

## **BANCO DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVA PARA A PRODUÇÃO DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO RACIONALIZADAS**

**Margarete Maria de Araújo Silva (1)**

**Mércia Maria Semensato Bottura de Barros (2)**

**Fernando Henrique Sabbatini (3)**

(1)Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Departamento de Arquitetura da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, [leta@pucminas.br](mailto:leta@pucminas.br) e [leta.lais@terra.com.br](mailto:leta.lais@terra.com.br)

(2)Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [mercias.barros@poli.usp.br](mailto:mercias.barros@poli.usp.br)

(3)Escola Politécnica da Universidade de São Paulo [fernando.sabbatini@poli.usp.br](mailto:fernando.sabbatini@poli.usp.br)

### **RESUMO**

O presente trabalho visa contribuir para o aprimoramento dos projetos para produção de alvenarias rationalizadas através da divulgação, para o meio técnico, de um banco de tecnologia que reúne soluções construtivas - de eficiência comprovada ou passíveis de avaliação - para produção de paredes de vedação.

Através do resgate da evolução tecnológica do subsistema vedações verticais, procedeu-se à sistematização das informações acerca dos materiais, técnicas, métodos e detalhes construtivos representativos das diversas “eras construtivas” da construção civil brasileira, visando à sua aplicação à luz dos conhecimentos, exigências e condições atuais.

O banco de tecnologias construtivas busca refletir o atual estado da arte da produção brasileira de edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional (estrutura de concreto armado e vedações verticais de alvenaria) e o repertório técnico apresentado pretende evidenciar as situações críticas e comprometedoras tanto do processo de produção quanto do desempenho funcional das alvenarias de vedação, apontando alguns dos recursos de que dispõe o projeto para equacioná-las.

A estrutura proposta é dinâmica, de forma a possibilitar ao projetista a “personalização” progressiva do banco, adequando-o à realidade da empresa construtora à qual destina-se o projeto, através da incorporação de novas soluções construtivas, alteração ou exclusão de dados constantes em sua base.

**Palavras-chave:** banco de tecnologia construtiva; projeto para produção; alvenaria de vedação rationalizada; detalhe construtivo; patologia construtiva.

### **1. INTRODUÇÃO**

O subsistema vedações verticais possui importância estratégica na implantação da rationalização construtiva na produção de edifícios convencionais estruturados em concreto armado. Como afirma FRANCO [1998] "além de condicionar fortemente o desempenho do edifício, sua posição, que possui interfaces com os revestimentos, esquadrias, instalações prediais, impermeabilização e estrutura, faz com que sua otimização seja fundamental para a rationalização do edifício como um todo (...) os ganhos advindos da rationalização da vedação vertical não são só obtidos na execução das paredes ou painéis, mas também em todos os subsistemas que lhe fazem interface. Estas interfaces, por outro lado, quando mal resolvidas são fontes constantes de desperdícios, retrabalhos e de problemas patológicos."

Apesar de constituírem-se em principal solução estrutural e de vedações verticais das edificações construídas no Brasil até a década de 20, as alvenarias foram sendo progressivamente substituídas em suas funções estruturais pelo concreto armado e estruturas metálicas e relegadas ao papel secundário de preenchimento dos vãos estruturais. Sua utilização como elemento resistente ficou limitada a edificações de, no máximo, dois pavimentos. Com o processo de verticalização das cidades, a questão estrutural passou a ser fundamental, concentrando-se na produção das estruturas de concreto todo o interesse, desenvolvimento tecnológico e investimentos. BARROS [1998].

No entanto, o progressivo descaso com o subsistema vedações verticais deixou a descoberto outras importantes funções também cumpridas pelas tradicionais alvenarias resultando - ao longo do tempo - no comprometimento do desempenho global das edificações e originando graves problemas patológicos, especialmente nas interfaces desse com os demais subsistemas construtivos do edifício.

Despojadas de sua função estrutural, as vedações verticais permaneceram com a importante função de proteção dos ambientes contra a ação de agentes externos agressivos e, para cumpri-la, precisam apresentar uma série de características que as capacite ao cumprimento dos requisitos de desempenho associados a esta função. A observância dessas exigências, porém, não tem sido a prática usual.

Some-se a isso a evolução da tecnologia de produção das estruturas de concreto armado, que progressivamente vem disponibilizando para o mercado estruturas cada vez mais esbeltas, possibilitando vãos estruturais maiores a partir de elementos estruturais menores e com menor número de nós. Se comparadas às portentosas estruturas produzidas há 15/20 anos atrás, são estruturas com menor grau de rigidez e potencialmente mais deformáveis, com deformações induzidas maiores e, consequentemente, capazes de transmitir às vedações verticais maiores tensões. Como no Brasil, a adoção dessas novidades pelas empresas construtoras, em geral, é feita sem uma visão sistêmica, seus efeitos negativos têm-se evidenciado no desempenho insatisfatório das vedações verticais frente a solicitações para as quais não foram dimensionadas. SABBATINI [1997].

