



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## FACHADAS COM PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS EM GRC NO SUL DO BRASIL

**Luiz H. M. Vefago (1); Fernando Barth (2)**

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: luizvefago@arq.ufsc.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: ferbarth@arq.ufsc.br

### RESUMO

**Proposta:** O presente trabalho tem por objetivo a caracterização do uso de painéis em GRC com a aplicação de revestimentos cerâmicos em três edifícios localizados na Universidade Luterana do Brasil, em Canoas, sendo o ginásio de esportes, a faculdade de odontologia e o edifício de estacionamento. **Método de pesquisa/Abordagens:** Análise construtiva. Análise do conforto térmico dos painéis pelas normas brasileira - NBR15220 e espanhola - NBE-CT-79. Análise da resistência ante ao fogo dos painéis de fachada pela norma espanhola e as normas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e de Porto Alegre. **Resultados:** Análises teóricas do desempenho higro-térmico, acústico e de resistência ao fogo comprovaram que os painéis satisfazem as normas analisadas. Estes três edifícios permitem caracterizar os diferentes tipos e processos de fabricação de painéis de fachada em GRC, onde se pode constatar um aumento no tamanho dos painéis, uso de texturas, colorações e revestimentos cerâmicos. Estas técnicas, utilizadas num primeiro momento para seguir os padrões arquitetônicos existentes no local, serviram também para possibilitar a utilização dos painéis pré-fabricados de fachadas, assim como contribuir para a difusão da tecnologia do GRC no Brasil. **Contribuições/Originalidade:** Demonstração do nível elevado de desempenho térmico e em relação às construções executadas em alvenaria tradicional.

Palavras-chave: caracterização; GRC, fachada, revestimento cerâmico, painéis pré-fabricados.

### ABSTRACT

**Propose:** This paper intends to show the use of GRC panels with ceramic tiles covering on facade of three buildings situated in The Lutheran University of Brazil: the gymnasium, the building of Odontology's Faculty and the parking building with capacity for 1400 cars. **Methods:** Constructive analysis. Thermal confort analysis of panels by brasilian - NBR15220 and spanish - NBE-CT-79 standards. Fire resistance by fire departments of São Paulo State and Porto Alegre city. **Findings:** These three buildings allow to illustrate the different types and methods of GRC panel fabrication, where is possible to observe an increasing of panels size, the using of new textures, colors and ceramic tiles covering. Outstanding elements in the facade composition, in the way to be reference in the other uses of precast facades and to contribute to the diffusion of the GRC technology in Brazil. **Originality/value:** Demonstration of high level of thermal performance with respect to constructions with traditional masonry.

Keywords: GRC, facade, ceramic tiles, precast panels.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos observou-se um desenvolvimento das fachadas pré-fabricadas no Brasil e mais recentemente, as fachadas com painéis em GRC (*Glassfibre reinforced Concrete*) influenciadas por algumas obras emblemáticas como as fachadas das torres da Catedral da Sé, (BARTH *et al* 2003). Atualmente o Brasil conta com quatro fabricantes de produtos em GRC. As obras apresentadas neste trabalho representam as primeiras fachadas executadas integralmente com painéis de GRC no sul do país. As fachadas apresentam especificidades em função das características de projeto dos edifícios e podem ser produzidos segundo diferentes métodos de fabricação. Nestes três edifícios analisados as estruturas são pré-fabricadas em concreto armado, objetivando reduzir os prazos de execução e conferir maior controle de qualidade das obras. Essa rapidez de fabricação e montagem induziu também a utilização de painéis pré-fabricados nas fachadas. A escolha de painéis revestidos externamente com plaquetas cerâmicas teve por finalidade manter a linguagem arquitetônica das construções existentes. Estes painéis apresentam maior uniformidade dimensional, regularidade no assentamento das plaquetas cerâmicas e ausência de manchas, características estas obtidas por controle de procedimentos na sua fabricação.

## 2 ESTUDOS DE CASO

Os três edifícios foram projetados e construídos entre 2001 e 2004 e estão localizados no campus da Universidade Luterana do Brasil, (ULBRA) na cidade de Canoas, região metropolitana de Porto Alegre. Em todos eles foram utilizados revestimentos com plaquetas cerâmicas nos painéis em GRC, como pode ser observado na figura 1.



(a)

**Projeto:** Arq. Magda Kindler  
**Fachadas:** Eng. Fernando Barth  
Arq. Hélio Greven  
**Ano de execução:** 2004  
**Construtora:** Verdicon  
**Área de fachada em GRC:** 846m<sup>2</sup>  
**Fabricante dos painéis:** NAVE



(b)

**Projeto:** Arq. Magda Kindler  
**Fachadas:** Eng. Fernando Barth  
Arq. Hélio Greven  
**Ano de execução:** 2004  
**Construtora:** Verdicon  
**Área de fachada em GRC:** 1754m<sup>2</sup>  
**Fabricante dos painéis:** NAVE



(c)

