

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Joni Zagonel

**DIAGNÓSTICO DA PRÁTICA DE ALVENARIA
ESTRUTURAL E ANÁLISE DA VIABILIDADE DE USO DO
SISTEMA RACIONALIZADO COM BLOCOS CERÂMICOS
NO VALE DO TAQUARI**

Porto Alegre
junho 2010

JONI ZAGONEL

**DIAGNÓSTICO DA PRÁTICA DE ALVENARIA
ESTRUTURAL E ANÁLISE DA VIABILIDADE DE USO DO
SISTEMA RACIONALIZADO COM BLOCOS CERÂMICOS
NO VALE DO TAQUARI**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Porto Alegre

junho 2010

JONI ZAGONEL

**DIAGNÓSTICO DA PRÁTICA DE ALVENARIA
ESTRUTURAL E ANÁLISE DA VIABILIDADE DE USO DO
SISTEMA RACIONALIZADO COM BLOCOS CERÂMICOS
NO VALE DO TAQUARI**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 15 de julho de 2010

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
PhD pela University of Leeds, Grã-Bretanha
Orientador

Profª. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (UFRGS)
PhD pela University of Leeds, Grã-Bretanha

Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)
Dr. em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Alexandre Lorenzi (UFRGS)
Dr. em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, José e Maria Clecy, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, orientador deste trabalho, pela dedicação e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço às empresas que abriram suas portas para o desenvolvimento da pesquisa e aos profissionais que emprestaram seu tempo às entrevistas e visitas.

Agradeço em especial a Profa. Carin Maria Schmitt pela sua incomparável dedicação e pelo exemplar comprometimento com sua função.

Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe
provando o contrário.

Albert Einstein

RESUMO

ZAGONEL, J. **Diagnóstico da prática de alvenaria estrutural e análise da viabilidade de uso do sistema racionalizado com blocos cerâmicos no Vale do Taquari**. 2010. 87 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este trabalho versa sobre o diagnóstico da prática de alvenaria estrutural e faz a análise da viabilidade da adoção do sistema racionalizado com blocos cerâmicos, com foco em obras comuns na Região do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. O trabalho segue com a revisão da bibliografia acerca do assunto. Na sequência, é realizado o levantamento de dados em obras construídas com o sistema de alvenaria estrutural, bem como junto a fornecedores de blocos cerâmicos estruturais. Tais levantamentos serviram de base para o diagnóstico da prática construtiva recorrente em obras da Região. Da mesma forma, embasaram a avaliação da aplicação do sistema construtivo racionalizado, praticado em outros locais, como uma obra localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, também pesquisada. A realidade da cadeia de fabricantes de blocos cerâmicos estruturais também é abordada neste trabalho, com enfoque nos tipos de produtos fornecidos, suas características e em aspectos desse mercado. Assim, o trabalho se torna uma ferramenta para auxiliar os profissionais da área na adoção de práticas do sistema em alvenaria estrutural racionalizado, com base nas vantagens e desvantagens de cada escolha.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; bloco cerâmico estrutural; tijolo maciço cerâmico.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: esquema das etapas da pesquisa	17
Figura 2: edifício Monadnock	21
Figura 3: bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas	27
Figura 4: bloco estrutural de paredes maciças externa e internamente	28
Figura 5: bloco cerâmico estrutural de paredes maciças externamente e vazadas internamente	28
Figura 6: bloco cerâmico estrutural perfurado	28
Figura 7: representação da vista de topo do bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas	30
Figura 8: representação da vista de topo do bloco cerâmico estrutural de paredes maciças	30
Figura 9: representação esquemática da instalação industrial para produção em pequena escala de cerâmica vermelha	32
Figura 10: dimensões reais e nominais dos blocos	39
Figura 11: dimensões reais entre faces dos blocos	39
Figura 12: exemplo de malha modular	40
Figura 13: encontro de paredes com a laje na modulação de piso a piso	40
Figura 14: encontro de paredes com a laje na modulação de piso a teto	41
Figura 15: detalhe da fôrma auxiliar na modulação de piso a teto	41
Figura 16: exemplo de representação adequada da planta de primeira fiada	43
Figura 17: exemplo de representação adequada da vista de elevação	44
Figura 18: vista da obra A1	48
Figura 20: vista da obra B	50
Figura 21: unidades utilizadas na obra A2	52
Figura 22: bloco cerâmico estrutural de 15 MPa utilizado na obra B	53
Figura 23: tijolos maciços cerâmicos descarregados com caminhão de caçamba basculante na obra A2	55
Figura 24: transporte de unidades com guindaste hidráulico na obra B	55
Figura 25: central de argamassa da obra A1	57
Figura 26: estoque de argamassa industrializada na obra B	57
Figura 27: assentamento de unidades com uso de colher de pedreiro na obra A2	58
Figura 28: assentamento de unidades com auxílio do escantilhão na obra B	58
Figura 29: palheta para assentamento utilizada na obra B	59
Figura 30: cordões de argamassa aplicados nos blocos de 10 MPa da obra B	59

Figura 31: verga de concreto pré moldada em vão de janela na obra A1	60
Figura 32: produção das vergas pré moldadas na obra A2	60
Figura 33: verga e contra verga executadas com bloco canaleta e gabarito metálico na obra B	61
Figura 34: reforço com armadura no interior da junta de argamassa sob as janelas na obra A2	61
Figura 35: cinta de respaldo executada com bloco canaleta na obra B	62
Figura 36: verga e apoio da laje na obra A2	62
Figura 37: instalação do eletroduto através dos vazados dos blocos cerâmicos na obra B	63
Figura 38: canaleta para embutimento de eletroduto na obra A2	64
Figura 39: instalação de caixa de passagem elétrica na obra B	65
Figura 40: canaletas para a instalação de tubulações hidráulicas na obra A1	65
Figura 41: instalação de alguns tubos hidráulicos externos à parede na obra B	66
Figura 42: tubos de alta resistência instalados sobre a laje na obra A1	66
Figura 43: instalação de tubos hidráulicos sob a laje na obra B	67
Figura 44: localização das empresas pesquisadas no Rio Grande do Sul	77
Figura 45: diversidade de tipos de peças produzidas por cada fabricante conforme largura	82
Figura 46: resistência à compressão declarada dos blocos por fabricante	82
Figura 47: produção média mensal de unidades por fabricante	83
Figura 48: participação de cada fabricante na produção total	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: dimensões dos tijolos cerâmicos maciços modulares.....	26
Quadro 2: dimensões dos tijolos cerâmicos maciços cerâmicos comuns	26
Quadro 3: categorias em função da resistência à compressão mínima para tijolos cerâmicos maciços comuns	26
Quadro 4: dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos estruturais.....	29
Quadro 5: composição unitária de custos do serviço de alvenaria de tijolos maciços.....	33
Quadro 6: composição unitária de custos do serviço de alvenaria de blocos cerâmicos estruturais	34
Quadro 7: produtividade para execução de alvenarias de tijolos maciços – valores de referência e fatores que a afetam	35
Quadro 8: produtividade para execução de alvenaria de blocos cerâmicos estruturais – valores e fatores que a afetam	36
Quadro 9: informações mínimas para a planta da primeira fiada	42
Quadro 10: informações mínimas para os desenhos das elevações	42
Quadro 11: unidades básicas empregadas em cada obra	52
Quadro 12: unidades complementares empregadas na obra B	53
Quadro 13: consumo médio de unidades por metro quadrado de alvenaria	54
Quadro 14: características da argamassa de assentamento empregada nas obras	56
Quadro 15: resumo de itens analisados	70
Quadro 16: áreas de alvenaria medidas em cada obra	74
Quadro 17: medição do tempo de trabalho e consumo de mão de obra de pedreiros	74
Quadro 18: RUP de cada situação referente à mão de obra de pedreiros	74
Quadro 19: RUP indicada pela TCPO e RUP medida para a mão de obra de pedreiros .	74
Quadro 20: blocos estruturais de 11,5 cm de largura oferecidos por fabricante – resistências à compressão declaradas pelos fabricantes	79
Quadro 21: blocos estruturais de 14 cm de largura oferecidos por fabricante – resistências à compressão declaradas pelos fabricantes	80
Quadro 22: blocos estruturais de 19 cm de largura oferecidos por fabricante – resistências à compressão declaradas pelos fabricantes	81
Quadro 23: produção média mensal de blocos cerâmicos estruturais por fabricante	85

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 MÉTODO DE PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	15
2.2.1 Objetivo principal	15
2.2.2 Objetivos secundários	15
2.3 PRESSUPOSTO	16
2.4 DELIMITAÇÕES	16
2.5 LIMITAÇÕES	16
2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA	16
3 REVISÃO DE CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ALVENARIA ESTRUTURAL	20
3.1 ALVENARIA COMO ELEMENTO ESTRUTURAL	20
3.1.1 Conceito básico e situação	20
3.1.2 Componentes da alvenaria estrutural	23
3.1.2.1 Unidade	24
3.1.2.2 Argamassa	24
3.1.2.3 Graute	24
3.1.2.4 Armadura	25
3.2 UNIDADES CERÂMICAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL	25
3.2.1 Tijolo cerâmico maciço	25
3.2.2 Bloco cerâmico estrutural	27
3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS UNIDADES CERÂMICAS	30
3.4 PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE ALVENARIA	32
3.4.1 Composições unitárias de custos	32
3.4.2 Produtividade: valores e fatores que a afetam	34
3.5 ASPECTOS DE PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	36
3.5.1 Aspectos da modulação	38
3.5.1.1 Modulação horizontal	39
3.5.1.2 Modulação Vertical	40
3.5.2 Aspectos da compatibilização de projetos e padrão de apresentação dos desenhos	41
3.6 EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	44

3.6.1 Marcação	45
3.6.2 Elevação	46
4 FASE 1: ANÁLISE DO NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DAS TÉCNICAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL NO VALE DO TAQUARI	47
4.1 ESTUDO DE CASO JUNTO A OBRAS	47
4.1.1 Caracterização das obras	48
4.1.1.1 Obra A1	48
4.1.1.2 Obra A2	49
4.1.1.3 Obra B	49
4.1.2 Aspectos da prática construtiva analisados	50
4.2 RESULTADOS	51
4.2.1 Projeto referente a execução da alvenaria estrutural	51
4.2.2 Unidade empregada	51
4.2.3 Transporte das unidades	54
4.2.4 Argamassa de assentamento	56
4.2.5 Junta de argamassa	57
4.2.6 Vãos de aberturas	59
4.2.7 Vinculação com lajes	62
4.2.8 Instalações elétricas	63
4.2.9 Instalações hidráulicas	65
4.3 CONCLUSÃO	67
5 FASE 2: ASPECTOS DA PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS	71
5.1 METODOLOGIA E CONCEITOS ADOTADOS	71
5.1.1 Medições de entradas	72
5.1.2 Medições de saídas	73
5.2 RESULTADOS	73
5.3 CONCLUSÃO	75
6 FASE 3: CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIIS	76
6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS	76
6.2 RESULTADOS	77
6.2.1 Linhas de produtos ofertados	78
6.2.2 Aspectos do mercado de blocos cerâmicos estruturais	82
6.3 CONCLUSÃO	85
7 CONCLUSÃO GERAL	86

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem importância histórica na evolução das nações e no desenvolvimento de suas economias. No Brasil, tal afirmativa é verificada, especialmente ao longo dos últimos anos, quando o setor experimentou intenso crescimento. Neste cenário, a adoção de práticas construtivas mais eficazes tem se tornado indispensável às empresas de construção civil, que têm buscado novas soluções técnicas e gerenciais para garantir seu sucesso.

A prática de execução de estruturas em alvenaria estrutural, apesar de intimamente ligada aos primórdios da construção civil, enfrentou períodos de estagnação técnica, longe do foco de atenção dos profissionais, até o recente incremento de sua aplicação, graças ao fomento das políticas públicas de financiamento habitacional. A possibilidade de se construir com menores custos fez o mercado redescobrir o sistema, somando novas práticas, tornando-o moderno e focado na economia de recursos. Em algumas regiões, como no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, a técnica construtiva em alvenaria estrutural sempre esteve presente, através da construção de obras empregando o tijolo maciço cerâmico, em práticas bastante difundidas regionalmente. Estas práticas, porém, ainda não receberam as contribuições das técnicas contemporâneas, já desenvolvidas nos grandes centros do País. Neste contexto, o trabalho busca retratar a prática construtiva em alvenaria estrutural típica da Região do Vale do Taquari, avaliando as possíveis contribuições do emprego das técnicas construtivas racionalizadas, já desenvolvidas em outras regiões.

Este trabalho é apresentado neste relatório e, após essa introdução, no capítulo 2 são apresentadas as suas diretrizes metodológicas. A revisão da bibliografia referente ao tema deste trabalho é desenvolvida e apresentada no capítulo 3, alvenaria estrutural, onde são discutidos conceitos pesquisados em obras de autores relacionados à área. Essas informações serviram de embasamento para o desenvolvimento da pesquisa. O quarto capítulo descreve a avaliação realizada junto às obras construídas em alvenaria estrutural enquanto o capítulo 5 é apresentada a pesquisa sobre a produtividade da mão de obra nestas obras. O sexto capítulo

contempla a avaliação das características da oferta de blocos cerâmicos estruturais no Rio Grande do Sul. As considerações finais acerca do trabalho são apresentadas no capítulo final.

2 MÉTODO DE PESQUISA

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: quais as vantagens e desvantagens do emprego da alvenaria estrutural racionalizada com blocos cerâmicos em obras típicas do Vale do Taquari?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundário e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a análise das vantagens e desvantagens do emprego do sistema construtivo em alvenaria estrutural racionalizado com blocos cerâmicos estruturais em obras típicas na região do Vale do Taquari.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) descrição de exemplos da tipologia característica do Vale do Taquari de edifícios em alvenaria estrutural;
- b) descrição das práticas construtivas em alvenaria estrutural na Região;
- c) descrição das técnicas em alvenaria estrutural racionalizada;

- d) identificação dos fabricantes de blocos cerâmicos estruturais que podem suprir a Região.

2.3 PRESSUPOSTO

É pressuposto do trabalho que as disposições das Normas Brasileiras em vigor sobre alvenarias são válidas, sendo tecnicamente possível o emprego de alvenaria estrutural racionalizada nas obras analisadas, desde que atendam aos critérios previstos nessa normatização.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo de edificações com dois ou mais pavimentos, construídas em alvenaria estrutural, compostos basicamente por pavimentos tipo, comuns na Região do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações deste estudo:

- a) a análise de duas obras em alvenaria estrutural típicas da Região do Vale do Taquari, em fase de execução;
- b) a análise de uma obra construída com o sistema em alvenaria estrutural racionalizada com blocos cerâmicos, localizada em Cachoeirinha, Rio Grande do Sul, em fase de execução.

2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A forma como ocorreu o desenvolvimento do trabalho pode ser compreendida com o esquema expresso na figura 1. As etapas da pesquisa são descritas a seguir.