Observa-se, pois, o agravamento progressivo dos problemas oriundos do equacionamento insatisfatório das variáveis intervenientes no desempenho do subsistema vedações verticais, gerando prejuízos incontáveis, sendo inquestionável a parcela de responsabilidade atribuída aos projetos de obra na conformação desse quadro. Projetos comprometidos pela insuficiência de prescrições técnicas, por especificações técnicas incongruentes ou conflitantes em documentos de obra distintos e, não raro, incorreções decorrentes do desconhecimento ou desconsideração da realidade dos canteiros de obras, das inúmeras influências físicas a que estão expostas as edificações e de seu comportamento ao longo do tempo. Hillemeier, citado por MESEGURER [1991], afirma serem produzidas mais falhas nos escritórios do que nas obras.

Pode-se afirmar que no Brasil, além da freqüente dissociação entre as atividades de projeto e as de produção, as decisões sobre as características dos materiais, componentes, técnicas, métodos e processos construtivos que comporão o sistema edifício são tomadas de forma estanque nas diversas instâncias decisórias da empresa. Como o desempenho global das edificações está intimamente dependente do correto equacionamento dessas variáveis, a qualidade final dos produtos será determinada pelo somatório – favorável ou não – das condicionantes eleitas como prioritárias. Infelizmente, nos principais centros urbanos brasileiros, mesmo um observador leigo pode concluir que o resultado dessa equação não tem assegurado os preceitos básicos da qualidade imprescindíveis ao edifício: segurança, salubridade, habitabilidade, durabilidade, economia e, de forma sintética, sustentabilidade.

Acreditamos que, por sua significativa participação nos edifícios convencionais, melhorar o desempenho das vedações verticais e de suas interfaces com os demais subsistemas seja uma boa estratégia para melhorar o desempenho global do edifício. Os projetos para produção das alvenarias de vedação têm-se revelado como um eficiente instrumento de coordenação e compatibilização das atividades de planejamento, projeto e execução, de organização das atividades de produção e de garantia da qualidade do produto.

Segundo FRANCO[1998], “o projeto da vedação vertical é peça fundamental para a implantação das tecnologias construtivas racionalizadas para a produção desta etapa dos serviços. A racionalização da produção da vedação vertical, por sua vez, é fundamental para a racionalização de todos os demais

subsistemas que compõem o edifício, propiciando diminuição de desperdícios e economia de materiais e mão-de-obra, proporcionando o aumento da produtividade das atividades.”

Como constatado por diversas empresas construtoras atuantes no mercado nacional, a adoção do projeto para a produção das alvenarias de vedação tem resultado em aumento de produtividade, redução de desperdícios e melhoria da qualidade do produto, na medida em que minimiza, na etapa de execução, os conflitos e incongruências entre os diversos documentos de obra e, posteriormente, a ocorrência de problemas patológicos.

Como contribuição ao aprimoramento do conteúdo técnico desses projetos é que se apresenta um Banco de Tecnologia Construtiva para Produção de Alvenarias de Vedação Racionalizadas estruturado de modo disponibilizar para os projetos de produção de alvenaria alternativas técnicas para o detalhamento construtivo das situações que mais freqüentemente têm prejudicado a produção e o desempenho das vedações verticais e de suas interfaces com os demais subsistemas do edifício, determinando prejuízos no seu processo de produção e/ou a manifestação posterior de patologias construtivas. As informações são gerenciadas a partir de um banco de dados do Microsoft Access que poderá ser personalizado pelo projetista através da incorporação de novas soluções construtivas, alteração ou exclusão de dados constantes na sua base, de modo a atender à realidade da empresa construtora à qual se destina o projeto.

## **2. O PROJETO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO DAS ALVENARIAS**

### **2.1 Os processos construtivos em alvenarias, no Brasil**

Os processos construtivos em alvenarias estão presentes ao longo de toda a história da formação das cidades brasileiras. Assumindo funções estruturais ou apenas cumprindo o papel de vedação no preenchimento de vãos estruturais conformados a partir de outros processos construtivos, aparentes ou revestidas, constituídas por componentes com emprego de diferentes materiais processados de forma artesanal ou com alto grau de incorporação tecnológica, primorosamente executadas por mestres do ofício ou displicentemente entregues à mão-de-obra desqualificada como um serviço de menor importância, as alvenarias sempre se apresentaram como solução construtiva tanto na produção de edifícios destinados a usos diversos quanto para a produção de sistemas de infra-estrutura urbana como contenções, pontes, aquedutos, galerias de águas pluviais, obras portuárias, etc.

