

CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA NACIONAL E AVALIAÇÃO ACÚSTICA DE PAINÉIS DE FECHAMENTO PRÉ- FABRICADOS

Urânia Costa S. (1); Henor Artur de Souza (2); Francisco de Assis das Neves (3)

(1) Arquiteta, e-mail: urania@uai.com.br
(2) UFOP – Escola de Minas – DECAT, e-mail: henor@em.ufop.br
(3) UFOP – Escola de Minas – DECIV, e-mail: assis@em.ufop.br

RESUMO

Na atualidade, a necessidade da industrialização da construção civil é uma realidade e um dos caminhos para a realização desta é a construção em aço. A viabilidade das construções metálicas no mercado brasileiro está diretamente ligada ao sucesso de sua associação aos sistemas de fechamento, já que desse casamento depende o desempenho final da obra. O mercado, hoje, oferece uma quantidade significativa de novos tipos de sistemas de fechamento industrializados, alguns importados, outros produzidos no país. Entretanto, esses sistemas ainda precisam ser adaptados às condições impostas pelo ambiente, pelo tipo de usuário e pelas limitações de execução em campo. No caso dos fechamentos industrializados, os principais pontos questionados são os resultados físico-construtivos obtidos em obra e o desempenho termo-acústico apresentado por esses painéis. Neste trabalho foram abordados dois pontos; o desempenho físico-construtivo da associação entre estrutura metálica e fechamentos industrializados e o desempenho acústico dos fechamentos verticais pré-fabricados mais utilizados no cenário nacional. Através dessas análises, pode-se delinear o perfil da construção metálica praticada atualmente no país, sistematizando as principais deficiências a serem solucionadas e ressaltando o potencial de desenvolvimento desse sistema construtivo.

Palavras-chave: construção metálica, painéis de fechamento, desempenho acústico.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da construção em aço, assim como sua divulgação, ainda está em segundo plano no Brasil, já que o concreto armado é, ainda hoje, o principal modelo estrutural adotado na maioria das construções brasileiras. A partir da década de 80 houve uma maior demanda por edificações comerciais e residenciais em aço (CASTRO, 1999). Atualmente, o aço está sendo redescoberto pelos projetistas e empreendedores da construção, pois é um sistema que apresenta grandes potencialidades para construções industrializadas, com a possibilidade da redução de prazos, de desperdícios e de mão de obra, além da racionalização e exatidão do processo.

Os processos tradicionais de fechamento no mercado construtivo nacional, como a alvenaria em tijolo cerâmico, ainda são preponderantes e a adoção efetiva de estruturas metálicas está, em grande medida, condicionada ao desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores ou mesmo à adaptação de sistemas construtivos racionalizados já existentes (PEREIRA et al., 2000). A introdução do uso de painéis de fechamento industrializados é cada vez maior nos canteiros de obra, entretanto, nem sempre tais elementos são usados adequadamente e com todo o seu potencial de racionalização (SOUZA, 1997). É comum se detectar o uso de componentes de fechamento inovadores de maneira tradicional, o

que pode gerar problemas a serem resolvidos durante a obra, e até mesmo problemas futuros para os usuários da edificação.

O mercado atual apresenta uma carência de conhecimento tecnológico a respeito das técnicas de execução e das características de desempenho dos sistemas, tanto por parte das empresas construtoras, como dos próprios fabricantes e projetistas (von KRUGER, 2000). É de suma importância que se tenha domínio das características técnicas e de desempenho dos componentes a serem utilizados, pois o emprego de modo incorreto pode ocasionar, além da elevação do custo do edifício, uma alta incidência de problemas patológicos, resultando numa resistência à utilização desse produto em empreendimentos posteriores (BARROS, 1998). Na verdade, há que se provar a real eficiência, ou ineficiência, de cada um desses novos sistemas de fechamento, para que os construtores e o mercado possam investir nessas tão promissoras novas tecnologias.

No que diz respeito ao desempenho físico-construtivo da construção industrializada em aço, o ponto frágil da questão é a associação entre painéis de fechamento e estrutura metálica, a qual pode gerar patologias e falhas de desempenho na estanqueidade relativa ao som, ao calor e à água. Já no que se refere ao desempenho acústico dos novos tipos de fechamento, a principal preocupação é a diminuição da capacidade de isolamento dos ruídos, pois esses painéis apresentam uma quantidade de massa menor que as fechamentos tradicionais em tijolo cerâmico. A eficiência da associação entre estruturas metálicas e sistemas de fechamento e a adoção de uma visão sistêmica para o processo construtivo são fatores determinantes do sucesso da construção em aço no país. Dessa forma, teve-se como objetivos nesse trabalho, investigar o perfil dos processos de projeto e de execução, praticados hoje no cenário brasileiro da construção metálica, levantar os principais problemas enfrentados nessa tipologia construtiva e avaliar o desempenho acústico dos painéis de fechamento vertical.

