

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

ISSN 0103-9830  
**BT/PCC/444**

---

**Tecnologia de fachada: cortina com placas de  
grês porcelanato**

---

**Amaury Antunes de Siqueira Júnior**  
**Jonas Silvestre Medeiros**

**São Paulo – 2003**

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

Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan  
Vice-Diretor: Prof. Dr. Ivan Gilberto Sandoval Falleiros

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko  
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves

Conselho Editorial  
Prof. Dr. Alex Abiko  
Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso  
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.  
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves  
Prof. Dr. Paulo Helene  
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico  
Prof. Dr. João Petreche

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.

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Amaury Antunes de Siqueira Junior, sob orientação do Prof. Dr. Jonas Silvestre Medeiros: “Tecnologia de Fachada: Cortina com Placas de Grês Porcelanato”, defendida em 28/02/2003, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica/USP.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Siqueira Junior, Amaury Antunes de  
Tecnologia de fachada: cortina com placas de grês porcelanato  
/ Amaury Antunes de Siqueira Junior, Jonas Silvestre Medeiros. --  
São Paulo : EPUSP, 2006.  
20 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil ; BT/PCC/444)

1. Revestimento de fachadas I. Medeiros, Jonas Silvestre II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série  
ISSN 0103-9830

## TECNOLOGIA DE FACHADA-CORTINA COM PLACAS DE GRÊS PORCELANATO

ENG. AMAURY ANTUNES DE SIQUEIRA JUNIOR

PROF. DR. JONAS SILVESTRE MEDEIROS

### RESUMO

O trabalho apresenta o estado-da-arte das fachadas-cortina executadas com placas de grês porcelanato, discutindo os principais parâmetros para a elaboração de projetos e produção desta tipologia de revestimentos.

São abordadas as principais características e propriedades dos componentes, elementos construtivos e dispositivos empregados como também os principais requisitos a serem considerados quando da elaboração do projeto.

São destacadas as vantagens relativas desta tecnologia construtiva quando comparada aos revestimentos tradicionais aderidos, ressaltando-se sua importância como alternativa e potencialidades quando comercializado como um sistema de produção..

### ABSTRACT

This report approaches the state-of-art of the porcelain tiles curtain wall. Both design and installations methods are discussed., including main features and properties of the components, elements and devices necessary. Main requirements considered to the design process are also take into consideration.

Several advantages concerning this type of cladding are emphasized when compared with traditional coverings, standing out the importance of the method as an interesting technology alternative.

### 1. INTRODUÇÃO

Observa-se atualmente uma tendência dos projetistas, no sentido de especificar novos materiais e tecnologias construtivas no que diz respeito às vedações e revestimentos de fachadas, procurando-se incorporar uma maior valorização estética ao empreendimento, incrementar a produtividade e reduzir a incidência de manifestações patológicas.

A forma de fixação dos componentes decorativos dos revestimentos ocupada um lugar de destaque pois pode tornar-se determinante para a complexidade ou facilidade da aplicação uma vez que várias camadas de materiais diferentes devem normalmente ser consideradas.

Embora ainda não ocorra assim no Brasil, há no exterior uma variedade surpreendente de tipologias de sistema de fachadas-cortina dificultando sua seleção adequada com base em aspectos subjetivos e pouco precisos.

Inserido neste contexto e acreditando na potencialidade do emprego destes sistemas no Brasil, o presente trabalho apresenta as principais diretrizes para o desenvolvimento do projeto e produção

de fachadas-cortina com placas de grês porcelanato<sup>1</sup>, procurando demonstrar que sua implantação deve ser acompanhada necessariamente da adequação necessária à realidade das obras brasileiras, devendo-se desenvolver uma metodologia de gestão e controle do processo de produção, definição dos aspectos de comercialização e garantia de desempenho.

## 2. O REVESTIMENTO EXTERNO NÃO ADERIDO (FACHADA-CORTINA)

Os revestimentos verticais aqui estudados (chamados de *cladding* em inglês) são parte integrante da vedação externa da edificação, podendo ser constituídos de quaisquer materiais duráveis, como os painéis de alumínio composto ou aço inoxidável, placas pétreas e cerâmicas e até alvenaria de tijolos – as chamadas *cavity wall*.

Estes revestimentos têm como principal função proteger as vedações e a estrutura contra a ação de agentes agressivos, evitando a degradação precoce das mesmas, aumentando sua durabilidade e reduzindo os custos de manutenção dos edifícios.

Os revestimentos auxiliam ainda a vedação a cumprir suas funções, quais sejam: isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água e aos gases, bem como na segurança ao fogo. É também função dos revestimentos contribuir com a valorização estética da edificação, auxiliando, portanto, na determinação do padrão arquitetônico do edifício.

Medeiros (1999) afirma serem os revestimentos tradicionalmente utilizados na indústria da construção civil brasileira, aqueles que trabalham completamente aderidos à base ou substrato e, por isso, denominados genericamente de aderidos, como os revestimentos de argamassa de cimento e cerâmicos, por exemplo.

Os revestimentos não aderidos, objetos deste trabalho, são aqueles fixados à base ou substrato com o auxílio de componentes mecânicos, sejam estes compostos por uma subestrutura auxiliar ou por insertos, parafusos, entre outros tipos de dispositivos.

### 2.1 FACHADA-CORTINA

A fachada-cortina propriamente dita é tratada pela normalização brasileira através da TB 354 (1989) e definida como “*caixilhos interligados e estruturados com função de vedação que formam um sistema contínuo, desenvolvendo-se no sentido da altura da fachada da edificação, sem interrupção por pelo menos dois pavimentos*”. No contexto do presente trabalho, adotar-se-á o termo *fachada-cortina* para designar:

***um sistema formado por placas ou painéis fixados externamente à base suporte do edifício por uma subestrutura auxiliar constituindo-se no revestimento externo ou na vedação vertical exterior de uma edificação.***

A câmara de ar da fachada-cortina (*cavity* em inglês), pode ser projetada de forma a ser estanque ou ventilada. Esta câmara é a principal responsável pelo desempenho higrotérmico da vedação, promovendo a interrupção da capilaridade e formando um espaço livre para a drenagem da água por gravidade.

---

<sup>1</sup> Para maior facilidade, tratar-se-á daqui em diante do termo “Fachada-cortina com Placas de Grês Porcelanato”, pela abreviatura de FCGP.

Quando projetada para ter sua cavidade permanentemente ventilada, a fachada-cortina auxilia também na remoção da umidade devido ao constante fluxo de ar.

Uma das primeiras definições de fachada ventilada pode ser encontrada no texto *Directives Communes pour l'Agreement des Façades Légères*, de 1968, do *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)*, que a denomina como sendo a fachada que “se comunica com o exterior através de orifícios que possibilitem uma ventilação permanente de baixo para cima”. Neste trabalho, o termo fachada ventilada será usado para denominar:

***uma fachada-cortina dimensionada de tal forma a permitir a remoção do ar aquecido no interior da câmara pelo chamado efeito chaminé.***

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FACHADAS-CORTINA

Para caracterizar bem as diversas tipologias de fachadas-cortina é importante procurar inicialmente classificá-las.

Na Tabela 1 as fachadas-cortina são classificadas segundo diversos critérios práticos úteis para o entendimento deste trabalho.