Interessa-nos enfocar, ao longo dessa história, o reflexo da evolução do processo de produção de edifícios na conformação do cenário atual de produção das alvenarias de vedação em edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional, ou seja, edifícios construídos com estrutura reticulada de concreto e alvenaria de componentes cerâmicos ou outros. Nesse ponto, exploraremos os conceito de ‘alvenarias rationalizadas’ em contraponto às ‘alvenarias tradicionais’.

A partir dos registros de vários pesquisadores como TELLES [1984], REIS FILHO[1978], HOMEM[1978], LEMOS[1985], VASCONCELOS[1979] é possível percorrer essa história destacando-se os aspectos particularmente marcantes na trajetória das alvenarias no que se refere a suas atribuições funcionais, materiais e técnicas construtivas. SILVA[1987], BARROS[1998].

No Brasil Colônia, registrou-se seu emprego tanto como estruturas resistentes e vedações dos edifícios – as alvenarias de pedra e de tijolos de barro cru ou queimados - quanto como elementos de vedação para estruturas produzidas em madeira, ou ainda em estruturas mistas onde as paredes eram constituídas de taipa de pilão ou adobe e os pilares e arcadas em alvenaria de pedra. No litoral, as alvenarias de pedra eram predominantes, enquanto que nas regiões onde a pedra era de difícil obtenção utilizava-se a taipa ou adobes com tijolos de barro cru podendo conter fibras vegetais, esterco de curral ou sangue, rejuntados com argamassa de barro ou cal.

As alvenarias de pedra construídas nesse período caracterizam-se por apresentarem paredes bastante espessas, caprichosamente compostas por pedras de tamanhos variados e rejuntadas com argamassa de

barro ou de cal e areia. Outro traço comum é o emprego de arcadas e abóbadas para obtenção de vãos maiores e a conformação das aberturas de portas e janelas.

O emprego dos tijolos cozidos, apesar de pouco freqüente nesse período, aparece em algumas referências esparsas, destacando-se como as mais remotas: a Igreja da Misericórdia, em Porto Seguro (BA, 1530) construída com alvenarias de pedra e de tijolos, e a Matriz de Nossa Senhora da Conceição, em Manga (MG, 1670) com paredes com espessura de 150cm, integralmente construídas em tijolos cerâmicos maciços. No Nordeste brasileiro, devido à influência dos holandeses, várias construções foram construídas com alvenaria de tijolos que aqui chegavam como lastros de navios.

Foi um período de grande estagnação no quadro das técnicas construtivas aqui empregadas, com poucas mudanças e evoluções ao longo de aproximadamente 250 anos. TELLES[1984] atribuiu o entrave do desenvolvimento tecnológico do Brasil Colônia a dois fatores, basicamente: “proibição de instalação de indústrias e a economia baseada na escravidão, que tornava o trabalho uma atividade desprezível e desestimulava qualquer inovação técnica, devido à mão-de-obra abundante e aparentemente gratuita”. Este quadro permaneceu durante quase todo o século XIX. Somente a partir da segunda metade é que se generalizará o emprego dos tijolos cerâmicos cumprindo as funções de estrutura e vedações dos edifícios e que alcançará até a década de 20 do Séc. XX um alto nível de realizações técnicas.

Este desenvolvimento só foi possível a partir da conjugação de vários fatores que permitiram a mudança, não só no quadro de estagnação das técnicas construtivas, mas de toda a fisionomia do país: expansão cafeeira (que deslocou o eixo econômico do Nordeste para o Centro-sul), declínio da escravidão, imigração européia, aumento da taxa de urbanização, início da industrialização, importação de equipamentos, etc.

O período que se estendeu de 1850 a 1920 é considerado o período áureo da alvenaria, cujos exemplares ainda hoje nos surpreendem pela primorosa execução, explicitando as potencialidades do processo construtivo e evidenciando os benefícios da experiência técnica e artesanal da mão-de-obra, composta principalmente por imigrantes. A produção desse período é também marcada pela evolução tecnológica dos setores produtivos, com o início da produção da cal e da produção mecanizada de tijolos, o que possibilitou o aumento de precisão geométrica, com a redução dos erros de medida de decímetros para centímetros e, devido à uniformidade obtida na largura das paredes, a produção mecanizada de portas e janelas. REIS FILHO[1978].

As primeiras décadas do Séc. XX são marcadas pela expansão urbana nos principais centros do país, predominantemente horizontal em direção às periferias das cidades e com tendências à verticalização nos centros administrativos, comerciais e de serviços dado à valorização dos terrenos, com o alargamento das vias e novos gabaritos para as edificações e a consequente especulação imobiliária. As primeiras experiências em altura utilizaram-se das estruturas metálicas, sendo comum o aparecimento de edifícios de até 6 andares. Também em estruturas metálicas, importadas da Bélgica e da Inglaterra, foram concretizadas as primeiras construções urbanas de grande porte como, em SP, os Viadutos do Chá (1893) e de Santa Efigênia (1912) e a Estação da Luz (1900).

