

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

Julio Humberto da Silva Coelho de Souza

**IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS PARA OS PROBLEMAS
RECORRENTES NA EXECUÇÃO DE PAREDES EM
ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO EM UMA OBRA DE
PORTO ALEGRE**

Porto Alegre
junho 2011

JULIO HUMBERTO DA SILVA COELHO DE SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS PARA OS PROBLEMAS
RECORRENTES NA EXECUÇÃO DE PAREDES EM
ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO EM UMA OBRA DE
PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação a ser 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: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
junho 2011

JULIO HUMBERTO DA SILVA COELHO DE SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS PARA OS PROBLEMAS
RECORRENTES NA EXECUÇÃO DE PAREDES EM
ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO EM UMA OBRA DE
PORTO ALEGRE**

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, 18 de julho de 2011

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Cristiano Richter (UNISINOS)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (UFRGS)
Dr. pela Universidade de Leeds/ Inglaterra

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo (USP)

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus.

O término deste trabalho marca o final de uma fase de muito empenho, sacrifícios e conquistas. Estas conquistas não seriam possíveis sem o apoio de todos que estiveram comigo e me apoiaram de alguma forma. Nestes breves agradecimentos espero expressar o meu reconhecimento.

Aos meus pais e irmãos que me apoiaram de todas as maneiras durante esta caminhada.

A minha querida namorada Gabriela que me ajudou nos momentos mais difíceis.

Ao professor Ruy Alberto Cremonini pelo grande professor que foi durante a graduação e pela orientação.

A professora Carin Schmitt pela atenção e pelo exemplo de professora que é.

Aos colegas da engenharia pela amizade.

Aos amigos pelo apoio.

A equipe da obra e da empreiteira que cedeu os dados para minha pesquisa.

A melhor obra é aquela que se realiza sem a preocupação do esforço imediato; e o mais glorioso esforço é aquele em que se põe as esperanças além do horizonte visível.

José Henrique Rodó

RESUMO

SOUZA, J. H. S. C. **Identificação de Causas para os Problemas Recorrentes na Execução de Paredes em Alvenaria Estrutural**: estudo em uma obra de Porto Alegre. 2011. 84 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Garantir a correta execução e o respeito por critérios de controle são requisitos fundamentais na construção em alvenaria estrutural. A identificação das causas para as falhas de execução detectadas em campo é importante para possibilitar a tomada de medidas preventivas. O objetivo deste trabalho foi identificar os problemas recorrentes e suas causas em uma obra de alvenaria estrutural simples não armada. Os critérios de controle considerados foram: locação, alinhamento, nivelamento, esquadro, dimensão de vãos, armaduras, prumo, planicidade, grauteamento e aspecto visual. Os limites e tolerâncias especificados são tais que não se comprometam as propriedades da edificação. Foram identificados, por meio de análise quantitativa das fichas de controle de qualidade cedidas pela obra estudada, os problemas predominantes na execução da estrutura de alvenaria estrutural dos prédios estudados. Os problemas de esquadro, de falta de janelas de inspeção de graute e de dimensão de vãos representaram 83% das falhas anotadas nas fichas de controle da qualidade, e por isso foram eleitos como problemas recorrentes. Com estes dados foi elaborada uma entrevista estruturada para ser aplicada a equipe de execução de alvenaria da obra, que possuía perguntas gerais e específicas para cada problema. Os resultados das entrevistas permitiram identificar causas para os problemas abordados. Com a análise dos dados reunidos percebe-se que a falta de treinamento da mão de obra e equipamentos são fatores que contribuiriam para todos os problemas recorrentes. Isso mostra que o investimento pela construtora e empreiteira nesta área é importante para sanar estas deficiências e ajudar a evitar que estes erros se repitam em outras obras.