**Tabela 1- Classificação das fachadas-cortina**

Critério de Classificação	Características do sistema
Processo de fabricação e montagem	montadas na obra: construídas no canteiro de obras que utilizam como suporte geralmente uma subestrutura metálica
	pré-fabricadas: construídas em fábricas e transportadas para o local de sua aplicação já prontas, onde são içadas com o auxílio de equipamentos especiais e presas à estrutura do edifício
Dispositivos de fixação das placas	por acoplamento oculto: os dispositivos de fixação das placas não ficam expostos no revestimento acabado, sendo inseridos geralmente no tardo da placa ou em sua borda, quando esta possuir espessura suficiente para tanto.
	por acoplamento visível: os cliques utilizados para prender as placas de revestimento ficam expostos.
Dispositivos utilizados para fixar a fachada ao edifício	por ancoragens pontuais ou diretas: utilizam apenas insertos metálicos para ancorar as placas diretamente à base de fixação
	com o auxílio de uma subestrutura auxiliar: a fixação das placas ao edifício se dá com o auxílio de uma subestrutura auxiliar de suporte
Material empregado como revestimento	placas de alumínio composto; pele-de-vidro; placas pétreas; placas cerâmicas; aço inoxidável, entre outros.

## 2.3 FACHADA-CORTINA COM PLACAS DE GRÊS PORCELANATO

A produção do grês porcelanato teve início nos anos 80, após o desenvolvimento do processo de queima rápida (monoqueima ou biqueima) ocorrida nos anos 70 e 80, que causou uma profunda mudança no setor da indústria cerâmica (MENEGAZZO, 2000).

O grês porcelanato tornou-se então o principal concorrente das placas pétreas para a execução de fachadas-cortina nos países do oeste europeu, apresentando as seguintes vantagens em relação a estas:

- menor absorção de água;
- menor peso por unidade de área;

- material homogêneo (as placas pétreas devem ser escolhidas e separadas na jazida devido a apresentarem grande variedade de tonalidade e aspecto);
- menor potencial de manchamento (devido à alta absorção de água e conseqüente lixiviação de sais solúveis para a superfície, as placas pétreas apresentam manchamento quando expostas às intempéries).
- menor controle na recepção e na escolha para a aplicação;
- maior perspectiva de durabilidade.

A FCGP utiliza-se normalmente de subestruturas de perfis de alumínio, fixadas à parede de vedação e aos elementos estruturais por ancoragens reguláveis, além de dispositivos para promover o acoplamento das placas cerâmicas à subestrutura auxiliar, podendo o sistema se distinguir em duas variantes principais pela forma de fixação: com acoplamento visível e com acoplamento oculto, conforme será discutido no item 3.6.4.

#### 2.4 VANTAGENS TÉCNICAS E COMERCIAIS

Pelo fato de haver a possibilidade de se promover a separação entre o revestimento e o substrato de fixação com a introdução de uma câmara de ar entre ambas as lâminas, os revestimentos não aderidos podem propiciar uma série de vantagens potenciais quando comparados aos aderidos, a saber :

- quando a câmara for projetada como ventilada, as correntes convectivas de ar atuam como isolantes térmicas entre o exterior e as paredes do edifício, eliminando assim as pontes térmicas;
- diminuição potencial no consumo de energia para o condicionamento do ar no interior do edifício;
- diminuição potencial dos efeitos da dilatação térmica da estrutura do edifício;
- melhoria potencial dos problemas de condensação;
- melhoria no isolamento acústico;
- diminuição sensível de problemas de infiltração de água;
- facilidade de manutenção.
- menor dependência da habilidade do operário (sistema de montagem industrializado);
- alta produtividade potencial;
- redução nas etapas de controle de recebimento de materiais e produção;
- reduzidos índices de incidências patológicas.

Por outro lado, todavia, algumas limitações importantes podem ser enumeradas. Elas são muito dependentes do grau de racionalização que se incorpora ao sistema e podem torna-lo mais ou menos competitivo, tanto do ponto de vista técnico, como econômico, destacando-se:

- ausência de normas de desempenho e de requisitos de desempenho que facilitem o processo de projeto;

- necessidade de mão-de-obra qualificada e treinamento;
- dependência de mudanças organizacionais nos processos de gestão do empreendimento e da produção;
- pouca diversidade de complementos e acessórios adequados ao mercado brasileiro;
- exigência de projeto específico, bem detalhado e que defina o processo de montagem;
- custos elevados.

A escolha dos diversos sistemas construtivos a serem aplicados em determinado empreendimento deve levar em consideração aspectos técnicos, mercadológicos e de custo. Para se fazer uma escolha deve-se compreender as características principais, as exigências de cada tecnologia inovadora, as suas deficiências e limitações.

#### 2.4.1 Situações de aplicação

Em virtude de esses sistemas terem por característica a flexibilidade, sua aplicação pode se dar tanto em edificações térreas quanto em edifícios de múltiplos pavimentos.

Essa solução construtiva pode ser empregada como revestimento de paredes ou como sistema integrado de vedações verticais estruturadas, aplicadas em conjunto com placas de cimento reforçado com fibra de vidro (GRFC), chapas de fibro cimento e painéis “*black board*”, entre outros. Neste caso, a fachada-cortina pode ser caracterizada como uma divisória leve por montagem a seco composta por estrutura reticular e fechamento em placas, tendo ainda como característica a modulação flexível, ou seja, a possibilidade de se adaptar a projetos não racionais.

A solução construtiva para a situação de aplicação como sistema de vedação integrada, inclusive utilizando-se de fachada-cortina pré-moldada ou modular, quando bem resolvida do ponto de vista de sua integração com os demais componentes que compõem a vedação, principalmente no que diz respeito a interface com caixilhos, pode trazer inúmeras vantagens estratégicas quando aplicadas em substituição às vedações verticais externas tradicionais, em virtude de:

- proporcionar a redução no prazo de construção;
- possibilitar a alteração da seqüência executiva;
- possibilitar a alteração no fluxo de caixa;
- possibilitar a compra de solução construtiva completa, com responsabilidade bem definida e garantia de desempenho.

#### 2.4.2 Vantagens comerciais

Pode-se afirmar que as fachadas constituem-se hoje na parte mais crítica da execução de edifícios no Brasil. Principalmente por ser revestida de maneira tradicional, esta incorpora inúmeros riscos de surgimento de problemas patológicos e econômicos. Tais problemas têm levado a fachada a se transformar, muitas vezes, em um fator de desgaste da imagem institucional do construtor, aspecto fundamental para sua subsistência num mercado cada vez mais competitivo.

O mercado mostra-se ávido pela implantação de novas tecnologias que ofereçam conforto, durabilidade e principalmente a segurança que as fachadas produzidas pelo processo tradicional

não conseguem oferecer. As grandes construtoras nacionais procuram por soluções e parecem estar dispostas a pagar por alternativas que justifiquem os benefícios.

Esta situação induz as empresas construtoras a uma nova vocação traduzida por Sabbatini (2002) como a de “empresas integradoras de sistemas complexos”, como ocorre hoje com as produtoras de bens de grande complexidade tecnológica, como é o caso das indústrias automobilísticas e aeronáuticas.

Para que isso ocorra, é necessário que haja no mercado a venda de produtos aplicados com garantia de desempenho, ou seja, como *sistemas de produção*.