2. METODOLOGIA

Na abordagem físico-construtiva, o método escolhido foi o de pesquisa de campo para observação e registro de dados. A escolha das edificações se baseou no uso da estrutura metálica associada à sistemas de fechamento industrializados. A sistemática para levantamento de dados foi dividida em duas etapas. Na primeira, foi feita uma pesquisa através de entrevistas junto à construtores e arquitetos, para se traçar um perfil do processo de projeto e de execução. Na segunda, foi feita uma coleta de dados, “*in loco*”, a respeito das condições físico-construtivas de cada edificação e suas peculiaridades (SALES, 2001).

A análise acústica consistiu da determinação da perda de transmissão sonora, para 05 tipos de painéis de fechamento vertical, na faixa de freqüência que vai de 125Hz a 4000Hz, através de formulações simplificadas encontradas na literatura. Com tais resultados, foi realizado um estudo de avaliação do desempenho dos diferentes sistemas de fechamento, o que permitiu a identificação dos sistemas mais frágeis no que diz respeito à eficiência acústica de isolamento (SALES, 2001).

3. PAINÉIS DE FECHAMENTO AVALIADOS

Os painéis avaliados foram escolhidos com base em levantamento feito no trabalho de von KRUGER (2000) e seguindo as tendências do mercado da construção civil regional. Tais painéis se dividem em fechamentos de parede, ou verticais, e fechamentos de piso, ou horizontais. Os fechamentos verticais avaliados foram: painéis de concreto celular autoclavado, painéis de concreto maciço, painéis de concreto com alma em poliestireno, placas cimentícias e painéis de gesso acartonado. Os fechamentos horizontais avaliados foram: Steel Deck e painéis de concreto pré-fabricados. Além desses painéis industrializados, incluiu-se na avaliação divisórias em alvenaria de tijolo cerâmico e lajes moldadas “*in loco*”, com a finalidade de se fazer uma comparação dos novos sistemas com a construção convencional.

4. ANÁLISE FÍSICO-CONSTRUTIVA

A análise físico-construtiva se baseou em estudos de caso feitos paralelamente a entrevistas com os profissionais envolvidos em cada obra. A partir das edificações estudadas, foram levantadas as principais deficiências apresentadas nos processos de projeto e de execução, assim como os problemas físico-construtivos mais freqüentes nas construções..

4.1 Dados coletados

Foram selecionadas nove edificações em aço e sistemas complementares industrializados. A partir da pesquisa de campo e das entrevistas, foram montadas tabelas de análise, nas quais os dados coletados foram sistematizados, como pode ser visto nas tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Caracterização dos processos de projeto e execução – edifícios 01, 02 e 03 (SALES, 2001)

	Edifício 01	Edifício 02	Edifício 03
Ilustração			
Sistemas associados	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: placas cimentícneas - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: "Steel Deck" 	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: tijolo cerâmico furado - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: painéis pré-fabricados de concreto 	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: painéis de concreto c/ alma de poliestireno - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: painéis pré-fabricados de concreto
Perfil de Projeto	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura e fechamentos definidas desde a concepção do projeto - projeto de fechamentos feito p/ arquiteto - compatibilização dos projetos insatisfatória (na execução) 	<ul style="list-style-type: none"> -estrutura e fechamentos definidas após finalização do projeto -não houve projeto de fechamentos -não houve compatibilização dos projetos e planejamento da obra 	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura e fechamentos definidas desde a concepção do projeto - projeto de fechamentos feito p/ fabricante - compatibilização básica dos projetos feita pela equipe de projeto arquitetônico
Perfil de Execução	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: administração do proprietário - Terceirização: todos os serviços - processo parcialmente industrializado 	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: pequeno porte - terceirização: alguns serviços - processo predominantemente artesanal 	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: pequeno/médio porte - terceirização: todos os serviços - processo industrializado
Patologias	<ul style="list-style-type: none"> -bolhas nas junções dos painéis cimentícios -diferença de prumo na estrutura gerou adaptações do sistema de fechamentos 	<ul style="list-style-type: none"> -trincas entre alvenaria e estrutura - diferença de prumo na estrutura - defeitos de acabamento nas junções entre painéis de laje - instalações embutidas no piso de difícil execução 	<ul style="list-style-type: none"> - deformações dos perfis leves da estrutura e dificuldade na instalação das divisórias internas - retrabalho na instalação dos painéis internos - falhas/projeto - má qualidade do acabamento dos painéis de fachada

Na edificação 01, a associação da estrutura metálica e de sistemas industrializados de fechamento trouxe uma racionalização parcial à obra, já que o planejamento desta não foi feito dentro de uma visão sistêmica global da construção. Esse é um caso muito particular, já que se trata de uma construção pequena, o que torna mais difícil a tarefa de coordenar e sincronizar as etapas de execução de cada sistema, que no caso, são serviços menores e mais rápidos não sendo fácil mobilizar equipes de profissionais para sua realização. Os problemas físico-construtivos foram gerados por deficiências

de compatibilização de sistemas e por falta de domínio de conhecimento técnico acerca dos novos materiais utilizados, o que permitiria a adoção de soluções mais eficazes em projeto.

