMENSÕES TÍPICAS E PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PAINÉIS GRC

Os painéis GRC para fachadas podem ser produzidos como peças inteiriças, que vencem todo o pé-direito ou apenas o vão entre esquadrias, ou específicas para o revestimento de pilares (PCI, 1994; PCI, 1995).

A Tabela 1 ilustra o comportamento mecânico de painéis GRC aos 28 dias de idade. A massa dos componentes normalmente varia entre 50 e 120 kg/m², de acordo com a forma, dimensões e o tipo de acabamento, fatores que definem o tipo de enrijecimento a ser utilizado. As dimensões usuais são de 1,5 e 3 m de altura por 2 a 6 m de comprimento, mas painéis com até 4m x 9m já foram moldados com espessura de 13 mm (SCHULTZ *et al.*, 1987; McDOUGLE, 1995).

Tabela 1 - Propriedades típicas de painéis GRC aos 28 dias (GRCA, 1995).

Propriedades	Tecnologia de Produção	
	Projeção	Pré-mistura e moldagem
Resistência à flexão	20 - 30 MPa	10 - 14 MPa
Resistência à tração última	8 - 11 MPa	4 - 7 MPa
Resistência à compressão	50 - 80 MPa	40 - 60 MPa
Resistência a impacto	10 - 25 KJ/m ²	10 - 15 KJ/m ²
Módulo de elasticidade	10 - 20 GPa	10 - 20 GPa
Deformação na ruptura	0,6 - 1,2 %	0,1 - 0,2 %

A espessura típica da camada de GRC é de 13 a 20 mm, não devendo em nenhum caso ser inferior a 13mm, devido ao risco de exposição de fibras e à heterogeneidade de projeção, que pode gerar pontos com espessura inferior à especificada. Por serem peças tão esbeltas, apenas os painéis com dimensões menores que 1m e com geometria funcionalmente eficiente podem prescindir de artifícios de enrijecimento (PCI, 1994, McDOUGLE, 1995).

Aumentar a espessura dos componentes para produzir painéis de grandes dimensões não é economicamente interessante e, nesse caso, torna-se imperativa a utilização de *enrijecedores pré-fabricados* como estruturas metálicas leves (Figura 2_a), tubos estruturais ou chapas metálicas; ou

de *nervuras na face interna do painel* obtidas pela projeção de GRC em torno de tiras de poliestireno expandido ou espuma de poliuretano previamente distribuídas (Figura 4). Cada um destes sistemas fornece meios para ligação dos painéis à estrutura do edifício.

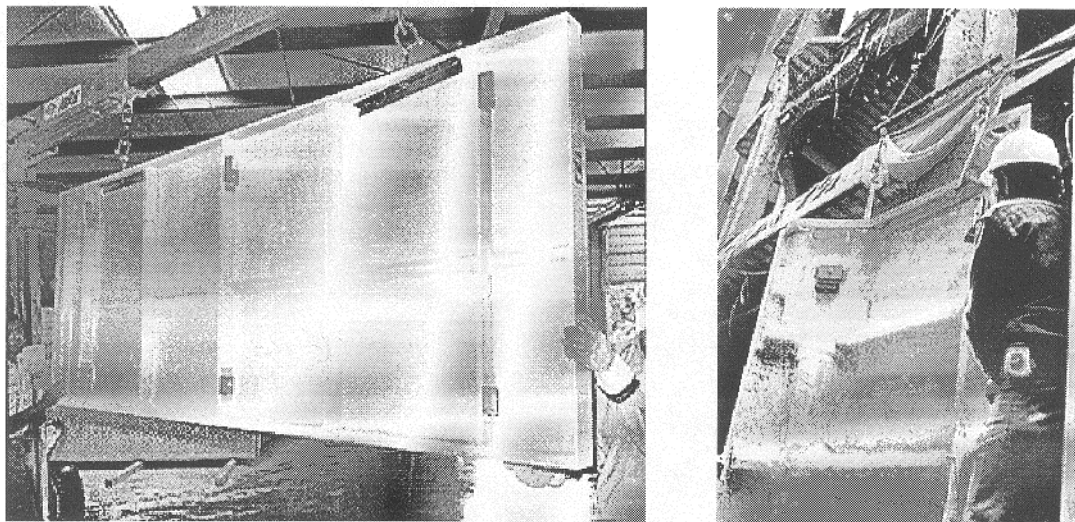


Figura 4 - Nervuras para enrijecimento de painéis de cimento reforçado com fibras de vidro (PCI, 1995).

Atualmente, a quase totalidade dos painéis GRC utiliza enrijecimento metálico, uma tecnologia americana em que ancoragens flexíveis transmitem os esforços de vento atuando sobre a placa de GRC para a estrutura metálica auxiliar. Conforme as dimensões do painel, ancoragens especiais podem ser necessárias para transmitir o peso próprio do componente para o sistema de enrijecimento (SCHULTZ *et al.*, 1987; OESTERLE *et al.*, 1990; PCI, 1994).

4 FORMULAÇÃO DAS MISTURAS DE GRC E DE ACABAMENTO UTILIZADAS EM PAINÉIS DE FACHADA

O melhor proporcionamento do GRC é definido com base nos requisitos de desempenho (resistência mecânica, resistência ao fogo e densidade, entre outras propriedades) e de fabricação dos painéis (teor de fibras, complexidade de formas e texturas). A seleção dos constituintes do compósito e das misturas de acabamento é função de sua adequação à tecnologia adotada na produção do componente e às condições de exposição a que estarão submetidos.