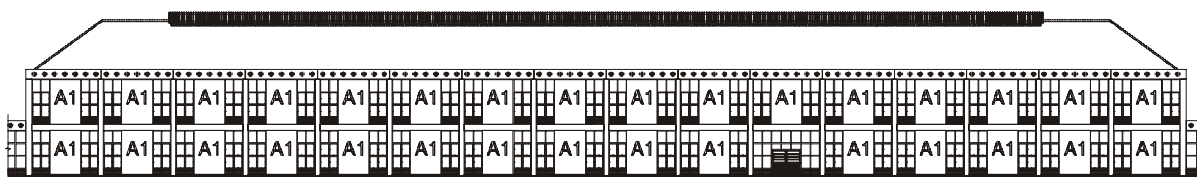
**Projeto:** Arq. Magda Kindler  
**Fachadas:** Eng. Fernando Barth  
Arq. Hélio Greven  
**Ano de execução:** 2004  
**Construtora:** Verdicon  
**Área de fachada em GRC:** 1570m<sup>2</sup>  
**Fabricante dos painéis:** NAVE

**Figura 1 - Fachadas do ginásio (a) faculdade de odontologia (b) e do edifício garagem (c).**

### 2.1 Ginásio esportivo

O ginásio possui uma área total de 5327m<sup>2</sup>, contendo 5 quadras poliesportivas, e uma piscina semi-olímpica com arquibancada para 172 pessoas. A iluminação natural neste bloco é predominantemente lateral, localizada em esquadrias entre os painéis de GRC e aberturas zenitais na cumeeira, conforme pode ser visualizado na figura 2. As vedações são tratadas com painéis sanduíche em GRC fabricados pelo método de pré-mistura. Este método foi utilizado na ocasião em função da fábrica não contar com equipamentos de projeção. A modulação básica do projeto das fachadas é de 6m, que coincide com a distância entre os eixos dos pilares pré-fabricados de concreto. Os painéis sanduíche revestidos com

plaquetas cerâmicas que foram utilizados nas fachadas longitudinais têm dimensões de (2,56 X 3,77)m e nas fachadas laterais apresentam dimensões de (196 X 3,77)m. Estes painéis apresentam índice de repetição global IR = 50 com área média de 8,50m<sup>2</sup>.



**Figura 2 - Paginação da fachada oeste do ginásio de esportes.**

Os painéis sanduíche em GRC foram fabricados com cimento portland com alta resistência inicial e areia fina de quartzo, compostos por duas camadas de GRC com 12mm de espessura cada e um núcleo central de poliestireno expandido com 100mm de espessura. O revestimento com plaquetas cerâmicas possui espessura de 13mm e dimensões de (5,5 X 22)cm. Esses painéis apresentam estruturas de enrijecimento verticais a cada 42,5cm de eixo.



(a)



(b)



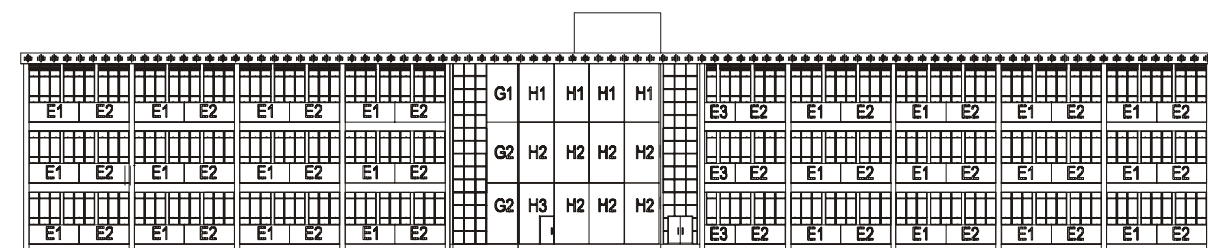
(c)

**Figura 3 – Içamento do painel (a) vista frontal (b) e vista posterior (c).**

Os painéis sanduíche estão apoiados, transmitindo as cargas diretamente para as vigas. As quatro fixações apresentam rebaixos que posteriormente são fechados com placas de GRC, recebendo pintura acrílica texturizada. As movimentações dos painéis por variação de temperatura e umidade são permitidas por meio de cantoneiras galvanizadas e ligações parafusadas. As juntas entre as plaquetas cerâmicas são preenchidas com a argamassa colante que faz a interface entre as mesmas e a camada de GRC. As plaquetas são posicionadas nos moldes metálicos, recobertos por uma camada de 5mm da argamassa adesiva sobre o seu tardóz e posteriormente recebe ainda em estado fresco a primeira camada de GRC do painel sanduíche.