Paralela mas mais timidamente, difundia-se o concreto armado também se utilizando de materiais importados mas, ainda assim, resultando em estruturas mais baratas que as metálicas. Com a I Guerra, a dificuldade de importações acelerou o processo de produção nacional de cimento e em 1926 instalou-se a primeira indústria de Cimento Portland no Brasil (Perus). Em 1930, o consumo do produto nacional já supera o importado. A partir daí, o emprego das estruturas de concreto já se generalizou até mesmo para estruturas mais singelas, como as residenciais de 2 pavimentos.

As alvenarias cumprirão a função exclusiva de vedação de estruturas de concreto, principalmente, até à década de 70, quando a introdução dos processos construtivos em alvenarias estruturais virá reabilitá-las ao cumprimento conjunto das funções estrutura e vedação. Para esses processos os avanços registrados desde então são notáveis e fartamente divulgados pela literatura técnica.

No entanto, para as alvenarias de vedação, a década de 30 marca o inicio de um período que, a rigor, estende-se até aos dias de hoje, de perda progressiva do rigor técnico e do domínio tecnológico

conseguidos até então. Relegadas à função de vedação e sistematicamente escamoteadas pelos revestimentos argamassados serão, cada vez mais, encaradas como serviço de menor importância e, portanto, passíveis de execução por mão-de-obra desqualificada e com o emprego de componentes, com a menor espessura tolerável, adquiridos no mercado pelo critério único do ‘menor preço’.

Estruturas reticuladas de concreto armado e vedações em alvenaria de componentes cerâmicos maciços ou outros que surgiram no mercado ao longo desse período – tijolos cerâmicos de 8 furos(1935), blocos de concreto celular autoclavado(1948), blocos vazados de concreto(1950) e os sílico-calcáreos(1974) – passaram a predominar em todas as cidades em desenvolvimento e é hoje reconhecido como processo construtivo tradicional de edificações.

A partir da adoção maciça do processo construtivo tradicional pelo setor de edificações, destacaremos apenas, como fator de alteração desse quadro, a criação do BNH em 1964 que buscou responder à demanda crescente de habitações nos grandes centros urbanos em um mercado praticamente paralisado pela falta de recursos financeiros. Essa demanda massiva proporcionou condições para a expansão do setor de edificações e dos setores produtores de materiais e componentes que voltou-se para a industrialização e a pré-fabricação com uso de mecanização intensiva. Com a recessão econômica, na década de 80, o mercado novamente retraiu-se e “a racionalização da produção de edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional passa a ser uma das estratégias de ação das empresas construtoras para enfrentar a concorrência.”[BARROS, 1998].

Nesse contexto é que se distinguem as alvenarias de vedação racionalizadas. Como assinalamos anteriormente é o contraponto às alvenarias de vedação tradicionais. Seu desenvolvimento seguiu as diretrizes de produção adotadas para os processos construtivos racionalizados, especialmente de alvenarias estruturais, que possuem elevado grau de racionalização.

## 2.2 As alvenarias de vedação racionalizadas

A proposição de racionalização das alvenarias de vedação surgiu no âmbito de um convênio de desenvolvimento tecnológico empresa-escola<sup>1</sup> objetivando desenvolver metodologias e procedimentos adequados à realidade das obras da empresa contratante e que permitissem racionalizar as atividades construtivas e melhorar o desempenho dos edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional. O objeto do projeto de pesquisa eram as alvenarias de vedação e revestimentos argamassados que consistiam, à época, a prática corrente da empresa, em todo o Brasil.[BARROS, 1998]

A partir das experiências empreendidas nos canteiros de obras produziu-se uma série de documentos contemplando temas muito pouco explorados pela literatura técnica, até então: propostas metodológicas para o controle da qualidade e procedimentos para caracterização dos materiais constituintes das argamassas e dos componentes de alvenaria; diretrizes para dosagem e controle de argamassas de assentamento e revestimento; e recomendações para construção de paredes de vedação em alvenaria e para revestimentos argamassados de paredes, tetos e pisos. [SABBATINI et al., 1988]

Nesse primeiro convênio, o documento relativo às paredes de vedação aborda, sinteticamente: suas funções, principais propriedades e técnicas de execução, além de lançar as diretrizes para a elaboração do projeto das paredes, planejamento e controle da produção das alvenarias.

Tendo, inicialmente, sua utilidade questionada por vários dos profissionais envolvidos nessa experiência piloto, o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria iria, em curto espaço de tempo, demonstrar seu potencial como instrumento de compatibilização das informações técnicas oriundas e dispersas nos vários documentos de obra, tais como projetos arquitetônicos e complementares, caderno de especificações, planilhas orçamentárias, cronogramas de obras, etc.