As características e quantidade de cimento interferem na dosagem do compósito e nos procedimentos de projeção e acabamento. O bombeamento que precede a projeção das misturas exige uma mistura rica em pasta de cimento e com agregados com diâmetro controlado, o que aumenta a fluidez e permite que o compósito adquira facilmente os contornos e texturas impressas

nos moldes. A única limitação nesse sentido é a escala de detalhes em que as fibras de vidro podem penetrar, que pode exigir uma camada inicial, sem reforço (*mist coat*), para reproduzir a textura, seguida da projeção do compósito propriamente (PCI, 1991; PCI, 1994).

A seleção do cimento deve atender às exigências normativas de resistência e durabilidade e apresentar uniformidade de coloração, especialmente quando se trata de componentes sem revestimento incorporado. Nesses casos, o PCI (1994) recomenda que o cimento a ser empregado na confecção de painéis em um mesmo pano de fachada seja sempre proveniente de um mesmo lote, principalmente em se tratando de cimento branco. O mesmo cuidado aplica-se aos pigmentos utilizados.

Conforme o produto final, pode-se utilizar uma série de aditivos redutores de água, incorporadores de ar e aceleradores ou retardadores de pega, pigmentos e adições minerais (PCI, 1994). Os pigmentos devem ser estáveis sob alta temperatura e radiação ultravioleta, resistentes a meios alcalinos e inofensivos à pega do cimento e resistência do GRC e da camada de acabamento⁶.

Os agregados são utilizados nos painéis GRC em duas situações distintas: como *parte do compósito*, para controlar a retração; e *na camada de acabamento*, para definir a textura e a coloração do componente. Os agregados usados na mistura de GRC têm suas características controladas pela tecnologia de projeção, que limita o diâmetro máximo a 0,85mm para evitar entupimentos do equipamento e facilitar a dispersão das fibras. Grãos arredondados facilitam o bombeamento e o teor de finos ($\phi < 0,15$ mm) é limitado a 2%, visando controlar a quantidade de água necessária para manter uma trabalhabilidade já prejudicada pela presença das fibras (FIP, 1984; BALAGURU; SHAH, 1992; PCI, 1994).

Nos agregados decorativos, as características mais importantes passam a ser a *dureza*, exigida pelos tratamentos superficiais que promovem a exposição dos agregados; a *estabilidade a longo prazo*, relacionada à reatividade e à presença de materiais orgânicos, deletérios ou que possam provocar manchas ou alterações superficiais; e o *diâmetro máximo* dos grãos.

A cor e textura especificadas no projeto do painel determinam a graduação, a cor e o proporcionamento entre diferentes agregados. Qualquer variação nesses parâmetros altera significativamente a uniformidade e a aparência final do componente, especialmente se o tratamento superficial aplicado utilizar retardadores e jateamento com areia.

⁶ De acordo com a ASTM C979 - *Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete*.

⁷ NBR 07211 (*Agregados para concreto*) e ASTM C144 (*Standard specification for aggregate for masonry mortar*).

O diâmetro máximo deve ser inferior a 10mm (PCI, 1994; McDOUGLE, 1995), para limitar a espessura da camada de acabamento e, conseqüentemente, o aumento de peso próprio do painel sem aumento equivalente da seção resistente; e para evitar o desprendimento das partículas de agregado por ancoragem insuficiente.

Além da durabilidade e das propriedades mecânicas propriamente, em se tratando de componentes de pequena espessura, cresce a dependência de outras propriedades em relação à formulação do compósito, em especial da *trabalhabilidade da mistura fresca*, relacionada à facilidade de bombeamento (projeção, injeção) e ao preenchimento completo do molde (injeção, prensagem); da *retração por secagem* e da *absorção d'água* (BALAGURU;SHAIL, 1992).

No caso específico de painéis de fachada, os dois últimos aspectos merecem especial atenção. A absorção de água afeta diretamente a estabilidade dimensional e o peso do componente. A retração por secagem, por sua vez, é fonte de uma fissuração intensa, tendo em vista o elevado consumo de cimento necessário para evitar a exposição das fibras e facilitar o bombeamento até o bico de projeção (Tabela 3. 1).

Tabela 3.1 - Formulação típica de misturas GRC empregadas na produção de painéis de fachada (Cem-FIL LTD., 1996).

Constituintes (por m ³)	Tecnologia de Produção	
	Projeção (5% fibras)	Pré-mistura e moldagem (3% fibras)
Cimento	723,56 kg	723,56 kg
Areia	723,56 kg	723,56 kg
Plastificantes	10,20 kg	10,20 kg
Polímeros	200,84 kg	200,84 kg
Fibras AR	100,64 kg	60,30 kg
Água	241,19 kg	281,53 kg

Relação a/c = 0,33; proporção cimento:areia = 1:1

Dispersões de co-polímeros termoplásticos foram inicialmente utilizadas como uma alternativa para substituir a cura úmida⁸. Verificou-se, posteriormente, que a adição de polímeros reduz o módulo

⁸ Estas dispersões devem atender às especificações do Apêndice L do PCI *Recommended Practice for GFRC Cladding Panels* (PCI, 1994).

de elasticidade e a variação volumétrica causada por ciclos de absorção de água, vantagens importantes quando se trata de painéis de fachada (DANIEL; SCHULTZ, 1985; SCHULTZ *et al.*, 1992; BJEN, 1993; PCI, 1994; Cem-FIL Ltd., 1997).