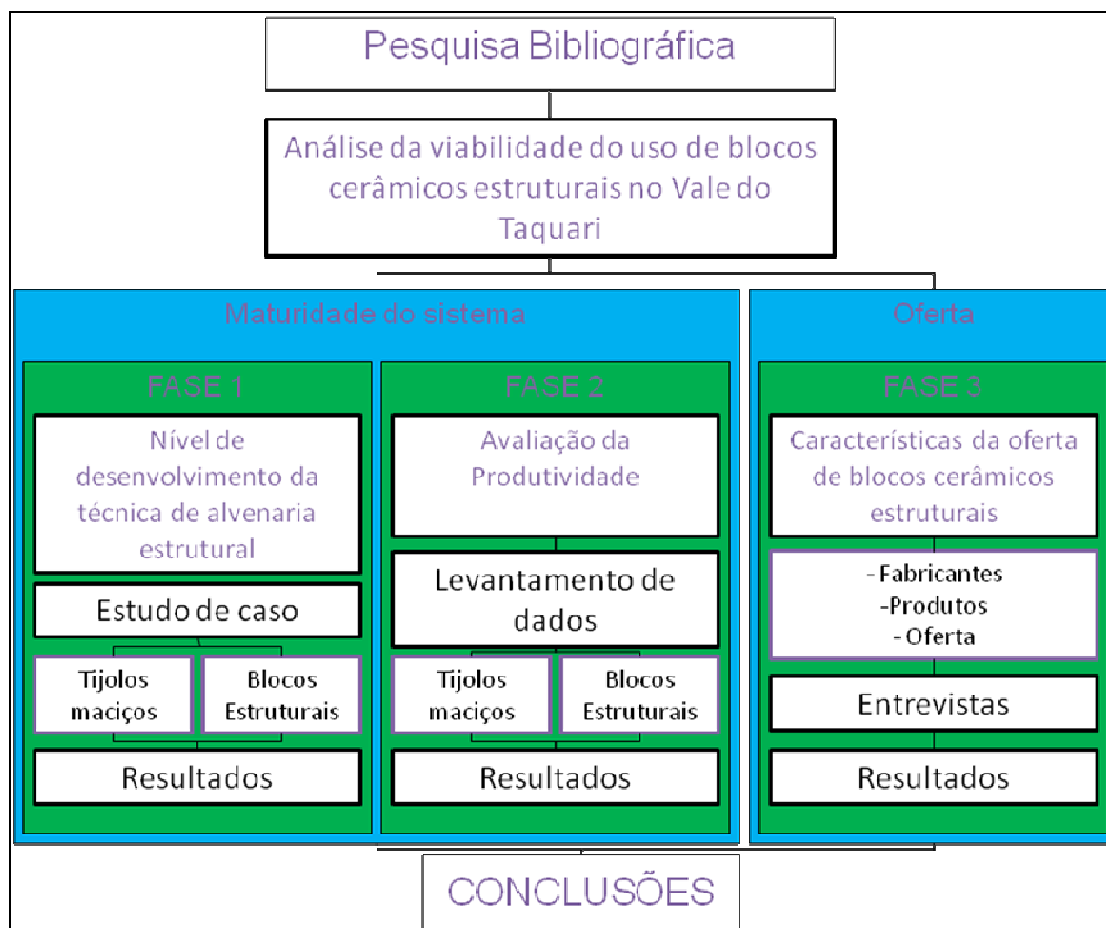


Figura 1: esquema das etapas da pesquisa

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida ao longo de todo o trabalho, para fornecer a base teórica necessária à compreensão e execução de cada das etapas do trabalho. As consultas referem-se basicamente à bibliografia na área de alvenaria estrutural e às Normas Brasileiras em vigor. Buscou-se o aprofundamento do entendimento das práticas atuais quanto ao emprego da alvenaria estrutural racionalizada, com enfoque no uso do bloco cerâmico estrutural. Aspectos relativos às unidades cerâmicas para alvenaria estrutural, como caracterização e fabricação também foram abordados.

Já a análise da viabilidade de aumento do uso do bloco cerâmico estrutural na região do Vale do Taquari, tema fundamental de pesquisa proposto para este trabalho, foi desenvolvida em três fases.

As primeiras duas fases serviram para determinar qual o nível de maturidade atual das técnicas em alvenaria estrutural usadas na região do Vale do Taquari, em relação a

empreendimentos de alvenaria estrutural em centros já acostumados com esta formalização do processo, com o intuito de avaliar quais seriam as barreiras ou dificuldades para implantação dos conceitos de alvenaria estrutural na região do Vale do Taquari.

Neste sentido, a fase 1 envolveu a realização de um diagnóstico sobre as técnicas correntes de execução tanto de obras com tijolos maciços tradicionais quanto com blocos cerâmicos estruturais. Esta atividade foi desenvolvida através da técnica de estudo de caso. Foram selecionados, para fins de comparação, três empreendimentos em execução. Dois deles eram típicos da região em estudo e envolviam a execução de edificações residenciais multifamiliares com 4 pavimentos em alvenaria estrutural, executados com tijolos maciços. O terceiro empreendimento, localizado na região de Cachoeirinha, era composto por um conjunto de oito edificações de oito pavimentos com finalidade residencial multifamiliar, porém executado com blocos cerâmicos estruturais e projeto de modulação, se enquadrando nos conceitos da alvenaria estrutural moderna. Em todos os casos foram coletados dados sobre o nível de detalhamento de projeto, sobre os equipamentos utilizados e sobre os procedimentos de execução das tarefas.

A fase 2 correspondeu à coleta de dados de produtividade provenientes de duas das três obras analisadas na fase anterior. Esta avaliação, realizada em paralelo às análises da fase 1, buscou verificar se, de fato, o argumento de que a adoção de todos os preceitos das técnicas modernas de alvenaria estrutural, com emprego de modulação, incremento da racionalização e preocupação ativa com a compatibilização de projetos, poderia levar a ganhos sensíveis de produtividade.

Finalmente, na fase 3, realizou-se uma pesquisa junto a fabricantes de blocos cerâmicos estruturais, visando coletar dados que permitissem avaliar a disponibilidade de fornecedores e examinar se existe uma capacidade rápida de aumento da oferta de blocos, para prevenir desabastecimentos e aumento de preços, caso houvesse uma forte migração de construtores das técnicas tradicionais para as técnicas de alvenaria estrutural. O levantamento de dados envolveu a identificação dos produtos disponíveis e das características do mercado de blocos. Os resultados desta fase se encontram no capítulo 6.

O conjunto dos resultados desta pesquisa contribui para determinação de vantagens e desvantagens de cada método construtivo, conforme o item mais importante para quem o avalia. As conclusões gerais deste trabalho são apresentadas no capítulo 7.

3 REVISÃO DE CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ALVENARIA ESTRUTURAL

Este capítulo contém um resumo da pesquisa bibliográfica realizada pelo autor, relativa à alvenaria estrutural. No mesmo se apresenta uma breve caracterização do sistema, de sua produtividade e de seus componentes.

3.1 A ALVENARIA COMO ELEMENTO ESTRUTURAL

O sistema construtivo de alvenaria estrutural surgiu com o empilhamento puro e simples de unidades, dando forma ao que fora projetado. O desenvolvimento do método e seus componentes são relacionados a seguir.

3.1.1 Conceito básico e situação

Alvenaria, no sentido enciclopédico, significa o “[...] elemento construtivo representado pela superposição de pedras e outros materiais, unidos ou não por argamassa. Conjunto que compõe paredes e muros, com finalidade estrutural ou de vedação [...]” (ALMEIDA, 2002, p. 83). O conceito estrutural crucial ligado à alvenaria estrutural é a transmissão de esforços através de tensões de compressão. Este é o aspecto fundamental a se considerar para a elaboração de estruturas em alvenaria (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 1).

A alvenaria é um sistema construtivo muito tradicional, tendo sido empregado para execução de estruturas desde o início da atividade humana (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 2). Acrescenta-se o seguinte entendimento (ALMEIDA, 2002, p. 83): “Presentes [...] desde o princípio das Civilizações, as construções em alvenaria atravessaram os séculos praticamente sem inovações, executadas com técnicas construtivas simples e, praticamente, com os mesmos conceitos e a mesma utilização.”. Ramalho e Corrêa (2003, p. 2) afirmam que “Com a utilização de blocos de diversos materiais, como argila, pedra e outros, foram produzidas

obras que desafiaram o tempo, atravessando séculos ou mesmo milênios e chegando até nossos dias como verdadeiros monumentos de grande importância histórica.”.

Em 1889 iniciaram-se as obras daquele que se tornou um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural, o Edifício Monadnock (figura 2), em Chicago, com 16 pavimentos e 65 m de altura foi considerado uma obra ousada, explorando os limites dimensionais para o sistema construtivo à época. Os métodos empíricos de dimensionamento empregados geraram paredes com 1,80 m de espessura na base, o que, acredita-se, dimensionado pelos procedimentos atuais, não ultrapassaria os 30 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 2).



Figura 2: edifício Monadnock (WEINEL, 2009)

Sobre a evolução das técnicas construtivas, Almeida (2002, p. 83-84) enfatiza:

No Brasil, a partir da segunda metade do século passado, com o crescimento urbano, com o aperfeiçoamento da indústria cerâmica e com a conseqüente demanda por moradias, começam a ser observadas evoluções nas técnicas construtivas, com o aparecimento de novos produtos e com a melhoria da qualidade, notando-se as

primeiras preocupações com a padronização, com a variedade de opções e com a resistência, e ensejando o surgimento dos blocos cerâmicos estruturais, cuja utilização, na forma como hoje é praticada, iniciou-se há cerca de trinta anos, impulsionada pela implementação da política habitacional do governo, comandado pelo extinto BNH – Banco Nacional de Habitação e hoje a cargo da Caixa Econômica Federal.

Para Ramalho e Corrêa (2003, p. 6), a alvenaria com blocos cerâmicos vem ganhando força no Brasil, impulsionada pela estabilização da economia, com o surgimento de fornecedores confiáveis, com produtos de resistências superiores a 10 MPa, podendo-se considerar que dentro de algum tempo, os blocos cerâmicos passarão a disputar com os blocos de concreto a utilização em edifícios de até 10 pavimentos.

A distinção entre as alvenarias estruturais e de vedação também é importante. Roman et al. (1999, p. 16) distinguem parede de vedação de parede estrutural. A primeira é aquela que resiste ao próprio peso e tem função de separação de ambientes internos ou de fechamento externo, sem qualquer responsabilidade estrutural. Já a parede estrutural é aquela que tem a função de resistir a todas as cargas verticais do próprio peso, as de ocupação e as acidentais aplicadas sobre ela. Os autores acrescentam ainda as seguintes definições às paredes estruturais:

- Parede de contraventamento: são paredes estruturais projetadas para suportarem também as cargas horizontais – originadas principalmente pela ação dos ventos – paralelas ao seu plano.
- Parede enrijecedora: têm a função de enrijecer as paredes estruturais contra a flambagem.
- Pilares de alvenaria: são os elementos isolados que resistem a cargas de compressão e com largura menor que quatro vezes a espessura.

Ramalho e Corrêa (2003, p. 10-11) listam as principais vantagens do sistema construtivo em alvenaria estrutural frente às estruturas convencionais em concreto armado, em ordem decrescente de importância:

- a) economia de fôrmas: as fôrmas geralmente se limitam às necessárias para a concretagem das lajes, sendo fôrmas lisas, baratas e de grande reaproveitamento;
- b) redução significativa nos revestimentos: o maior controle na execução produz redução considerável nos revestimentos, por vezes o revestimento interno é feito com uma camada de gesso aplicada diretamente sobre a superfície do

bloco, o que pode ser feito com azulejos, também aplicados com cola diretamente sobre a alvenaria;

- c) redução nos desperdícios de material e mão de obra: O impedimento a aberturas de rasgos para as instalações elétricas e hidráulicas é uma importante causa da eliminação de desperdícios, já que reduzem a possibilidade de improvisações ocorrerem;
- d) redução do número de especialidades: profissionais como armadores e carpinteiros tornam-se menos necessários;
- e) flexibilidade no ritmo de execução da obra: utilizando-se lajes pré-moldadas desvincula-se o ritmo da obra do tempo de cura das peças em concreto armado.

Para Ramalho e Corrêa (2003, p. 11), “Apesar de as vantagens apresentadas serem de grande relevância, não se pode esquecer algumas desvantagens da alvenaria estrutural em relação às estruturas convencionais em concreto armado.”. As principais desvantagens, de acordo com os autores, são listadas a seguir, também em ordem decrescente de importância:

- a) dificuldade de se adaptar o layout arquitetônico para um novo uso: uma vez que as paredes fazem parte da estrutura, não existe a possibilidade de adaptações significativas no arranjo arquitetônico, o que, em alguns casos, não é apenas um inconveniente, mas também uma impossibilidade técnica;
- b) interferência entre projetos de arquitetura/estruturas/instalações: a necessidade da manutenção da modulação afeta diretamente o projeto arquitetônico, enquanto as restrições a furos em paredes condicionam de forma marcante os projetos de instalações;
- c) necessidade de uma mão de obra qualificada: as exigências de qualidade da alvenaria tornam essencial a qualificação da mão de obra, caso contrário, os riscos à segurança da edificação crescem sensivelmente.

3.1.2 Componentes da alvenaria estrutural

Os principais componentes da alvenaria estrutural são os blocos, ou unidades, a argamassa, o graute e a armadura. Os principais elementos são formados por pelo menos dois dos componentes citados, sendo paredes, pilares, cintas e vergas (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 6). Os componentes serão detalhados nos próximos itens.

3.1.2.1 Unidade

Roman et al. (1999, p. 21) indicam que “Chama-se unidade de alvenaria o produto industrializado de dimensões e peso que o fazem manuseável, de formato paralelepipedal e adequado para compor uma alvenaria.”. Para Ramalho e Corrêa (2003, p. 7), as unidades, como componentes básicos da alvenaria, são as principais responsáveis pela determinação das características resistentes da estrutura.

As unidades mais empregadas na produção de alvenaria estrutural no Brasil são, em ordem decrescente: de concreto, cerâmicas e sílico-calcáreas. Quanto à forma, as unidades podem ser maciças, denominando-se tijolo, ou vazadas, denominando-se bloco. A tensão em relação à área bruta é aquela que considera a área total da unidade para sua definição, inclusive dos vazios, enquanto a tensão em relação à área líquida é calculada descontando-se os vazios (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7).

3.1.2.2 Argamassa

Tradicionalmente composta de areia, cimento, cal e água, a argamassa de assentamento deve apresentar boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade. A sua função básica é solidarizar a alvenaria, transmitindo e uniformizando as tensões entre as unidades de alvenaria, absorvendo pequenas deformações e impedindo a entrada de água e vento na edificação (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7-8).

3.1.2.3 Graute

O graute é um concreto com agregado de pequena dimensão e relativamente fluido, algumas vezes utilizado no preenchimento dos blocos, aumentando a área da seção transversal das unidades ou solidarizando-as com as armaduras eventualmente posicionadas em seus vazios (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7-8).

3.1.2.4 Armadura

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003, p. 8), “As barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, mas, neste caso, serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria.”.

3.2 UNIDADES CERÂMICAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

De acordo com a NBR 15270-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 1), bloco cerâmico estrutural é o componente de alvenaria que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm, produzidos para serem assentados com os furos na vertical. A NBR 7170 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 1) define tijolo maciço cerâmico como a unidade que possui todas as suas faces plenas de material, ou isentas de furos, admitindo a existência de rebaixos de fabricação em uma das faces de maior área. Roman et al. (1999, p. 22) complementam que tijolos são as unidades com dimensões máximas de 250x120x55 mm, a partir das quais, a unidade é denominada bloco. As dimensões nominais das unidades são dimensões reais acrescidas de 10 mm correspondente à espessura média da junta de argamassa (COELHO, 1998, p. 28). As unidades cerâmicas para alvenaria são descritas a seguir.

3.2.1 Tijolo cerâmico maciço

A NBR 5711 aplica-se a tijolo modular de barro cozido, definido como um tijolo cujas medidas são definidas para ocupar um espaço modular, atribuindo àqueles as medidas expressas no quadro 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982, p. 1-2).

Medida modular			Medida real		
Comp. (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Comp. (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)
20	10	8	19	9	7
10	10	8	9	9	7

Quadro 1: dimensões dos tijolos cerâmicos maciços modulares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 2)

Nos termos da NBR 7170, os tijolos maciços cerâmicos são fabricados a partir de argila, por processo de extrusão ou prensagem e queimado a temperatura tal que atenda as exigências nela contidas. Os tijolos maciços cerâmicos são classificados em comuns e especiais. O primeiro é considerado aquele de uso corrente, com dimensões dadas pelo quadro 2 e subclassificado em A, B ou C, conforme sua resistência à compressão (quadro 3). O tijolo especial pode ser fabricado em formatos e especificações distintas da norma, desde que acordado entre fabricante e consumidor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 1-2).

Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
190	90	57
190	90	90

Quadro 2: dimensões dos tijolos cerâmicos maciços comuns (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 2)

Categoria	Resistência mínima à compressão (MPa)
A	1,5
B	2,5
C	4

Quadro 3: categorias em função da resistência à compressão mínima para tijolos cerâmicos maciços comuns (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p. 2)

3.2.2 Bloco cerâmico estrutural

A NBR 15270-2 aponta que “O bloco cerâmico estrutural deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimada em elevadas temperaturas.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 3) Esta descrição é semelhante ao entendimento de Coêlho (1998, p. 32), que afirma que blocos cerâmicos são produzidos a partir de argila, moldados através de extrusoras, submetidos à secagem e à queima em temperaturas bastante elevadas.

Conforme descrição representada nas figuras 3 a 6, onde a distribuição e os formatos dos furos são apenas ilustrativos, os blocos cerâmicos estruturais podem ser (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 1-3):

3.2 [...] de paredes vazadas: componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida

3.3 [...] com paredes maciças: componente da alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida (...).

3.4 [...]perfurado: componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada (...).