Na edificação 02, a associação da estrutura metálica a outros sistemas industrializados trouxe uma racionalização parcial e deficiente da obra, pois a introdução das novas tecnologias não se deu de maneira planejada e com uma visão sistêmica do processo global da construção. A grande quantidade de patologias detectadas durante o processo de execução da obra foi consequência da inexistência de projetos específicos para cada sistema e respectivas compatibilizações.

O conjunto de sistemas associados na edificação 03 foi inteiramente industrializado, desde a estrutura metálica, até as fechamentos. Entretanto, a rapidez de execução foi prejudicada por problemas de fornecedores e compatibilização de projetos. Os principais problemas construtivos detectados foram ocasionados pela falta de domínio técnico dos novos sistemas e por deficiências de projeto e planejamento, que geraram retrabalhos e soluções paliativas em lugar de soluções otimizadas.

Tabela 02 – Caracterização dos processos de projeto execução – edifícios 04, 05 e 06 (SALES, 2001)

	Edifício 04	Edifício 05	Edifício 06
Ilustração			
Sistemas associados	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: blocos de concreto celular - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: "Steel Deck" 	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: blocos de concreto celular - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: "Steel Deck" 	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: painéis de concreto celular - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: laje moldada in loco
Perfil de Projeto	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura definida desde o início do projeto e fechamentos depois - não houve projeto específico de fechamentos - a compatibilização dos projetos foi feita pela construtora 	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura definida desde o início do projeto (fechamentos posteriormente) - não houve projeto de fechamentos - a compatibilização dos projetos foi feita pela construtora 	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura e fechamentos definidos desde o início do projeto - houve projeto de fechamentos - compatibilização dos projetos foi feita pela equipe de projeto arquitetônico
Perfil de Execução	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: médio porte - terceirização: parte dos serviços - processo parcialmente artesanal 	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: pequeno/médio porte - terceirização: parte dos serviços - processo parcialmente industrializado 	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: médio/grande porte - terceirização: maior parte dos serviços - processo quase totalmente industrializado
Patologias	<ul style="list-style-type: none"> -imperfeições nos acabamentos das juntas estrutura/divisórias de gesso e alvenaria/divisórias -infiltrações danificaram placas de gesso acartonado 	<ul style="list-style-type: none"> -trincas nas junções entre estrutura e sistema de fechamentos externo -infiltração vedação externa / esquadrias 	<ul style="list-style-type: none"> -dificuldade na instalação dos painéis de fachada devido a diferenças de prumo na estrutura -infiltrações entre estrutura e vedação vertical

O edifício 04 representa uma tentativa inicial e parcial do uso de sistemas industrializados integrados, já que a vedação externa (em blocos de concreto celular) foi, ainda, um sistema que não acompanhou a velocidade da estrutura metálica e dos fechamentos internos em painéis. Por se tratar de uma das primeiras experiências, do tipo, realizada pela construtora, foram enfrentadas dificuldades diante da falta de domínio das possibilidades e limitações oferecidas pelos novos sistemas. Houve resultados positivos no que diz respeito a prazos, redução de mão de obra e limpeza do canteiro de obras. Em relação à qualidade final do produto, poucos problemas foram detectados, sendo estes sanados facilmente.

No edifício 05, o uso conjunto da estrutura metálica e de sistemas industrializados resultou em uma obra mais limpa e racional. Entretanto, devido a questões de disponibilidade financeira e de mercado, o prazo da obra se dilatou em relação ao previsto inicialmente. A logística da obra e a compatibilização dos vários projetos e sistemas foram encaradas de maneira não totalmente integrada, já que algumas decisões e adaptações foram improvisadas em obra. O principal problema apresentado pelo edifício foi a associação do sistema de vedação externa, em blocos de concreto celular, à estrutura metálica, o que gerou patologias na pós-ocupação do imóvel, como infiltrações nas fachadas e trincas na junção da alvenaria com as lajes de teto.

Na edificação 06, a obra se tornou mais racional no que diz respeito à combinação de sistemas e processos de execução. Entretanto, seu planejamento ainda foi tratado como experiência nova e sem sistemática pré-definida. A utilização da estrutura metálica, conjuntamente com outros sistemas industrializados, permitiu a finalização da obra, 6 meses antes do previsto, o que em um empreendimento comercial do porte, torna competitivo o novo sistema construtivo adotado. Quanto às patologias e imprevistos construtivos, esses foram gerados pela deformabilidade da estrutura e pelas soluções adotadas para o sistema de fechamentos externas.