Por vezes, adiciona-se polímeros também à camada de acabamento, de acordo com o tipo de tratamento superficial pretendido. A presença de polímeros aumenta o tempo de espera antes de fazer o acabamento com retardador e aplicação de ácido. Já no caso de acabamentos que não envolvam remoção de pasta, a adição de polímeros é benéfica, pois resulta em uma camada mais densa, com menos imperfeições e menor potencial de fissuração superficial (PCI, 1991).

5 PROCESSOS DE PRODUÇÃO

As tecnologias de fabricação de GRC podem ser divididas basicamente em três grupos: (1) **pré-mistura**, em que as fibras tendem a distribuir-se tridimensionalmente; (2) **adaptações da indústria de plásticos reforçados e variações do processo HATSCHEK**, em que se utiliza fibras contínuas para maximizar a resistência em uma ou em duas direções ou a combinação de fibras contínuas e discretas e (3) **métodos de projeção**, que promovem a distribuição bidimensional aleatória de fibras discretas ao longo do plano projetado.

As tecnologias derivadas de procedimentos tradicionalmente utilizados pelas indústrias de cimento-amianto e plástico reforçado são os métodos de produção que oferecem maior capacidade de incorporação de fibras, vencendo uma dificuldade prática que usualmente impede a maximização do aproveitamento da capacidade do reforço, tanto maior quanto mais próximo o volume de fibras adicionado estiver do *volume de fibras crítico*⁹ (HANNANT, 1978, BENTUR; MINDESS, 1990, BALAGURU; SHAH, 1992).

No entanto, o custo elevado dessas tecnologias as tem mantido com uma participação pouco expressiva na produção de componentes GRC (MAJUMDAR; LAWS, 1991), e apenas alguns tratamentos subseqüentes à pré-mistura e os métodos de projeção são empregados na produção de painéis de fachada. A laminação manual (*lay-up process*) é utilizada na produção de peças pequenas e muito ornamentadas, empregadas na restauração de edifícios de valor histórico.

⁹ Volume mínimo de fibras para que capacidade de reforço das fibras seja superior a tensão de fissuração da matriz. A ruptura de compósitos com volume de fibra inferior ao volume crítico é provocada pela propagação de uma única fissura, uma vez que não há quantidade de fibras suficiente para suportar a tensão transmitida pela matriz ao fissurar. Em compósitos com volume de fibra inferior ao volume crítico, a matriz passa por um estágio de fissuração múltipla sem que ocorra a ruptura do compósito (BENTUR; MINDESS, 1990).

5.1 Pré-mistura

Os diferentes métodos de fabricação de componentes por pré-mistura foram desenvolvidos como uma tentativa natural de se empregar na produção de componentes GRC os mesmos equipamentos e técnicas utilizados para pré-fabricados de concreto comum. Nesse processo, os constituintes do GRC são intimamente misturados e tratados posteriormente para alterar a distribuição tridimensional das fibras. Na produção de painéis de fachada por pré-mistura, utiliza-se a prensagem e, eventualmente, a moldagem tradicional seguida por vibração do componente na fôrma (FIP, 1984; MAJUMD; LAWS, 1991).

Os teores usuais de fibra adicionados na pré-mistura estão entre 1,5 e 5% da massa dos demais sólidos secos, para feixes de até 25 mm de comprimento (HANNANT, 1978). Teores maiores de fibra geram dificuldades de compactação que são apenas parcialmente contornadas pela vibração dos moldes. A dificuldade em dispersar uniformemente fibras com comprimentos maiores prejudica o manuseio da mistura fresca e limita a quantidade de fibras incorporadas (HILLS, 1975; HANNANT, 1978).

5.2 Métodos de Projeção

As técnicas de projeção geram componentes com aproximadamente o dobro da resistência mecânica de produtos similares obtidos por pré-mistura por não danificar a superfície das fibras e distribuir bidimensionalmente um maior teor de fibras maiores, mediante uma relação água/cimento em torno de 0.3 (MAJUMDAR; NURSE, 1974; HILLS, 1975; HANNANT, 1978; BENTUR; MINDESS, 1990).

Os processos de projeção podem ser divididos em dois tipos: projeção indireta (spray-suction) e direta (spray-up). A projeção indireta foi desenvolvida a partir da indústria de plásticos reforçados e consiste da alimentação da máquina de projeção com feixes contínuos de fibra, que são cortados em comprimentos entre 10 e 50 mm (HANNANT, 1978; MAJUMDAR; LAWS, 1991).

As fibras e a matriz são projetadas simultaneamente e em alta velocidade contra o molde revestido com papel de filtro, sendo o excesso de água retirado pela aplicação de vácuo (Figura 5). Atingida a espessura desejada, o componente pode ser imediatamente desmoldado e apresenta resistência no estado fresco suficiente para a impressão de formas variadas (HANNANT, 1978).

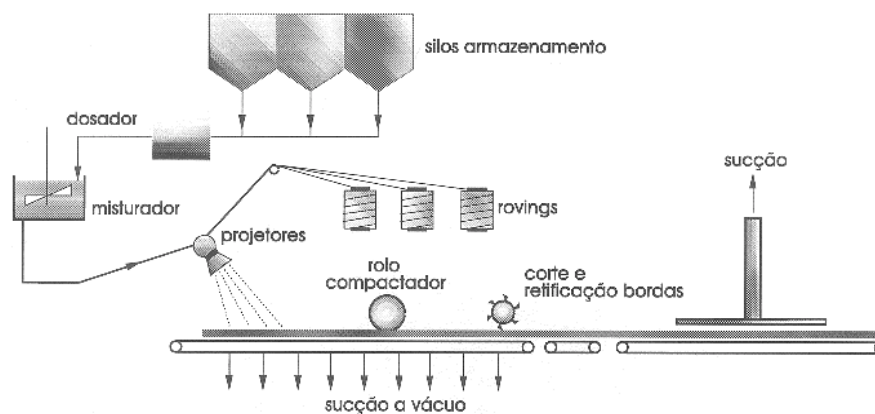


Figura 5 - Projeção indireta (HANNANT, 1978).