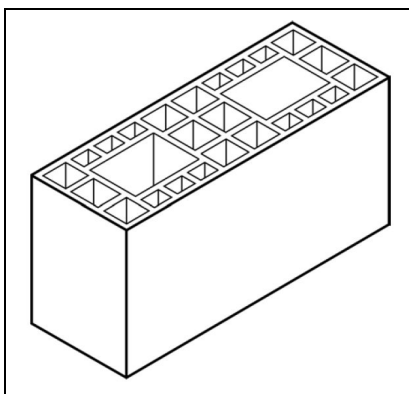


Figura 3: bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 1)

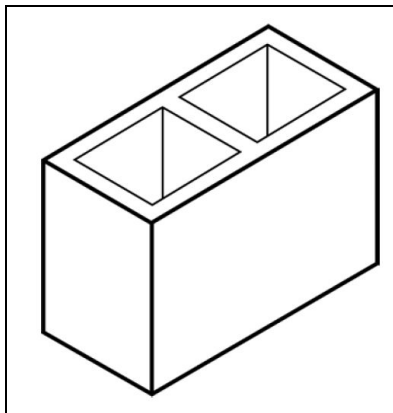


Figura 4: bloco cerâmico estrutural de paredes maciças externa e internamente
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 2)

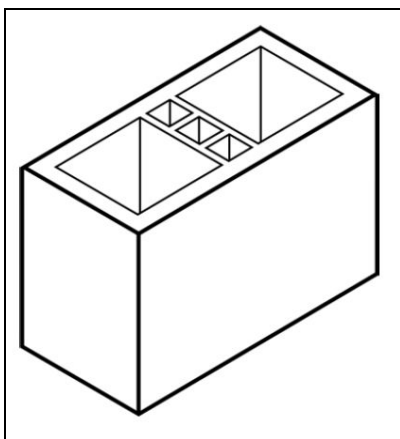


Figura 5: bloco cerâmico estrutural de paredes maciças externamente e vazadas internamente
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 2)

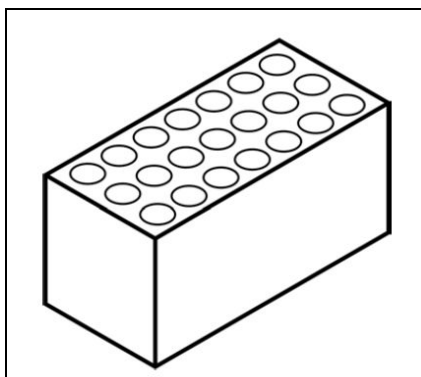


Figura 6: bloco cerâmico estrutural perfurado
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 3)

Quanto às características geométricas, a NBR 15270-2 determina que os blocos tenham o formato de um prisma reto, com as dimensões conforme o quadro 4.

Dimensões L x H x C	Dimensões de fabricação (cm)					
	Largura	Altura	Comprimento			
Bloco principal			½ Bloco	Amarração L	Amarração T	
(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (5/2)M		19	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (3)M			29	14	26,5	41,5
(5/4)M x (2)M x (4)M			39	19	31,5	51,5
(3/2)M x (2)M x (3)M	14	19	29	14	-	44
(3/2)M x (2)M x (4)M			39	19	34	54
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	14	34	49
(2)M x (2)M x (4)M			39	19		59
Bloco L - bloco para amarração de paredes em L.						
Bloco T - bloco para amarração de paredes em T						

Quadro 4: dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos estruturais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 4)

A NBR 15270-2 faz menção também às espessuras das paredes e septos do bloco, seja para o de paredes maciças, para o de paredes vazadas ou para o perfurado. Tais exigências para blocos cerâmicos estruturais são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 6-7):

- a) de paredes vazadas: a espessura mínima das paredes externas deve ser de 8 mm, dos septos 7 mm, como visualizado na figura 7;
- b) com paredes maciças: as paredes devem ter espessura mínima de 20 mm, a exceção das paredes internas, que podem ser vazadas, formadas por septos de 8 mm de espessura mínima, dispostos de modo que a espessura total da parede interna seja maior ou igual a 30 cm, como observado na figura 8;
- c) perfurados: as paredes e os septos devem ter espessura mínima de 8 mm.

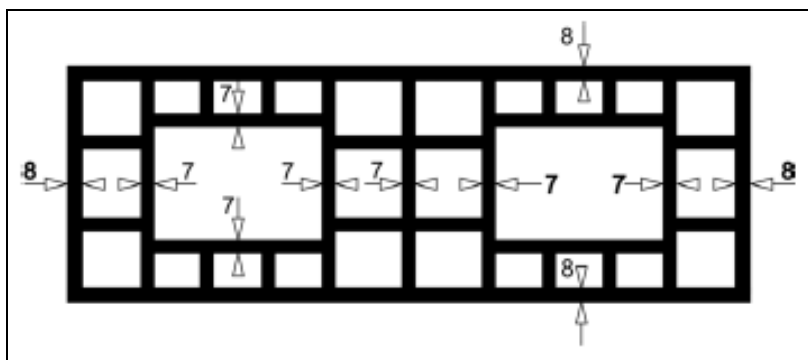


Figura 7: representação da vista de topo do bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 6)

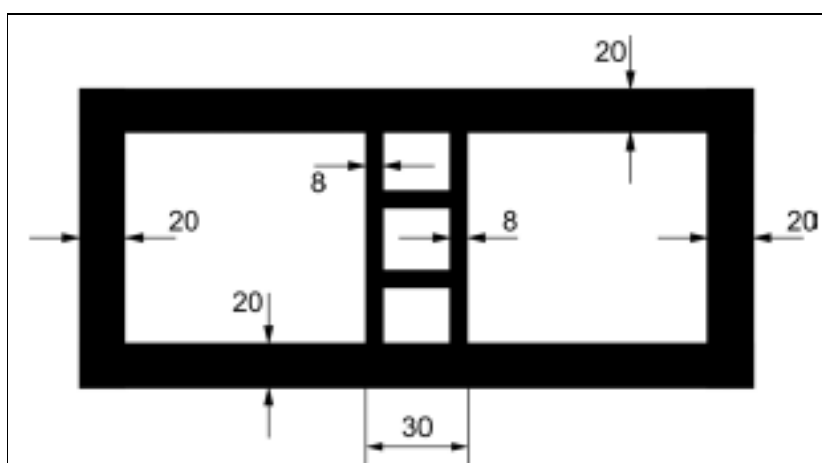


Figura 8: representação da vista de topo do bloco cerâmico estrutural de paredes maciças (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 7)

3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS UNIDADES CERÂMICAS

A cerâmica vermelha é classificada como sendo aquela que engloba produtos como tijolos, telhas, pisos, vasos e peças decorativas, produtos geralmente rústicos, onde o acabamento dificilmente ocorre. O processo para a fabricação de tais produtos é bastante conhecido, com práticas dominadas há milênios, com processo produtivo bem similar entre os diferentes produtos. A produção da cerâmica vermelha é composta pelos seguintes processos (FONSECA et al., [199-], p. 23):

- a) extração da argila: é feita através de mineração a céu aberto, com o uso de máquinas de escavação, e transportado em caminhões até a indústria, normalmente próxima à mina.
- b) homogeneização: a matéria prima é homogeneizada e, quando necessária, acrescida de diferentes argilas. Nesta etapa acrescenta-se a água necessária a obtenção da plasticidade adequada, com o teor de umidade entre 25% e 30%. Os equipamentos envolvidos são os quebradores de aglomerados, o misturador de pás e o laminador, que completa a mistura;
- c) extrusão: a argila é moldada pelo extrusor, onde o ar é retirado e o formato da peça é dado;
- d) corte: a massa é seccionada no comprimento desejado, após a saída do extrusor;
- e) secagem: os elementos são dispostos, geralmente em prateleiras (fixas ou móveis) a fim de perderem a maior parte de sua umidade, desejada na ordem de 3% a 4% ao final do processo. Podem ser utilizadas estufas para este fim, aproveitando o calor residual dos fornos. Ocorre uma contração, dependendo do produto, entre 4% e 10%;
- f) queima: o material seco é carregado no forno, onde, a altas temperaturas, ocorre a queima.

Existem equipamentos para a produção desde pequena, com produção horária de 7 a 14 toneladas de argila úmida, até grandes instalações, com produção horária atingindo 35 toneladas de argila úmida (MECÂNICA BONFANTI S/A, 2009). O exemplo de uma pequena instalação, com seus equipamentos básicos, ser visualizado na figura 9.

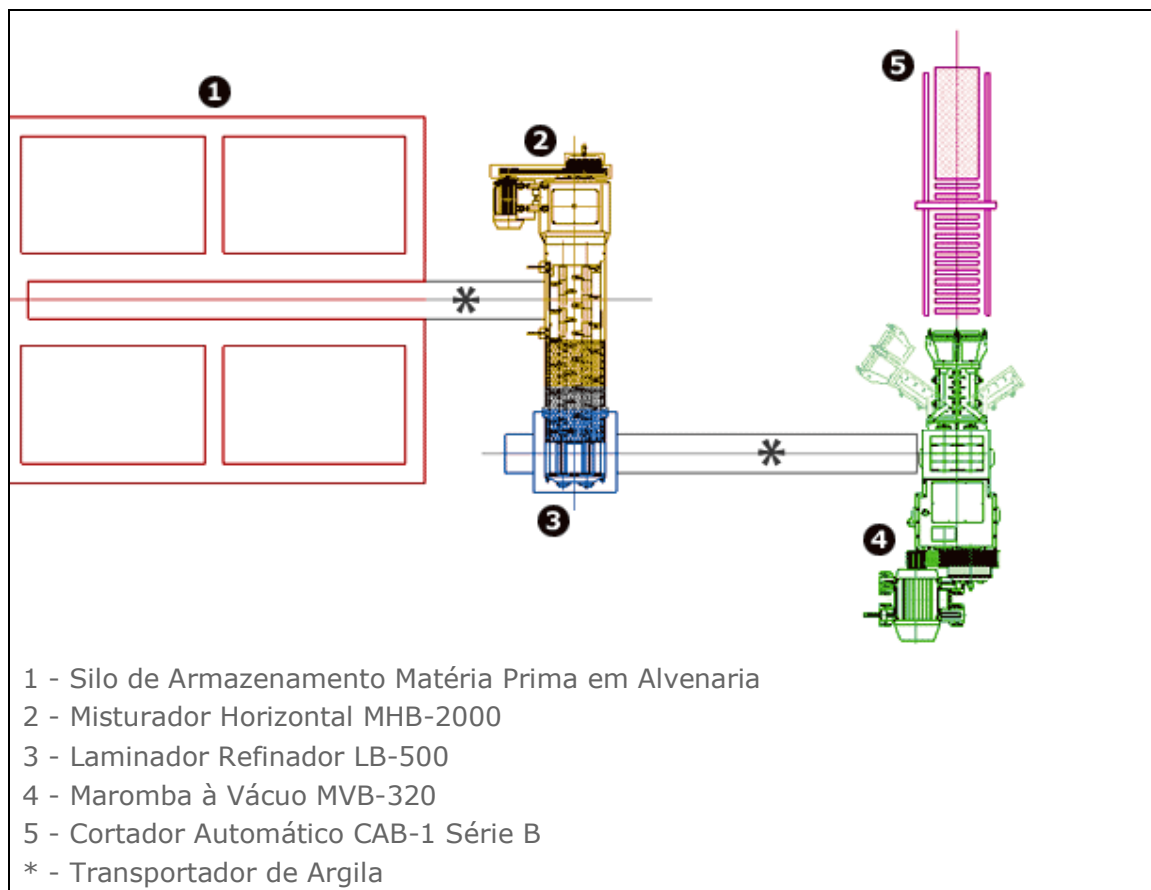


Figura 9: representação esquemática da instalação industrial para produção em pequena escala de cerâmica vermelha (MECÂNICA BONFANTI S/A, 2009)

3.4 PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE ALVENARIA

A produtividade na execução de alvenarias é abordada a seguir, com a análise das etapas do processo e da composição unitária de custos.

3.4.1 Composições unitárias de custo

Os serviços executados em obras da construção civil podem ser descritos através dos insumos que requerem para se efetivarem. As composições unitárias de custo dos serviços reúnem os insumos envolvidos nesse processo de produção, de forma quantificada, através da atribuição

de coeficientes de consumo, que relacionam a unidade de insumo requerida para a geração de cada unidade de serviço (TABELAS..., 2008, p. 7).

Para a alvenaria de tijolos maciços, pode-se considerar a seguinte especificação de serviço: alvenaria de vedação com tijolos cerâmicos 5,7 cm x 9 cm x 19 cm, juntas de 12 mm com argamassa industrializada, sendo a unidade de área expressa em m² (TABELAS..., 2008, p. 199). Tal composição é apresentada no quadro 5.

Componentes	Unidade	Consumos	
		Espessura da parede	
		9 (cm)	19 (cm)
Pedreiro	H	1,60	2,50
Servente	H	1,60	2,50
Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	Kg	43,00	81,60
Tijolo maciço cerâmico 5,7 cm x 9 cm x 19 cm	Un	84,00	159,00

Quadro 5: composição unitária de custos do serviço de alvenaria de tijolos maciços (TABELAS..., 2008, p. 199)

Para a alvenaria de blocos cerâmicos estruturais, uma especificação de serviço é: alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, juntas de 10 mm, com argamassa industrializada, sendo a unidade de área expressa em m² (TABELAS..., 2008, p. 206). Tal composição é expressa no quadro 6.

Os quadros de composição unitárias de custo dos serviços de alvenaria com blocos e com tijolos demonstram a relação de insumos envolvidos na produção de cada um. Verifica-se ainda a redução do consumo dos insumos nos serviços que envolvem o bloco cerâmico, quando comparado àquele com tijolos, especialmente quanto à mão de obra.

Componentes	Unidade	Consumos	
		Dimensões (cm)	
		14 x 19 x 39	19 x 19 x 39
		Espessura da parede	
		14 (cm)	19 (cm)
Pedreiro	H	0,70	0,74
Servente	H	0,70	0,74
Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria estrutural	Kg	21,00	28,90
Bloco cerâmico vazado estrutural	Un	13,00	13,00

Quadro 6: composição unitária de custos do serviço de alvenaria de blocos cerâmicos estruturais (TABELAS..., 2008, p. 206)

3.4.2 Produtividade: valores e fatores que a afetam

A produtividade para execução do assentamento da alvenaria é variável e pode ser expressa a partir do valor médio e, também, dos valores de mínimo e máximo para cada situação. A produtividade da mão de obra para o assentamento de tijolos de barro é dado pelo quadro 7. A produtividade da mão de obra para o assentamento de blocos para alvenaria estrutural e os fatores que a afetam são dados pelo quadro 8 (TABELAS..., 2008, p. 224-225).

Produtividade do pedreiro (Hh/m ²)		
Mínimo	Médio	Máximo
0,9	1,52	2,60
Produtividade do servente (Hh/m ²)		
Mínimo	Médio	Máximo
0,54	0,91	1,56
Fatores que aumentam a produtividade		Fatores que diminuem a produtividade
Densidade média da alvenaria/m ² de parede/m ² de piso		Densidade alta ou baixa de alvenaria/m ² de parede/m ² de piso
Presença quase que exclusiva de paredes na altura usual		Presença significativa de paredes altas ou baixas demais
Pouco tempo para executar um pavimento (prazos enxutos)		Muito tempo para executar um pavimento (prazos extensos)
Paredes de espessuras pequenas		Paredes de espessuras grandes
Baixa rotatividade		Alta rotatividade
Pagamento conforme acordado		Falha no pagamento dos operários
Material disponível		Falta de material
Equipamento de transporte vertical disponível		Quebras ou indisponibilidade de equipamento de transporte vertical

Quadro 7: produtividade para execução de alvenarias de tijolos maciços – valores de referência e fatores que a afetam (TABELAS..., 2008, p. 225)

Os quadros de produtividade variável são utilizados para estimar e verificar os índices de produção dos serviços. A partir destas, e com a adequada comparação com a realidade da obra, pode-se adequar a composição do serviço com coeficientes mais próximos da realidade. Estas tabelas oferecem também parâmetros para a avaliação do rendimento da produção em canteiro de obras, auxiliando no controle de profissionais e no estabelecimento de metas de produção.

Produtividade do pedreiro (Hh/m ²)		
Mínimo	Médio	Máximo
0,51	0,71	0,98
Produtividade do servente (Hh/m ²)		
Mínimo	Médio	Máximo
0,31	0,43	0,59
Fatores que aumentam a produtividade		Fatores que diminuem a produtividade
Não preenchimento de juntas verticais		Preenchimento de juntas verticais
Densidade média da alvenaria/m ² de parede/m ² de piso		Densidade alta ou baixa de alvenaria/m ² de parede/m ² de piso
Presença quase que exclusiva de paredes na altura usual		Presença significativa de paredes altas ou baixas demais
Pouco tempo para executar um pavimento (prazos enxutos)		Muito tempo para executar um pavimento (prazos extensos)
Paredes de espessuras pequenas		Paredes de espessuras grandes
Baixa rotatividade		Alta rotatividade
Pagamento conforme acordado		Falha no pagamento dos operários
Material disponível		Falta de material
Equipamento de transporte vertical disponível		Quebras ou indisponibilidade de equipamento de transporte vertical

Quadro 8: produtividade para execução de alvenaria de blocos cerâmicos estruturais – valores e fatores que a afetam (TABELAS..., 2008, p. 224)

3.5 ASPECTOS DE PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Problemas na interface entre projeto e execução têm origem no modo de organização da produção no Brasil. Deficiências na formação profissional de engenheiros e arquitetos e barreiras de ordem cultural e organizacional também contribuem para este cenário. A distância entre projetar e executar acabam levando a soluções técnicas pouco otimizadas ou até inadequadas (MANZIONE, 2004, p. 27).