À medida que se buscava caracterizar as paredes de alvenaria para a consecução do seu projeto construtivo eram evidenciadas incompatibilidades entre exigências contidas em projetos distintos, ou insuficiência de informações, incongruências com o produto desejado, incorreções técnicas que, em geral só seriam percebidas nos canteiros de obras, no momento da execução ficando sua solução

<sup>1</sup> Convênio de Desenvolvimento Tecnológico para o Processo Construtivo Tradicional EPUSP/ENCOL, firmado em 1988 através do GEPE – TGP: Grupo de Tecnologia e Gestão da Produção na Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da USP

dependente da experiência e criatividade dos profissionais de obras envolvidos e circunscrita ao canteiro de obras, ou seja, não contribuindo para retroalimentação do processo e para a melhoria da qualidade de novos projetos que voltariam a apresentar as mesmas falhas e erros de concepção.

A possibilidade de rompimento desse círculo vicioso parecia próxima com a adoção dos projetos construtivos para as paredes de vedação que, num primeiro momento, funcionariam como instrumento de compatibilização e de coordenação entre projeto arquitetônico, complementares e demais documentos de obra e buscariam incorporar soluções construtivas consoantes com a realidade dos canteiros, buscando homogeneizar os procedimentos executivos nas diversas obras e estabelecendo um patamar mínimo que refletisse o estágio tecnológico da empresa como um todo. Essas diretrizes foram consolidadas, mais tarde, no documento intitulado: “Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de apresentação”[SABBATINI et al., 1991], e difundiram-se no mercado principalmente através dos projetistas da empresa contratante que, como profissionais autônomos, assimilaram os procedimentos e passaram a prestar os mesmos serviços para outras empresas, estando em atuação no mercado atual, diversos escritórios que oferecem esse tipo de serviço.

Apesar de não se constituir ainda em uma prática corrente e de emprego generalizado no Brasil, o meio técnico já reconhece a utilidade dos chamados projetos (voltados) para a produção como um instrumento eficaz para a organização das atividades de produção, para a racionalização construtiva e para a introdução de inovações tecnológicas no processo de produção de edifícios.

### **2.3 Os projetos para produção de alvenarias de vedação racionalizada**

O desenvolvimento dos projetos de produção está, necessariamente, vinculado ao estágio tecnológico e organizacional das empresas construtoras e, a partir desse patamar - que reflete o estágio de desenvolvimento tecnológico em que se encontra - é possível incorporar, progressivamente, medidas e soluções para aprimoramento dos aspectos que se apresentarem deficientes tanto do ponto de vista executivo, quanto no que se refere ao desempenho e custo do produto. Os projetos para produção, além de representarem uma retomada do processo de projeto e produção dos edifícios pela engenharia, têm-se constituído em um elemento motivador do avanço contínuo das atividades de projeto e de produção e importante aliado na introdução de inovações tecnológicas paralelamente às práticas correntes nos canteiros.

Conforme propõe MELHADO [1994] “o projeto deve ser encarado como um serviço que se estende além da concepção do produto, para a etapa de execução do edifício e cujos resultados só podem ser avaliados pelos benefícios realmente proporcionados na execução da obra do edifício.” Não deve, portanto, incluir apenas informações dirigidas às especificações do produto a ser construído, mas também dos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para executar o seu processo de construção.

As propostas construtivas contidas nos projetos precisam ser exequíveis na realidade específica a que se destina. Ou seja: os projetos devem refletir o estágio tecnológico do canteiro de obras onde será empregado. Todos os recursos necessários à conformação do produto conforme projetado devem estar disponíveis no momento da execução (recursos humanos, materiais, tecnológicos, energéticos, temporais e financeiros). Se isto não ocorre, há falhas no processo de compatibilização entre atividades de concepção e execução. É necessário contemplar, pois, o conceito de construtibilidade: “o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento.”[FRANCO, 1998].

Para que possam atender aos preceitos acima colocados, o projeto para produção das paredes de vedação deverá ser executado por profissionais, preferencialmente da própria empresa construtora, que estejam inseridos em seu ciclo da qualidade e que possam ser o elo de ligação entre a concepção e a execução do produto, estreitando as relações entre as atividades de projeto e de produção, permitindo a retroalimentação do processo e o aperfeiçoamento contínuo dos processos de projeto e de produção. Além disso, a execução de paredes de vedação, quando orientada pelo projeto, permite que a mão-de-obra concentre-se em sua atividade de execução, valorizando-a e estimulando-a ao aprimoramento de sua capacidade produtiva.

Em linhas gerais, o projeto para produção de alvenaria deverá identificar e equacionar, inicialmente, sua interface com as condicionantes técnicas contidas nos diversos projetos do edifício e, a seguir, promover sua interface com a produção. Na primeira fase, busca-se a racionalização construtiva do subsistema vedações, intrínseca a ele (no que se refere à caracterização de seus componentes) e em consonância com os subsistemas com os quais possui interface: estruturas, esquadrias, instalações prediais, revestimentos e impermeabilização; na segunda fase, o projeto deverá então ser compatibilizado com as características de produção da empresa, apresentando soluções técnicas que atendam às exigências de construtibilidade, prazos e custos.