Na projeção direta, a etapa final de sucção é eliminada e o compósito é projetado diretamente contra o molde através de um equipamento dotado de duas unidades de projeção: uma para a argamassa e outra que corta e projeta as fibras de vidro (Figura 6). Os jatos encontram-se na superfície do molde, gerando a distribuição uniforme de um compósito com teor de fibras relativamente alto (~5%), distribuído bidimensionalmente no plano projetado (BENTUR; MINDESS, 1990).

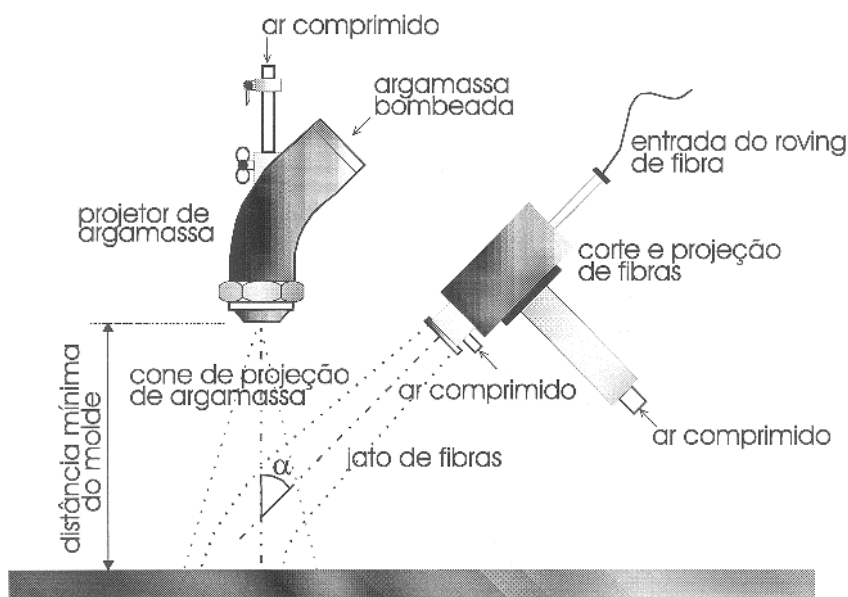


Figura 6 - Esquema do bico utilizado na projeção direta (BENTUR; MINDESS, 1990).

O teor de fibras pode ser controlado pelo ajuste da taxa de saída de cada unidade de projeção. Para dispensar a aplicação de vácuo, a relação a/c utilizada é baixa, entre 0.30 a 0.35, exigindo o emprego de aditivos para manter a consistência adequada à projeção. O adensamento é manual, gerando componentes com densidade entre 1750 e 2000 kg/m³, ligeiramente inferior àquela obtida por projeção indireta (2000 a 2100 kg/m³) (HANNANT, 1978; BENTUR; MINDESS, 1990).

Ao eliminar as etapas finais de compactação e sucção que acabam limitando a geometria dos componentes, a projeção direta aplica-se ao preenchimento de moldes simples ou complexos, uma vantagem decisiva sobre as demais tecnologias de produção que isolou esse método como o processo mais freqüentemente empregado na fabricação de painéis de fachada.

A produção de painéis por projeção direta começa pela projeção ou emprego de rolos para distribuir, logo após a aplicação de um agente desmoldante, uma fina camada de pasta para preencher a textura do molde e garantir o cobrimento das fibras (face coat ou mist coat) ou de uma camada mais espessa, com espessura entre 3 e 13 mm, é que constituirá o acabamento superficial (face mix) (PCI, 1994; BALAGUER et al, 1995; McDOUGLE, 1995).

A argamassa é bombeada até o bico de projeção, onde as fibras de vidro contínuas são cortadas em feixes com 38mm de comprimento (PCI, 1995). Argamassa e fibras são, então, projetadas simultaneamente (Figura 7_a).



Figura 7 - Painel sendo produzido por projeção e adensamento manual (PCI, 1995).

As camadas do compósito são sucessivamente projetadas com espessura entre 6 e 8 mm (PCI, 1994), sendo cada uma delas compactada manualmente (Figura 7_b) até que o painel atinja a espessura especificada em projeto, normalmente entre 13 e 20 mm (McDOUGLE, 1995).

¹⁰ Sempre 3 mm maior que o diâmetro máximo do agregado utilizado (PCI, 1994).

Desde a camada de cobrimento ou de acabamento, cada nova camada deve ser aplicada e compactada antes do início de pega da camada anterior.

A própria pressão de projeção compacta parcialmente o compósito, mas precisa ser complementada pela compactação a rolo, que evita a delaminação das camadas projetadas e assegura o preenchimento do molde e a remoção do ar incorporado. O controle da espessura é feito desde a camada de acabamento, tendo em vista que espessura de compósito projetado é controlada pela introdução de pinos que medem a distancia até a superfície do molde (DANIEL *et al.*, 1989; PCI, 1994; McDOUGLE, 1995).