## **2.2 Faculdade de Odontologia**

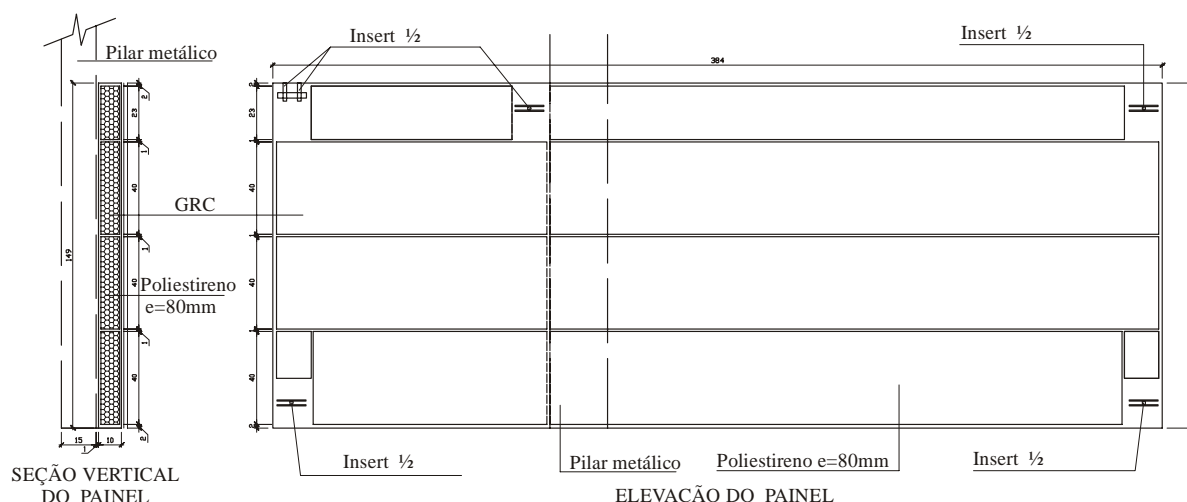
A edificação apresenta 3 pavimentos com área construída total de 12300m, possuindo quatro clínicas, salas de administração, salas de aula, laboratórios e um auditório com capacidade para 200 pessoas. A estrutura do edifício é de concreto pré-fabricado, com modulação variável nas fachadas. Nas longitudinais, a modulação horizontal varia entre 6,50m e 8,10m e nas transversais, varia de 7,00m a 7,85m. A modulação vertical é de 4,50m, que corresponde entre as lajes alveolares. A fachada oeste é dividida em duas partes com a parte central de pele de vidro. O restante da fachada é realizado com vedações opacas e esquadrias de alumínio com vidros incolores. Na fachada leste, mostrada na figura 4, a parte central possui vedações opacas que formam a caixa de escada enclausurada. Nas fachadas norte e sul existe o predomínio de vedações opacas onde as esquadrias coincidem com os corredores longitudinais do prédio.



**Figura 4 – Paginação da fachada leste do ginásio de esportes**

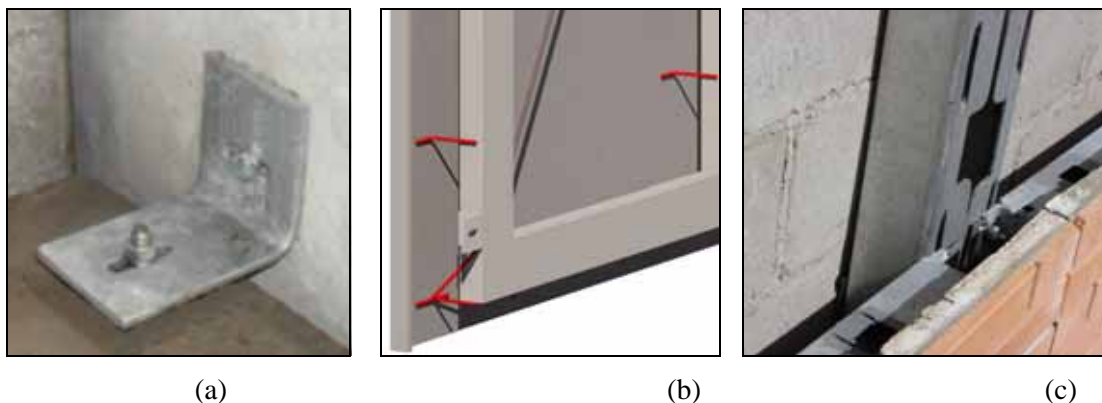
As fachadas do edifício podem ser decompostas em 7 famílias de painéis sanduíche e uma família de painéis tipo *stud frame* que reveste a caixa de escada. Os 234 painéis distribuídos em 34 tipos distintos, apresentam índice de repetição global = 6,88 painéis. A área total de fachada é de aproximadamente 3540m<sup>2</sup>, sendo a superfície construída em GRC é de 1898m<sup>2</sup>, com área média por painel de 8,11m.

Os painéis tipo sanduíche possuem dimensões médias de aproximadamente (1,50 x 3,85)m, com núcleo interno com 80mm de poliestireno expandido e duas camadas de GRC com 12mm de espessura cada. As nervuras de reforço em GRC são dispostas horizontais a cada 40cm, conforme mostra a figura 5. A fabricação destes painéis foi realizada através do método de projeção (*spray-up*), por ser uma alternativa tecnológica de maior produtividade, em comparação com o método de pré-mistura (*premix*) utilizado anteriormente na fabricação dos painéis do ginásio.