Não nos deteremos aqui em pormenorizar as etapas e procedimentos recomendados para a elaboração desses projetos. Vários trabalhos vêm explorando esse aspecto e, em particular, apontamos aqueles contidos nos Anais do “Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais” [SABBATINI et al., 1998].

Sinteticamente, listaremos abaixo o conteúdo mínimo constantes dos projetos para produção de alvenarias que têm sido utilizados pelas empresas construtoras que já adotaram a produção das alvenarias de vedação racionalizadas como estratégia para seu desenvolvimento tecnológico e incremento de sua competitividade empresarial:

- Especificação dos componentes de alvenaria: para a definição dos componentes, deve-se considerar suas propriedades de resistência mecânica, estabilidade dimensional, resistência a agentes agressivos, propriedades térmicas, resistência à transmissão sonora, resistência ao fogo e durabilidade em função do grau de exposição; o peso; regularidade geométrica; características regionais e culturais da empresa; características da mão-de-obra; características construtivas e custo total.
- Especificação da argamassa de assentamento e forma de produção.
- Definição da tecnologia de produção das vedações verticais, envolvendo: espessuras e posicionamento das paredes em relação aos elementos estruturais; espessuras de juntas horizontais e verticais em função da modulação adotada; características de preenchimento das juntas entre componentes e na ligação alvenaria-estrutura; amarração das juntas verticais com definição do aparelho da alvenaria; caracterização e distanciamento entre juntas de controle; união entre paredes, fixação das paredes à estrutura; conformação dos vãos de portas e janelas – posicionamento, dimensionamento e características de produção de vergas e contravergas, sistemas de fixação e de incorporação das esquadrias; posicionamento e características das passagens de instalações e sistema de fixação das tubulações, incorporação de quadros de distribuição, caixas de passagem e outros.
- Definição da seqüência de execução das alvenarias de vedação e de fixação das mesmas à estrutura.

Este conteúdo é apresentado ao canteiro de obras, em pranchas contendo:

- Planta de primeira e segunda fiadas com a distribuição dos componentes;
- Elevações de todas as paredes ou, pelo menos, das elevações atípicas, por exemplo, das paredes contendo interferências com componentes do subsistema de instalações prediais, aberturas para incorporação de esquadrias ou quadros de distribuição ou outros elementos particulares (em geral, essas pranchas são apresentadas no formato A4 para facilitar seu manuseio, a reprodução e a substituição de pranchas alteradas, no canteiro);
- Detalhes construtivos das soluções típicas tais como modulação horizontal das fiadas, fixação lateral e de topo das alvenarias às estruturas, sistemas de fixação de componentes dos demais subsistemas às alvenarias, tratamento das juntas de assentamento e das juntas de controle, etc.;
- Detalhamento das paredes submetidas a esforços excepcionais, tais como paredes sobre lajes em balanço, paredes muito longas ou com extremidades livres, paredes submetidas a vibrações contínuas ou quaisquer outras situações que possam gerar esforços intensos.

Além desse conteúdo básico apresentado às obras, a prática continuada de elaboração de projetos para produção de alvenaria por um mesmo projetista ou escritório de projetos para dada empresa construtora contribui para seu aperfeiçoamento e permite o “ajuste fino” entre as necessidades da obra

e o conteúdo dos projetos. Por exemplo, alguns projetistas já incorporam em seus projetos os estudos de circulação e armazenamento dos componentes de alvenaria no canteiro, apresentando a planta de distribuição de *pallets* nos pavimentos.[SILVA et al., 2000]

A partir do acompanhamento dessas experiências, ao nosso ver, bem sucedidas é que surgiu a proposta de estruturação do Banco de Tecnologias Construtivas para Alvenarias de vedação, apresentada a seguir. Acreditamos que tal proposição poderá contribuir significativamente para o avanço contínuo dos processos de produção de uma empresa, inicialmente por homogeneizar procedimentos e estabelecer padrões construtivos para situações típicas de projeto e de produção, buscando dar respostas aos problemas corriqueiros enfrentados nos projetos, nos canteiros de obras e, posteriormente, no edifício em uso. A partir do estabelecimento desse patamar mínimo, a avaliação contínua das proposições empregadas deve-se dar contemplando os aspectos de redação técnica, suficiência de dados e de aplicabilidade das soluções propostas aos materiais, mão-de-obra e equipamentos disponíveis, aos prazos e custos do empreendimento e, em síntese, permitindo uma análise da apropriação das alternativas eleitas pelo projeto ao desempenho global do empreendimento.