Essa postura exige por parte dos agentes envolvidos nos diversos processos de produção dos edifícios, uma mudança organizacional com o intuito de se obter uma “gestão do processo de produção com alto nível organizacional para se obter os resultados esperados”. É fundamental que sistemas construtivos, como é o caso da FCGP, sejam comercializadas desta forma. Para tanto, faz-se necessário que a empresa fornecedora do sistema disponha de projeto, planejamento, execução e sistema de gestão adequados. Isso impõe que os demais subsistemas e a organização do processo sejam coerentes e integradas com essa solução construtiva, em contrapartida ao que ocorre na grande maioria dos sistemas construtivos comercializados atualmente, definidos por Sabbatini (2002) como *sistemas de produto*.

Para esse autor, o sistema de produto é entendido como “um conjunto de componentes, que se completam e que suprem completamente as necessidades de construção de uma parte do edifício”. Deve-se enfatizar que nesse conceito não está implícita a garantia de desempenho do produto aplicado, já que as responsabilidades se diluem entre fornecedor e produtor.

Com o intuito de melhor se exemplificar o aqui discutido, pode-se observar a Tabela 2, adaptada de Sabbatini (2002).

**Tabela 2- Sistema de produto e sistema de produção de fachada-cortina com placas de grês porcelanato, adaptado de Sabbatini (2002).**

Componente	Placa de grês porcelanato
Sistema de produto	Placa e todos os complementos necessários para a produção
Sistema de produção potencial	Conjunto de componentes e metodologia de projeto e produção
Sistema de produção parcial	Idem + serviços de assessoria em: projeto, execução (treinamento e acompanhamento), uso e manutenção
Sistema construtivo e sistema de produção real	Inclui: projeto, execução, manutenção e responsabilidade

É importante também, visando as alternativas de comercialização de sistemas de produção de FCGP, desenvolvê-lo como sistema construtivo aberto, já que os sistemas fechados apresentam inúmeras restrições a sua aplicação. Chamam-se fechados, os sistemas construtivos que são desenvolvidos a partir de um projeto arquitetônico único, que lhe serve de modelo. Os sistemas fechados não permitem variações na disposição e nas dimensões de seus componentes e elementos. Já os sistemas flexíveis ou abertos, são aqueles desenvolvidos a partir de um elenco de



elementos e componentes da construção que podem ser combinados em diferentes soluções arquitetônicas em que se variam a quantidade, dimensões e disposição dos diversos subsistemas com os quais este possui uma interface.

É, portanto, condição necessária para a viabilização técnico-constructiva e econômica do conceito do sistema de FCGP, que este seja combinável, intercambiável e complementar, e que este esteja embasado na coordenação modular.

### 3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO

A fachada-cortina com placas de grês porcelanato usualmente empregada nos países do oeste europeu é composta basicamente pelo substrato de fixação, por uma camada de material isolante térmico; pela câmara de ar ventilada; pelos dispositivos de fixação (subestrutura auxiliar), pelas placas de grês porcelanato e pelas juntas entre as placas, além dos demais componentes necessários para o seu funcionamento, observados na Figura 1.

A elaboração do projeto da FCGP pode ser dividida em duas fases distintas. A primeira diz respeito a escolha dos materiais e ao estudo da viabilidade para a execução da fachada; análise dos custos do sistema (paramento e estrutura) em função das necessidades técnicas e estéticas; definições das linhas gerais e detalhes construtivos da obra, além das especificações técnicas a serem atendidas pelo fornecedor da FCGP.

Qualquer sistema de produção, por mais flexível que seja, deve basear-se em determinados padrões básicos preestabelecidos. O sistema de FCGP não é uma exceção. Apesar de sempre haver a possibilidade de adaptações deve-se deixar claro que na grande maioria das vezes sua adoção resulta em custos adicionais para a implantação do sistema.

É necessário, portanto, que tanto os projetistas como os executores da obra possuam pleno conhecimento das características do sistema de forma a se conceber o edifício da maneira mais adequada para a sua implantação buscando-se a compatibilização das interfaces, de forma a atender aos requisitos preestabelecidos para o edifício sem que haja a necessidade de adaptações causadas por ações não planejadas, sejam elas provenientes da concepção dos projetos ou de falha na execução ou controle dos subsistemas que possuem uma interface com a FCGP.

Devem ser considerados para tanto, os fatores construtivos que influenciarão no custo e no desempenho<sup>2</sup> final do sistema, tais como: a base suporte de fixação, a consideração sobre a necessidade de utilização de um material isolante térmico no interior da câmara, o tipo de câmara de ar a ser adotada (ventilada ou estanque), a qualidade da placa de grês porcelanato, a coordenação modular; a altura do pé-direito dos pavimentos, a altura total da edificação (número de pavimentos) e a interação do sistema com os demais componentes que fazem parte da fachada.

---

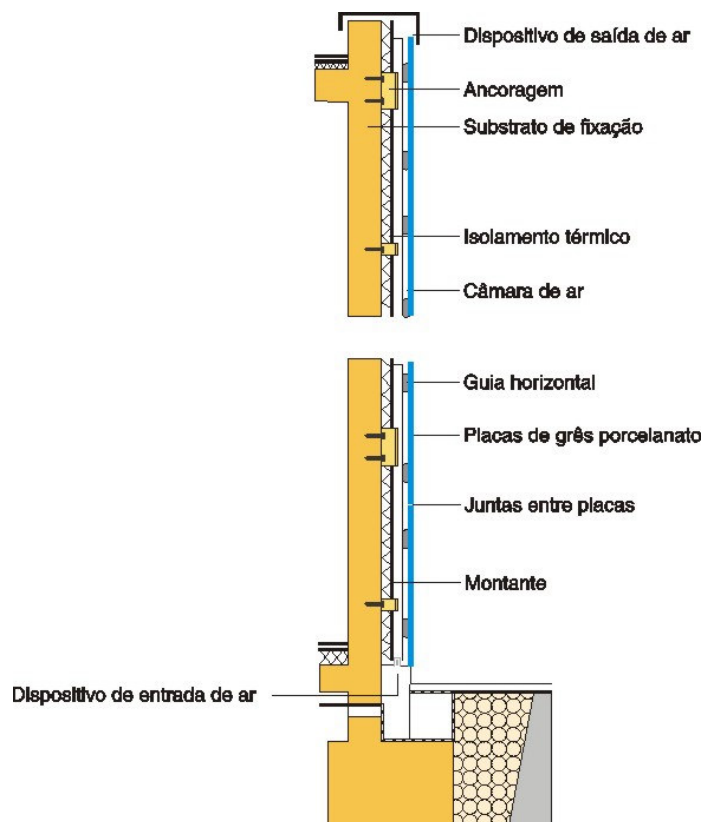
<sup>2</sup> Segundo o Centro de Tecnologia de Edificações - CTE (1994), "para a aplicação do conceito de desempenho há a necessidade da definição das condições qualitativas e quantitativas a serem atendidas. Assim os requisitos de desempenho referem-se às condições qualitativas; enquanto os critérios de desempenho são valores quantitativos, estabelecidos através de métodos adequados, empregados para a aferição do atendimento aos requisitos, por parte dos materiais e componentes, e pelos próprios ambientes construídos, para o atendimento das exigências dos usuários".