**Figura 5 – Detalhe do painel sanduíche tipo E1**

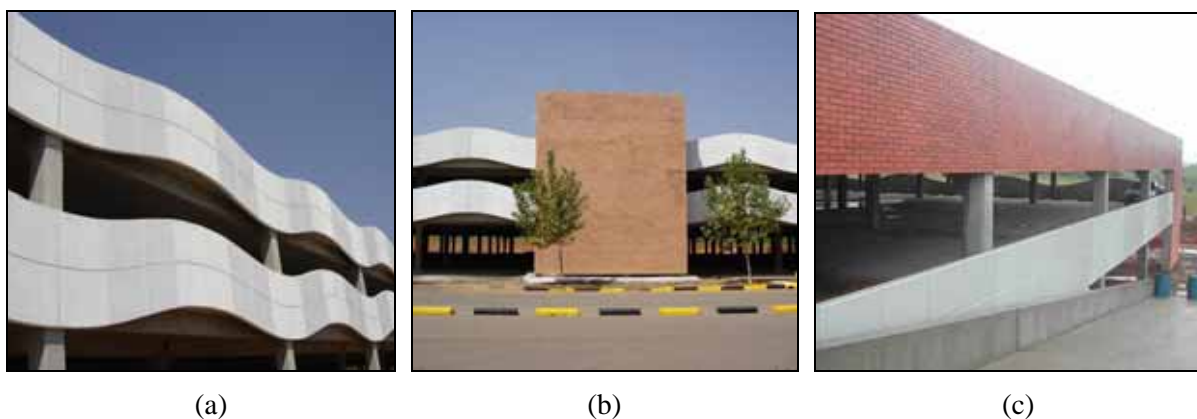
Para as paredes da escada de incêndio, foram utilizados painéis *stud frame*, por se tratar de superfícies de grandes dimensões. A área média dos painéis é de aproximadamente 12m<sup>2</sup>, sendo que os maiores alcançam 16,80m<sup>2</sup>. Detalhes desses painéis podem ser vistos conforme a figura 6. Nos painéis sanduíche existem 5 pontos de fixação. Dois que se ligam aos pilares de concreto, um que faz a ligação com a laje, um ponto que é fixado ao pilar metálico e outro que faz a ligação entre as extremidades dos painéis, como mostrado nas figuras 6 e 9. Para a fixação dos painéis à estrutura, utilizam-se parafusos auto-atarraxantes. As ancoragens dos painéis *stud frame*, figura 10, estão distribuídas em 6 pontos, sendo duas na parte superior, duas no centro da peça e outras duas na porção inferior. Todas estas fixações estão parafusadas em perfis metálicos tipo “U”, que por sua vez são ancorados nos blocos de alvenaria estrutural do concreto, conforme pode ser visto na figura 7. As juntas entre as plaquetas são realizadas com argamassa colante na cor cinza, com 10mm de espessura e as juntas entre os painéis também apresentam 10mm de espessura e são preenchidas com silicone na mesma cor. O selante utilizado apresenta uma capacidade elástica de movimentação igual a 25%.



**Figura 7 – Fixação do painel sanduíche (a) detalhe da estrutura de aço do painel tipo *stud frame* (b) fixação do painel tipo *stud frame* (c).**

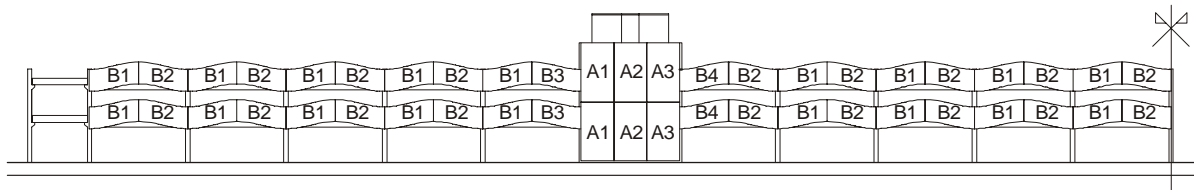
## 2.3 Edifício Garagem

O edifício apresenta três pavimentos com capacidade de até 1374 vagas para veículos com entradas e saídas independente para cada pavimento, permitindo facilidade e rapidez no acesso dos veículos, em horas de alto tráfego. O último pavimento não possui cobertura. As quatro escadas de incêndio estão posicionadas junto às fachadas leste e oeste ilustradas na figura 8 (b), com duas rampas na fachada sul e duas na fachada norte, cujas vigas invertidas protegem os automóveis, conforme mostrado na figura 8 (c). A estrutura do edifício é executada com pilares e vigas de concreto pré-fabricado. Formando uma malha estrutural de (7,6 x 7,7)m entre pilares. As lajes são pré-fabricadas. O edifício apresenta as quatro fachadas realizadas com painéis sanduíche em GRC. Por razões econômicas, os painéis das caixas de escadas foram fabricados com concreto armado. As fachadas leste e oeste por sua vez, são caracterizadas pelos núcleos das escadas que estão destacados das fachadas, também com o uso de plaquetas cerâmicas. O destaque dessas fachadas está nos painéis sinuosos que possuem partes com textura ranhurada e partes totalmente lisas. Esta diferenciação nas superfícies dos painéis produz um efeito ótico, que em perspectiva gera uma imagem tri-dimensional dos mesmos, conforma pode ser observado na figura 8 (a).



**Figura 8 – Painéis sinuosos em GRC (a) painéis em concreto com revestimento cerâmico (b) painéis em GRC com revestimento cerâmico(c).**