Tabela 03 - Caracterização dos processos de projeto e execução – edifícios 07, 08 e 09 (SALES, 2001)

	Edifício 07	Edifício 08	Edifício 09
Ilustração			
Sistemas associados	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: painéis de concreto c/ alma de poliestireno - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: painéis pré-fabricados de concreto 	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: painéis de concreto c/ alma de poliestireno - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: “Steel Deck” 	<ul style="list-style-type: none"> - fechamento externo: painéis de concreto maciço - divisórias internas: painéis de gesso acartonado - piso: “Steel Deck”
Projeto	<ul style="list-style-type: none"> -estrutura e fechamentos definidos depois da proposta inicial de projeto – adaptação -houve projeto de fechamentos feito pelo fabricante e acompanhado pelo arquiteto -compatibilização dos projetos feita pela equipe de engº. do grupo empreendedor 	<ul style="list-style-type: none"> -estrutura e fechamentos definidas desde o início do projeto -houve projeto de fechamentos -compatibilização dos projetos feita pela equipe de projetos (coordenada pela equipe de arquitetura) 	<ul style="list-style-type: none"> -estrutura e fechamentos definidas desde o início do projeto -houve projeto de fechamentos -compatibilização dos projetos feita pela equipe de projetos (coordenada pela equipe de arquitetura)
Execução	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: médio/grande porte (grupo administrador do centro comercial) - terceirização: maior parte dos serviços - processo industrializado 	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: grande porte - terceirização: todos os serviços - processo industrializado 	<ul style="list-style-type: none"> - construtora: pequeno/médio porte - terceirização: todos os serviços - processo industrializado
Patologias	<ul style="list-style-type: none"> -dificuldade na fixação de alguns painéis de fachada devido a diferenças de prumo da estrutura metálica -flechas excessivas de laje em pontos específicos 	<ul style="list-style-type: none"> -movimentação/ estrutura causou deslocamento de painel externo (ligações foram reforçadas) -manchas de ferrugem da estrutura nos painéis de fachada pela ação de chuvas 	<ul style="list-style-type: none"> -dificuldade na fixação de alguns painéis de fachada devido à espessura da proteção passiva contra incêndio da estrutura

No edifício 07, que foi uma ampliação, a utilização da estrutura metálica, juntamente com sistemas de fechamento industrializado e outros, permitiu a otimização no uso do espaço e do tempo em obra. Atingiu-se um bom nível de racionalização do processo construtivo, através de uma mentalidade sistemática e estratégica de projeto e de execução. A redução de tempo, mão de obra e desperdícios,

compensou os custos extra advindos da adoção de novas tecnologias. Nesse caso, houve muitas mudanças durante a execução da obra, inclusive mudanças de programa no projeto, entretanto, a abordagem sistêmica de administração da obra fez com que as equipes de projeto chegassem as melhores soluções, elaboradas de maneira integrada. No que diz respeito a problemas construtivos, pode-se destacar dificuldades encontradas na fixação dos painéis externos de vedação, devido à deformabilidade da estrutura.

Na edificação 08, a associação de sistemas industrializados de vedação com a estrutura em aço, possibilitou uma obra rápida e racional no que diz respeito ao processo de execução. Nessa obra, foi primordial o tempo de execução e a possibilidade de montagem, já que não havia espaço para um canteiro de obras comum. A construção foi encarada como um processo sistêmico e a construtora adaptou suas rotinas e profissionais ao novo tipo de filosofia construtiva. Em relação aos imprevistos e problemas de execução, esses foram minimizados e solucionados pelas equipes responsáveis por cada sistema, através de uma atuação multidisciplinar integrada de projeto e de execução.

Na edificação 09, a adoção da visão sistêmica da obra e utilização da estrutura metálica e fechamentos industrializados, assim como todos os outros sistemas, permitiu uma racionalização global do processo construtivo. Nesse caso, o planejamento do processo de projeto e do processo executivo segue sistemática adotada pela empresa construtora, já que esta adaptou sua filosofia de trabalho ao conceito de construção industrializada e sistêmica. Os problemas e imprevistos construtivos, normalmente gerados na associação dos diferentes sistemas, foram minimizados e conseguiu-se solucionar todas as questões, através de projetos prévios e do planejamento ao longo da obra.

5. ANÁLISE ACÚSTICA

A capacidade de isolação acústica de fechamentos verticais pode ser determinada de maneira isolada, através da aplicação de formulações simples, de simulações numéricas ou da coleta de dados experimentais. Tais resultados são determinados, geralmente, na faixa de freqüência de 125 a 4000 Hz, já que dependendo do som ser grave (125 a 200 Hz), médio (250 a 1600 Hz) ou agudo (2000 a 4000 Hz), as reduções sonoras serão diferentes (KINSLER, 1982). A utilização de fórmulas simplificadas, como a lei da massa, para se ter uma estimativa do desempenho acústico de elementos de fechamento, pode auxiliar na especificação mais acertada dos materiais a serem utilizados.