Quanto aos padrões construtivos, estes devem ser controlados e seus desvios estarem dentro das tolerâncias estabelecidas pelo fornecedor do sistema, principalmente no que diz respeito à planicidade e prumo da estrutura do edifício.

Já a segunda fase do projeto é de responsabilidade exclusiva do fornecedor da FCGP e diz respeito ao projeto para produção do sistema propriamente dito. O desenvolvimento de um sistema de produção deve estar calcado no conceito de construtibilidade que é definida a partir das especificações contidas no projeto do produto, visando a adoção de soluções de projeto que simplifiquem e melhorem o processo executivo.

Para tanto, o processo de projeto de um *sistema de produção* deve considerar duas etapas distintas “para abarcar, por um lado, conteúdos e informações invariáveis (a menos de introduções planejadas de inovações nestes procedimentos) e, por outro, as informações que são próprias de cada obra” (MELHADO e FABRÍCIO, 1998).

Assim, a necessidade de antecipação dos processos, levando o domínio desses para a engenharia, caracterizada por uma visão mais sistêmica do processo de produção aponta para a necessidade da utilização de duas ferramentas de projeto que Melhado e Fabrício tratam por projeto de produção e projeto para produção.



**Figura 1** Corte transversal indicando os componentes da fachada ventilada com placas de grés porcelanato. (GRANITI FIANDRE, s.d.)

Entende-se por *projeto de produção* a elaboração das estratégias gerais da produção, das normas de procedimento da execução, das metas de produtividade em cada etapa padrão, e dos controles a serem observados para cada tipo de processo construtivo utilizado pela empresa.

Já o projeto para produção é voltado para a definição das etapas e métodos de execução, de forma a se ampliar o desempenho na produção dessas etapas.

### 3.1 A BASE SUPORTE DE FIXAÇÃO

A adoção de paredes com resistência a flexão compatível com os esforços aplicados pela FCGP é fator significativo no custo do sistema, já que a possibilidade de ancoragem da subestrutura auxiliar em um ou mais pontos intermediários contribui para a diminuição da sessão dos perfis montantes, acarretando na redução da massa de alumínio a ser utilizada. Para tanto deve-se levar em consideração os fatores que influenciam no desempenho da vedação como um todo, considerando além da resistência a flexão da base, a deformabilidade de seus diversos elementos e componentes que podem vir a comprometer o desempenho da vedação, e portanto, da FCGP.

#### 3.1.1 Parede de alvenaria

Independentemente da estabilidade da parede que deverá ser estudada como em qualquer outro caso com a consideração da excentricidade das cargas, a natureza deste substrato deve ser considerada com o intuito de se verificar a adequabilidade desta como suporte para a ancoragem do revestimento em FCGP.

Soriano (1999) argumenta que quando se refere a comportamento mecânico, pressupõe-se poder contar com uma homogeneidade de resultados e um certo grau de previsibilidade que vem deles. Para esse autor, não se pode assegurar um comportamento homogêneo de ancoragens fixadas sobre uma parede executada com blocos ocas onde há variação da espessura da parede, a posição da ancoragem que pode afetar um septo, um furo, a junta de argamassa ou união quase seca das juntas verticais.

Por tal razão, se as ancoragens forem isoladas ou pontuais, fixadas diretamente à parede de alvenaria, esta deve ser de tijolo ou bloco perfurado ou maciço. A Tabela-3 mostra os componentes de alvenaria mais usuais e o grau de confiança para seu emprego como base de ancoragens de revestimentos não aderidos.

**Tabela-3- Grau de confiabilidade do substrato para seu emprego como base de ancoragens para revestimentos não aderidos (SORIANO, 1999).**

Natureza do Suporte	Grau de Confiabilidade
Concreto	Excelente
Tijolo maciço	Muito bom
Tijolo perfurado	Bom
Bloco de concreto com separação entre as paredes de 30mm e septos com espessura de 30mm	Bom
Tijolo cerâmico com pequenas células ocas	Bom
Bloco cerâmico vazado	Inaceitável*

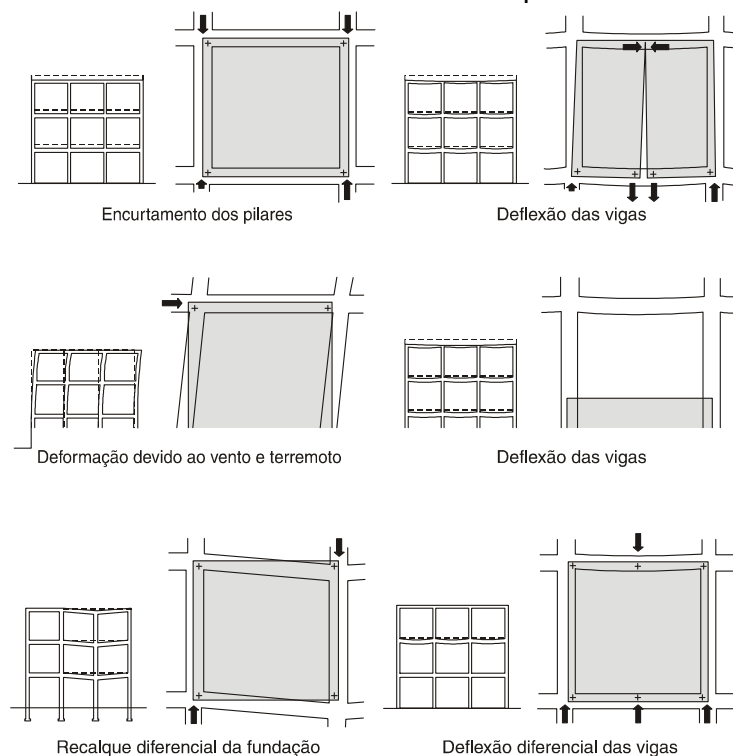
Nota: Quando do dimensionamento da ancoragem deve-se levar em conta, além da resistência do material, a situação das juntas e bordas da alvenaria.

\* Quando utilizado sem reforços, como cintas entre outros.

### 3.1.2 Movimentos estruturais

Para Allen (1990) os movimentos ocasionados pelo encurtamento dos pilares e flexão de vigas, devido à deformação lenta das peças de concreto onde o revestimento encontra-se fixado; as forças do vento e terremoto responsáveis pelo surgimento de empuxo lateral na estrutura e nos revestimentos; os recalques diferenciais da fundação que incorrem em distorções da estrutura do edifício; além dos esforços transmitidos pelas interações higrotérmicas, podem sujeitar os revestimentos a esforços não previstos, provocando falhas no sistema de vedação ou até mesmo o colapso da subestrutura de suporte. Os diversos tipos de deformações aos quais está sujeita a estrutura reticulada de concreto armado, e conseqüentemente os revestimentos não aderidos a ela fixados, podem ser vistos na Figura 2.

Das várias solicitações às quais a estrutura está sujeita, a mais significativa para este caso é a movimentação ocasionada pela deformação lenta do concreto, principalmente pelo fato de as obras brasileiras executadas pelo processo de construção tradicional, estarem sujeitas a grandes deformações estruturais em virtude da elevada esbelteza com que estas são concebidas.



**Figura 2 - Deformações a que o revestimento não aderido está sujeito. (ALLEN, 1990)**

De acordo com *American Concrete Institute (ACI)* apud Sabbatini e Franco (2000), a deformação lenta do concreto ocorre nos primeiros cinco anos de vida do edifício estando distribuída da seguinte maneira em função do tempo:

- 50% nos primeiros três meses;
- 60% nos primeiros seis meses;
- 70% nos primeiros doze meses;
- 100% cinco anos após a estrutura ser colocada em serviço.