### **3. O BANCO DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVA**

Desde os primeiros estudos para o desenvolvimento tecnológico das paredes de vedação em edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional, já se considerava o caráter dinâmico do projeto construtivo das alvenarias e de sua capacidade potencial de indutor da evolução tecnológica e organizacional na produção do edifício. [SABBATINI et al., 1988] recomendam que as soluções construtivas adotadas pelos projetos sejam avaliadas não apenas quanto sua apropriação às condições de execução mas também ao longo do tempo e frente às condições de exposição e às solicitações de uso “(...) através de visitas periódicas à obra em execução e aos edifícios após sua ocupação, documentadas pelo especialista de alvenaria (...), objetivando a alimentação contínua de um banco de dados capaz de orientar as decisões técnicas de projetos futuros e promover a melhoria de qualidade tanto do projeto e do processo de produção, quanto do produto acabado.”

A partir desse conceito, estruturou-se um banco de tecnologia construtiva, composto por soluções construtivas, de eficiência comprovada ou passíveis de avaliação, empregadas para a produção das vedações verticais, no Brasil, representativas das diversas ‘eras construtivas’ (sumariamente apresentadas no item 2.1) e que nos parecem passíveis de utilização nas construções contemporâneas desde que aplicadas à luz dos conhecimentos, exigências e condições de produção atuais.

As soluções construtivas catalogadas no Banco foram coletadas durante os trabalhos de levantamento de campo junto a empresas construtoras e escritórios de projetos atuantes no mercado, além de soluções recomendadas pela literatura técnica nacional e internacional e que, ainda que não sejam de uso corrente em nossos canteiros, poderão vir a ser testadas experimentalmente e adaptadas à nossa realidade. Buscou-se também documentar soluções construtivas observáveis em edifícios históricos que marcaram a trajetória tecnológica do setor.

As soluções construtivas apresentadas buscam evidenciar as situações que maiores prejuízos têm representado para as atividades de execução, além dos pontos mais suscetíveis à manifestação posterior de patologias, discutindo seus agentes e mecanismos de formação e desenvolvimento e, principalmente, os recursos de que dispõe o projeto para evitá-las.

#### **3.1 Estrutura proposta para o banco e formas de utilização**

O banco foi desenvolvido dentro do ambiente Windows da Microsoft, com utilização de seu software para produção e gerenciamento de banco de dados – Access. A forma de entrada dos registros pode ser feita através da Tabela Geral de Dados ou do Formulário criado a partir dessa e que nos parece mais flexível, dado à possibilidade de visualização conjunta de todos os campos que compõem cada Registro. A inserção de novos registros é automática, estando-se trabalhando no modo Formulário do Access.

As informações relativas a cada Registro poderão ser alteradas a qualquer época, permitindo ao projetista a personalização das informações constantes em sua base de dados, incorporando observações que possam vir a favorecer a seleção futura de alternativas construtivas para o desenvolvimento dos projetos para produção de alvenarias de empresas construtoras em estágios de desenvolvimento tecnológica distintos.

O preenchimento dos campos pode se dar através da simples digitação dos dados e inserção de imagens sendo que alguns dos campos ('código', 'referência', 'subsistema construtivo/interface entre subsistema') podem ser preenchidos a partir da seleção da opção em listas previamente associadas a Tabelas, cujo conteúdo também poderá ser alterado e/ou complementado, de acordo com as necessidades do projetista. O banco possui, ainda, um sistema de busca rápida associado originalmente aos campos 'palavras-chave', 'detalhes complementares' e 'detalhes correlatos' mas que poderá ser associado a qualquer dos campos existentes, através de recursos bastante simples do próprio software.

Além disso, a versão integral do Banco é acompanhada de um Tutorial para dirimir dúvidas mais freqüentes e possibilitar ao usuário sua utilização plena..

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se apresentar nesse trabalho, as condições de contorno que estimularam a proposição e estruturação do Banco de Tecnologias Construtivas para Produção de Alvenarias de Vedações.

No entanto, dado às regras colocadas pelo Comitê Técnico do ENTAC2002 para o envio dos trabalhos no que se refere ao número máximo de páginas e, principalmente, ao tamanho máximo dos arquivos, não poderemos apresentar os registros já catalogados no Banco, uma vez que, a partir dos recursos de que dispomos, os arquivos gerados são sempre superiores a 2MB sobretudo se o software for empregado em sua versão 2000 (Access2000). Estamos conscientes dessa limitação imposta pela utilização do software selecionado e que tem-nos obrigado a utilizar o Banco sempre com emprego de CD-ROM que possui maior capacidade de armazenamento de dados. Estamos empenhados na busca de soluções a essa limitação. Não obstante, o software apresenta como vantagem indiscutível o fato de ser integrante dos pacotes da Microsoft e, portanto, de uso corrente por nossos usuários potenciais, de fácil acesso e utilização, condições estas colocadas como prioritárias à época de sua seleção .