Palavras-chave: alvenaria estrutural, problemas de execução, causas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa.....	17
Figura 2: bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas.....	20
Figura 3: bloco cerâmico estrutural de paredes internas e externas maciças.....	20
Figura 4: bloco cerâmico estrutural de paredes externas maciças e internas vazadas.....	21
Figura 5: bloco cerâmico estrutural perfurado.....	21
Figura 6: valores mínimos das espessuras das paredes de blocos estruturais de paredes vazadas.....	23
Figura 7: valores mínimos das espessuras das paredes de blocos estruturais de paredes maciças.....	24
Figura 8: determinação do desvio em relação ao esquadro.....	24
Figura 9: determinação da planeza das faces.....	25
Figura 10: amarração com modulação e larguras iguais	32
Figura 11: amarração no encontro de três paredes com modulação e larguras iguais, com uso de bloco especial de três furos.....	33
Figura 12: amarração no encontro de três paredes com modulação e largura iguais, sem uso de bloco de três furos.....	33
Figura 13: amarração com modulação e larguras diferentes, sem uso de bloco especial.	33
Figura 14: amarração com modulação e largura diferentes, com uso de bloco especial..	33
Figura 15: amarração no encontro de três paredes com módulo e largura diferentes, com uso de bloco especial.....	33
Figura 16: amarração no encontro de três paredes com módulo e largura diferentes, com uso de bloco especial de três furos.....	33
Figura 17: verga pré-moldada com ajuste para altura da porta.....	35
Figura 18: verga pré-moldada com blocos-calha.....	35
Figura 19: uso de escoras para apoiar os blocos-calha.....	35
Figura 20: detalhe das vigas do tipo jacaré.....	36
Figura 21: detalhe da escada com estrutura metálica.....	36
Figura 22: cinta de amarração.....	37
Figura 23: tolerâncias para as juntas de assentamento.....	38
Figura 24: método para transferência e referencial.....	40
Figura 25: tolerâncias de desnível e desaprumo.....	42
Figura 26: construção de castelos como referencial.....	43
Figura 27: amarração com grapas.....	43
Figura 28: amarração com telas.....	43
Figura 29: detalhe das recomendações de ancoragem mínima da vergas e contravergas.	44

Figura 30: cadeia de acontecimentos para correção dos problemas detectados na FVS...	53
Figura 31: problemas levantados nas FVS.....	59
Figura 32: problemas detectados nas FVS, em percentuais, com ajuste de dimensão de vãos.....	60
Figura 33: problemas detectados nas FVS com risco de comprometimento estrutural....	60
Figura 34: acesso aos projetos de paginação (pergunta 2).....	63
Figura 35: realização de ajustes de paginação por conta própria (pergunta 7).....	64
Figura 36: recebimento de treinamento formal (pergunta 8).....	64
Figura 37: coerência dos prazos de execução (pergunta 9).....	65
Figura 38: conhecimento da importância do esquadro (pergunta 12).....	66
Figura 39: posse do esquadro (pergunta 13).....	66
Figura 40: conhecimento do limite de erro do esquadro (pergunta 16).....	68
Figura 41: recebimento da informação do posicionamento das janelas de inspeção de graute (pergunta 17).....	68
Figura 42: escoramento dos taipás de madeira nos vãos de abertura das janelas (pergunta 24).....	70
Figura 43: conhecimento do limite de erro nas dimensões dos vãos (pergunta 25).....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.....	22
Quadro 2: tolerâncias dimensionais relacionadas à dimensão efetiva.....	23
Quadro 3: tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas.....	23
Quadro 4: áreas e metragens dos pavimentos.....	48
Quadro 5: exemplo de preenchimento da página 2 da FVS.....	54
Quadro 6: exemplo de preenchimento da página 3 da FVS.....	55
Quadro 7: critérios de análise, exemplo de preenchimento da página 3 da FVS.....	52
Quadro 8: critérios de análise, exemplo de preenchimento da página 2 da FVS.....	58
Quadro 9: resultados das perguntas do grupo geral.....	62
Quadro 10: resultado das perguntas do grupo do esquadro.....	65
Quadro 11: resultados das perguntas do grupo as janelas de inspeção de graute.....	67
Quadro 12: resultados das perguntas do grupo das dimensões de vãos.....	69
Quadro 13: resultados da entrevista com o encarregado.....	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DE PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	15
2.2.1 Objetivo principal	15
2.2.2 Objetivo secundário	15
2.3 PRESSUPOSTO	16
2.4 PREMISA	16
2.5 DELIMITAÇÃO	16
2.6 LIMITAÇÕES	16
2.7 DELINEAMENTO	16
3 ALVENARIA ESTRUTURAL	19
3.1 ELEMENTOS CONSTITUÍNTES.....	20
3.1.1 Unidades de alvenaria	20
3.1.1.1 Fabricação e identificação	21
3.1.1.2 Aspecto visual	21
3.1.1.3 Formas e dimensões	22
3.1.1.4 Resistência	25
3.1.1.5 Absorção de água	25
3.1.2 Argamassa	26
3.1.2.1 Trabalhabilidade	26
3.1.2.2 Retenção de água	26
3.1.2.3 Tempo de cura	26
3.1.2.4 Aderência	27
3.1.2.5 Resistência à compressão	27
3.1.3 Graute	28
3.1.4 Armaduras	28
3.2 PROJETO	28
3.2.1 Recomendações de projeto	29
3.2.1.1 Projeto arquitetônico	29
3.2.1.2 Projeto estrutural	29
3.2.1.3 Projeto hidráulico	30
3.2.1.4 Projeto elétrico	30