Sabbatini e Franco (2000) afirmam serem três os principais fatores que influenciam diretamente na proporção deste fenômeno: a cura do concreto; o tempo de colocação da estrutura em carga e o tipo de concreto utilizado. A importância da determinação e do controle da deformação lenta do concreto está na necessidade de se compatibilizar as deformações da estrutura com a capacidade do revestimento em absorvê-las.

### 3.2 ISOLANTE TÉRMICO

A inclusão de um isolante térmico no interior da câmara nem sempre é utilizada, sendo necessária a determinados climas e em função das características do elemento de vedação.

Quando se julgar necessário o incremento do isolamento térmico, este poderá ser realizado pela instalação de um material específico no interior da câmara, aderido à lâmina interna.

Costa (1974) define isolantes térmicos, como “*materiais de baixo coeficiente de condutividade (k), normalmente porosos cuja elevada resistência térmica (R) baseia-se na baixa condutibilidade do ar contido em seus vazios*”. Ainda segundo esse autor, “quanto menor a densidade do material e maior o número de poros, maior o seu poder de isolamento. O limite dessa capacidade, naturalmente, é a condução pura do ar em repouso, cujo valor é da ordem de 0,02 kcal/m<sup>2</sup> h °C”.

O sistema de FCGP comercializado pela Marazzi, por exemplo, utiliza como material isolante térmico a manta de fibra de vidro fixada na face externa do substrato (interior da câmara de ar) através de ancoragens plásticas. Soriano (1999) recomenda a utilização de espuma de poliuretano com isolante térmico das fachadas ventiladas.

### 3.3 A CÂMARA DE AR (CAVITY)

A câmara de ar pode ser dimensionada de tal forma que o aquecimento provocado pelo sol venha a prover um estoque temporário de calor para a proteção do ambiente interior da edificação no caso de inverno rigoroso, ou pode ser projetada com a função de remover o excesso de calor no verão pelo efeito chaminé. (Uttu, 2001)

Straube e Burnett (1999) afirmam que a câmara é definida de acordo com os propósitos do projetista, classificando-as em função do movimento do ar em seu interior em: sistema não ventilado (estanque) e sistema ventilado.

#### 3.3.1 Fachada-cortina com a câmara de ar estanque

O sistema não ventilado é um sistema estanque, visto que não possui aberturas ligando o ar da câmara com o ar exterior. Neste caso, o revestimento exterior usualmente faz também o papel de barreira ao ar.

No entender de Croiset (1970), a lâmina de ar quando estanque deve ter espessura de 20 a 50 mm e possuir na sua base, dispositivos de evacuação para o exterior da água que eventualmente penetre através do revestimento.

#### 3.3.2 Fachada-cortina com a câmara de ar ventilada (fachada ventilada)

O sistema ventilado pode ser dividido em: sistema com ventilação mecânica e sistema com ventilação natural. O sistema com ventilação mecânica induz o fluxo do ar no interior da câmara com o auxílio de um equipamento. A escolha apropriada da ventilação (tamanho, quantidade,

localização e a divisão em câmaras de ventilação constante e compartimentos herméticos) são requisitos indispensáveis para o bom desempenho do sistema. Quando a câmara de ar (*cavity*) for projetada como naturalmente ventilada (não estanque), o aquecimento do revestimento ocasionado pela radiação solar provoca uma variação na densidade do ar situado no interior da câmara, incitando um movimento de ascensão denominado “efeito chaminé”, responsável pela eliminação por convecção, do ar aquecido para fora do sistema, contribuindo também para a remoção do vapor d’água. Geralmente neste tipo de revestimento utiliza-se juntas entre componentes não preenchidas.

Artigo publicado pela *University of Alaska Fairbanks - UAF* (2000) caracteriza o sistema ventilado, como aquele em que as barreiras de chuva e vento são separadas uma da outra por uma câmara de ar ventilada que possui várias funções, entre elas: igualar a pressão em seu interior à pressão externa do ar; promover a drenagem da água que adentra o sistema e remover a umidade através da evaporação. O desempenho desta ventilação depende da manutenção de aberturas embaixo e no topo da instalação tomando-se o cuidado de que nenhum elemento construtivo interrompa a corrente de ar, vindo a causar um fluxo convectivo localizado.

### 3.4 A ESCOLHA DAS PLACAS DE GRÊS PORCELANATO

A escolha dos componentes a serem utilizados para a execução de uma FCGP deve ser realizada em função das necessidades técnicas e estéticas; definições das linhas gerais e detalhes construtivos da obra; da composição do custo direto e indireto das diversas opções, levando-se em consideração o custo dos insumos, equipe de apoio, e a facilidade de execução.

Segundo Mäntylä (2001), a absorção de água é o aspecto técnico mais importante a ser considerado para revestimentos de fachada com placas cerâmicas. Esse valor deve ser baixo o suficiente para dar ao revestimento a capacidade de resistir a poluição, a erosão e a todas as mudanças climáticas devido à temperatura.

A resistência à flexão deve ser elevada o suficiente para resistir aos esforços devidos à pressão do vento e ao choque acidental de corpos, como é o caso das gôndolas de limpeza. Mäntylä (2001) diz ser este valor estabelecido pela norma EN 100, em torno de 35 N/mm<sup>2</sup>, porém, as placas cerâmicas de maior qualidade atingem valores acima de 50 N/mm<sup>2</sup>.

Quanto aos outros condicionantes que não os puramente mecânicos relacionados com a resistência das placas estão os aspectos de composição arquitetônica que determinam o tamanho das peças, e conseqüentemente os esforços à flexão e à cortante sobre as ancoragens e sobre a própria placa, e a solução estética do conjunto.

A escolha da textura ou acabamento superficial das placas deverá dar-se entre aqueles que sejam compatíveis com a sua exposição durante o longo período de tempo em um determinado ambiente, sem que haja alterações de cor ou em outros fatores estéticos, pela ação dos raios UV, ou atmosferas contaminadas que propiciem a deposição de sujidades.

### 3.5 PAGINAÇÃO E COORDENAÇÃO MODULAR

A paginação é um procedimento de projeto de fundamental importância para a execução da FCGP, já que, além de determinar o padrão estético da obra, busca a coordenação modular de forma a determinar o local de inserção da subestrutura metálica de suporte, e por conseqüência, a

localização dos insertos, sendo também responsável pela racionalização dos cortes das placas cerâmicas.

Quando da utilização do sistema com fixações visíveis, os montantes são fixados à base a distâncias bem definidas, que são tomadas em função do tamanho das placas cerâmicas. Para o caso da utilização de fixações não visíveis, cada “fiada” de placas requer a utilização de duas guias horizontais. Estes fatos explicam por que os grandes formatos são mais econômicos para estes sistemas de fixações.

Já no caso de adaptações ou “retrofit”, as medidas existentes normalmente irão requerer o corte do componente cerâmico. Deve-se ter em consideração que uma quantidade excessiva de cortes é antieconômica e que componentes cerâmicos de pequenas dimensões podem apresentar problemas de estabilidade.