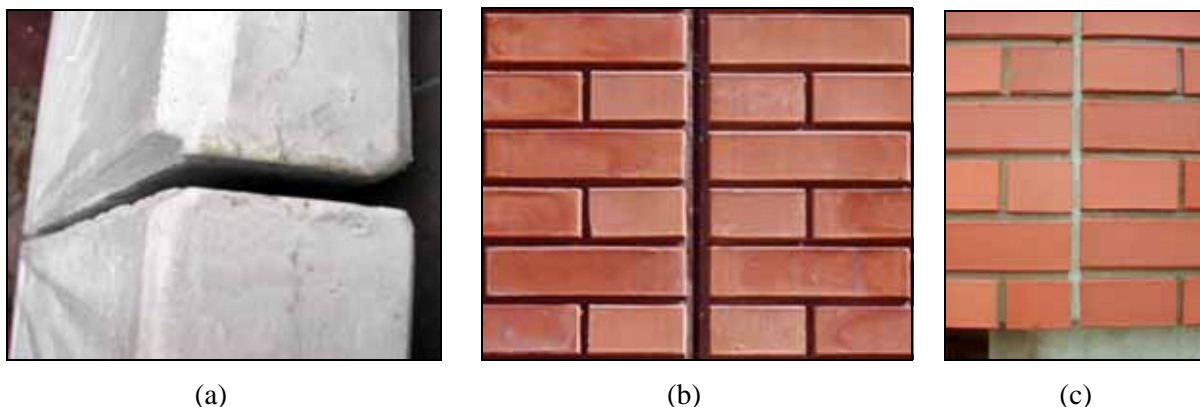




**Fig. 10 – Paginação da fachada Oeste**

Os painéis sinuosos das fachadas leste e oeste apresentam dimensões longitudinais de 3,80m, que corresponde à metade da modulação. Nos cantos do edifício e nas caixas de escadas a modulação da estrutura varia entre 2,3m e 4,4m, fazendo com que os painéis das fachadas norte e sul tenham medidas variadas. Os painéis localizados nas escadas não seguiram a modulação definida pelos pilares da estrutura, pois os mesmos puderam ser fixados nas vigas de borda de cada pavimento. As fachadas deste edifício apresentam 230 painéis com área média de 6,44m<sup>2</sup>, que podem ser decompostos em 17 tipos de painéis, cujo índice de repetição global IRG = 13,59 painéis. As fachadas foram construídas com duas famílias de painéis. Os painéis de concreto armado que foram executados com cimento portland de alta resistência inicial, cuja face externa apresenta um revestimento com plaquetas cerâmicas incorporado na fase de fabricação da peça, e os painéis sanduíche em GRC, figura 12 (a), fabricados com cimento branco e areia fina de quartzo. Esses painéis são fabricados através do método *spray up*, com nervuras de reforço e acabamentos superficiais diferenciados, conforme pode ser visto nas figuras. 12 (b) e (c).

Os painéis sinuosos possuem quatro pontos de fixação que utilizam cantoneiras parafusadas nos pilares e nas lajes, conforme as figuras 7 (a) e (c). As cantoneiras parafusadas nos pilares possuem furos alongados de modo a absorver as tolerâncias de fabricação e de montagem, assim como as movimentações por variações de temperatura e umidade. Como os painéis sinuosos apresentam a metade da modulação de estrutura, optou-se por fazer a ligação de topo entre eles, de modo a reduzir as deformações provocadas por cargas horizontais, como ilustrado na figura 7 (b). As juntas entre os painéis sanduíche de GRC são abertas em função da inexistência de esquadrias nas fachadas deste edifício, conforme mostra a figura 22. As juntas entre os painéis com revestimento cerâmico das fachadas norte e sul também foram mantidas abertas (figura 23), com exceção das juntas das caixas de escada que foram seladas com silicone, mostrada na figura 24.



**Figura 13 – Junta aberta do painel sanduíche (a) junta aberta com plaqueta cerâmica (b) junta selada (c).**

### 3 ANÁLISE HIGROTÉRMICA

O projeto de norma da ABNT (1998) contempla apenas a análise de desempenho térmico da edificação, sem considerar a transferência de vapor de água nas mesmas. No entanto nesta análise adota-se também a norma espanhola NBE-CT-79 para se fazer a análise do desempenho higrotérmico. A norma espanhola faz a distinção entre vedações leves (200Kg/m<sup>2</sup>) e pesadas, caracterizadas por massa superior a este valor. A transmitância térmica máxima admitida para as vedações leves é

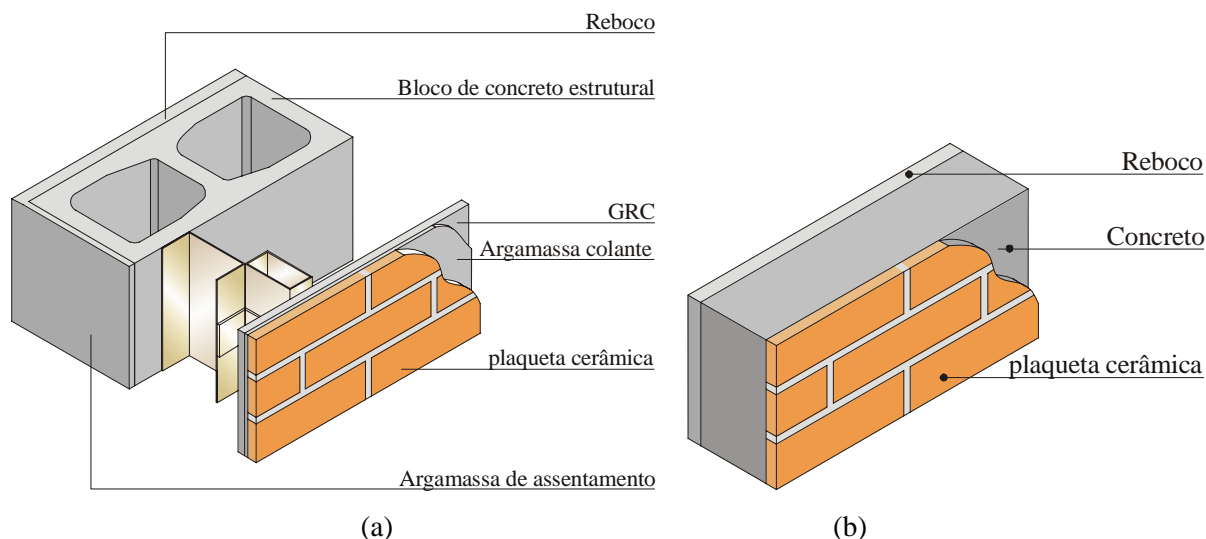
menor que a equivalente para as paredes pesadas, pois as leves apresentarem menor capacidade térmica, devido a sua reduzida massa. Considera também as perdas de calor pelas lajes em contato com o solo e permite calcular o coeficiente global de transmissão térmica da edificação através de um cálculo simplificado. As fachadas estão em constante troca de calor e umidade com o ambiente externo. Os fatores que determinam as temperaturas externas de uma certa localidade são a latitude e a altitude. Para se fazer a comparação entre as referidas normas, pode-se escolher zonas climáticas similares: Porto Alegre(30°) em região próxima ao litoral sul do Brasil e Santa Cruz de Tenerife (28°50') no oceano atlântico que pertence à Espanha.. A tabela 1 mostra as transmitâncias térmicas segundo as respectivas normas.