3.2.1.5 Projeto executivo	31
3.2.2 Coordenação Modular	31
3.2.2.1 Peças de modulação	32
3.2.2.2 Componentes auxiliares	34
3.2.2.2.1 Lajes	34
3.2.2.2.2 Vergas e contravergas	35
3.2.2.2.3 Escadas	36
3.2.2.2.4 Cintas de amarração	37
3.2.2.2.5 Juntas de controle e dilatação	37
3.3 EXECUÇÃO	38
3.3.1 Locação da alvenaria	38
3.3.2 Elevação da alvenaria	40
3.3.3 Reforços estruturais	44
3.3.4 Aceitação final	45
4 MÉTODO DE PESQUISA.....	47
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....	47
4.2 FICHAS DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS.....	48
4.2.1 Itens de controle.....	49
4.2.1.1 Locação.....	49
4.2.1.2 Alinhamento.....	50
4.2.1.3 Nivelamento.....	50
4.2.1.4 Esquadro.....	50
4.2.1.5 Vãos de portas e janelas.....	50
4.2.1.6 Armação.....	51
4.2.1.7 Prumo.....	51
4.2.1.8 Planicidade.....	51
4.2.1.9 Grauteamento.....	52
4.2.1.10 Aspecto Visual.....	52
4.2.2 Uso e preenchimento da ficha de verificação.....	52
5. RESULTADOS.....	56
5.1 DADOS COLETADOS NA OBRA.....	56
5.1.1 Critérios de análise.....	56
5.1.2 Identificação dos problemas recorrentes.....	59
5.2 ENTREVISTAS.....	61
5.2.1 Entrevistas com os assentadores de blocos.....	61

5.2.1.1 Perguntas gerais.....	62
5.2.1.2 Perguntas referente ao esquadro.....	65
5.2.1.3 Perguntas referente as janelas de inspeção de graute.....	67
5.2.1.4 Perguntas referentes a dimensão de vão.....	69
5.2.2 Entrevista com o encarregado de obras.....	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A	78
ANEXO A	81

1 INTRODUÇÃO

Alvenaria estrutural é um método construtivo no qual as paredes possuem duas funções: vedação e estrutural. O sistema consiste de blocos industrializados de dimensões e propriedades mecânicas conhecidas, unidos por argamassa formando um conjunto monolítico. Os materiais utilizados para a confecção dos blocos são diversos, porém os mais comuns no Brasil são a cerâmica e o concreto.