Para a aplicação do sistema construtivo alvenaria estrutural, Ramalho e Corrêa (2003, p. 9-10) apontam algumas características da edificação que se pretende construir. Tais considerações são apontadas a seguir:

- a) altura da edificação: para a situação atual no Brasil, o sistema em alvenaria estrutural é adequado para edificações de até 16 ou 18 pavimentos. A partir daí, a resistência a compressão dos blocos encontrados no mercado exige a adoção de esquema de grauteamento generalizado, e as forças de tração atuantes exigiriam a utilização de aço em muitos pontos. Tais situações acabariam comprometendo a economia da obra;
- b) arranjo arquitetônico: em edifícios usuais, é importante considerar o índice de paredes estruturais por metro quadrado de pavimento. Nestes casos, um valor razoável é que haja de 0,5 a 0,7 metros de parede estrutural por metro quadrado de pavimento, situação em que o dimensionamento é mais usual;
- c) tipo de uso: em edifícios comerciais ou residenciais de alto padrão, com a exigência de vãos grandes, o sistema normalmente não é adequado. Em edifícios comerciais especialmente, o uso indiscriminado da alvenaria estrutural é desaconselhável. Tal condição vem das exigências de flexibilidade que este tipo de obra possui. A necessidade de readequar ambientes torna até mesmo perigoso o uso do sistema, pois com o passar do tempo é provável que sejam realizadas modificações sem a consciência dos riscos.

No âmbito da alvenaria estrutural, a premissa fundamental é a manutenção do módulo dos componentes. O arquiteto deve escolher o módulo básico antes do início do projeto, e trabalhar com este conceito desde o estágio inicial da concepção. Uma vez adotado o sistema, é importante considerar os seguintes aspectos (MANZIONE, 2004, p. 28-29):

Definir o uso do sistema antes de lançar o produto.

Escolher o módulo básico (15 ou 20) antes da concepção do projeto.

Evitar o uso excessivo de blocos compensadores.

Utilizar um número mínimo de componentes.

Evitar as amarrações de paredes com o uso de grampos.

Conhecer o sistema construtivo.

Integrar as especialidades de projeto.

Procurar simetria e ortogonalidade no partido.

Prever as possíveis alterações futuras, viabilizando unidades personalizadas.

Proibir a quebra dos blocos com embutimento de instalações.

Tomar cuidados especiais com pavimentos de cobertura e transição (pilotis).

Evitar juntas a prumo.

3.5.1 Aspectos da modulação

Modular um arranjo arquitetônico, conforme Ramalho e Corrêa (2003, p.13), significa acertar suas dimensões em função daquelas das unidades, dispensando ou reduzindo cortes e ajustes necessários à execução das paredes. Sobre isso, vale citar: “A coordenação modular é uma técnica que permite, a partir de um módulo básico, estabelecer as dimensões dos ambientes tanto no sentido horizontal (modulação horizontal) como vertical (modulação vertical).” (MANZIONE, 2004, p. 29). Estes tipos de modulação são detalhados nos próximos itens.

3.5.1.1 Modulação horizontal

Ramalho e Corrêa (2003, p. 15) consideram a largura do bloco a ser adotado como o principal parâmetro a ser considerado para a definição do módulo a ser empregado no projeto. Desta forma pode-se evitar uma série de problemas muito comuns no encontro de paredes.

O módulo refere-se sempre ao comprimento nominal do bloco, ou seja, do comprimento real mais a espessura de uma junta. Assim, considerando-se as juntas mais comuns, de 1 cm, os comprimentos reais dos principais blocos serão os nominais (15, 20, 30, 35, 45 cm, etc.) diminuídos de 1 cm (14, 19, 29, 34, 44 cm, etc.) (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 16). Deste modo, as configurações típicas se darão conforme explícito nas figuras 10 e 11, onde M indica o módulo e J a junta.

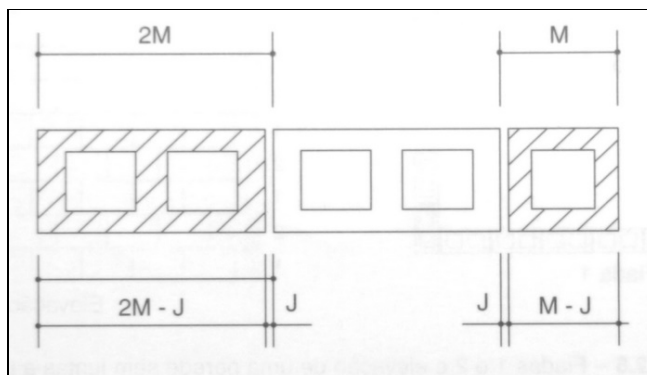


Figura 10: dimensões reais e nominais dos blocos
(RAMALHO; CORRÊA, 2009, p. 17)

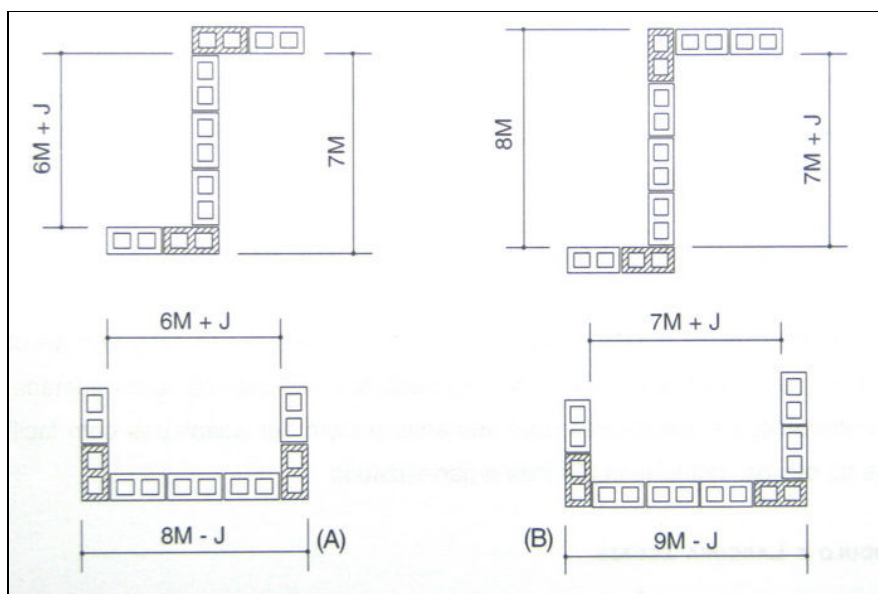


Figura 11: dimensões reais entre faces dos blocos
(RAMALHO; CORRÊA, 2009, p. 17)

Manziona (2004, p. 29) indica a adoção de uma malha modular, como mostra a figura 12, para o lançamento da primeira fiada das paredes. Tal procedimento resolve praticamente todos os problemas referentes a elevação da alvenaria, facilitando o detalhamento de amarrações de cantos, encontros de paredes e vãos de esquadrias ou instalações.

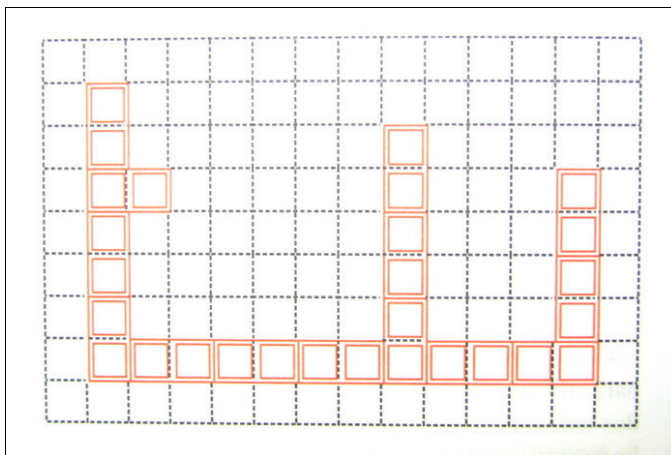


Figura 12: exemplo de malha modular (MANZIONE, 2004, p. 30)

3.5.1.2 Modulação Vertical

A modulação vertical raramente provoca mudanças significativas no arranjo arquitetônico. Existem basicamente dois tipos de modulação vertical: piso a piso e piso a teto. Na primeira, a distância modular é aplicada desde o piso de um pavimento até o piso do outro, incluindo assim a laje no módulo, como verificado na figura 13. Na modulação de piso a teto a laje não participa do módulo, sendo executada com o uso de fôrma auxiliar (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 21). Detalhes do encontro de paredes com a laje no sistema com modulação de piso a piso são expostos na figura 13. Detalhes do sistema com modulação de piso a teto são vistos nas figuras 14 e 15.

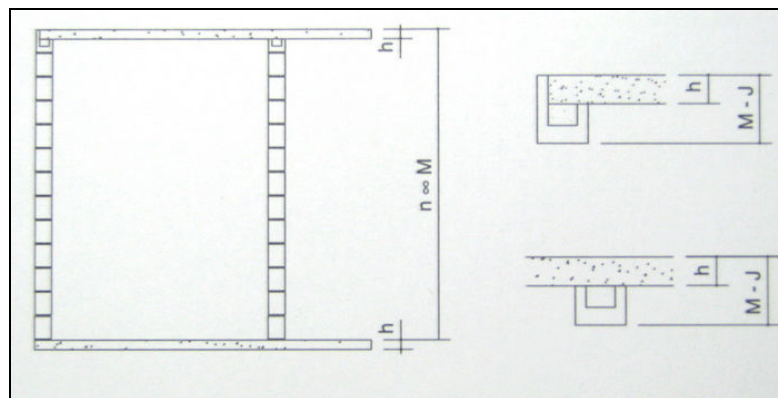


Figura 13: encontro de paredes com a laje na modulação de piso a piso (RAMALHO; CORRÊA, 2009, p. 23)

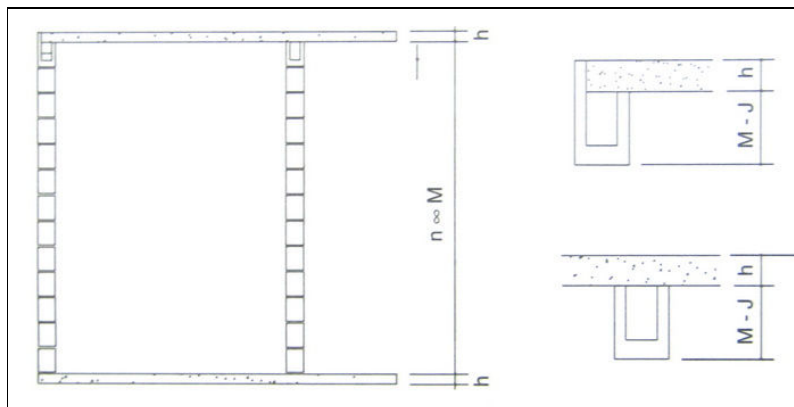


Figura 14: encontro de paredes com a laje na modulação de piso a teto (RAMALHO; CORRÊA, 2009, p. 22)

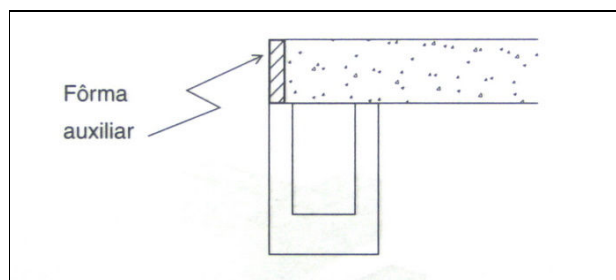


Figura 15: detalhe da fôrma auxiliar na modulação de piso a teto (RAMALHO; CORRÊA, 2009, p. 22)

3.5.2 Aspectos da compatibilização de projetos e padrão de apresentação dos desenhos

Pelas características do sistema, a alvenaria estrutural requer a compatibilização de todos os projetos da obra. É nesta etapa que são resolvidos os detalhes, possibilitando a visualização da obra pronta. A interferência das instalações também será apurada, resolvendo eventuais conflitos entre os projetos. Elementos especiais, como vergas e outros pontos de reforço serão criados nesta etapa (MANZIONE, 2004, p. 40).

O desenho dos projetos deve conter informações mínimas para a adequada execução. Tais exigências para a planta da primeira fiada são apresentadas no quadro 9, enquanto aquelas dos desenhos de elevação são apresentadas no quadro 10.

Eixos de locação com as medidas acumuladas a partir da origem
Eixos de locação com medidas acumuladas até a face dos blocos
Dimensões internas dos ambientes com medidas sem acabamentos
Indicação dos blocos estratégicos com cores diferentes
Indicação de elementos pré-fabricados
Posicionamento de shafts e furação de lajes
Representação diferente entre as paredes estruturais e de vedação
Numeração das paredes e indicação de suas vistas
Indicação dos pontos de graute
Medidas dos vãos das portas
Representação das cotas de forma direta evitando a obtenção de medidas por diferenças

Quadro 9: informações mínimas para a planta da primeira fiada
(MANZIONE, 2004, p. 41)

Indicação da posição de todos os blocos
Identificação com cores diferentes dos blocos especiais e dos compensadores
Representação colorida das tubulações elétricas e caixinhas
Representação de todos os pré-moldados leves
Cotas dos vãos das portas e janelas
Cotas dos níveis dos pavimentos e a espessura das lajes
Indicação dos pontos de graute com textura mais escura
Indicação das barras de aço verticais e horizontais
Indicação das canaletas e vergas
Legenda
Tabela com resumo de quantidades de blocos, aço, graute e pré-moldados

Quadro 10: informações mínimas para os desenhos das elevações
(MANZIONE, 2004, p. 44)

A figura 16 exemplifica uma adequada representação da planta de execução da primeira fiada. A representação adequada do desenho da elevação da alvenaria é verificada na figura 17

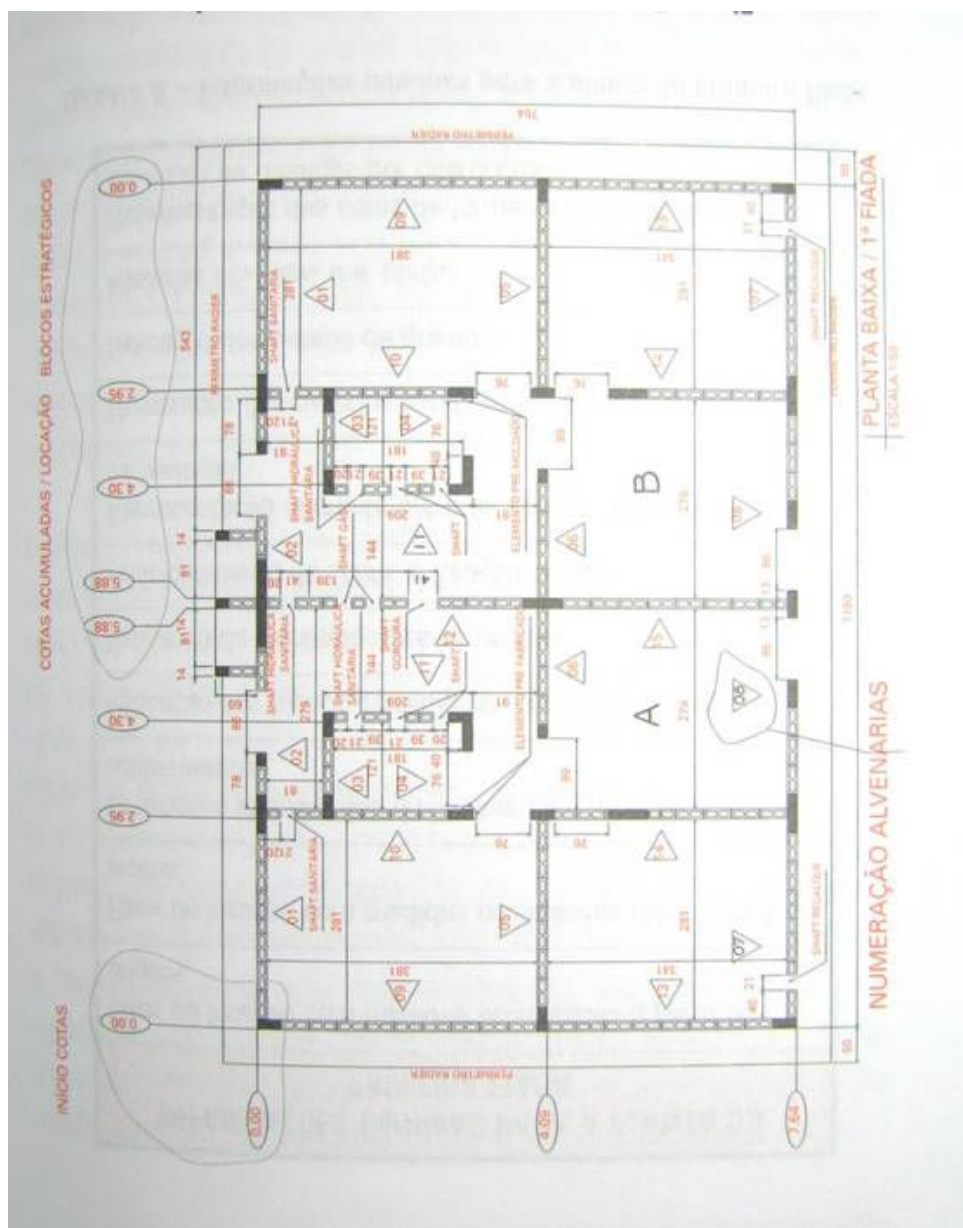


Figura 16: exemplo de representação adequada da planta de primeira fiada (MANZIONE, 2004, p. 42)