Para os resultados de Perda de Transmissão (PT) em divisórias simples, na avaliação aqui proposta, utilizou-se a formulação mostrada por GERGES (1992):

$$PT = 20 \log (Mf) - 47,4 \quad [Eq. 01]$$

onde PT é a perda de transmissão (dB), M é a densidade superficial (kg/m^2) e f é a freqüência (Hz). Já para o cálculo de PT para paredes duplas, utilizou-se, segundo GERGES (1992), a seguinte relação:

$$PT = PT_1 + PT_2 + 6,0 + 20 \log [\operatorname{sen}(2\pi fd/c)] - 47,4 \quad [Eq. 02]$$

onde PT é a perda de transmissão total da parede (dB), PT_1 é a perda de transmissão do meio 1 (dB), PT_2 é a perda de transmissão do meio 2 (dB), d é a distância entre os meios 1 e 2 (m) e f é a freqüência (Hz). Além das equações 01 e 02, utilizou-se a formulação desenvolvida por SILVA (2000):

$$PT = 14,3 \log (Mf) - 29,2 \quad [Eq. 03]$$

onde PT é a perda de transmissão (dB), M é a densidade superficial (kg/m^2) e f é a freqüência (Hz)

5.1 Resultados obtidos

Para comparação dos resultados obtidos pela formulação simplificada (eq. 01 e 02), foram inseridas, nos gráficos, as curva de PT referentes à formulação proposta por SILVA (2000) e as curvas de PT para paredes em alvenaria convencional de 15 e 20 cm de espessura, equivalentes a paredes internas e

externas, respectivamente. Além dessas curvas, foram considerados, em alguns casos, resultados experimentais coletados na literatura.

O painel de concreto celular autoclavado, aqui avaliado (fig. 1), consiste de uma placa única, de 10 ou 15 cm de espessura, fixada em armação metálica. Para a placa de 10 cm, M é igual a 75 kg/m^2 e para a placa de 15 cm, M é igual a $112,50 \text{ kg/m}^2$. Não foi considerado o acabamento final da parede. De acordo com a figura 1, pode-se notar que as curvas obtidas pela lei da massa resultam em valores bastante elevados de PT, se comparados com os resultados da formulação desenvolvida por SILVA (2000). Entretanto, em todas as curvas, os painéis de concreto celular apresentam valores de perda de transmissão inferiores aos valores apresentados pelas alvenarias.

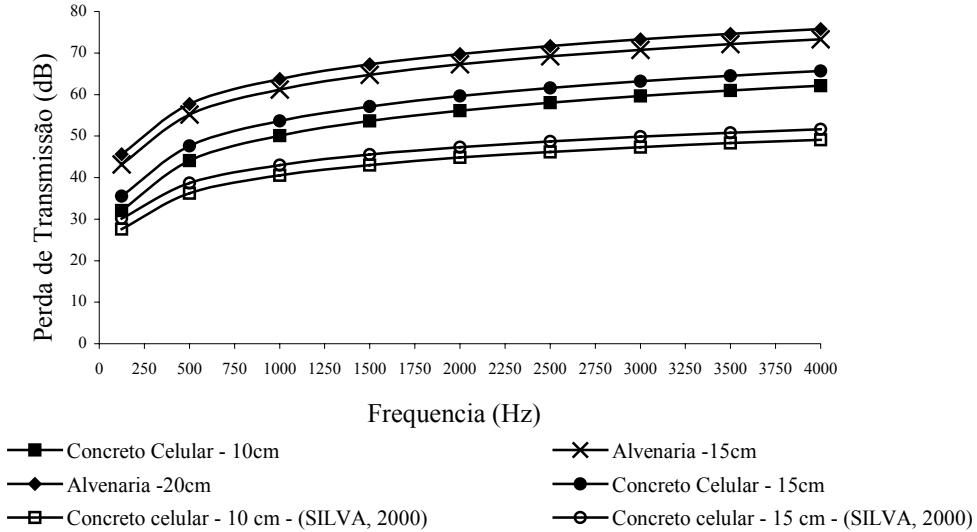


Figura 1 – Variação de PT para painel de concreto celular autoclavado (SALES, 2001).

O painel de concreto maciço, aqui avaliado (fig. 2), consiste de uma placa única de espessura tomada como 9 cm ou 14 cm. Para a placa de 9 cm, M é igual a 207 kg/m^2 e para a placa de 14 cm, M é igual a 322 kg/m^2 . Não foi considerado o acabamento final da parede internamente. Os painéis de concreto, analisados com as dimensões em questão, apresentam desempenho inferior à alvenaria. A formulação de SILVA (2000) fornece valores, para a perda de transmissão (PT), bem mais baixos que os obtidos pela lei da massa.