As edificações em alvenaria estrutural podem ser simples (não armada), armadas ou mistas. As simples não armadas não suportam os esforços de tração característicos da ação do vento, por isso, em edificações com muitos pavimentos, será necessário o emprego de alvenaria estrutural armada. As estruturas mistas são a combinação dos dois tipos e são frequentes quando um dos pavimentos possui uso diferenciado ou quando o projeto prevê a combinação de materiais construtivos diferentes, como, por exemplo, a combinação de alvenaria estrutural e concreto armado em situações especiais.

A crescente demanda por habitações e a necessidade de construir com menor custo e maior velocidade impulsionou o investimento tecnológico no setor de fabricação de blocos ampliando as possibilidades de utilização. Contudo, um grande empecilho ao uso deste sistema construtivo são os grandes desperdícios e problemas gerados por falta de planejamento e execução deficiente. Métodos de monitoramento e detalhamentos de projeto procuram evitar estes problemas tornando a construção mais rápida, barata e confiável. A qualidade final da edificação dependerá diretamente do projeto, do controle durante a construção e dos materiais empregados.

Neste sentido, o foco deste trabalho é identificar causas para os problemas executivos recorrentes nas obras estudadas. Os problemas principais serão determinados através de análise das fichas de verificação de serviços cedidas pela empresa, e as causas através de entrevistas com os colaboradores e pesquisa bibliográfica. O objeto do estudo serão quatro prédios construídos em alvenaria estrutural simples de blocos cerâmicos com cinco pavimentos cada, na região de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

O trabalho inicia com uma revisão dos componentes da alvenaria estrutural e suas características, sendo feitas em seguida observações quanto à importância do projeto e da modulação para este método construtivo.

Na execução da alvenaria estrutural, são apresentadas técnicas de construção e limites de tolerância de erro permitidos por norma. Para o desenvolvimento da pesquisa, primeiramente são apresentadas as fichas de verificação de serviços de alvenaria estrutural, seus critérios de controle e método de preenchimento.

No capítulo dos resultados são apresentados os problemas recorrentes detectados nas fichas de verificação de serviços e em seguida das entrevistas realizadas com os assentadores. Este capítulo é finalizado com os resultados da entrevista com o encarregado de obras, comparado com os resultados das entrevistas com os assentadores.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho foram determinados os tópicos a seguir.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Este estudo visa responder a seguinte questão: quais são as causas para os problemas que ocorreram com maior frequência na execução da estrutura de alvenaria estrutural de quatro prédios pertencentes a um conjunto habitacional de Porto Alegre?

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 determinação de causas para os problemas executivos recorrentes na construção da alvenaria estrutural das obras analisadas, através de pesquisa bibliográfica e entrevista com a equipe de assentadores que executou a obra e seu encarregado.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é identificar os problemas construtivos mais frequentes nas planilhas de controle de qualidade cedidas pela Construtora através de um estudo estatístico.

2.3 PRESSUPOSTO

É pressuposto do trabalho que as fichas de verificação cedidas pela empresa traduzem fielmente os problemas detectados durante a execução das alvenarias.

2.4 PREMISSA

É premissa da pesquisa que, em edificações de alvenaria estrutural, a prevenção contra falhas executivas é imprescindível para que se obtenham as propriedades previstas. Portanto, a identificação de causas para estas falhas é importante para que se tomem medidas preventivas.

2.5 DELIMITAÇÃO

O estudo realizado delimitou-se a quatro prédios de alvenaria estrutural de uma construtora em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.6 LIMITAÇÕES

A seguir são relacionadas as limitações relativas ao estudo proposto:

- a) o trabalho se limita a obras em alvenaria estrutural não armada executada com blocos cerâmicos;
- b) as fichas de verificação de serviços usadas no estudo consideram apenas três etapas de verificação: marcação, primeira elevação e segunda elevação;
- c) são considerados no trabalho apenas os critérios de controle das fichas de verificação de serviços.

2.7 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) determinação dos problemas recorrentes através de estudo das fichas de verificação de serviços;
- c) identificação de causas para os problemas constatados;
- d) considerações finais.