### 3.6 O PROJETO DA FACHADA-CORTINA COM PLACAS DE GRÊS PORCELANATO

O projeto para produção deve levar em consideração as soluções técnicas que serão adotadas na obra, sendo imprescindível para tal, a consideração dos equipamentos existentes e os que deverão ser inseridos no canteiro; o espaço físico disponível para a estocagem, preparo e montagem dos componentes, as possíveis interferências com as demais frentes de produção e o cronograma da obra. Para que realmente atenda às necessidades da produção, o projeto da FCGP deve conter:

- a) condições de início para a execução dos serviços;
- b) ferramentas de uso pessoal;
- c) equipamentos para transporte vertical e horizontal;
- d) definição das plataformas de trabalho;
- e) definição dos locais para armazenamento dos dispositivos, componentes e elementos;
- f) dimensionamento da equipe de produção;
- g) procedimentos de produção;
- h) referências, dimensões e características de acabamento das placas de grês porcelanato;
- i) paginação das placas cerâmicas de modo a se evitar cortes e estabelecer os parâmetros arquitetônicos;
- j) tipo e dimensionamento da fixação a ser utilizada (visível ou oculta);
- k) definição da subestrutura metálica em função do tipo de fixação escolhido, cargas e dimensões das placas;
- l) tipo e dimensões dos chumbadores a serem utilizados para a fixação da subestrutura à vedação da edificação;
- m) detalhe das pontes de ligações (ancoragens) entre chumbadores e subestrutura metálica;
- n) acabamento superficial do elemento de vedação externo;
- o) necessidade ou não da implantação de isolante térmico;
- p) detalhe da interface do sistema com as esquadrias;
- q) detalhe dos dispositivos localizados nas aberturas de entrada e saída do ar;

- r) espessura das juntas entre as placas cerâmicas;
- s) tipo de selante a ser utilizado entre as placas e a subestrutura metálica de suporte;
- t) distância entre o paramento externo (tardoz das placas) e a vedação externa (espessura da câmara);
- u) forma de fixação dos chumbadores e rebites;
- v) as tolerâncias e forma de controle que serão adotadas.

As etapas do cronograma de execução devem ser definidas de acordo com as especificações e com as verificações preliminares.

### 3.6.1 As juntas entre componentes

As juntas de colocação ou juntas entre componentes são as responsáveis pela capacidade de absorver as deformações de origem estrutural e as deformações de expansão e retração, tanto da base como aquelas intrínsecas ao revestimento. Além disso, as juntas também são responsáveis pela estanqueidade do revestimento e devem permitir fácil manutenção.

Existem basicamente dois tipos de juntas, segundo a UAF (2000): juntas abertas (juntas sem proteção contra a infiltração de águas pluviais); e as juntas fechadas que são juntas com proteção contra a penetração da água de chuva.

A UAF (2000) recomenda que as juntas abertas não sejam usadas em locais onde as condições climáticas sejam extremas, ou onde o revestimento possa ser danificado por vandalismo. Esta entidade afirma que juntas com até 3mm de espessura podem impedir que a água atinja a lâmina interna, se esta se encontrar a uma distância igual ou superior a 45mm do revestimento. O artigo recomenda também, que no caso da adoção de juntas abertas, deve-se garantir que a lâmina interna seja resistente à umidade e que as juntas verticais sejam fechadas.

Segundo a UAF (2000), as juntas fechadas são caracterizadas pela utilização de uma proteção externa contra a ação da chuva. Deve-se dotar o revestimento de aberturas e de drenos para se promover a equalização das pressões e o escoamento de água que porventura adentre o sistema durante tempestades.

Não se deve empregar selantes, especialmente silicones sem se comprovar previamente, as possíveis ações de incompatibilidade química com o revestimento e as mudanças de cor devido às ações dos raios UV. Deve-se lembrar que, por princípio, este sistema não requer nenhum tipo de proteção das juntas. Qualquer vedação em encontros com esquadrias, por exemplo, significam uma solução inadequada ao sistema construtivo (SORIANO, 1999).

### 3.6.2 Dimensionamento da subestrutura de suporte

Em um sistema de produção com características bem definidas, como deve ser a FCGP, é necessário que se tenham elementos estruturais pré-dimensionados para o emprego na maioria das situações de utilização do sistema. Porém, para situações especiais, pode ser necessário o dimensionamento de determinados elementos, levando-se em consideração além do peso próprio, a pressão que o vento exerce sobre a fachada que deve ser determinada de acordo com o estabelecido na NBR 10821 (2000) e na NBR 6123 (1988).



### 3.6.4 Detalhamento dos projetos gerais da subestrutura suporte

A tipologia da subestrutura metálica é definida em função do sistema adotado para a fixação das placas cerâmicas que pode ser dividido em duas variantes distintas: sistema com acoplamento visível ou sistema com acoplamento oculto.

Com relação às placas de revestimento, Soriano (1999) afirma que a segurança frente ao desprendimento dá-se em função da seção ou superfície de contato fixação/placa. Portanto, uma fixação inserida em uma furação é menos eficiente que uma fixação executada com apoio sobre “garras”. O autor afirma que a fixação inserida em uma furação, quando mal executada, pode provocar a avaria, se não o desprendido do revestimento, devido à pequena espessura das placas.

#### 3.6.4.1 Sistemas com acoplamento visível

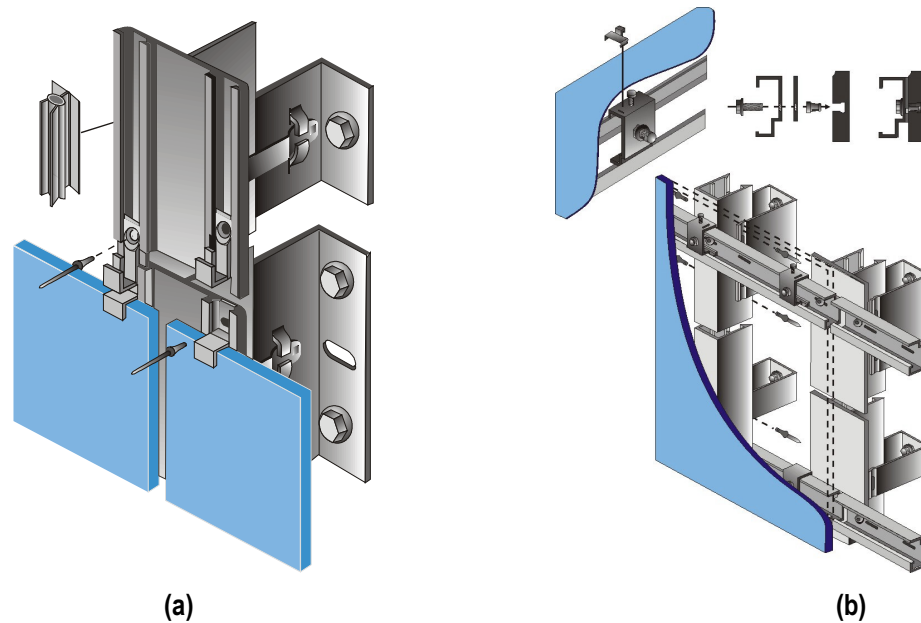
Neste caso as placas cerâmicas são fixadas à subestrutura por meio de cliques metálicos localizados próximos às suas arestas, ficando visíveis no revestimento (Figura 3a). Esses cliques possuem orifícios que permitem sua fixação ao montante por intermédio de rebites.