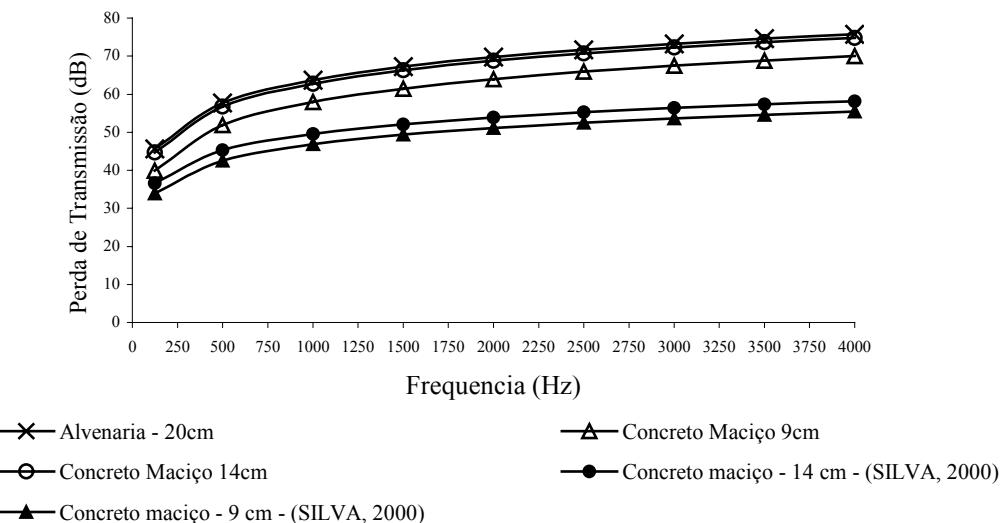


Figura 2 – Variação de PT para painel de concreto maciço (SALES, 2001).

O painel de concreto com alma em poliestireno, aqui avaliado (fig. 3), consiste de uma placa formada por três camadas, sendo a primeira e a última de concreto armado e a intermediária de poliestireno expandido. Considerou-se as camadas de concreto com espessura igual a 3 cm e a camada de

poliestireno variando a de 3 cm a 8 cm. Assim, para as placas de 9 cm de espessura, M é igual a 139 kg/m^2 e para as placas de 12 cm, M é igual a 138 kg/m^2 . Não foi considerado o acabamento final da parede internamente. Como mostra a figura 3, o painel de concreto com alma em poliestireno foi avaliado como parede simples, pelas equações 1 e 3, apresentando resultados inferiores aos da alvenaria e como parede dupla, pela equação 2, apresentando resultados bastante superiores aos da alvenaria. Observando-se resultados obtidos por SILVA (2000), para painel similar, em ensaios e através de sua formulação, percebe-se uma superestimação de valores dada pela lei da massa.

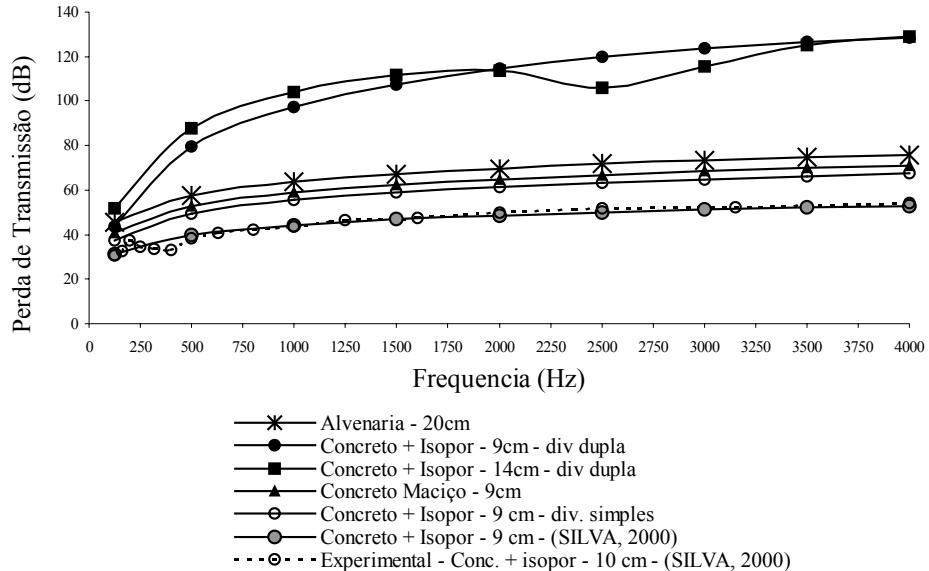


Figura 3 – Variação de PT para painel de concreto com alma em poliestireno (SALES, 2001).

O painel em placas cimentícneas, aqui avaliado (fig. 4), consiste de uma placa única de espessura tomada com valores de 1,0 cm e 1,5 cm. Para a placa de 1 cm, M é igual a $13,3 \text{ kg/m}^2$ e para a placa de 1,5 cm, M é igual a $19,95 \text{ kg/m}^2$. Não foi considerado o acabamento final da parede. Como mostrado na figura 4, os painéis em placas cimentícneas apresentam desempenho acústico bastante inferior à alvenaria. Entretanto, deve-se ressaltar que tal tipo de vedação é, geralmente montada, associada a algum tipo de painel colocado internamente na edificação, o que gera uma parede dupla com cavidade de ar intermediária. Dessa forma, a performance acústica adquire uma melhoria; a qual foi avaliada, segundo a equação 2, considerando-se uma parede dupla, com uma face em placas cimentícneas e a outra face em placas de gesso, sendo as duas faces separadas por uma camada de ar de 7,5 cm. Nessa avaliação, percebe-se uma exacerbação de valores da PT em relação às outras curvas plotadas.