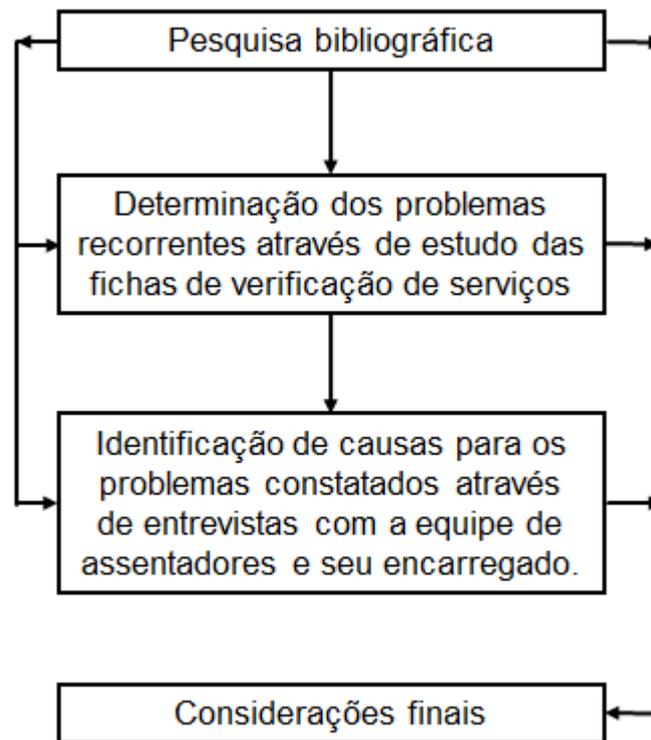


Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica direcionada ao aprofundamento do conhecimento sobre todo o processo executivo e de como deve ser feito seu controle, tendo um foco especial na NBR 15812-2/ 2010 – Alvenaria Estrutural – Blocos Cerâmicos – Parte 2: Execução e Controle de Obras. A pesquisa bibliográfica perdurou durante todo o trabalho, porém foi mais intensa nesta primeira etapa.

A determinação dos problemas recorrentes ocorreu através de análise das fichas de controle de serviços cedidas pela Empresa. Com estes dados o estudo seguiu com a identificação de causas para estes problemas mediante entrevista com os integrantes da equipe de assentadores que executou a estrutura de alvenaria estrutural e seu encarregado. Com a análise dos dados

obtidos foi possível determinar fatores que contribuíram para que as falhas recorrentes ocorressem.

3 ALVENARIA ESTRUTURAL

Conforme mencionam Prudêncio Júnior et al. (2002, p. 63), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo racional que possui muitas vantagens em relação ao método de construção com concreto armado. Ramalho e Corrêa (2003, p. 11-12) relacionam as características vantajosas deste sistema, quando comparado à estruturas em concreto, da seguinte maneira:

- a) economia nas fôrmas: por ser constituída quase que totalmente por elementos estruturais pré-fabricados (blocos) esta estrutura elimina a necessidade de fôrmas, previstas somente na moldagem das lajes, quando estas não forem pré-fabricadas;
- b) economia nos revestimentos: os blocos estruturais por possuírem maior controle de qualidade do que os blocos de vedação são mais regulares e possuem superfícies mais adequadas ao revestimento. O controle executivo do método também garante que as paredes tenham melhor acabamento do que as de alvenaria de vedação, reduzindo a necessidade de investimento em regularização e preparo da superfície para os revestimentos;
- c) menos desperdícios: por ser um método racional e modulado, a alvenaria estrutural reduz muito os desperdícios de material comparativamente à alvenaria de vedação. Nos projetos modulados busca-se a eliminação de quebras e improvisos, pois prevê todas as futuras instalações de infraestrutura da edificação, evitando, por exemplo, quebras para passagem de tubulações de água;
- d) menor quantidade de pessoal especializado: não há a necessidade da presença de especialistas como armadores ou carpinteiros. As armaduras comumente utilizadas na estrutura são barras ou treliças pré-fabricadas;
- e) agilidade: por ter muito pouco, ou nenhum, elemento moldado no local este método sofre menor influência pelo tempo de cura do concreto tornando-se mais ágil.