A espessura mínima da camada de acabamento deve ser mantida para garantir que haverá material suficiente para ser retirado durante a aplicação de jato de areia ou outro tratamento utilizado na exposição dos agregados. A espessura máxima da camada também deve ser observada, para minimizar a restrição imposta pelo revestimento à variação volumétrica do GRC (DANIEL *et al.*, 1989; PCI, 1994; McDOUGLE, 1995).

Entre os sucessivos ciclos de projeção, os elementos de isolamento (no caso de painéis sanduíche), enrijecimento e ancoragem são posicionados (BALAGUER *et al.*, 1995). Nos painéis enrijecidos por estrutura metálica, a confecção e o posicionamento das chapas que ligam as ancoragens ao painel de GRC (*bonding pads*¹¹) são feitos manualmente (Figura 8).



Figura 8 - Posicionamento e incorporação do enrijecimento metálico a painéis GRC (PCI, 1995).

Nos painéis com enrijecedores incorporados, a ligação dos painéis à estrutura do edifício é feita por parafusos. As buchas a serem embebidas no GRC são posicionadas em regiões com volume adequado de compósito com boa distribuição de fibras e ficam ligeiramente salientes para evitar danos no painel durante o aperto dos parafusos e chumbadores (GRCA, 1994).

¹¹ Porção suplementar de GRC com área efetiva mínima de 155 cm² que cobre a base das ancoragens em "L" soldadas ou aparafusadas à estrutura de enrijecimento (PCI, 1994). A área ideal para a chapa de ligação deve ser definida por ensaios de arrancamento axial ou por cisalhamento de corpos-de-prova envelhecidos (PCI, 1991).

Para evitar fixações muito próximas das bordas dos painéis, costuma-se chanfrar os encontros das arestas para criar as condições ideais para fixação.

Seções vazadas são produzidas com o auxílio de peças auxiliares de GRC ou papel do rígido que servem de fôrma para a projeção do GRC. É possível incorporar aos painéis peças de GRC muito ornamentadas, produzidas; por laminação manual, por exemplo, desde que sejam posicionadas e feita a projeção antes de secar completamente, para minimizar a restrição causada por retração diferencial (PCI, 1994).

Como na pré-fabricação tradicional, finalizada a compactação (ou a ligação ao enrijecimento), o passo seguinte é a cura do componente. Os painéis em GRC são ainda mais sensíveis à perda de água do que produtos similares em concreto. A elevada relação entre a área superficial e a espessura dos componentes facilitam a evaporação rápida da água e a retração resultante prejudica as propriedades dependentes da qualidade da matriz e pode levar deformação irreversível das peças (FIP, 1984; BENTUR; MINDESS, 1990).

Quando utiliza-se a cura úmida, completada a projeção e - se for o caso - a montagem do enrijecimento metálico, os painéis devem ser cobertos por um filme de polietileno e deixados em câmara de cura por pelo menos 7 dias (PCI, 1991). Para diminuir a sensibilidade dos painéis GRC a deficiências na cura úmida e reduzir o prazo de produção, um dos métodos estudados foi a adição de polímeros na formulação do compósito (BENTUR; MINDESS, 1990).

As partículas de polímeros coalescem e formam um filme que retém a umidade, garantindo a hidratação do cimento e inibindo a fissuração superficial. Os painéis devem ser protegidos da umidade e de movimentos de ar durante as três primeiras horas, enquanto dá-se a formação do filme (PCI, 1991). Verificados os efeitos benéficos sobre outras propriedades do compósito, a adição de polímeros converteu-se em uma prática consolidada na indústria de GRC (SCHULTZ *et al*, 1992; PCI, 1994; Cem-FIL Ltd., 1997).

5.2.1 A mecanização da produção

O método de projeção e compactação manual é intensamente utilizado para a fabricação de painéis GRC. Entretanto, apesar da flexibilidade das soluções arquitetônicas que proporciona, a projeção direta embute elevado *índice de trabalho*. Para cada operário trabalhando na projeção, três outros são necessários para fazer a compactação do painel (BALAGUER *et al*, 1995). Caso sejam considerados a adição de enrijecedores, o posicionamento e projeção de *bonding pads* e as atividades que complementam os ciclos de projeção (como o transporte dos moldes e a aplicação de tratamentos superficiais), o volume de trabalho manual incorporado e o ciclo de produção crescem significativamente (BENNETT Jr., 1988).

Com as inúmeras operações manuais que compõem o processo de produção, a qualidade final do componente torna-se muito sensível à habilidade do operador, o que aumenta a necessidade de

monitoramento e controle de qualidade. Em se tratando de componentes muito esbeltos (*thin-sheet products*), os defeitos de projeção adquirem peso muito maior.

Com o objetivo de reduzir o número de operações manuais durante o processo e efetivamente aproximar a manufatura do conceito de linha de produção, vêm sendo consolidados estudos acerca da *automatização da projeção* de painéis (BALAGUER *et al.*, 1993, BALAGUER *et al.*, 1995).

O princípio da mecanização consiste na aplicação de maior pressão de projeção de forma a *eliminar a necessidade de compactação intermediária*, o que, juntamente com o aumento na quantidade de material projetado (28kg/min, contra 12 kg/min obtidos na projeção manual), reduz o ciclo de produção e incrementa notavelmente a produtividade (BENNETT Jr., 1988).