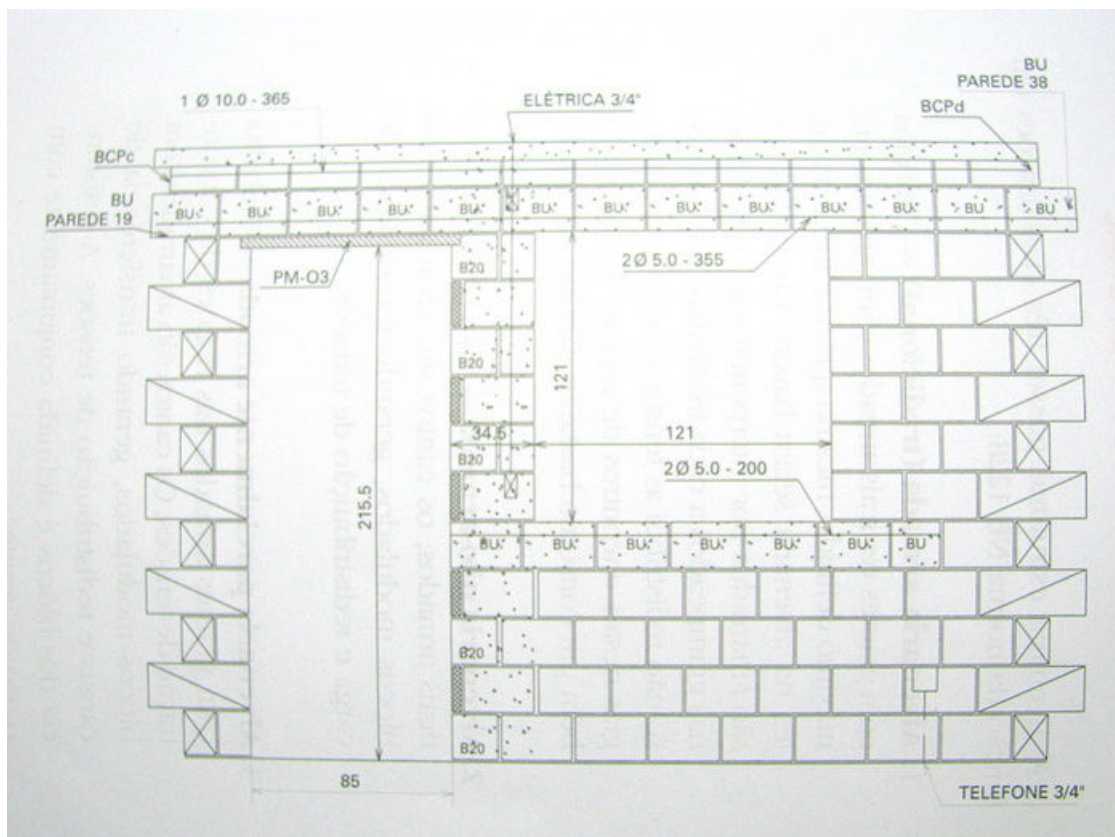


Figura 17: exemplo de representação adequada da vista de elevação (MANZIONE, 2004, p. 42)

3.6 EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Devida às elevadas exigências de precisão, métodos e ferramentas adequadas devem ser aplicados em sua execução. Além disso, instalações adequadas em canteiro de obras também se tornam importantes. A otimização da distribuição das áreas destinadas a estoque e produção e o posicionamento adequado dos equipamentos de transporte também se fazem necessários.

As principais ferramentas e equipamentos utilizados na execução da alvenaria estrutural são (MANZIONE, 2004, p. 91-93):

- a) colher de pedreiro: utilizada na aplicação de argamassa;

- b) fio traçante: linha embebida em pó utilizada para desenhar eixos sobre a superfície de trabalho;
- c) esticador de linha: dispositivo que auxilia na execução da primeira fiada;
- d) broxa: utilizada para molhar a superfície da laje na execução da primeira fiada;
- e) esquadro: utilizado na fase de marcação da alvenaria;
- f) régua de prumo e nível: utilizada durante a elevação da alvenaria
- g) equipamento de nível – alemão ou laser: utilizado para nivelar a primeira fiada e conferir a elevação;
- h) escantilhão: utilizado aos pares, nos cantos das paredes, servindo de guia para a elevação da alvenaria;
- i) palheta: pequena régua de madeira ou alumínio, utilizado para a aplicação da argamassa de assentamento sobre os blocos;
- j) funil para graute: ferramenta que auxilia a aplicação do graute nos furos dos blocos.

A execução da alvenaria estrutural é dividida basicamente em duas etapas: marcação e elevação, e são apresentadas a seguir.

3.6.1 Marcação

O assentamento da alvenaria deve ser feito com base no projeto de produção. Ele deve conter os detalhes construtivos, tais como a posição dos blocos estratégicos, esquema de ligação de paredes, juntas, posição e amarração das fiadas. O assentamento da alvenaria estrutural deve ser realizado sobre base rígida, em concreto, iniciando-se pela fase de marcação (SABBATINI, 2003, p. 20).

A etapa de marcação inicia-se com a determinação do esquadro e do nível de referência, com base no ponto mais alto da laje. Em seguida, é realizada a locação dos eixos de marcação, com o uso do fio traçante, servindo de base para a etapa de assentamento dos blocos estratégicos. Nessa etapa deve-se destacar especial atenção ao o esquadro. O assentamento dos blocos da primeira fiada é realizado com base no alinhamento provido pelos blocos estratégicos, com o auxílio do esticador de linha. A etapa de marcação encerra-se com a

fixação dos escantilhões, prumados e nivelados, garantindo a regularidade das fiadas seguintes, na execução da elevação (MANZIONE, 2004, p. 96-97).

3.6.2 Elevação

A etapa de elevação ocorre na sequência da marcação. Nessa fase será construída a parede de alvenaria, quando características como prumo, nível, alinhamento e planicidade devem ser garantidas. Durante a elevação são assentados os blocos especiais, com espera para instalação elétrica, por exemplo, e colocados os gabaritos para os vãos de portas e janelas. O emprego desses gabaritos garante a uniformidade das medidas dos vãos das aberturas, e auxilia no suporte às vergas e a elementos pré-moldados.

Para a aplicação da argamassa, recomenda-se a técnica de espalhamento com palheta. Desse modo, podem-se executar cordões de argamassa com até 80 cm, aumentando a produtividade da mão de obra. O emprego de bisnaga não é recomendado, pois a exigência de muita plasticidade da argamassa pode induzir a adoção de água em excesso, além de provocar lesões por esforço repetitivo.

A escolha pelo preenchimento ou não de septos e juntas deve ser realizada no projeto estrutural. Além de modificar o mecanismo de ruptura da parede, o não preenchimento dos septos reduz a resistência em torno de 20%. Em compensação, esta prática aumenta a produtividade e diminui o consumo de argamassa, podendo ser adotada quando tal perda de resistência não for relevante.

As verificações de prumo, nível e planicidade devem ser feitas pelo próprio executor da elevação, durante todo o processo. Para isso, deve-se utilizar a régua técnica de prumo e nível. (MANZIONE, 2004, p. 100-104).

4 FASE 1: ANÁLISE DO NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DAS TÉCNICAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL NO VALE DO TAQUARI

No Vale do Taquari, construções de edificações em alvenaria estrutural são muito recorrentes, e empregam tradicionalmente o tijolo maciço cerâmico em sua execução. Essa técnica construtiva é largamente utilizada na Região, onde há um grande número de fornecedores deste tipo de unidade. Ao mesmo tempo, em outras regiões, é crescente a execução de obras em alvenaria estrutural, porém com o emprego de blocos estruturais, somados a adoção de técnicas de projeto e execução voltadas à racionalização.

Neste contexto, esse capítulo objetiva identificar as técnicas construtivas em alvenaria estrutural tradicionais na Região do Vale do Taquari e compará-las àquelas utilizadas em obras com alvenaria estrutural racionalizada, com emprego de bloco cerâmico estrutural. Para tal, foi desenvolvida uma pesquisa abrangendo obras em execução em Lajeado e em Cachoeirinha, ambas no Rio Grande do Sul. As obras pesquisadas em Lajeado são consideradas representativas da tipologia tradicional da Região, enquanto a obra localizada em Cachoeirinha é considerada representativa de obras em alvenaria estrutural racionalizada com blocos cerâmicos. O desenvolvimento é retratado nos próximos itens.

4.1 ESTUDO DE CASO JUNTO A OBRAS

Esta etapa foi realizada a partir do levantamento de dados junto à três obras executadas em alvenaria estrutural. Duas delas executadas com tijolos maciços e a terceira executada com blocos cerâmicos estruturais. As informações acerca dos itens da pesquisa foram colhidas através de entrevistas com profissionais envolvidos e de observações do desenvolvimento das obras, por meio de visitas recorrentes. Durante as visitas também foram capturadas fotos, detalhando métodos de trabalho e características de cada empreendimento. Os profissionais indagados foram os mestres de obra, em todas as obras visitadas e o engenheiro responsável pela execução, em uma delas. Quando pertinente, profissionais como pedreiros e serventes

também foram consultados. Nos próximos itens são apresentados as obras pesquisadas e os enfoques da pesquisa.

4.1.1 Caracterização das obras

Para facilitar a abordagem, as obras pesquisadas foram denominadas de A1, A2 e B. As obras A1 e A2, localizadas no município de Lajeado, são consideradas representativas da prática construtiva tradicional da Região, em alvenaria estrutural com tijolos maciços. A obra B é executada alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, com técnicas consideradas racionalizadas neste trabalho. A seguir é apresentada uma breve caracterização de cada obra.

4.1.1.1 Obra A1

Esta obra consiste em um edifício de uso misto, predominantemente residencial, composto de seis pavimentos assim distribuídos: um pavimento no subsolo, dedicado a vagas de garagem; pavimento térreo composto por duas lojas e pelo acesso principal do prédio e quatro pavimentos tipo, compostos por seis apartamentos cada, além de circulação e escadarias.

O Sistema estrutural da obra é misto em concreto armado e alvenaria estrutural. Os pavimentos de subsolo e térreo têm sua estrutura em concreto armado, e dão suporte aos demais pavimentos. Os pavimentos acima do térreo são executados em alvenaria estrutural, utilizando unidades de tijolo maciço cerâmico.



Figura 18: vista da obra A1

4.1.1.2 Obra A2

A obra A2 consiste em um edifício residencial, composto por cinco pavimentos assim distribuídos: um pavimento no subsolo, dedicado a vagas de garagem; pavimentos tipo a partir do térreo, compostos por seis apartamentos cada, além de circulação e escadarias.

O sistema estrutural da obra, assim como no caso da Obra A1, é misto em concreto armado e alvenaria estrutural. Neste caso, porém, a estrutura em concreto armado segue somente até a laje do térreo, onde existem as vigas de transição que dão suporte aos demais pavimentos. A partir do térreo, os pavimentos são executados em alvenaria estrutural, utilizando unidades de tijolo maciço cerâmico.



Figura 19: vista da obra A2

4.1.1.3 Obra B

Esta obra consiste em um conjunto de oito edifícios residenciais, compostos por oito pavimentos tipo cada, desde o térreo. Cada pavimento tipo é formado por quatro apartamentos, área de circulação, escadarias e área para elevador. A estrutura da obra é em alvenaria estrutural, executada com unidades de bloco cerâmico ao longo de todos os pavimentos.



Figura 20: vista da obra B

4.1.2 Aspectos da prática construtiva analisados

Devido à extensa gama de atividades presentes na execução das obras, foram definidos alguns tópicos para o enfoque da abordagem, conforme detalhado nos próximos itens.

- a) alvenaria estrutural,
 - existência e detalhamento do projeto referente à execução da alvenaria estrutural;
 - tipo de unidade empregada;
 - transporte das unidades;
 - características da argamassa de assentamento;
 - junta de argamassa;
 - cuidados em vãos de aberturas;
 - cuidados na vinculação com lajes;
- b) instalações elétricas,
 - compatibilização com o projeto de alvenaria;
 - instalação de eletrodutos e caixas;
- c) instalações hidráulicas,
 - compatibilização com o projeto de alvenaria
 - instalação das tubulações;

4.2 RESULTADOS

Nessa etapa são expostos os resultados obtidos no levantamento de dados apurado junto às obras, distribuídos conforme os itens observados.

4.2.1 Projeto referente à execução da alvenaria estrutural

Com relação ao ponto em questão, foram observados todos os projetos disponíveis para execução no canteiro. Todas as obras dispunham do projeto arquitetônico no canteiro. Na obra B, executada com blocos cerâmicos, verificou-se a utilização de projeto executivo específico para a alvenaria estrutural, que orienta a execução da obra. Desenvolvido pela equipe de engenharia responsável pelo projeto estrutural do edifício, ele abrange todas as etapas da execução da alvenaria.

Nas obras A1 e A2, executadas com tijolo maciço, não há projeto executivo da alvenaria. O único projeto utilizado para a execução é o arquitetônico. Esse fator acaba transferindo para os profissionais da obra a resolução dos detalhes construtivos, normalmente previstos em projetos executivos. Os principais itens contidos no projeto executivo da obra B são:

- a) planta de primeira fiada: contendo localização de blocos estratégicos, vãos de portas, pontos de graute, detalhes de amarração de paredes;
- b) planta de segunda fiada: contendo detalhes de amarração de paredes e de esperas para pontos elétricos;
- c) vista de elevação das paredes: contendo todos os tipos e quantidades de blocos utilizados, detalhes dos vãos, de esperas para pontos elétricos e hidráulicos, regiões com reforço de graute, bem como de sua eventual armadura.

4.2.2 Unidade empregada

As unidades básicas empregadas nas obras A1 e A2 eram tijolos maciços cerâmicos, enquanto a obra B utilizava bloco cerâmico estrutural. Na obra A1, somente um tipo de tijolo maciço cerâmico foi empregado, enquanto na obra A2 foram utilizados dois tipos de tijolos maciços, diferenciados entre si por suas dimensões. Na obra B foram empregadas 2 linhas de blocos

cerâmicos estruturais, com variação de configuração e de resistência a compressão. As unidades empregadas em cada obra são visualizadas no quadro 11.

Obra	Descrição da unidade	Dimensões L x A x C (cm)	Espessura da parede produzida (cm)	Aplicação
A1	Tijolo maciço cerâmico	10,5 x 5,5 x 22	10,5	Paredes internas e externas dos pavimentos 2, 3, 4 e 5
A2	Tijolo maciço cerâmico	10 x 5,1 x 22	10	Paredes internas e externas em todos os pavimentos (exceção das paredes internas entre unidades autônomas e externas junto às divisas do terreno)
	Tijolo maciço cerâmico	10 x 5,1 x 17	17	Paredes divisórias internas entre unidades autônomas e externas junto às divisas em todos os pavimentos
B	Bloco cerâmico estrutural de paredes maciças 15 MPa*	14 x 19 x 29	14	Paredes estruturais internas e externas nos pavimentos 1, 2 e 3
	Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas 10 MPa*	14 x 19 x 29	14	Paredes estruturais internas e externas nos pavimentos 4, 5, 6, 7 e 8
* Resistência a compressão declarada pelo fabricante				

Quadro 11: unidades básicas empregadas em cada obra

Na obra B, além dos blocos básicos, observou-se o emprego de peças complementares como explícito no quadro B. Desse modo, na maioria dos casos a execução da alvenaria ocorre sem a necessidade de cortes e adaptações nos blocos.