Nos próximos itens serão abordados os componentes da alvenaria estrutural, noções e recomendações de projeto e controle executivo.

3.1 ELEMENTOS CONSTITUÍNTES

Os principais elementos que compõem a alvenaria estrutural são as unidades de alvenaria, a argamassa, o graute e as armaduras que estão descritos nos itens a seguir.

3.1.1 Unidades de alvenaria

Roman et al. (1999, p. 21-22) conceituam a unidade de alvenaria da seguinte maneira: “Chama-se de unidade de alvenaria o produto industrializado de dimensões e peso que o fazem manuseável, de formato paralelepipedal e adequado para compor uma alvenaria.”. Os autores também citam: “Para utilização em alvenaria estrutural, as unidades devem apresentar as seguintes qualidades: resistência à compressão, baixa absorção de água, durabilidade e estabilidade dimensional.”.

A NBR 15270-2 classifica os blocos cerâmicos estruturais como elementos vazados que são produzidos para serem assentados com os furos na vertical. A Norma também menciona que os blocos podem ser produzidos prevendo uso para alvenaria estrutural não armada, armada ou protendida. Os blocos com paredes vazadas (figura 2), maciças (figura 3) ou com ambos (figura 4) podem ser empregados para alvenarias armadas, não armadas ou protendidas. Os blocos perfurados podem ser empregados somente em alvenarias não armadas, pois seus furos têm pequenas dimensões (figura 5) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 1-3).

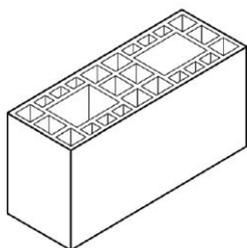


Figura 2: bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 2)

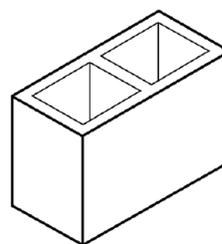


Figura 3: bloco cerâmico estrutural de paredes internas e externas maciças (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 2)

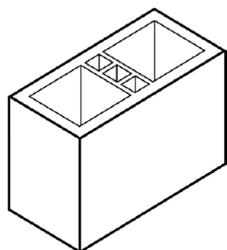


Figura 4: bloco cerâmico estrutural de paredes externas maciças e internas vazadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 2)

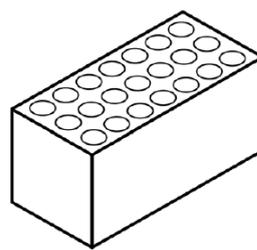


Figura 5: bloco cerâmico estrutural perfurado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 3)

Os materiais mais comuns utilizados na confecção de unidades de alvenaria são: a cerâmica, o concreto e o sílico-calcário. Algumas características importantes abordadas na NBR 15270-2/2005 devem ser levadas em consideração para garantir a qualidade dos blocos cerâmicos estruturais e são citadas nos itens a seguir.

3.1.1.1 Fabricação e identificação

Os blocos cerâmicos estruturais devem ser produzidos com matéria prima argilosa por conformação plástica podendo ser aditivados ou não. Todos os blocos devem trazer gravados em uma de suas faces as seguintes informações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 3):

- a) identificação da empresa;
- b) dimensões de fabricação em centímetros, na sequência largura, altura e comprimento, podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida;
- c) a sigla **EST** que identifica o bloco como estrutural;
- d) identificação de rastreabilidade que permita verificar em qual lote o bloco foi produzido.

3.1.1.2 Aspecto visual

Os blocos estruturais não devem apresentar defeitos como trincas, quebras, deformações ou quaisquer outros que impeçam seu uso. No caso de alvenaria de blocos face-à-vista as características estéticas dos blocos devem ser acordadas entre o fornecedor e o comprador de

maneira que atenda as necessidades do projeto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 3-4).