A uniformidade de espessura da camada projetada tem reflexos importantes na densidade superficial do painel e na distribuição das tensões atuando sobre ele. A orientação do equipamento de projeção é um fator importante que afeta a uniformidade do compósito e a distribuição das fibras (DANIEL *et al.*, 1989). No processo manual, é humanamente impossível manter o equipamento projetor sempre perpendicular ao plano de projeção e percorrer as dimensões usuais dos painéis sem interrupção, o que dificulta o controle da espessura projetada. Para compensar a variabilidade intrínseca a essa tecnologia, é prática corrente projetar uma espessura final com aproximadamente 3 mm acima do valor especificado no projeto (PCI, 1994; BALAGUER *et al.*, 1995).

Ao mesmo tempo em que livram os operários de um ambiente de trabalho extremamente poluído, na projeção automática, robôs seguem trajetórias retilíneas com direção e velocidade controladas e a projeção de cada camada é feita transversalmente à direção de projeção da camada anterior (MAJUMDAR; LAWS, 1991; BALAGUER *et al.*, 1995). Com isso, a espessura média projetada é uniforme e muito próxima daquela especificada. O tempo e o material que, na projeção manual, seriam gastos para regularizar os trechos com espessura inferior à de projeto são economizados e o comportamento mecânico na tração e na flexão é praticamente idêntico nas duas direções.

Os chamados projetores transversais são dotados de dois bicos de projeção, um deles atuando no sentido, longitudinal e, o outro, no transversal. A velocidade de corte do *roving* de fibra é afinada à do

equipamento, que projeta camadas de 10 mm de espessura. Com isso, chapas e painéis simples podem ser fabricados pela projeção em camada única, que requer apenas uma operação de compactação. A natureza do equipamento, porém, limita a largura do painel a cerca de 3,60 m (BENNETT Jr., 1988). Painéis com relevos ou abas laterais podem ser projetados planos e imediatamente conformados.

Modificações nos equipamentos de projeção permitem a produção de outros componentes como painéis sanduíche (introdução de um bico extra para a projeção da face superior) e seções "U" (alteração do trajeto do bico de projeção em relação ao molde), e torna possível a confecção de fôrmas permanentes para concreto moldado in loco, o que parece ser uma extensão natural para a linha de produtos GRC (BENNETT Jr., 1988).

5.2.2 O processo *spraymix*

A projeção do compósito pré-misturado (*spraymix*) resulta de combinação dos dois métodos clássicos de produção de painéis: projeção direta e pré-mistura. O equipamento originalmente desenvolvido em 1984, na França, contém um misturador especial, capaz de produzir compósitos homogêneos e com elevada incorporação de fibras, sem aprisionamento de ar ou prejuízo da integridade dos filamentos.

Cerca de 20 a 140 litros de GRC são bombeados por hora em direção ao bico de projeção sem causar entupimentos. O material é, então, projetado em alta velocidade, o que garante a auto-compactação e facilita o controle da espessura projetada e o preenchimento de moldes complexos (Cem-FIL Ltd., 1994).

O volume bombeado nesse processo (0,02 a 0,14 m³/h) é baixo em relação à quantidade de compósito projetado nas técnicas de projeção manual (0,36 m³/h) e automática (0,84 m³/h). Em contrapartida, como o bombeamento exige misturas fluidas e ricas em pasta de cimento, o processo *spraymix* elimina a necessidade de *mist coat* e da série de adensamentos intermediários, utilizando um equipamento compacto e cujo manuseio envolve apenas um operário para promover a pré-mistura e outro para controlar o projetor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os painéis GRC para uso externo estão no mercado desde o início da década de 80 e vêm sendo empregados em barreiras anti-ruído, na restauração de edifícios de valor histórico, na

¹² Nas técnicas de projeção convencionais, as fibras e a matriz são projetadas em bicos separados (Figura 6), e, para evitar a exposição das fibras na superfície do componente, uma camada fina de pasta (*mist coat* ou *face coat*) é distribuída contra o molde antes da projeção do compósito.

renovação de fachadas e, principalmente, como alternativa para os painéis pesados de concreto na vedação de fachadas. O volume de produção anual é significativo e tende a crescer com a viabilização de compósitos mais duráveis.

A principal inovação na tecnologia de painéis foi a incorporação de uma estrutura metálica de enrijecimento (*stud frame*), que serve de ponte de ligação à estrutura do edifício e de suporte para a fixação de esquadrias e dos revestimentos internos. Essa tipologia de painéis conquistou um nicho de mercado próprio nos Estados Unidos e é hoje ativamente recomendada na Austrália, Cingapura, Japão e outros países do Extremo Oriente. Entre as vantagens oferecidas por essa tecnologia destacam-se a *leveza*, a *aptidão a incorporação de instalações e camadas de isolamento embutidas* e a *flexibilidade de projeto* oferecidas pelos componentes.

Na produção de painéis, utiliza-se técnicas de pré-mistura e projeção. A pré-mistura tem menor custo e é semelhante aos métodos de moldagem tradicionalmente empregados para concreto, porém admite teores de fibra menores, entre 2 e 3.5% e adaptam-se melhor à produção de componentes planos. As tecnologias de projeção permitem adicionar até 5% de fibras e a projeção direta, especialmente, torna-se mais adequada à produção de painéis de fachada devido à combinação de melhor comportamento mecânico com a possibilidade de alterar a forma e as dimensões das peças sem implicar em ajustes custosos de processamento.

As principais inovações nas tecnologias de pré-mistura envolvem a *disponibilização de feixes mais rígidos*, específicos para esse fim, o que permite a incorporação de até 5% de fibras de vidro sem necessidade de empregar aditivos; e o *desenvolvimento de misturadores mais eficientes*, que aumentam o teor de fibras incorporado ao mesmo tempo em que diminuem o dano às fibras e o teor de ar aprisionado.