Figura 21: unidades utilizadas na obra A2



Figura 22: bloco cerâmico estrutural de 15 MPa utilizado na obra B

Descrição da unidade	Dimensões L x A x C (cm)	Aplicação	Linha
Bloco e meio	14 x 19 x 44	Amarração em T e complementação de modulação	10 MPa
			15 MPa
Meio bloco	14 x 19 x 14	Complementação de modulação	10 MPa
			15 Mpa
Bloco especial 24	14 x 19 x 24	Complementação de modulação (principalmente junto às portas)	10 MPa
			15 MPa
Bloco especial 19	14 x 19 x 19	Complementação de modulação (principalmente junto às portas)	10 MPa
			15 MPa
Bloco especial 9	14 x 19 x 9	Complementação de modulação (principalmente junto às portas)	10 MPa
			15 MPa
Bloco especial 4	14 x 19 x 4	Complementação de modulação (principalmente junto às portas)	10 MPa
			15 MPa
Canaleta alta	14 x 19 x 29	Vergas, contra vergas e cintas	Universal
Canaleta baixa	14 x 10 x 29	Contra vergas	Universal
* Resistência a compressão declarada pelo fabricante			

Quadro 12: unidades complementares empregadas na obra B

Quanto à diversidade de tipos de unidades empregados, verificou-se que na obra B, construída com blocos cerâmicos estruturais, são empregados 16 tipos de peças. Esse é um acréscimo

muito grande se comparado às demais obras, onde o tijolo maciço é empregado em todo o tipo de solução. A utilização de poucos tipos de unidades exige quebras e improvisações para resolver problemas de dimensão e amarração de paredes. Ao mesmo tempo, um grande número de tipos de peças pode comprometer a produtividade da elevação da alvenaria (SANTOS, 1998, p. 33). Neste sentido, o efeito do elevado número tipos de peças presentes na execução da obra B pode ser amenizado. Considerando que somente blocos de uma classe de resistência à compressão são aplicados em cada pavimento, este número cai para 10 tipos de peças em uso em cada frente de trabalho. O consumo médio de unidades por metro quadrado de alvenaria em cada obra é apresentado no quadro 13.

Obra	Espessura da parede (cm)	Unidade	Dimensões LxAxC (cm)	Quantidade (un/m ²)
A1	10,5	Tijolo maciço	10,5 x 5,5 x 22	62
A2	10	Tijolo maciço	10 x 5,1 x 22	66
	17	Tijolo maciço	10 x 5,1 x 17	138
B	14	Bloco cerâmico	14 x 19 x 29	17

Quadro 13: consumo médio de unidades por metro quadrado de alvenaria

4.2.3 Transporte das unidades

Na obra B, observou-se que os blocos cerâmicos eram entregues em paletes com o uso de caminhões equipados com guindaste hidráulico. Nas obras A1 e A2, os tijolos eram descarregados manualmente, à exceção de um tipo de unidade da obra A2, eventualmente entregue e descarregado com o uso de caminhão com caçamba basculante. Esse processo de descarga, apesar de ágil, compromete os tijolos, pois o impacto gerado pela queda acaba causando quebras no material. A descarga manual, por sua vez, apesar de manter a integridade das unidades, é pouco produtiva, pois demanda elevado consumo de mão de obra. A entrega de unidades em paletes apresenta a adequada combinação entre agilidade e qualidade, pois a descarga é rápida e a integridade das unidades é mantida.

O transporte das unidades no interior dos canteiros é feito basicamente com o uso de carros transportadores manuais, horizontalmente, e com o uso de elevador de obras para a movimentação vertical. Na obra B também se observou a utilização de guindaste hidráulico para transporte dos blocos desde o estoque até os locais de assentamento. Esse método era utilizado conforme a disponibilidade do equipamento, principalmente em pavimentos de cota mais elevada.



Figura 23: tijolos maciços cerâmicos descarregados com caminhão de caçamba basculante na obra A2



Figura 24: transporte de unidades com guindaste hidráulico na obra B

Os carros transportadores manuais utilizados também se diferiam. Na obra B, era utilizado basicamente o carro plataforma com 4 rodas, enquanto nas obras A1 e A2, era utilizado o tradicional carrinho de mão. O carro plataforma, além de permitir maior carga, exige menos esforço do operário. Em contrapartida, possui mais limitações de acesso a locais pequenos.

4.2.4 Argamassa de assentamento

Quanto à argamassa de assentamento, observou-se a utilização de argamassa industrializada na obra C e preparada no canteiro nas demais obras. Nas obras A1 e A2, não houve variação no traço da argamassa ao longo dos diferentes pavimentos. Na obra B verificou-se a utilização de argamassa com variação de resistência à compressão, de acordo com a resistência do bloco. O quadro 14 retrata a argamassa de assentamento aplicada em cada obra.

Obra	Descrição da argamassa	Traço (em volume)	Aplicação
A1	Argamassa dosada em canteiro, (cimento, areia e cal hidratada)	1:1:6	Assentamento das unidades em todos os pavimentos
A2	Argamassa dosada em canteiro, (cimento, areia e cal hidratada)	1:2:8	Assentamento das unidades em todos os pavimentos
B	Argamassa industrializada de assentamento estrutural FIDA 6 MPa	-	Assentamento das unidades de 10 MPa
	Argamassa industrializada de assentamento estrutural FIDA 10 MPa	-	Assentamento das unidades de 15 MPa

Quadro 14: características da argamassa de assentamento empregada nas obras

Quanto ao preparo da argamassa, verificou-se que nas obras A1 e A2, era realizado em uma central única, localizada no térreo das obras. Lá a mistura era produzida através de betoneira e então distribuída aos pontos de utilização. Na obra B, o preparo da argamassa era feito próximo ao local de aplicação da mesma, no pavimento do serviço. A mistura era, assim como nas demais obras, realizada com betoneira, mas com a vantagem de necessitar apenas o acréscimo de água ao produto industrializado, simplificando o processo. A condição de preparar a argamassa em local próximo a aplicação, no caso do uso da mistura industrializada, é facilitada devido ao seu acondicionamento em sacos. Esse procedimento reduz o transporte da argamassa preparada, contribuindo para o aumento da produtividade.



Figura 25: central de argamassa da obra A1



Figura 26: estoque de argamassa industrializada na obra B

4.2.5 Junta de argamassa

Nas obras A1 e A2, devido ao método de execução, verificou-se grande variabilidade quanto à espessura da junta de argamassa. A espessura média verificada nas obras que empregaram o tijolo maciço foi de 1,5 cm na junta horizontal e 1 cm na junta vertical. Observou-se a ocorrência de grandes variações na junta vertical nestas obras, chegando a valores máximos da ordem de 5 cm. Isto se deve basicamente à necessidade de realizar ajustes para possibilitar a amarração entre paredes, com a compensação nas juntas. Na obra B, verificou-se grande uniformidade nas espessuras das juntas, com média de 1 cm tanto na horizontal quanto na vertical. Tal situação é proporcionada pela existência de peças especiais para a

complementação dimensional das paredes e pelo emprego do escantilhão, que facilita o controle das fiadas de alvenaria.



Figura 27: assentamento de unidades com uso de colher de pedreiro na obra A2



Figura 28: assentamento de unidades com auxílio do escantilhão na obra B

Quanto ao preenchimento da junta, nas obras de tijolo maciço (obras A1 e A2) este é integral, ou seja, cobre toda a superfície e as laterais da unidade. Na obra com blocos cerâmicos estruturais (obra B), o preenchimento horizontal se dá de duas maneiras, conforme o bloco utilizado: nos blocos de 15 MPa, o preenchimento é realizado sobre as paredes externas e internas; nos blocos de 10 MPa, o preenchimento se dá somente sobre as paredes e septos externos. A junta vertical, em ambos os blocos, é parcialmente preenchida através de cordões junto aos limites externos da mesma. Para isso, as ferramentas utilizadas são a palheta ou a meia cana, de acordo com a preferência de cada profissional.



Figura 29: palheta para assentamento utilizada na obra B



Figura 30: cordões de argamassa aplicados nos blocos de 10 MPa da obra B

4.2.6 Vãos de aberturas

Foram observados os cuidados adotados junto aos vãos de portas e janelas das obras. Na obra B, os detalhes construtivos destas regiões constavam no projeto estrutural, com especial atenção para vergas e contra vergas. Nas obras A1 e A2 tais detalhes não constavam nos projetos. Deste modo, a decisão sobre as soluções junto às aberturas eram tomadas pelos mestres de obras.

Na obra B, verificou-se a execução de vergas moldadas no local. Elas eram construídas com emprego do bloco canaleta, preenchido com graute e armadura, especificada em projeto de

acordo com cada situação. O transpasse adotado variava de acordo com a largura do vão, sendo sempre maior que 14 cm. Nas obras A1 e A2 observou-se a utilização de verga pré moldada de concreto armado em todos os vãos, com transpasse mínimo na ordem de 10 cm. Nas duas obras, a verga pré moldada era confeccionada no próprio canteiro de obras.



Figura 31: verga de concreto pré moldada em vão de janela na obra A1



Figura 32: produção das vergas pré moldadas na obra A2

Sob os vãos de janela, verificou-se o emprego de contra verga na obra B, executada com preenchimento com graute e armadura no interior do bloco canaleta. Foi verificado transpasse sempre maior que 29 cm, equivalente ao comprimento de um bloco. Na obra A2, a solução adotada foi a adição de barras de aço no interior da junta horizontal, logo abaixo do vão. Nesta situação, eram empregadas duas barras de aço com 5,0 mm de diâmetro. Na obra A2 não era adotado qualquer reforço sob as janelas.



Figura 33: verga e contra verga executadas com bloco canaleta e gabarito metálico na obra B



Figura 34: reforço com armadura no interior da junta de argamassa sob as janelas na obra A2

De acordo com Sabbatini (2003, p. 20), devem ser adotadas vergas sobre vãos como portas e janelas, além de contra vergas sob janelas. Estes elementos devem ser executados em peças reforçadas com aço, moldadas no local ou previamente. As contra vergas devem ser capazes de distribuir as tensões concentradas nos cantos inferiores das janelas, com transpasse mínimo de 30 cm nas laterais. Já as vergas devem possuir apoio mínimo de 10 cm junto às laterais.

Neste item verifica-se uma considerável vantagem no emprego de blocos, pois a diversidade de peças simplifica a execução dos elementos. Um exemplo notável é a disponibilidade do bloco canaleta, com o qual a construção de vergas e contra vergas fica bastante facilitada.

4.2.7 Vinculação com lajes

No apoio das lajes, observou-se a utilização de cinta de respaldo na obra B, usando blocos canaleta, graute e armadura. O dimensionamento deste item constava no projeto estrutural da obra, exposto na vista de elevação da alvenaria. Na obra A2 verificou-se apenas a aplicação de reforço com armadura entre a junta horizontal da última fiada da parede, de maneira similar ao realizado sob os vãos das janelas. Na obra A1, contudo, nenhum reforço junto à laje era realizado.



Figura 35: cinta de respaldo executada com bloco canaleta na obra B



Figura 36: verga e apoio da laje na obra A2

4.2.8 Instalações elétricas

A forma de instalação de eletrodutos nas paredes é um dos itens que mais se diferencia na execução das obras com tijolo maciço e com bloco estrutural. Isto se deve a possibilidade de utilizar os vazados internos dos blocos para a passagem das instalações, simplificando esta tarefa.



Figura 37: instalação do eletroduto através dos vazados dos blocos cerâmicos na obra B

Nas obras A1 e A2, construídas com tijolo maciço, verificou-se a necessidade de abertura de canaletas para o embutimento das instalações elétricas nas paredes. Esta prática implica em aumento de etapas de serviço e causa danos à parede de alvenaria. Para o embutimento dos eletrodutos, o serviço nestas obras é composto basicamente por:

- a) marcação das linhas de passagem dos eletrodutos;
- b) corte com serra diamantada, delimitando as laterais da canaleta;
- c) abertura da canaleta;
- d) inserção dos eletrodutos;
- e) fixação dos eletrodutos e das caixas de passagem (tomadas e interruptores);
- f) preenchimento da canaleta com argamassa.

Observou-se baixo controle na abertura das canaletas e dos pontos de instalação de caixas de passagem. Isso acabava gerando perdas de até 50% da seção transversal das paredes, devido a elevada profundidade da abertura em alguns pontos.



Figura 38: canaleta para embutimento de eletroduto na obra A2

Na obra B, as passagens de eletrodutos e os pontos de tomadas e interruptores constavam no projeto executivo da alvenaria. Mesmo assim, a obra não se valia do uso de blocos específicos para as instalações elétricas disponíveis no mercado, sendo o recorte do ponto de instalação da caixa de passagem realizado após a elevação da alvenaria. Nesta obra, contudo, os serviços necessários para o embutimento dos eletrodutos restringiam-se a:

- a) recorte do ponto das caixas de passagem (tomadas e interruptores);
- b) inserção dos eletrodutos no vazado dos blocos;
- c) fixação dos eletrodutos e das caixas de passagem com argamassa.

Além de ser mais simples, a instalação dos eletrodutos nos septos dos blocos não causa danos significativos às paredes. Neste sentido, observou-se apenas a quebra pontual, necessária à instalação das caixas de passagem.



Figura 39: instalação de caixa de passagem elétrica na obra B

4.2.9 Instalações hidráulicas

De forma análoga às instalações elétricas, verificou-se a necessidade de abertura de canaletas nas paredes para a instalação da tubulação hidráulica (obras A1 e A2). Neste caso, porém, a elevada profundidade das aberturas chegou a provocar a perfuração de toda a seção da parede. Isso foi verificado na obra A, devido ao embutimento de tubos com até 40 mm de diâmetro na alvenaria.



Figura 40: canaletas para a instalação de tubulações hidráulicas na obra A1

Na obra B priorizava-se a instalação dos tubos sob a laje, como no caso do esgoto das cozinhas, restringindo o embutimento na parede apenas à passagem vertical dos tubos de alimentação de água, com diâmetro máximo de 25 mm. Nesta situação, os tubos foram instalados através dos septos dos blocos, com a saída perfurada junto à parede.



Figura 41: instalação de alguns tubos hidráulicos externos à parede na obra B

Uma prática incomum foi verificada na obra A1, onde os ramais de alimentação de água dos apartamentos foram distribuídos sobre a laje. Isso se deu como solução para a instalação de hidrômetros individuais junto a uma central de medições, localizada na circulação dos pavimentos. Para tal, foram empregados tubos de alta resistência, posteriormente cobertos pela camada de contra piso.



Figura 42: tubos de alta resistência instalados sobre a laje na obra A1

Observou-se que todas as obras se valem de *shafts* para a passagem vertical dos tubos de queda, concentrando o sistema de esgotamento junto às cozinhas e aos banheiros. A passagem

horizontal dos tubos de esgoto dos banheiros é realizada pela parte inferior da laje, recebendo acabamento com forro suspenso em placas de gesso.



Figura 43: instalação de tubos hidráulicos sob a laje na obra B

Apesar de largamente adotada, a instalação de tubulações hidráulicas no interior das paredes estruturais deve ser evitada. Isso se faz necessário devido a eventual manutenção destes tubos. Nesta situação, a necessidade de quebrar a parede para a execução de reparos pode comprometer a segurança estrutural da edificação.

4.3 CONCLUSÃO

A análise realizada permite estabelecer características similares entre as obras avaliadas. Isso fica evidente quando se observa o arranjo arquitetônico e a finalidade de uso destas edificações. O que mais distancia tais obras é o fato daquela construída com blocos cerâmicos estruturais possuir mais elaboração em sua fase de projeto. Este é o principal item que a difere das obras tradicionais do Vale do Taquari. A preocupação com os métodos de execução vem desde a fase de projeto e reflete em benefícios na sua aplicação. A adoção de práticas visando a racionalização desde a concepção arquitetônica do empreendimento torna atividade de construir mais previsível. Deste modo, pensa-se mais antes de fazer e se transfere menos decisões à equipe de obra.

O resumo dos itens analisados, com a comparação entre as obras típicas em tijolos maciços e a obra em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos é expresso no quadro 15. Nele são atribuídos conceitos conforme o nível de distância entre as obras tradicionais da Região e

aquela construída com blocos cerâmicos e conceitos de racionalização. Estes conceitos indicam o quão impactante pode ser a mudança de um método para o outro em cada item, e são representados por:

- a) altamente impactante (AI);
- b) impactante (I);
- c) pouco impactante (PI);
- d) não impactante (NI).