3.1.1.3 Formas e dimensões

Os blocos devem ter formato de prisma reto e suas dimensões padronizadas comuns devem obedecer ao quadro 1. Variações dimensionais podem ocorrer e devem estar dentro dos limites expostos nos quadros 2 e 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 4-6).

Dimensões L x H x C	Dimensões de fabricação (cm)					
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco principal	1/2 Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
$(5/4)M \times (5/4)M \times (5/2)M$	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
$(5/4)M \times (2)M \times (5/2)M$		19	24	11,5	-	36,5
$(5/4)M \times (2)M \times (3)M$			29	14	26,5	41,5
$(5/4)M \times (2)M \times (4)M$			39	19	31,5	51,5
$(3/2)M \times (2)M \times (3)M$	14	19	29	14	-	44
$(3/2)M \times (2)M \times (4)M$			39	19	34	54
$(2)M \times (2)M \times (3)M$	19	19	29	14	34	49
$(2)M \times (2)M \times (4)M$			39	19	-	59

Quadro 1: dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 4)

Grandezas controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Quadro 2: tolerâncias dimensionais relacionadas à dimensão efetiva (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 6)

Grandezas controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 3
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Quadro 3: tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 6)

A espessura das paredes dos blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas devem obedecer aos valores mínimos de 8 mm para paredes externas e 7 mm para as paredes dos septos, conforme a figura 6. Blocos cerâmicos estruturais de paredes maciças devem possuir paredes, internas ou externas, com espessura mínima de 20 mm e no caso de possuir paredes internas vazadas a soma de suas espessuras deve ser maior ou igual a 30 mm, sendo 8 mm a espessura mínima dos septos, como é apresentado na figura 7. Para blocos cerâmicos perfurados a espessura mínima dos septos deve ser de 8 mm (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 6-7).

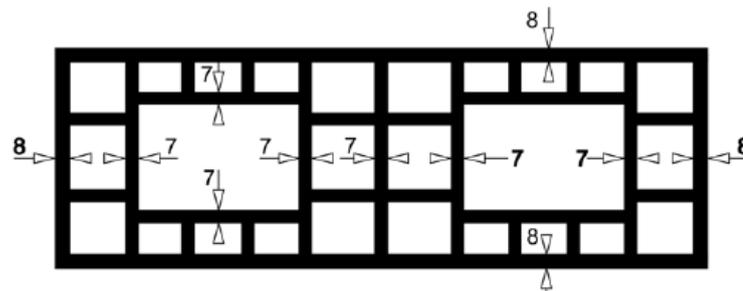


Figura 6: valores mínimos das espessuras das paredes de blocos estruturais de paredes vazadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 6)

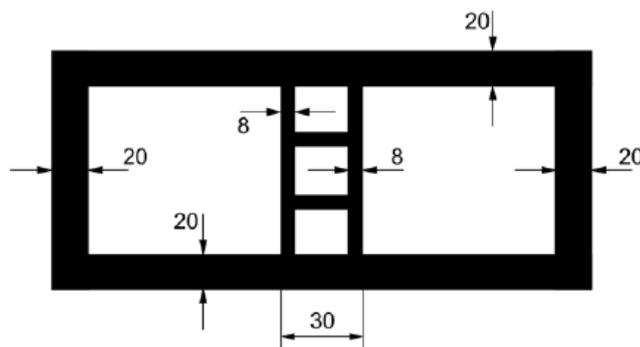


Figura 7: valores mínimos das espessuras das paredes de blocos estruturais de paredes maciças (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 7)

O desvio em relação ao esquadro deve ser verificado utilizando um esquadro com precisão de $0,5^\circ$ e uma régua com precisão de 0,5 mm, conforme a figura 8 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b, p. 7). De acordo com a NBR 15270-2 o limite para o desvio em relação ao esquadro deve ser de 3 mm (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 7).