A subestrutura metálica, geralmente executada em alumínio série 6000 – T6, é composta por perfis verticais (montantes) cujo posicionamento é definido em função da paginação (lançamento das placas cerâmicas sobre o plano da fachada) estabelecida no projeto de arquitetura. Estes, por sua vez, fixam-se à estrutura e/ou vedação vertical exterior da edificação por intermédio de ancoragens em forma de “U” ou de “L”, compostas pelo mesmo material dos montantes. A conexão dos perfis às ancoragens é realizada mediante rebites auto perfurantes; sendo a distância entre ancoragens estabelecida a partir da capacidade resistente do substrato e em função das ações do vento que se verificam no local de implantação da obra.

#### 3.6.4.2 Sistemas com acoplamento oculto

A subestrutura necessária para este sistema de fixação (Figura 3b) é diferente da subestrutura da fixação por acoplamento visível, sendo composta por: ganchos de ancoragem para fixação inseridos em furos cilindro-cônicos previamente executados no tardo das placas cerâmicas e subestrutura formada por perfis verticais (montantes) e horizontais (guias). Os ganchos são montados no tardo das placas com a função de permitir o acoplamento desta à subestrutura.

A subestrutura, neste caso, é composta por uma trama de montantes verticais e guias horizontais, geralmente executadas com perfis de alumínio estrudado. A distância entre um montante vertical e outro é função do projeto, e do formato das placas cerâmicas utilizadas. A fixação da subestrutura ao edifício dá-se por meio de ancoragens “L” ou “U” de alumínio com as mesmas características do alumínio utilizado para a estrutura. As guias horizontais são fixadas aos montantes verticais com o auxílio de rebites de liga de alumínio com aço inoxidável austenítico. As barras horizontais, com comprimento máximo de 6m devem ser dotadas de ranhuras de fixação e deslizamento de forma a permitirem as dilatações horizontais. Sobre estas, são conectadas as placas cerâmicas com o auxílio dos ganchos de ancoragem.



**Figura 3- Sistemas de fixação das placas (MIRAGE ENGINEERING, s.d.)**

- (a) Fachada-cortina com fixações visíveis  
 (b) Fachada-cortina com fixações ocultas

### 3.6.5 Interação entre a esquadria, o revestimento e a base

A correta especificação das aberturas para a implantação das esquadrias na FCGP é de extrema importância para o desempenho higrotérmico do conjunto.

Soriano (1999) afirma ser especialmente interessante a solução das aberturas da fachada onde a estanqueidade deve ser garantida e cujo tratamento que será dado dependerá fundamentalmente da instalação mais ou menos afastada das esquadrias em função do plano exterior do revestimento.

Três são as soluções possíveis para o posicionamento das esquadrias na FCGP: implantação do caixilho no plano da parede, implantação do caixilho no plano da câmara de ar e implantação no plano do revestimento exterior.

Parício (2000) afirma ser comum a utilização de um rufo que penetra a vedação vertical na parte superior das esquadrias, estendendo-se até a junta horizontal do revestimento externo, encaminhando para o exterior do sistema qualquer possível infiltração que ocorra através das juntas.

## 4. MONTAGEM E CONTROLE

O processo e o controle da produção são os fatores que definirão a qualidade final da FCGP, e por isso devem ser tratados com especial atenção.

Sabbatini (1998) afirma ser fundamental que a empresa fornecedora do sistema de produção “invista em criar uma metodologia própria. Uma metodologia que seja efetivamente um instrumento de racionalização do processo, que se constitua em um fator diferenciador em termos de competitividade”.

Para tanto, a empresa deve ter equacionado todos os procedimentos de como produzir. Esses procedimentos servem para se estabelecer uma seqüência lógica pré-definida, fazendo com que as decisões não sejam subjetivas e que as responsabilidades possam ser definidas, possibilitando assim, o planejamento e o controle do processo de produção.

Assim, a fornecedora do sistema deve ter equacionado os seguintes itens: análise das interfaces com o sistema de FCGP, identificando-os e propondo as devidas soluções; o detalhamento dos projetos executivos e de produção; identificação dos pontos críticos e dos controles a serem adotados; definição das instalações do canteiro de obras e equipamentos de produção e segurança a serem utilizados e finalmente a elaboração do cronograma físico para a execução da fachada.

Para que isso seja possível, devem estar perfeitamente estabelecidos os procedimentos de controle que serão adotados, os procedimentos para o tratamento das não-conformidades, os sistemas de coleta e a metodologia de análise das informações. Desta forma, procura-se assegurar que o *sistema de produção* da FCGP esteja inserido dentro dos requisitos de produção estabelecidos pela empresa, atendendo às especificações técnicas definidas pelo contratante.

#### 4.1 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

O projeto do canteiro de obras deve fazer parte integrante do projeto para produção de FCGP. Além dos locais considerados pela NR-18 (1995), devem ser previstos, entre outros, os locais de armazenagem dos materiais e a maneira de como será realizado o transporte dos componentes até o local de sua aplicação, visando promover a movimentação com o menor número de interferências possíveis.

A definição dos balancins e andaimes é item crucial para o incremento da produtividade na execução de FCGP. Para este trabalho é imprescindível a utilização de balancins elétricos dotados de espuma de poliuretano frontal (para evitar danos ao revestimento já executado) ou de andaime fachadeiro. Esta escolha dá-se em função do cronograma estabelecido e das características da obra, tais como: altura, conformação perimetral, equipamentos de transporte verticais disponíveis, localização da obra, entre outras.

#### 4.2 CONDIÇÕES PARA O INÍCIO DA MONTAGEM

Para a verificação das condições de início da execução de revestimentos, Sabbatini, Selmo e Silva (1988) recomendam que seja adotado o "Controle de Qualidade das Condições para o Início dos Serviços".

Este controle refere-se à avaliação da terminalidade dos serviços que antecedem a execução da FCGP, deixando claro que o início dos trabalhos somente poderá ser autorizado após a avaliação e possíveis correções necessárias.

Para a aplicação deste controle deve-se elaborar um "*check list*", com a relação dos itens a serem verificados, bem como, a tolerância para a aceitação e/ou rejeição das não conformidades.

#### 4.3 CONTROLE

O controle deve fazer parte integrante do projeto da FCGP, já que sem o estabelecimento deste, todos os outros procedimentos e especificações não podem ser verificados e avaliados, tornando-se, portanto, inúteis.

Além do Controle de Aceitação para o Início dos Serviços, é de fundamental importância a implantação do Controle de Qualidade de Execução e do Controle de Qualidade de Aceitação.

Para a aplicação de uma metodologia de controle é de fundamental importância que se estabeleçam as tolerâncias para a aceitação de um determinado serviço, definindo-se ainda quais as providências a serem tomadas caso se observe a existência de não conformidades.

#### 4.3.1 Controle de Qualidade de Execução

Este controle a ser tomado pela empresa contratada para o fornecimento do *sistema de produção* de FCGP tem por objetivo garantir a conformidade da produção com os padrões estabelecidos em projeto, através da verificação contínua do processo de produção do revestimento, podendo-se assim, intervir no processo de modo a corrigir os procedimentos no momento em que ocorram os desvios.