No que tange às tecnologias de projeção, os equipamentos evoluíram para a *projeção automática* e para a *sofisticação dos bicos de projeção*, originando a projeção concêntrica da argamassa e das fibras, que aumenta a homogeneização do material projetado e elimina a projeção de camadas para o cobrimento das fibras.

As pesquisas sobre a automatização da projeção vem crescendo, com destaque para os estudos conduzidos na Espanha pela equipe liderada por BALAGUER, da *Dragados y Construcciones S.A.* A principal barreira à utilização da produção automática é, obviamente, o investimento inicial necessário à implantação do sistema. Em um segundo momento, porém, os benefícios da produção em escala permitem reduzir custos e amortizar o investimento.

A exemplo do ocorrido em nível internacional, a introdução de painéis GRC no mercado de construção brasileiro poderá representar a oferta de uma tecnologia eficiente de vedação de fachadas, com vantagens para projetistas e executores. A projeção manual é, indiscutivelmente, o método mais indicado para o estágio inicial de implantação da tecnologia no Brasil. Basta uma adaptação nos bicos de projeção para concreto para adicionar o cortador de fibras (*chopper*) ou, eventualmente usar uma tecnologia intermediária como o *spraymix*, que projeta o compósito pré-misturado.

Em quaisquer dos casos, são procedimentos tão simples quanto a pré-mistura e relativamente baratos, porém capazes de gerar componentes com propriedades mecânicas muito superiores. A projeção automática viria em um segundo momento, quando uma demanda consolidada por produtos repetitivos exigisse um processo produtivo mais dinâmico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALAGUER, C. *et al. Evaluation and comparative study of robotics vs. manual spraying of GRC panels.* In: *Automatization and Robotics in Construction XII. Proceedings.* E. Budny, A. McCrea, K. Szymansky (Editors), 1995. p. 489-497.
- BALAGURU, P.N.; SHAH, S.P. *Fiber reinforced cement composites.* New York, Mc Graw Hill International Editions, 1992. p. 311-362.
- BENNETT Jr, W.B. *Is mass production of GFRC products the next step?* **PCI Journal**, v.33, n.3, p. 58-62, May/June 1988.
- BENTUR, A.; MINDESS, S. *Fibre Reinforced Cementitious Composites.* London, Elsevier Applied Science, 1990. 449pp.
- BIJEN, J. *Improved Mechanical Properties of Glass Fibre Reinforced Cement by Polymer Modification.* In: *Simpósio Internacional sobre Materiais Reforçados com Fibras para Construção Civil. Anais.* São Paulo, EPUSP, 1993. p. 55-82.
- Cem-FIL INTERNATIONAL LTD. **Cem-FIL News**, n.47,1994. 8pp.
- Cem-FIL INTERNATIONAL LTD. *Cem-FIL Technical Data.* Merseyside, 1996. 6pp.
- Cem-FIL INTERNATIONAL LTD. *Cem-FIL Technical Data.* Merseyside, 1997. 87pp.
- DANIEL, J.I. *et al.. Quality control and quality assurance for the manufacture and installation of GFRC facades.* Skokie, Construction Technology Laboratories, 1989. 10pp (*Reprinted as part of the Proceedings of the 7th GRCA Biennial Congress - Sep. 1989*).
- DANIEL, J.I.; SCHULTZ, D.M. *Durability of glass fiber reinforced concrete.* In: *Symposium on Durability of Glass Fibre Reinforced Concrete. Proceedings.* Chicago, Precast/Prestressed Concrete Institute, 1985. p. 174-198.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRÉCONTRAÎNTE - FIP. *Prefabricated thinwalled concrete units - state of art report.* London, Thomas Telford Ltd., 1984. 33pp.
- HANNANT, D.J. *Fibre Cements and Fibre Concretes.* New York, John Wiley & Sons, Ltd., 1978. 219pp.
- HILLS, D.L. *Premixed glass fibre reinforced cement.* **BRE Current Paper 65/75.** Garston, Building Research Station, July 1975. 4pp.

- MAJUMDAR, A. L; NURSE, R.W *Glass-fibre reinforced cement*. **BRE Current Paper 79/74**. Garston, Building Research Establishment, Aug. 1974. 21pp.
- McDOUGLE, E. A. *GFRC*. **The Construction Specifier**, p. 46-52, Dec. 1995.
- MOLLOY, H.J.; JONES, J. *Application and production using rapid hardening hydraulic cement composites*. In: 9th Biennial Congress of the GRCA, 13-17 June, 1993, Copenhagen, Denmark. **Proceedings**. Wigan, The Glassfibre Reinforced Cement Association, 1993.
- PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE - PCI. *Manual for quality control for plants and production of glass fiber reinforced concrete products*. Chicago, PCI, 1991. 168pp.
- PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE - PCI. *Recommended Practice for Glass Fiber Reinforced Concrete Panels*. Chicago, Precast/Prestressed Concrete Institute, 1994. 99pp. (Revised Edition)
- PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE - PCI. *Innovation by design: Glass Fiber Reinforced Concrete*. Chicago, Precast/Prestressed Concrete Institute, 1995. 15pp.
- SABBATINI, F.H. *O processo de produção das vedações leves de gesso acartonado*. In: Seminário Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios: vedações verticais. **Anais**. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998. p. 67-94.
- SCHULTZ, D.M. *et al*, *Design considerations for GFRC facade panels incorporating the steel stud/fflex-anchor connection*. Skokie, Construction Technology Laboratories, 1987. 10pp. (Reprinted as part of the **Proceedings** of the 6th GRCA Biennial Congress - Oct. 1987)
- SCHULTZ, D.M. *et al*. *Effects of quality control practice on GFRC durability - US experience*. In: Fibre Reinforced Cement and Concrete - 1992 RILEM Symposium. **Proceedings**. London, RILEM, 1992. p. 926- 932.
- THE GLASSFIBRE REINFORCED CEMENT ASSOCIATION - GRCA. *Guide to fixings for glassfibre reinforced cement cladding*. Wigan, The Glassfibre Reinforced Cement Association, 1994. 52pp.
- THE GLASSFIBRE REINFORCED CEMENT ASSOCIATION - GRCA. *GRC Today*. Wigan, The Glassfibre Reinforced Cement Association, 1995. 15pp.