Apresentaremos, a título ilustrativo o Formulário Básico empregado para inserção dos registros no Banco de Dados que, nesse caso, foi importado do Access e transformado em arquivo de imagem - extensão JPG ( e que, nesse contexto aqui apresentado, poderá ser melhor visualizado se lhe aplicarmos o zoom de 200%):

The screenshot shows a Windows application window titled 'Banco de Dados de Tecnologias Construtivas'. The interface is divided into several sections:

- Top Left:** Fields for 'Código' (Code), 'Referência' (Reference), and 'Subsistema/Interface entre subsistemas' (Subsystem/Subsystem Interface).
- Top Right:** A section labeled 'Ilustração' (Illustration) containing a large empty area for images.
- Middle Left:** Fields for 'Denominação' (Name), 'Palavras-chave' (Keywords), 'Detalhes Complementares' (Complementary Details), and 'Detalhes Correlatos' (Correlated Details). Below these is a large text area for 'Enfoque/Descrição' (Focus/Description).
- Middle Right:** A search function labeled 'Busca' (Search) with arrows pointing from the 'Palavras-chave', 'Detalhes Complementares', and 'Detalhes Correlatos' fields.
- Bottom Left:** A section labeled 'Patologia Construtiva Associada' (Associated Construction Pathology) containing a large empty area.
- Bottom Right:** A section labeled 'Interface Projeto/Produção' (Project/Production Interface) containing a large empty area.
- Bottom Center:** Navigation controls labeled 'Registro:' followed by a series of icons for navigating through records.

Para finalizar, esperamos poder contribuir para o processo evolutivo do setor de produção de edifícios, no Brasil, através da divulgação para o meio técnico do conteúdo do Banco de Tecnologia, cuja elaboração reflete nossa crença de que, além das importantes inovações que vêm sendo introduzidas em nossas obras de cunho gerencial e organizativo, a partir da adoção crescente por parte das empresas

construtoras de sistemas de gestão e programas de controle e certificação da qualidade, é necessário e urgente o aprimoramento dos processos de projeto e de execução através da incorporação de técnicas mais corretas ao cotidiano de nossos escritórios de projeto e canteiros de obras. Como demonstrou em sua tese de doutorado THOMAZ [1999]: “a evolução da qualidade da construção brasileira está dependendo, na mesma intensidade da usual dedicação aos programas de gestão, da agregação de técnicas mais corretas, tanto ao projeto como à execução das obras.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BARROS, M.M.S.B. **O processo de produção das alvenarias rationalizadas.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º.: 1998 : São Paulo) Anais; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998
- FRANCO, L.S. **O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º.: 1998 : São Paulo) Anais; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998
- FRANCO, L.S. **O projeto das vedações verticais: características e a importância para a rationalização do processo de produção.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º.: 1998 : São Paulo) Anais; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998
- HOMEM, M.C.N. **Sobre a construção da cidade do café e da indústria (1875-1930).** São Paulo, Museu Lasar Segall, 1983. (Catálogo da exposição realizada no Museu Lasar Segall de 06 de outubro a 11 de dezembro de 1983)
- LEMOS, C. **Alvenaria Burguesa.** São Paulo, Nobel, 1985
- MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios:** aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MESEGUER, AG. **Controle e garantia da qualidade na construção.** Trad. Roberto Falcão Bauer, Antônio Carmona Fº, Paulo Roberto do Lago Helene, São Paulo, Sinduscon-SP/Projeto/PW, 1991
- REIS FILHO, N.G. **Quadro da arquitetura no Brasil.** São Paulo, Perspectiva, 1978
- SABBATINI, F. et al. **Recomendações para a construção de paredes de alvenaria.** São Paulo, EPUSP-PCC, 1988 (Documento 1D, Projeto EP/EN-1)
- SABBATINI, F. et al. **Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de apresentação.** São Paulo, EPUSP-PCC, 1991(Documento 20.053, Projeto EP/EN-7)
- SABBATINI, F.H. **Interação Alvenaria/Estrutura.** In: Congresso de Materiais e Tecnologia da Construção – SINDUSCON-MG ( 1997: Belo Horizonte).
- SILVA, M. M. **A utilização da alvenaria no Brasil: da implantação ao presente.** In: VI Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção – o uso da alvenaria como estrutura. Anais, EPUSP, São Paulo, 1987
- SILVA, M. et al. **Detalhamento construtivo de alvenarias com utilização de modelagem tridimensional informatizada.** Belo Horizonte, 2000. (Relatório Final de Projeto de Pesquisa desenvolvido através do Fundo de Incentivo à Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.)
- TELLES, P.C.S. **História da engenharia no Brasil.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1984.
- THOMAZ, E. Requisitos técnicos e operacionais visando a qualidade na construção de edifícios. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- VASCONCELOS, S. **Arquitetura no Brasil; sistemas construtivos.** Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1979