Item	Obras típicas em tijolos maciços	Obra em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos	Avaliação	
Detalhamento do projeto de alvenaria	Inexistente – a alvenaria é executada com base no projeto arquitetônico	Existente – composto por plantas de 1ª e 2ª fiadas, além de vistas das elevações	A existência de projeto de alvenaria simplifica a execução e a torna mais confiável, o que se traduz em economia de material e mão de obra	AI
Tipo de unidade empregada	Apenas um tipo de unidade é utilizada em cada parede e não há modulação	Existem diversos tipos de unidades, e há modulação	A existência de modulação e unidades com dimensões diversas evita a quebra e permite a regularidade da alvenaria, resolvendo adequadamente as amarrações e a dimensão das paredes	I
Transporte das unidades	Unidades entregues à granel, transporte vertical com guincho de obras e horizontal com carrinho de mão	Unidades entregues em paletes, transporte realizado com guindaste hidráulico ou com guincho de obra e carro manual	A entrega dos materiais em paletes economiza tempo e mão de obra, além de auxiliar na manutenção da qualidade das peças	PI
Argamassa de assentamento	Dosada na própria obra, em central única	Industrializada, com adição de água e preparo próximo aos locais de uso	O preparo da argamassa próximo ao local de aplicação pode facilitar a logística na obra	PI

Juntas de argamassa	Com variação de espessura devido à necessidade de compensação de dimensões e com preenchimento total	Espessura uniforme de 1 cm na horizontal e vertical, com preenchimento parcial	Juntas de argamassa uniformes de 1 cm permitem economia e garantem mais qualidade à parede	I
Vãos de aberturas	Com dimensões variadas, executadas sem gabarito, conforme projeto arquitetônico	Com dimensões moduladas de acordo com o bloco e executadas com auxílio de gabarito metálico	A utilização de vãos modulados e de gabarito para sua execução geram economia de mão de obra e padronização dimensional	I
Vergas	Pré moldadas em concreto armado, sem projeto ou dimensionamento	Moldadas no local em graute e aço com emprego do bloco canaleta. Dimensionadas no projeto estrutural	Tanto a solução de elemento moldado no local ou previamente são adequadas, porém seu dimensionamento deve constar no projeto estrutural	I
Contra vergas	Inexistentes ou improvisadas com o reforço de aço entre a junta de argamassa sob as janelas	Moldadas no local em graute e aço com emprego do bloco canaleta. Dimensionadas no projeto estrutural	O emprego de blocos canaleta simplifica a execução de contra vergas e seu dimensionamento em projeto oferece mais garantias de seu desempenho	I
Vinculação com lajes	Laje apenas apoiada diretamente sobre a alvenaria	Laje apoiada em vigas de respaldo, construídas com o auxílio do bloco canaleta e dimensionadas no projeto estrutural	O emprego de blocos canaleta simplifica a execução das vigas de respaldo, que melhoram o comportamento estrutural da edificação	I
Aspectos das instalações elétricas				
Compatibilização com o projeto de alvenaria	Inexistente	Eletrodutos e caixas previstas no projeto da alvenaria estrutural	A compatibilização dos projetos racionaliza sua execução	AI
Instalação de eletrodutos e caixas	Através da abertura de canaletas na parede, comprometendo parte de sua seção	Embutidas nas partes vazadas dos blocos	A utilização dos vazados dos blocos evita danos às paredes e simplifica os processos, gerando economia	I
Aspectos das instalações hidráulicas				

Compatibilização com o projeto de alvenaria	Previsto somente nas passagens em shafts verticais	Tubulação prevista no projeto da alvenaria estrutural	A compatibilização dos projetos racionaliza sua execução	AI
Instalação das tubulações	Através da abertura de canaletas na parede, comprometendo parte de sua seção	Tubulações instaladas externamente à parede ou através dos vazados dos blocos	A utilização dos vazados dos blocos evita danos às paredes e simplifica os processos, gerando economia	I

Quadro 15: resumo de itens analisados

Dos 13 itens analisados, 3 foram considerados altamente impactantes, 8 foram considerados impactantes e 2 pouco impactantes. Nesse sentido, o resultado desta fase da pesquisa permite identificar as maiores mudanças necessárias à migração das técnicas típicas para aquelas racionalizadas. Elas devem ocorrer mais nos profissionais como engenheiros e arquitetos, responsáveis por projetos, do que em profissionais relacionados diretamente à execução. É dos primeiros que depende a adoção destas práticas, que podem resultar em acréscimo de qualidade e economia, tanto de materiais quanto de mão de obra. Esta é a grande barreira a vencer. A partir daí, o cumprimento dos requisitos deve ocorrer de maneira gradual e até natural, quando então se exigirá dos profissionais da produção das obras o seu atendimento.

5 FASE 2: ASPECTOS DA PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS

Com o objetivo de complementar a avaliação das diferenças entre as práticas de alvenaria estrutural com tijolos maciços e com blocos cerâmicos, pesquisou-se a produtividade da mão de obra na execução de cada uma. Essa fase do trabalho surgiu como necessidade para verificar os índices sugeridos pela literatura, que apontavam para superioridade de desempenho no uso de blocos cerâmicos. Para tal, foi desenvolvido o acompanhamento da execução de duas das obras caracterizadas no capítulo anterior. São elas:

- a) Obra A1, executada com tijolos maciços, em Lajeado;
- b) Obra B, executada com blocos cerâmicos estruturais, em Cachoeirinha.

Esta etapa da pesquisa foi realizada com a medição do consumo de mão de obra necessário à execução da alvenaria de um pavimento de cada obra. Os critérios adotados e resultados obtidos são apresentados nos próximos itens.

5.1 METODOLOGIA E CONCEITOS ADOTADOS

Produtividade é a eficiência de transformar recursos de entrada em saídas num processo produtivo. Aplicando esta definição nos processos de execução de obras de construção civil poderia ser feito sob diferentes abordagens. Assim, dependendo do tipo de recurso de entrada e de sua transformação, seria possível avaliar a produtividade sobre os seguintes pontos de vista (SOUZA, 2000, p. 422):

- a) físico: quando se avalia o uso de mão de obra, materiais ou equipamentos envolvidos;
- b) financeiro: quando considera a quantia de dinheiro necessária;
- c) social: quando o esforço da sociedade é encarado como um recurso.

Deste modo, a forma adotada neste trabalho para a medição da produtividade é a relação entre a quantidade de recursos demandados, nesse caso a mão de obra, necessária a se produzir uma unidade de saída, nesse caso a alvenaria. O indicador utilizado para esta medição é descrito por Souza (2000, p. 422) como razão unitária de produção (RUP), dada pela divisão dos recursos de entrada pelos de saída. Assim, a RUP deste trabalho será representada com horas homem por metro quadrado de alvenaria. As demais considerações adotadas também são baseadas nas diretrizes propostas por Souza (2000, p. 422).

Como o objetivo desta medição é de estabelecer comparação entre a produtividade de cada sistema construtivo, o período para o cálculo da RUP foi aquele necessário à execução do serviço proposto. Deste modo, o valor obtido é denominado RUP cumulativa, pois considera sempre mais de um dia de serviço e não avalia a produção diária. Assim, não se identifica a chamada RUP potencial com estas medições, que trata dos limites inferiores e superiores da produtividade, geralmente referentes ao período de um dia.

5.1.1 Medições de entradas

Para delimitar os profissionais envolvidos na atividade pesquisada, considerou-se neste trabalho somente o consumo de mão de obra dos pedreiros, envolvidos diretamente na atividade de elevação de paredes. Desta forma, tempos de mão de obra de profissionais como encarregados, mestres ou serventes, embora cruciais ao serviço, não são computados no estudo.

A medição dos tempos consumidos foi realizada pelos encarregados de cada serviço nas obras estudadas, e são consideradas adequadas neste trabalho. O critério para a medição dos tempos demandados vem da quantificação de horas disponíveis para a execução do serviço. Assim, desconta-se da quantidade medida apenas os tempos relativos a impedimentos de trabalho, tais como chuvas torrenciais, indisponibilidade de material, quebra de equipamentos de transporte ou aplicação do profissional em outro serviço, fora do contexto do estudo.

5.1.2 Medições de saídas

As medições das áreas de parede de alvenaria executadas foram realizadas com base nos projetos de cada obra. Foram consideradas a área bruta de alvenaria e a presença de vãos de aberturas, também medidos. Privilegiou-se neste estudo a avaliação de paredes executadas desde a base, após a primeira fiada, até o teto do pavimento, equivalente à última fiada. Desta forma, esperou-se diluir eventuais efeitos do trabalho em alturas desfavoráveis, tais como aquelas com a necessidade do uso de andaimes.

5.2 RESULTADOS

Os resultados apresentados neste item tratam das medições de produtividade realizada junto às obras, conforme discutido anteriormente. As medições de produtividade foram realizadas com base na RUP cumulativa, ou seja, mediu-se a quantidade de tempo de mão de obra necessária a execução de uma determinada quantidade de paredes de alvenaria. Destes dados obteve-se a quantidade média de horas homem consumida para a execução de um metro quadrado de alvenaria.

Os dados referentes aos recursos de saída – área de parede de alvenaria executada – foram medidos considerando a área bruta de alvenaria e o tamanho dos vãos de aberturas, tais como portas e janelas. Isso resultou em três tipos de área executada:

- a) área bruta: obtida do total de parede medido, sem o desconto de vãos;
- b) área líquida: obtida com a subtração de todos os vãos da área bruta;
- c) área ponderada: vãos com até 2 m² são considerados como área de alvenaria e somente o excedente a este valor é descontado da área bruta (método adotado pela TCPO).

As áreas de alvenaria medidas em cada obra são apresentadas no quadro 16, enquanto as quantidades de horas homem de pedreiros necessárias à sua execução medidas em cada obra são apresentadas no quadro 17.

Obra	Lote	Área bruta (m ²)	Área líquida (m ²)	Área ponderada (m ²)
A1	Alvenaria do pavimento 5 (tijolo maciço cerâmico) e=10,5 cm	668,9	587,4	655,6
B	Alvenaria do pavimento 5 da torre 03B (bloco cerâmico estrutural) e=14 cm	547,6	467,5	539,5

Quadro 16: áreas de alvenaria medidas em cada obra

Obra	Intervalo de execução (dias)	Dias trabalhados	Quantidade de mão de obra (horas homem)
A1	33	23	735,5
B	14	9	327

Quadro 17: medição do tempo de trabalho e consumo de mão de obra de pedreiros

No quadro 18 são indicados os diferentes valores da RUP calculados conforme cada critério de medição das paredes de alvenaria. No quadro 19, os valores da RUP verificados em obra, calculados de acordo com o critério da área ponderada, são indicados juntamente com aqueles propostos pela TCPO (TBELAS..., 2008, p. 224-225). Cabe salientar que pela forma de expressão dos resultados, quanto menor a RUP obtida, mais produtivo é o serviço.

Obra	RUP em função da área bruta (Hh/m ²)	RUP em função da área líquida (Hh/m ²)	RUP em função da área ponderada (Hh/m ²)
A1	1,10	1,25	1,12
B	0,60	0,70	0,61

Quadro 18: RUP de cada situação referente à mão de obra de pedreiros

Serviço	Intervalo proposto pela TCPO (Hh/m ²)			RUP medida (Hh/m ²)
	Mínimo	Médio	Máximo	
Alvenaria com tijolos maciços cerâmicos	0,9	1,52	2,6	1,12
Alvenaria com blocos cerâmicos estruturais	0,51	0,71	0,98	0,61

Quadro 19: RUP indicada pela TCPO e RUP medida para a mão de obra de pedreiros

5.3 CONCLUSÃO

Os resultados desta etapa da pesquisa indicam que a execução de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos é mais produtiva do que aquela com tijolos maciços. Esse resultado reforça o proposto pela bibliografia da área de custos de serviços, que indicam o menor consumo de mão de obra no primeiro caso. Isso representa uma produtividade 73% maior na execução da alvenaria com bloco cerâmico estrutural em relação aquela com tijolos maciços. Assim, para cada 1 m² produzido com tijolos maciços, verificou-se a produção de 1,73 m² de alvenaria com blocos.

6 FASE 3: CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Esta fase do trabalho foi desenvolvida para conhecer as condições da oferta de blocos cerâmicos no Rio Grande do Sul. Isso se faz necessário para identificar a situação do mercado no caso da adoção deste tipo de produto em novas obras. Nesse caso, é importante avaliar as opções de fornecimento para evitar o eventual desabastecimento devido ao excesso de demanda. Além disso, também é importante conhecer as opções de produtos disponíveis, para a adequada escolha da configuração a utilizar.

Para o atendimento ao proposto foi desenvolvida uma pesquisa junto a fabricantes de blocos cerâmicos estruturais. O método utilizado e os resultados obtidos são apresentados nos próximos itens.

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Nesta etapa foi realizado o levantamento de dados com fabricantes de blocos cerâmicos estruturais. Foram pesquisadas empresas associadas ao Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul – SINDICER/RS, entidade representativa do Setor.

O procedimento de pesquisa foi desenvolvido por meio de entrevistas junto às empresas fabricantes de blocos cerâmicos estruturais. Abordaram-se as características dos produtos, assim como quantidades produzidas e comercializadas, a fim de se determinar o tamanho desse mercado no Estado.

As empresas fabricantes de blocos cerâmicos estruturais pesquisadas foram as seguintes:

- a) Cerâmica Candelária Ltda., localizada no município de Candelária (empresa A);
- b) Cerâmica Kottwitz Ltda., localizada no município de Candelária (empresa B);

- c) Cerâmica Pallotti, localizada no município de Santa Maria (empresa C);
- d) Olaria Guido Einhardt., localizada no município de Pelotas (empresa D);
- e) Olaria São Francisco Ltda., localizada no município de Gravataí (empresa E);
- f) Pauluzzi Produtos Cerâmicos Ltda., localizada em no município de Sapucaia do Sul (empresa F).

Quanto à localização, as empresas pesquisadas estão distribuídas no estado do Rio Grande do Sul como visualizado na figura 16.

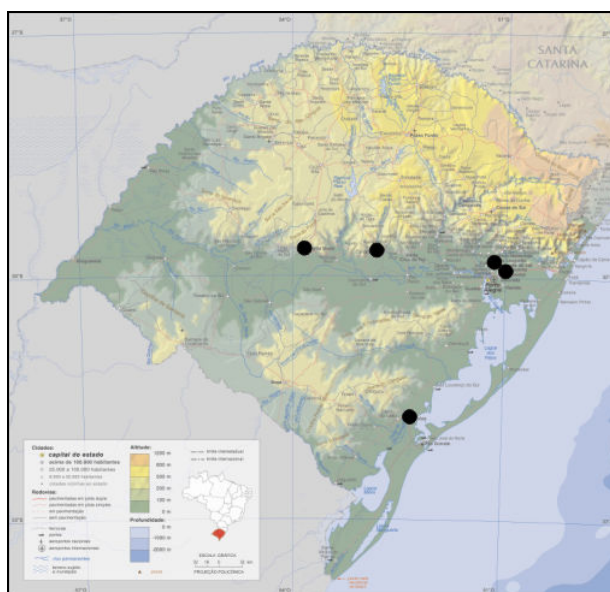


Figura 44: localização das empresas pesquisadas no Rio Grande do Sul (adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010)

6.2 RESULTADOS

Nesta etapa são apresentados os resultados obtidos com o levantamento de dados junto às empresas fabricantes de bloco cerâmicos estruturais. As informações e análises são desenvolvidas nos próximos itens.

6.2.1 Linhas de produtos ofertadas

A linha de produtos mais ofertada pelas empresas pesquisadas é a do bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas, com 14 cm de largura. Este produto é oferecido por todas as fabricantes sendo que a diferença entre eles está na sua resistência à compressão. A resistência à compressão em área bruta declarada pelos fabricantes apresentou variação desde 6 MPa até 10 MPa. Para esta largura, são oferecidos blocos com paredes maciças por um fabricante, com resistências à compressão declaradas em 15 ou 18 MPa.

Além dos blocos estruturais com 14 cm de largura, também estão disponíveis peças com 11,5 cm e 19 cm de largura, porém em menor escala de produção e oferta. A distribuição de tipos de peças produzidas por cada fabricante é visualizada nos quadros 20, 21 e 22, conforme a largura.