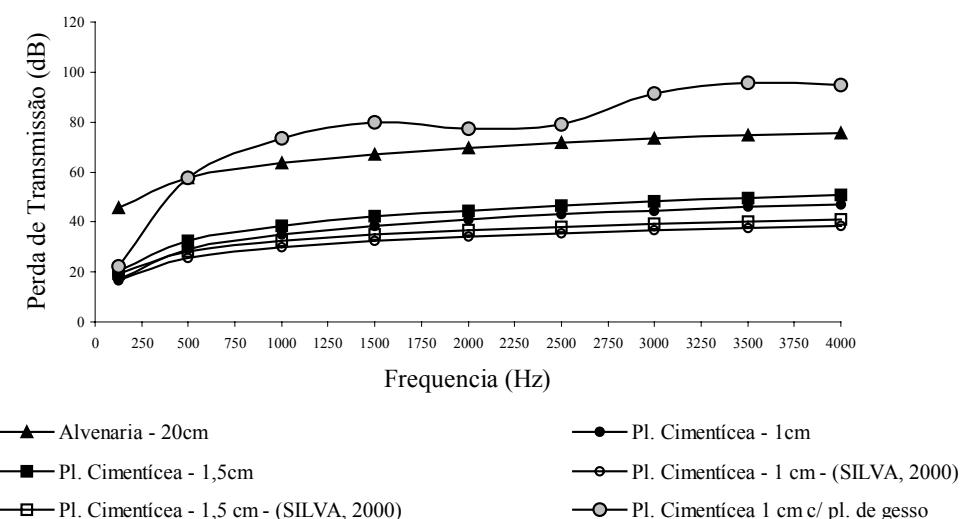


Figura 4 – Variação de PT para painel em placas cimentícneas (SALES, 2001).

O painel de gesso acartonado, aqui avaliado (fig. 5), consiste de duas placas de gesso acartonado conectadas a uma estrutura metálica, que define um espaço preenchido por ar entre essas duas placas. Considerou-se as placas de gesso com espessura igual a 1,25 cm e o espaçamento entre elas igual a 7,5 cm ou 4,8 cm. Foram utilizados valores de densidade superficial de 02 tipos de placa, de acordo com classificação do fabricante (LAFARGE, 1999): PREGYPLAC, que é a placa mais comumente utilizada, com M igual a $10,08 \text{ kg/m}^2$ e PREGYDRO, que é uma placa própria para áreas molhadas, com M igual a $10,51 \text{ kg/m}^2$. Não foi considerado o acabamento final da parede. Esse sistema, que foi avaliado como um conjunto de paredes duplas (Eq. 2), cuja cavidade é preenchida por ar, apresenta melhores resultados que a alvenaria, a partir de 500 Hz. Entretanto, pode-se notar que tais resultados são superestimados, se comparados com dados experimentais obtidos por BARING (2000), considerando a cavidade de ar com 7,5 cm de espessura, e por SILVA (2000), considerando a cavidade de ar com 4,8 cm de espessura.

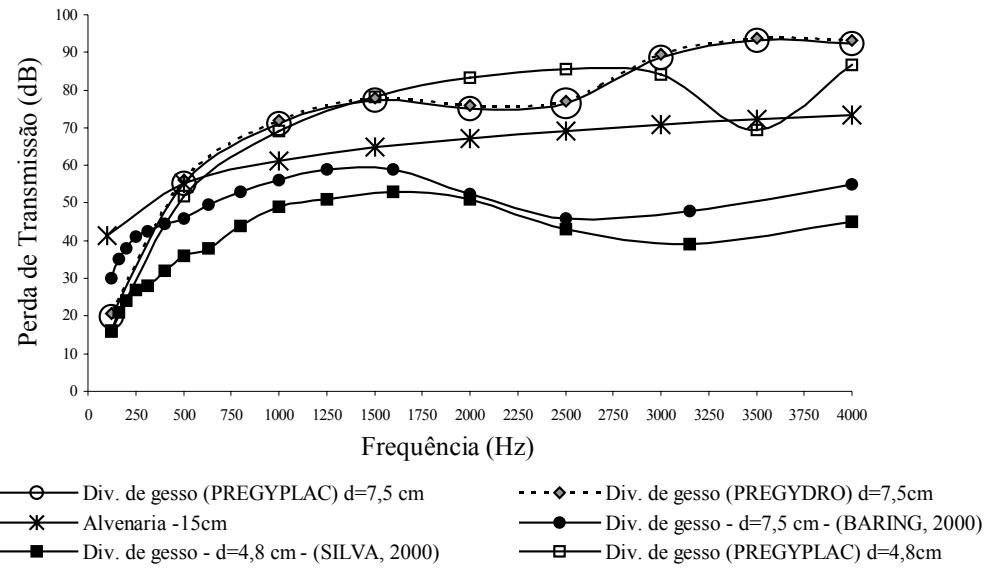


Figura 5 – Variação de PT para painel de gesso acartonado (SALES, 2001).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da investigação feita acerca dos sistemas de fechamento industrializados associados à estrutura em aço, foi possível identificar as principais fragilidades de uso destes sistemas e destacar áreas ainda carentes de conhecimento certificado.