BOLETINS TÉCNICOS PUBLICADOS

- BT/PCC/208 Avaliação de Desempenho de Componentes e Elementos Construtivos Inovadores Destinados a Habitações. Proposições Específicas à Avaliação do Desempenho Estrutural - CLAUDIO V. MITIDIÉRI FILHO, PAULO R. L. HELENE. 38p.
- BT/PCC/209 Base de Dados Espacial Computadorizada para o Projeto Colaborativo na Área de Edificações - SÉRGIO LEAL FERREIRA, ALEXANDRE KAWANO. 15p.
- BT/PCC/210 Metodologia para Elaboração do Projeto do Canteiro de Obras de Edifícios - EMERSON DE ANDRADE MARQUES FERREIRA, LUIZ SÉRGIO FRANCO. 20p.
- BT/PCC/211 Reflexões sobre uma Experiência Realizada no Curso de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Ilha Solteira - ZULIND LUZMARINA FREITAS, DANTE FRANCISCO VICTÓRIO GUELPA. 10p.
- BT/PCC/212 Inibidores de Corrosão - Influência nas Propriedades do Concreto - RENATO LUIZ MACEDO FONSECA, JOÃO GASPAR DJANIKIAN. 20p.
- BT/PCC/213 Ray Tracing Parametrizado Incremental - EDUARDO TOLEDO SANTOS, JOÃO ANTONIO ZUFFO. 09p.
- BT/PCC/214 Modelo para Previsão do Comportamento de Aquecedores de Acumulação Sistemas Prediais de Água Quente - ARON LOPES PETRUCCI, EDUARDO IOSHIMOTO. 26p.
- BT/PCC/215 Influência da Formulação das Tintas de Base Acrílica como Barreira Contra a Penetração de Agentes Agressivos nos Concretos - KAI LOH UEMOTO, VAHAN AGOPYAN. 20p.
- BT/PCC/216 Análise da Porosidade e de Propriedades de Transporte de Massa em Concretos – NEIDE MATIKO NAKATA SATO, VAHAN AGOPYAN. 20p.
- BT/PCC/217 Estruturação Urbana: Conceito e Processo. WITOLD ZMITROWICZ. 51p.
- BT/PCC/218 Formação da Taxa de Retorno em Empreendimentos de Base Imobiliária. JOÃO DA ROCHA LIMA JUNIOR. 36p.
- BT/PCC/219 Ligação de Peças Estruturais de Madeira com Tubos Metálicos. CARLOS ROBERTO LISBOA, JOÃO CESAR HELLMEISTER. 28p.
- BT/PCC/220 Contribuições para a Estruturação de Modelo Aberto para o Dimensionamento Otimizado dos Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários. DANIEL C. SANTOS, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES. 12p.
- BT/PCC/221 Implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade em Empresas de Arquitetura. JOSAPHAT LOPES BAÍA, SILVIO BURRATTINO MELHADO. 21p.
- BT/PCC/222 Proposta de Classificação de Materiais e Componentes Construtivos com Relação ao Comportamento Frente ao Fogo - Reação ao Fogo. MARCELO LUIS MITIDIÉRI, EDUARDO IOSHIMOTO. 25p.
- BT/PCC/223 Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassa. MÁRIO COLLANTES CANDIA, LUIZ SÉRGIO FRANCO. 13p.
- BT/PCC/224 A Influência da Temperatura na Hidratação dos Cimentos de Escória de Alto-Forno. MARISTELA GOMES DA SILVA, VAHAN AGOPYAN. 20p.
- BT/PCC/225 A Influência do Fator de Forma da Fibra na Tenacidade à Flexão do Concreto Reforçado com Fibras de Aço. NELSON LÚCIO NUNES, VAHAN AGOPYAN. 18p.
- BT/PCC/226 Implementação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Pequenas e Médias Empresas de Construção de Edifícios: Estudos de Caso. PALMYRA FARINAZZO REIS, SILVIO BURRATTINO MELHADO. 18p.
- BT/PCC/227 As Juntas de Movimentação na Alvenaria Estrutural. ROLANDO RAMIREZ VILATÓ, LUIZ SÉRGIO FRANCO. 11p.
- BT/PCC/228 Painéis em Cimento Reforçado com Fibras de Vidro, (GRC). VANESSA GOMES DA SILVA, VANDERLEY MOACYR JOHN. 20p.

**Escola Politécnica da USP - Deptº de Engenharia de Construção Civil
Edifício de Engenharia Civil - Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2
Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP - Brasil
Fax: (011)8185715- Fone: (011) 8185452 - E-mail: secretaria@pcc.usp.br**