Bloco principal: 11,5 x 19 x 29 cm							
Tipo de bloco (cm)	Empresa						Total de fabricantes por tipo de peça
	A	B	C	D	E	F	
Bloco principal 11,5x19x29	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Meio bloco 11,5x19x14	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco e meio 11,5x19x44	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	-	2
Bloco especial 4 11,5x19x4	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco especial 9 11,5x19x9	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco especial 21 11,5x19x21	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco especial 24 11,5x19x24	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Meio bloco horizontal 11,5x9x29	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3

Canaleta U19 11,5x19x29	Universal	-	-	-	Universal	Universal	3
Canaleta U9 11,5x9x19	Universal	-	-	-	Universal	Universal	3
Canaleta J 11,5x9-19x29	Universal	-	-	-	Universal	Universal	3
Total de tipos de peças por fabricante	11	0	0	0	11	10	-

Quadro 20: blocos estruturais de 11,5 cm de largura oferecidos por fabricante – resistências à compressão declaradas pelos fabricantes

Bloco principal: 14 x 19 x 29 cm							
Tipo de bloco (cm)	Empresa						Total de fabricantes por tipo de peça
	A	B	C	D	E	F	
Bloco principal 14x19x29	7,5 MPa	6 MPa	7 MPa	7 MPa	8 MPa	10 MPa	6
						15 MPa	
						18 MPa	
Meio bloco 14x19x14	7,5 MPa	6 MPa	7 MPa	7MPa	8 MPa	10 MPa	6
						15 MPa	
						18 MPa	
Bloco e meio 14x19x44	7,5 MPa	-	7 MPa	7MPa	8 MPa	10 MPa	5
						15 MPa	
						18 MPa	
Bloco especial 4 14x19x4	7,5 MPa	-	7 MPa	7MPa	8 MPa	10 MPa	5
						15 MPa	
						18 MPa	
Bloco especial 9 14x19x9	7,5 MPa	-	7 MPa	7MPa	8 MPa	10 MPa	5
						15 MPa	
						18 MPa	
Bloco especial 19 14x19x19	7,5 MPa	-	7 MPa	-	-	-	2

Bloco especial 21 14x19x21	7,5 MPa	-	7 MPa	-	8 MPa	10 MPa	4
						15 MPa	
						18 MPa	
Bloco especial 24 14x19x24	7,5 MPa	-	7 MPa	7MPa	8 MPa	10 MPa	5
						15 MPa	
						18 MPa	
Meio bloco horizontal 14x9x29	7,5 MPa	-	7 MPa	7MPa	8 MPa	10 MPa	5
Canaleta U19 14x19x29	Universal	-	Universal	Universal	Universal	Universal	5
Canaleta U9 14x9x19	Universal	-	Universal	Universal	Universal	Universal	5
Canaleta U7 14x7x19	Universal	-	-	-	Universal	-	2
Canaleta J 14x15-19x29	Universal	-	-	-	-	-	1
Canaleta J 14x9-19x29	Universal	-	-	Universal	Universal	Universal	4
Canaleta J 14x7-19x29	Universal	-	-	-	Universal	-	2
Total de tipos de peças por fabricante	15	2	11	10	13	25	-

Quadro 21: blocos estruturais de 14 cm de largura oferecidos por fabricante – resistências à compressão declaradas pelos fabricantes

Bloco principal: 19 x 19 x 29 cm							
Tipo de bloco (cm)	Empresa						Total de fabricantes por tipo de peça
	A	B	C	D	E	F	
Bloco principal 19x19x29	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Meio bloco 19x19x14	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco e meio 19x19x44	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco especial 4 19x19x4	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco especial 9 19x19x9	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Bloco especial 24 19x19x24	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Meio bloco horizontal 19x9x29	7,5 MPa	-	-	-	8 MPa	10 MPa	3
Canaleta U19 19x19x29	Universal	-	-	-	Universal	Universal	3
Canaleta U9 19x9x19	Universal	-	-	-	Universal	Universal	3
Canaleta J 19x9-19x29	Universal	-	-	-	Universal	Universal	3
Total de tipos de peças por fabricante	10	0	0	0	10	10	-

Quadro 22: blocos estruturais de 19 cm de largura oferecidos por fabricante – resistências à compressão declaradas pelos fabricantes

A variedade de peças oferecidas por fabricante oscilou desde 2 até 45, entre blocos estruturais e peças especiais. Esta diversidade pode ser verificada no gráfico da figura 45. A distribuição da resistência à compressão dos blocos cerâmicos estruturais disponibilizados por cada fabricante é apresentada na figura 46.

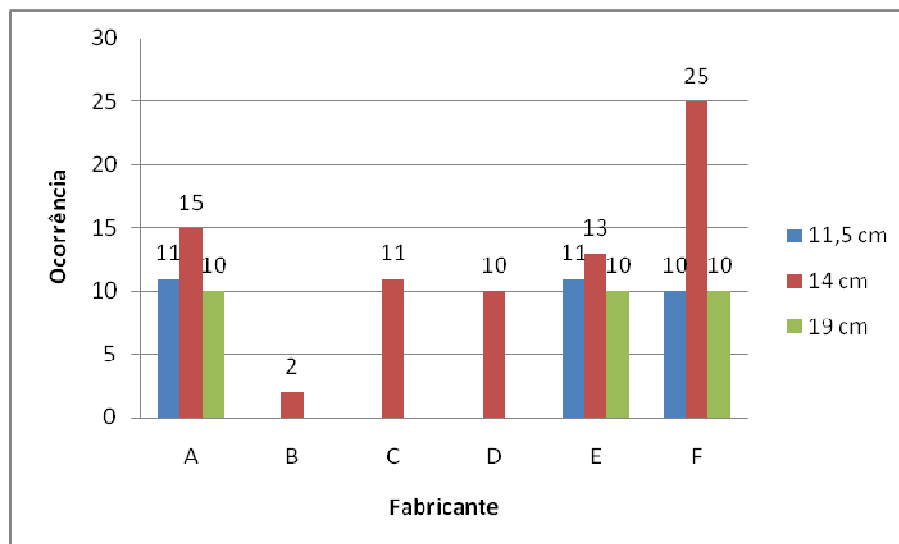


Figura 45: diversidade de tipos de peças produzidas por cada fabricante conforme largura

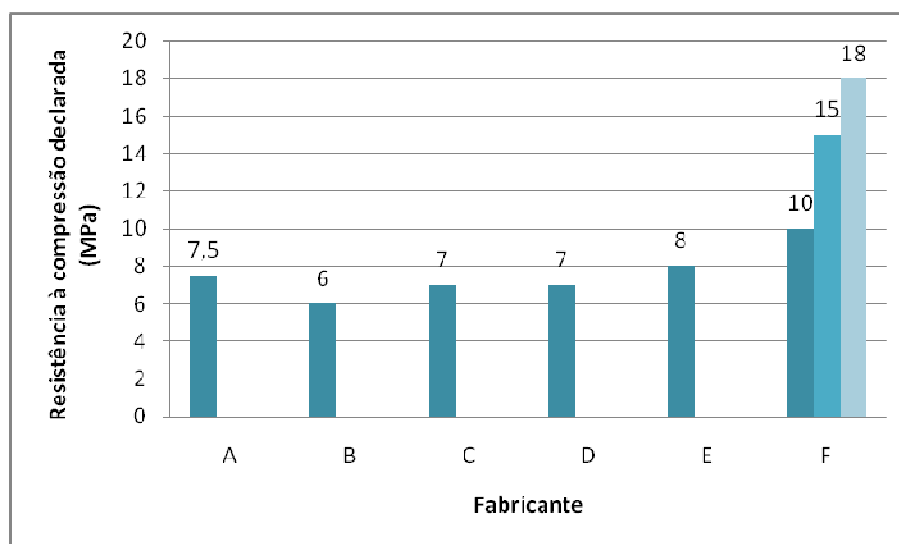


Figura 46: resistência à compressão declarada dos blocos por fabricante

6.2.2 Aspectos do mercado de blocos cerâmicos estruturais

As informações apresentadas neste item têm como objetivo de avaliar mercado de blocos cerâmicos estruturais no Rio Grande do Sul. Para isso, foram aplicadas questões relativas à

quantidade de peças fabricadas atualmente e sobre a possibilidade de incremento da produção de cada fabricante.

A quantidade de peças fabricadas atualmente foi pesquisada através do questionamento referente à produção média mensal. Para este levantamento, usou-se como base a produção média mensal dos meses de março e abril de 2010. O resultado é apresentado no gráfico da figura 47.

Dados referentes à participação de cada empresa pesquisada no total são visualizados no gráfico da figura 48. A produção média de blocos cerâmicos estruturais e peças complementares do conjunto de empresas avaliadas soma mais de 3 milhões de unidades ao mês. Neste cenário, verificou-se grande concentração de mercado por parte de um fabricante. A empresa F detém a produção do equivalente a 66,6% do total, enquanto a empresa com a menor produção mensal detém a fatia de 1,3% desse montante.

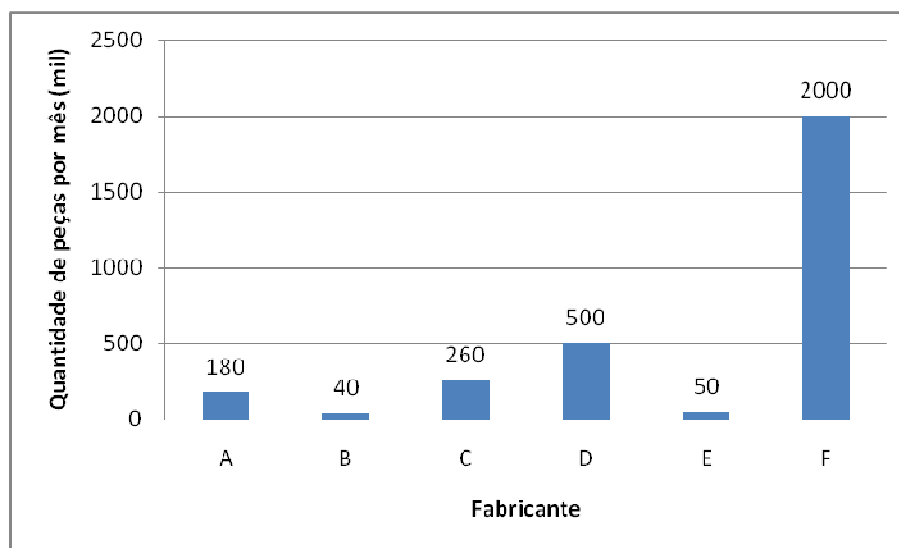


Figura 47: produção média mensal de unidades por fabricante

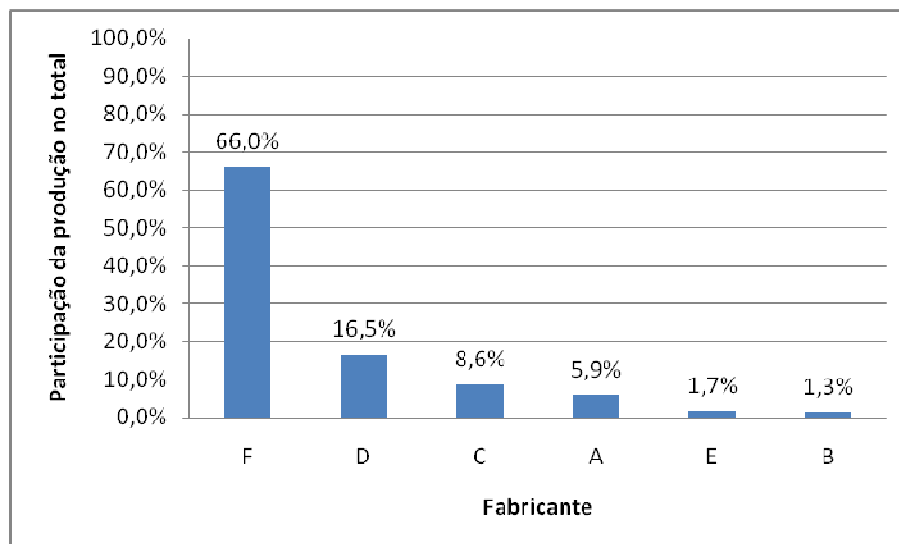


Figura 48: participação de cada fabricante na produção total

Como forma de estimar o comportamento do mercado destes fabricantes em um futuro próximo, foram elaboradas questões relativas ao possível incremento da produção. Para tal, as empresas foram indagadas sobre a previsão de seus quadros de produção num período de doze meses adiante, com base em planos concretos para tal. Desta forma, obteve-se uma estimativa da produção de cada fabricante para o período referente ao mês de junho de 2011. Os resultados são apresentados no quadro 23. Neste cenário destaca-se o possível incremento de 29,5% na produção de unidades de blocos cerâmicos estruturais e complementos. Isso significa uma soma próxima aos 4 milhões de unidades produzidas por mês. Outro ponto importante a salientar é que, confirmadas as previsões, a fatia de participação da maior fabricante destes produtos deve se elevar dos atuais 66% para níveis de 71,3% do total. Neste cenário, portanto, a concentração de mercado deve ficar ainda mais evidente.

Empresa	Produção média mensal (mil unidades)		
	Atual	Cenário futuro	Varição
A	180	207	15%
B	40	48	20%
C	260	260	Sem previsão
D	500	550	10%
E	50	60	20%
F	2.000	2.800	40%
Total	3.030	3.925	29,5%

Quadro 23: produção média mensal de blocos cerâmicos estruturais por fabricante

6.3 CONCLUSÃO

Os produtos oferecidos pelos fabricantes de blocos cerâmicos estruturais atendem a ampla faixa de necessidades. Verifica-se grande variedade de peças e principalmente, vasta opção de peças especiais. Esse tipo de produto traz vantagens à execução das obras, como visto no estudo compreendido no capítulo 4. A existência de peças como o bloco canaleta e compensadores facilita a execução das obras e evita improvisações. O que acaba restringindo as vantagens do uso desses produtos é produção limitada a poucos fabricantes. Nesse sentido, verificou-se que apenas 50% das empresas oferecem blocos em todas as faixas de largura, que são 11,5, 14 e 19 cm, o que pode acabar dificultando o acesso a alguns produtos.

O mercado de blocos cerâmicos estruturais no Rio Grande do Sul apresenta elevada concentração, uma vez que o maior fabricante detém 66% do mercado. Outro dado importante, que oferece algum subsídio ao incremento do uso destes produtos, é a previsão de crescimento da produção. Uma vez confirmada a previsão, o acréscimo da oferta de blocos cerâmicos estruturais deve ser da ordem de 29,5%, o que resultará na produção mensal próxima a 4 milhões de peças.

7 CONCLUSÃO GERAL

A adoção da alvenaria estrutural racionalizada com blocos cerâmicos, em obras típicas do Vale do Taquari, revelou-se vantajosa sob vários aspectos. Tecnicamente, a adoção deste método executivo apresenta ganhos significativos na fase de produção das obras. A produtividade é o maior destaque positivo desta eventual mudança. Nesse sentido, a redução do consumo de mão de obra pode trazer grande economia, além de permitir a redução do prazo de execução dos empreendimentos. A utilização de blocos cerâmicos estruturais em uma obra racionalizada pode ser 73% mais produtivo do que o método executivo típico da Região do Vale do Taquari em obras assim. Esse resultado é bastante convidativo a adoção deste tipo de prática em substituição à tradicional.

Os desafios verificados para a migração da técnica construtiva vêm da exigência de projetos mais adequados e da ampliação dos fornecedores de blocos cerâmicos estruturais.

Dos projetistas, é necessário maior esclarecimento quanto aos procedimentos executivos e a compatibilização de projetos. É dessa combinação que podem resultar obras mais racionais. A antecipação da solução dos detalhes construtivos para a fase de projeto reduz as decisões de execução. Assim, decisões importantes à qualidade e ao desempenho da construção passam a ser tomadas pelos profissionais que detém esta responsabilidade: engenheiros e arquitetos.

A ampliação dos fornecedores de blocos cerâmicos estruturais também é relevante. Assim, o eventual acréscimo de demanda não será comprometido pela oferta. Na ocorrência de desequilíbrio nesta relação, com escassez de oferta, questões financeiras e físicas do andamento de obras poderiam ser comprometidas. Nesse sentido, a possível elevação de preços ou a indisponibilidade de produtos poderia inviabilizar certas obras.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A. Construções em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. In: SÁNCHEZ, E. (Org.) **Alvenaria Estrutural: novas tendências técnicas de mercado**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5711**: tijolo modular de barro cozido, Rio de Janeiro, 1982.
- _____. **NBR 7170**: tijolo maciço cerâmico para alvenaria, Rio de Janeiro, 1983.
- _____. **NBR 15270-2**: componentes cerâmicos parte 2: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, 2005.
- COÊLHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural**. São Luís: UEMA, 1998.
- FONSECA, J. H.; FERNÁNDEZ, T. H.; BERNARDIN, A. M. **Manual para a produção da cerâmica vermelha**: apoio às micro-empresas do sul de Santa Catarina. Florianópolis: SEBRAE; FEESC; UFSC, [199-].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas**, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/>>. Acesso em: 16 maio 2010.
- MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004.
- MECÂNICA BONFANTI S/A. **Instalações completas para a indústria de cerâmica vermelha**. Leme, 2009. Disponível em : <<http://www.bonfanti.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2009.
- RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.
- ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
- SANTOS, M. D. F. Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuição ao uso. 1998. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- SOUZA, U. E. L. Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Salvador, 2000. **Anais do ENTAC 2000 - modernidade e sustentabilidade**. s.l. : ANTAC, 2000. v. 1.
- TABELAS de composições de preços para orçamentos. 13 ed. São Paulo: Pini, 2008.
- WEINEL, D. E. **History of the american built environment**. Norman: The University of Oklahoma, 2009. Disponível em: <<http://www.ou.edu/class/arch4443/Skyscraper%20East%20and%20West/Skyscraper.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2009.