**Tabela 1 – Comparação entre as transmitâncias térmicas**

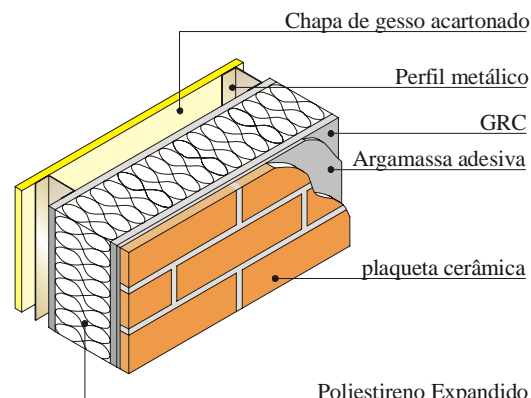
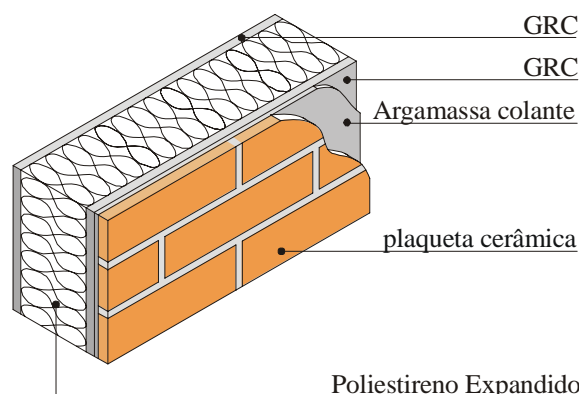
Norma	Zona climática	Transmitância térmica (W/m²K)	Transmitância térmica Global (W/m²K)
Brasileira	2	$U \leq 3,00$	-
Espanhola	Vedação leve A	$U \leq 1,20$	1,20 – 2,10*
	Vedação pesada A	$U \leq 1,80$	

Nota: \* Valores de transmitância térmica global mudam de acordo com o fator de forma e a zona climática

As vedações mais leves e flexíveis mostram-se mais adequadas aos edifícios comerciais e institucionais, por representarem montagem mais rápida, com equipamentos menores e mais flexíveis. Com a demanda cada vez maior de energia para equipamentos de aquecimento e arrefecimento, a massa térmica é tida como complemento do desempenho térmico. Edificações com muita massa térmica exigem muito tempo para o aquecimento ou resfriamento do interior dos edifícios. Isso representa desperdício de energia. O ar possui uma capacidade térmica muito baixa e como as vedações mais leves possuem pouca massa térmica a energia gasta para climatizar edifícios com esses tipos de fachada pode ser menor. Nos presentes estudos de caso, a metade das vedações utilizadas é pesada (figura 14) e a outra metade é considerada leve, conforme pode ser observado nas figuras 15 e 16. Na tabela 2 são apresentados os valores de transmitância térmica calculados de acordo com as normas referidas anteriormente.



**Figura 14 – Painel stud frame com placa cerâmica(a) painel em concreto com placa cerâmica (b).**



**Figura 15 –GRC Sanduíche com plaqueta cerâmica**

**Figura 16 - GRC com plaqueta cerâmica e dry wall**

**Tabela 2 – comparação entre as transmitâncias térmicas das vedações dos estudos de caso.**

Edifício	Tipo de parede	Massa (Kg/m <sup>2</sup> )	U	NBR 15220	NBE-CT-79	
				U ≤ 3,00	Leve U ≤ 1,20	Pesada U ≤ 1,80
Ginásio	<b>A</b> – GRC sanduíche com plaqueta cerâmica	80	0,37	satisfaz	satisfaz	-
Faculdade odontologia	<b>B</b> – GRC sanduíche com plaqueta cerâmica e gesso	92	0,41	Satisfaz	Satisfaz	-
	<b>C</b> – GRC stud frame com plaqueta cerâmica	275	1,75	Satisfaz	-	Satisfaz
Edifício garagem	<b>D</b> - Concreto com plaqueta cerâmica	265	3,87	Não satisfaz	-	Não satisfaz
Referência	<b>E</b> - Blocos cerâmicos*	160	2,72	Satisfaz	Não satisfaz	-
	<b>F</b> - Tijolos aparentes**	170	3,70	Não satisfaz	Não satisfaz	-

Nota: \* Blocos com dois furos (12,5x6,3x22,5)cm, assentados com espessura de 12.5cm. Valores retirados da tabela C3 do anexo C da norma brasileira NBR 15220 (2005).