A mão-de-obra deve ser capacitada de tal forma a permitir a prática do autocontrole para serviços considerados corriqueiros, ou seja, aqueles cuja técnica já foi perfeitamente absorvida pelos operários. Souza (2001) afirma que nestes casos “os serviços vão sendo controlados à medida que vão sendo executados, pela própria mão-de-obra”. Assim, apenas as passagens mais críticas devem exigir a presença de um controle externo.

#### 4.3.2 Controle de Qualidade de Aceitação

O controle de qualidade da FCGP tem por objetivo a verificação da total conformidade do revestimento executado, com as especificações de projeto.

O universo do controle da qualidade de aceitação é todo o serviço a FCGP. Além das funções de receber o serviço e apropriar o que foi produzido, o controle de aceitação pode servir como instrumento fundamental para a avaliação do projeto do revestimento e para o aperfeiçoamento do processo.

Para tanto, deve-se elaborar um “*check list*” a ser preenchido na presença do contratante, contendo, além das observações a serem feitas por este, os seguintes itens para a checagem:

- planeza, prumo e nivelamento das superfícies da FCGP;
- esquadro dos diedros e retilinearidade, nivelamento e prumo do eixo dos diedros;
- uniformidade e limpeza da superfície;
- execução de detalhes construtivos: juntas, cortes, pingadeiras, etc;
- limpeza.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que a FCGP constitui-se em uma evolução do processo de produção de fachadas de edifício, tanto no aspecto construtivo por tratar-se de um processo com alto índice de industrialização, quanto no desempenho proporcionado.

Porém, um aspecto que deve ser levado em consideração quando da opção por este tipo de revestimento é sua comercialização como sistema de produção, ou seja, revestimento aplicado com garantia de desempenho, englobando para tanto: o projeto para produção completo e

compatibilizado para cada obra em questão, o serviço de montagem, manutenção e garantia efetiva em contrato, tanto da durabilidade como do desempenho global do sistema.

A adoção de outros critérios de comercialização pode levar o sistema ao fracasso, já que, a implantação desta tecnologia requer que se tenha o domínio tecnológico de todos os outros subsistemas com quem esta possui uma interface. Este fato pode ser observado quando da tentativa da introdução dos painéis de concreto pré-moldados para fachada e das divisórias leves de gesso acartonado na década de sessenta, abortadas devido às inúmeras manifestações patológicas apresentadas à época, sendo que apenas ao final da década de noventa, esforços para suas implantações foram retomados.

Observa-se hoje, que na ânsia pelo lançamento desta tipologia de revestimento algumas empresas nacionais fabricantes de placas cerâmicas para revestimento tem procurado comprar a tecnologia de FCGP no exterior, outras vêm tentando desenvolver seus próprios sistemas de maneira não sistêmica, sem o auxílio de profissionais ligados à tecnologia e gestão na produção de edifícios.

Ambas estão incorrendo em gravíssimos erros, podendo levar a implantação da FCGP ao insucesso, botando a perder, uma boa fatia do mercado destinada a placas de grês porcelanato de grandes dimensões, já que sem esta tecnologia, o uso dessas placas como revestimento para fachada torna-se impossível.

Além de levar em consideração as peculiaridades de nossas obras, sua implantação deve ser precedida de um desenvolvimento tecnológico de forma a tornar o sistema totalmente integrado com os demais elementos que compõem a vedação vertical externa dos edifícios, a fim de se fazer do sistema uma “solução construtiva”.

Deve-se deixar claro, também, que o campo de aplicação da FCGP é restrito a obras de elevado padrão, onde atualmente são utilizados revestimentos não aderidos, como: placas pétreas, placas de alumínio composto, placas de vidro e placas de resina acrílica, entre outros. Além do aspecto técnico, o custo do sistema deve ser compatível com as demais tipologias de fachadas não aderidas a fim de que se torne competitivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, G. *Fundamentals of building construction: Materials and methods*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *Forças devidas ao vento em edificações. Procedimentos* - NBR 6123. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. *Caixilho para edificação – Janela. terminologia* - TB-354. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. *Caixilho para edificação - janela* - NBR 10821. Rio de Janeiro, 2000.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES (CTE). *Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras*. São Paulo: CTE/Sinduscon-SP/Sebrae-SP, 1994.

COSTA, E.C. da; *Física aplicada à construção: conforto térmico*. Porto Alegre: Edgard Blucher, 1974.

CROISSET, M. *Humedad y temperatura en los edificios*. Barcelona: Técnicos Asociados, S.A, 1970.

GRANITI FIANDRE. Pareti Ventilati. Italy s.d.

- MÄNTYLÄ, A.A. *Technical references to kerasteel ventilated facades with large ceramic slabs*. (s.d.) <http://www.rannila.com/kstech.html>. Acesso em 15 de dez. de 2001.
- MARAZZI TECNICA ENGINEERING. *Parete ventilata*. Italy, 1997.
- MEDEIROS, J.S. *Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios*. 1999. 458p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- MELHADO, S.B.; FABRÍCIO, M.M. *Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos*. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis, 1988. Anais. Editores Denise Antunes da Silva, Roberto Lamberts, Carlos Torres Formoso, Ercília Hirota. Florianópolis: NPC/ECV/CTC/UFSC. Florianópolis, 1988.
- MENEGAZZO, A.P.M.; *Estudo da correlação entre microestrutura e propriedades finais de revestimentos cerâmicos do tipo grés porcelanato*. 2000. Qualificação (Doutorado) - Comissão Nacional de Energia Nuclear - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR 18 - *Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção*. Brasília, 1995.
- MIRAGE ENGINEERING. *Manual*. Itália, (s.d.).
- PARÍCIO, I. *La fachada de ladrillo*. Barcelona: Bisagra, 2000.
- SABBATINI, F. H. *A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial*. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS. São Paulo, 1998. Anais. F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros., EPUSP/PCC. São Paulo 1998.
- SABBATINI, F.H. *TG 004 Tecnologia de produção de vedações verticais. A industrialização na produção de vedações: inovações e tendências*. (Slides de aula do curso MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo). São Paulo, 2002.
- SABBATINI, F.H.; FRANCO, L.S. *TG 002 Tecnologia de produção de vedações verticais*. (Apostila do Curso MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo). São Paulo, 2000.
- SABBATINI, F.H.; SELMO, S.M.S.; SILVA, M.M.A.; *Conceitos básicos sobre a execução de revestimentos argamassados*. Projeto EPUSP/ENCOL-01. São Paulo, 1988.
- SORIANO, R.V. *Aplacados pétreos em fachadas ventiladas*. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Catalunya, 1999. [http://www.coac.net/escolaser/gent\\_gran/exemples/ortega/ortega\\_2\\_e.htm](http://www.coac.net/escolaser/gent_gran/exemples/ortega/ortega_2_e.htm). Acesso em 09. de dez. de 2000.
- SOUZA, A. L. R. de; *Preparação e coordenação de obras: Transposição da experiência francesa para a construção brasileira de edifícios*. 2001. 440p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- STRAUBE, J.; BURNETT, E. *A review of rain control and design strategies*. U.S.A.: Journal of Thermal Insulation and Building Envelopes, 1999.
- UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS (UAF). *Exterior ventilated cladding*. Alaska: University Alaska Fairbanks, 2000.
- UUTTU, S. *Study of current structures in double-skin facades*. Helsinki: Helsinki University of Technology, 2001.