Grande parte das patologias construtivas e problemas executivos são devidos à deficiência de projeto e de planejamento do processo de produção. Na construção metálica, a exatidão e a compatibilização perfeitas dos vários projetos são necessárias para se aproveitar as vantagens que o aço e a industrialização podem oferecer. Se a estrutura pode oferecer rapidez, leveza e limpeza no canteiro de obras, os outros sistemas têm que estar afinados e sincronizados com o primeiro de maneira milimétrica. Além disso, fabricantes e profissionais da construção ainda estão carentes no que diz respeito ao desenvolvimento tecnológico e ao conhecimento de todas as características dos sistemas de fechamento industrializados, assim como de outros componentes disponíveis e fabricados no país. Para que a utilização de novas tecnologias seja mais racional e para que se otimize o uso dos recursos de cada sistema, é necessário que se tenha conhecimento certificado a respeito das características dos materiais disponíveis no mercado. Dessa forma, é de grande importância a realização de estudos experimentais e analíticos para comprovação da capacidade dos novos sistemas de vedação e para a melhoria do desempenho dos mesmos.

A avaliação da capacidade de isolação sonora, através da lei da massa, apresentou resultados acima dos valores reais, valores superestimados. Entretanto, é possível se fazer um estudo comparativo no que diz respeito a uma avaliação qualitativa dos elementos de fechamento. Já no que diz respeito à formulação para paredes duplas, a superestimação resultante desta formulação compromete análises, mesmo que apenas de cunho qualitativo, se a comparação é feita com resultados obtidos pela formulação da lei da massa para paredes simples. Para se chegar a uma avaliação mais precisa, é

necessário que se utilize de procedimentos experimentais e ou de simulação com o intuito de quantificar o desempenho dos elementos de cada sistema de fechamento. Para a escolha do elemento de fechamento mais adequado, no que diz respeito à acústica, além de conhecer as propriedades isoladas do material, é necessário se levar em conta os detalhes de execução e montagem de cada sistema e suas interferências e interligações com o meio circundante.

Deve-se, ainda, chamar a atenção para a necessidade de pesquisas e de divulgação, para profissionais e consumidores, das possibilidades que oferecem novas tecnologias construtivas como busca de soluções alternativas. Em um país, cujo déficit habitacional gira em torno de cinco milhões de unidades, é necessário que se busquem soluções racionais e viáveis para o problema. Fica então evidente a importância da aproximação de Universidades e empresariado da construção, para o desenvolvimento do aparato tecnológico nacional e sua integração na formação de profissionais capazes de atender as necessidades do mercado atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARING, J. G. de A. A qualidade dos edifícios e a contribuição das paredes de gesso acartonado , *Techné*, nº 47 (julho/agosto), p.69-73, 2000.
- BARROS, M. M. S. B. O desafio da implantação de inovações tecnológicas no sistema produtivo das empresas construtoras. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICais, 1998, São Paulo. *Anais...* EPUSP, 1998, p. 249-285.
- CASTRO, E. M. C. de. **Patologia dos Edifícios em Estruturas Metálicas**. Ouro Preto, 1999. 190f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construção Metálica), Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.
- GERGES, Samir N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**, Editora UFSC, Florianópolis 600p, 1992
- KINSLER, L. E., FREY, A. R., CONPPENS, A. B. & SANDERS, J. V. **Fundamentals of Acoustics**, 3 ed., John Wiley & Sons, Inc., New York p. 480, 1982.
- LAFARGE. **Catálogo de produtos**, 1999.
- PEREIRA, T. C.; LANA, M. F.; SILVA, M. G.; SILVA, V. G. Alternativas de vedações externas de edifícios com estruturas metálicas. *Revista Engenharia Ciência e Tecnologia*, nº 17 (setembro/outubro), p.18-26, 2000.
- SALES, U. C. **Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação**. Ouro Preto, 2001. 249f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Civil – Construção Metálica), Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.
- SILVA, D. T. da. **Estudo da isolação sonora em paredes e divisórias de diversas naturezas**, Santa Maria, 2000. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria UFSM.
- SOUZA, U. E. L. Qualidade e produtividade nos métodos, processos e sistemas construtivos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, 1997, São Paulo. *Anais...* USP, 1997.
- von KRUGER, P. **Análise de painéis de fechamento nas edificações em estrutura metálica**. Ouro Preto, 2000. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Construção Metálica), Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP.

AGRADECIMENTOS

Aos escritórios de arquitetura, construtoras e empresas que colaboraram com essa pesquisa: Alaor Savoi Arquitetura, Alcindo Dell'Agnese Arquitetura, Candusso Arquitetura, Carsalade e Pascale Arquitetura, João Diniz Arquitetura, João Grillo Arquitetura, Oscar Ferreira Arquitetura, Tríade Engenharia, Angra Incorporadora, ARCON – Center Shopping de Uberlândia, Construtora Construtec, Construtora Inpar, Construtora Zeenni Reis, Flasan, Metform, Precon, Premo, Sical, Stamp. E as entidades e empresas que viabilizaram esse estudo: UFOP, USIMINAS e Fapemig.