\*\* Tijolos com (10x6x22)cm assentados com espessura de 10cm. Valores retirados da tabela C3 do anexo C da norma brasileira NBR 15220 (2005).

Na tabela 2 pode-se observar que as transmitâncias térmicas das vedações em GRC são inferiores ao valor máximo estabelecido pela NBR 15220. Nota-se que as vedações A e B, que utilizam poliestireno expandido na sua composição possuem transmitâncias térmicas muito baixas, satisfazendo ambas as normas de desempenho térmico. O fechamento C, também satisfaz as duas normas, porém pela norma espanhola, esta vedação está próxima do valor máximo admitido de transmitância térmica. As paredes executadas com concreto armado obtiveram o maior valor de transmitância térmica dentre as analisadas. A transmitância térmica calculada do painel de concreto armado,  $U = 4,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , é superior ao valor exigido pela norma brasileira e muito acima do valor estabelecido pela NBE-CT-79. Observa-se que esta vedação foi utilizada no edifício garagem, tendo este aberturas ao longo de todas as fachadas. Caso esse fechamento fosse utilizado em edifícios fechados, o desempenho térmico global do mesmo seria seriamente afetado, pois permitiria a passagem de grande fluxo de calor para o interior do edifício nesta parte da fachada. A utilização simultânea de painéis em GRC com alvenaria de blocos de concreto estrutural faz com que a vedação C seja classificada como fechamento pesado. Segundo a norma espanhola, para este caso a transmitância térmica deve ser inferior a  $1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . Para facilitar a compreensão adotaram-se a título de comparação, uma parede em alvenaria convencional com blocos cerâmicos e uma com tijolos, cujos valores da transmitância térmica são de  $2,72$  e  $3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  respectivamente.

#### 4 VERIFICAÇÃO DE RISCOS DE CONDENSAÇÕES NAS VEDAÇÕES

As paredes caracterizadas por matrizes porosas possibilitam a transferências de vapor de água através de seus capilares. O vapor de água existente nos ambientes e nas vedações pode sofrer condensação



em função do rebaixamento brusco das temperaturas externas. Como o Brasil não dispõe de norma para avaliar o desempenho higro-térmico das edificações, utilizaram-se os dados de um programa computacional, denominado Analysis Bio, desenvolvido pelo Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura da UFSC e as exigências da norma espanhola. Para o ambiente interno foi adotada temperatura de conforto de 18°C e umidade relativa de 75% e para o ambiente externo considerou-se umidade relativa de 95% e temperaturas médias mínimas para a cidade de Porto Alegre que é de 10,7°C, nos meses de junho e julho. A partir dessas considerações determinaram-se os gradientes de temperaturas das diferentes camadas e das respectivas temperaturas de condensação para as vedações dos estudos de caso, que podem ser observadas nas figuras 17, 18 e 19.

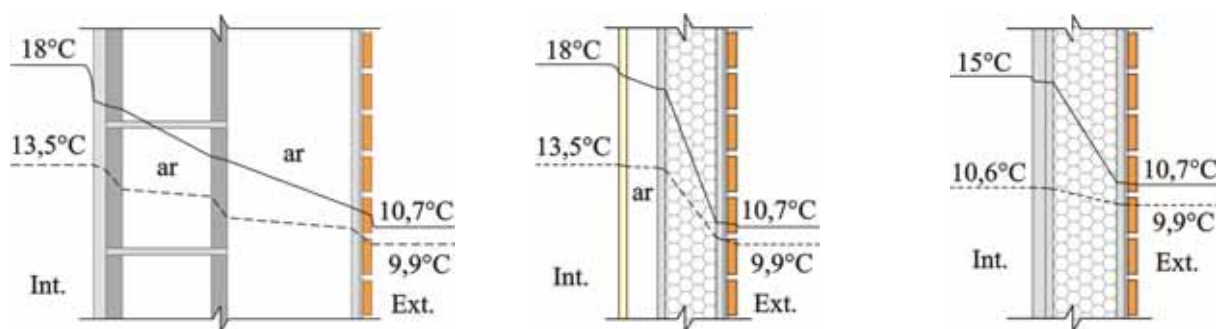


Fig 17 – Vedação Escada Odontologia    Fig 18 – Vedação Odontologia    Fig 19 – Vedação Ginásio

## 5 COMPORTAMENTO ANTE AO FOGO

O GRC é um material incombustível, sendo que uma camada de 12mm deste material pode garantir uma resistência ao fogo de 15 minutos (PCI,1987). Segundo a norma inglesa BS 476 deve-se satisfazer três critérios no desempenho ao fogo: estabilidade, onde a estrutura não deve entrar em colapso; integridade, onde a estrutura ou vedação não devem permitir a passagem de chamas e o isolamento, onde o lado protegido não deve ultrapassar a temperatura de 140°C acima da temperatura inicial. Estas exigências podem ser satisfeitas através da incorporação de um núcleo com isolamento térmico ou com um elemento construtivo na face interna que garanta os requisitos de desempenho ao fogo exigidos na vedação. De outra parte, a norma espanhola NBE-CPI-96 estabelece que para edifícios com até 15m de altura, a resistência ao fogo das vedações das caixas de escadas enclausuradas deve ser de 120 minutos e das fachadas deve ser de no mínimo 60 minutos. No entanto, segundo a Instrução Técnica nº08/2004 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, as fachadas dos edifícios institucionais devem ter RF-90 e as fachadas do edifício de estacionamento com aberturas laterais RF-30. Na tabela 3 são apresentadas as resistências ao fogo das fachadas dos edifícios estudados de acordo com a instrução técnica brasileira e a norma espanhola.

Tabela 3 – comparação entre as resistências ao fogo exigidas para as vedações.

Edifício	Resistência ao fogo RF (minutos)			
	Norma espanhola CPI-96		Brasil IT-04 CBESP	
	fachada	escada	fachada	escada
Ginásio	60	-	90	-
Odonto	60	120	90	120
Garagem	60	120	30	120

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ginásio de esportes, o método de fabricação utilizado foi o premix, sendo que nas demais o processo adotado foi o de projeção de GRC, o que permitiu um ganho de produtividade e facilidade de execução, além de maior precisão na fabricação dos componentes. Nos três edifícios foram utilizados painéis com revestimento cerâmico. No ginásio e no edifício da faculdade de odontologia foram

utilizados painéis sanduíche com este tipo de revestimento, caracterizados pela facilidade de colocação das plaquetas cerâmicas nos moldes e uniformidade dimensional. Nas escadas do edifício da odontologia optou-se por utilizar os painéis stud frame com revestimento cerâmico por serem uma alternativa econômica para este tipo de painel de grandes dimensões. No edifício garagem, os painéis sinuosos, apesar de apresentarem um grande índice de repetição mostraram-se eficazes para romper com a monotonia gerada pela excessiva repetição de pilares na sua estrutura. A utilização das normas brasileira e espanhola possibilitou a análise comparativa do desempenho térmico das edificações, sendo que esta última mostrou-se mais rigorosa quanto aos valores admitidos para o fluxo de calor nas vedações. As vedações analisadas não apresentaram condensações superficiais e intersticiais, haja visto que as temperaturas não foram inferiores às temperaturas de condensação determinadas pela norma espanhola.

As fixações dos painéis do ginásio estão protegidas contra o fogo por uma camada de 15mm de GRC. No entanto, não foi discriminada nenhuma proteção para as juntas seladas, pois os mesmos possuem baixa resistência ao fogo. Na faculdade de odontologia, as fixações e juntas estão protegidas por chapas de gesso acartonado interna, porém o RF da chapa não é suficiente para garantir a integridade estrutural das fixações e dos selantes. Recomenda-se a utilização de isolamento térmico da junta e dos elementos de fixação que pode ser realizado com fibra de vidro, fibro-cerâmica ou argamassas especiais. No edifício de estacionamentos, pode-se notar que não houve tratamento superficial nas fixações dos painéis à estrutura. As juntas entre os painéis são abertas, o que pode gerar a propagação de gases e chamas de um andar para outro em uma situação de incêndio. Dessa forma, para o edifício garagem, os painéis, as fixações e os selantes devem possuir um RF-60 pela norma espanhola e RF-30 pela norma brasileira.

Os três estudos de caso permitiram uma caracterização da evolução dos processos de fabricação utilizados, permitindo certa inovação tecnológica nos procedimentos praticados no Brasil e uma riqueza compositiva nas fachadas dos edifícios capaz de gerar interesse neste tipo de tecnologia. Com a tecnologia do GRC foi possível obter formas complexas, elementos especiais de fachada capaz de gerar uma arquitetura diferenciada. Pode-se observar que essa tecnologia permite melhorar o desempenho das fachadas, através da racionalidade nos processos de fabricação e montagem e atender os requisitos e critério normativos quanto ao desempenho higro-térmico e resistência ao fogo dos elementos de fachada. Os procedimentos de fabricação do GRC e de montagem dos painéis de fachada permitem aumentar a produtividade, reduzir os prazos de execução e também incrementar o controle de qualidade e a durabilidade destes produtos, colocando-se como uma tecnologia segura e confiável.

## 7 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - Projeto 02:136.01.001 – **Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro. ABNT. 2001.
- \_\_\_\_ – ABNT - NBR 15220 - **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Rio de Janeiro. ABNT. 2005.
- BARTH, F. et al. **The Catedral da Sé, São Paulo, is clad all over**. In Concrete Engineering Internacioanal. Vol 7. number 4. United Kingdon. 2003.
- PRECAST CONCRETE INSTITUTE. **Recomended Practice for Glass Fiber Reinforced Concrete**. Vol 1. USA. 1987.
- BRITISH STANDARD 476: Part 8. **Fire Poerformance of Structures**. UK. 1972.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO - NBE-CT-79 – **Norma básica de la edificación: Condiciones térmicas en los edificios**. 1. ed. Madrid. ES. Ministerio de Obras Publicas Y Urbanismo. 1979.
- \_\_\_\_ – CPI-96 - **Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios**. ES. 1996.