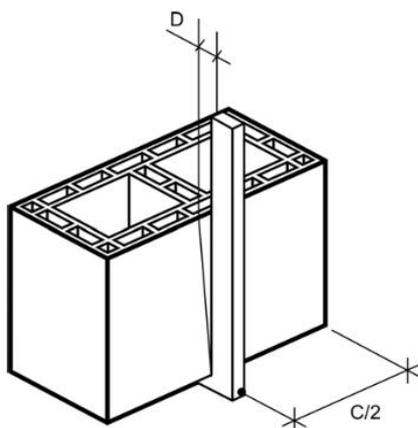


Figura 8: determinação do desvio em relação ao esquadro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b, p. 11)

A planeza da superfície do bloco deve ser verificada medindo-se a flecha formada com a diagonal, utilizando o esquadro com precisão de $0,5^\circ$ e régua com precisão de 0,5 mm, como mostrado na figura 9 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b, p. 12). A NBR 15270-2 informa que o valor da flecha deve ser inferior a 3 mm (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 7).

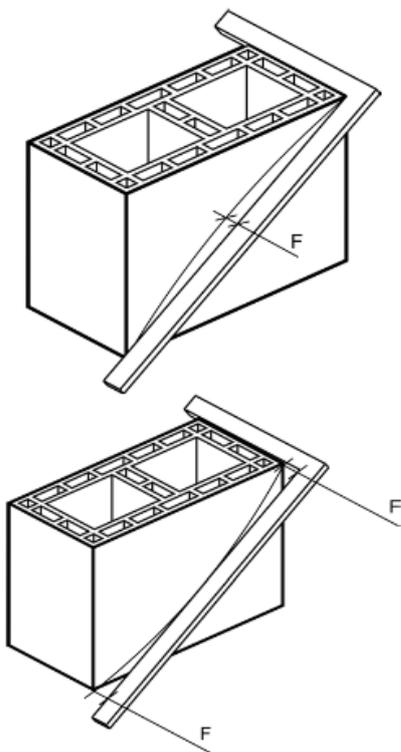


Figura 9: determinação da planeza das faces
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b, p. 12)

3.1.1.4 Resistência

A resistência do bloco, que é importantíssima para a resistência da estrutura, depende diretamente das dimensões, forma, material constituinte e do processo de fabricação empregado (ROMAN et al. 1999, p. 34). A resistência do bloco a ser utilizado deve ser determinada em projeto e controlada através de amostragens e ensaios determinados na NBR 15270-2/ 2005.

3.1.1.5 Absorção de água

De acordo com a NBR 15270-2: “A absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a, p. 8).

3.1.2 Argamassa

A argamassa é o elemento fluido utilizado para a união dos blocos, que permite a correção de desvios ou desalinhos. Basicamente é composta por areia, cimento, cal e água. Na alvenaria estrutural a principal função da argamassa de assentamento é transmitir uniformemente as cargas entre os blocos. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7-8). As características mais importantes na argamassa são expostas a seguir.

3.1.2.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é a propriedade da argamassa que permite que os blocos sejam perfeitamente unidos, corrigindo as imperfeições e permitindo que as cargas sejam transmitidas uniformemente. Uma argamassa de boa trabalhabilidade deve ser facilmente espalhável e não deve escorrer com o peso dos blocos assentados nas fiadas acima (ROMAN et al., 1999, p. 25-26).

3.1.2.2 Retenção de água

De acordo com Prudêncio Júnior et al. (2002, p. 39), a capacidade de reter água da argamassa garantirá a perfeita aderência com o bloco, pois se este absorver a água da interface o cimento não será hidratado e com isto a aderência estará comprometida. Roman et al. (1999, p. 26) afirmam: “A má retentividade de água pode ser resultante de uma má granulometria do agregado, agregados muito grandes, mistura insuficiente ou escolha errada do tipo de cimento.”.

3.1.2.3 Tempo de cura

O tempo de endurecimento da argamassa é importante para o processo construtivo. Se o tempo de cura for muito grande poderá gerar atrasos no serviço, porém se for muito curto causará problemas no assentamento e acabamento das juntas. A temperatura ambiente influencia no tempo de cura da argamassa. Temperaturas altas aceleram o processo e

temperaturas baixas causam retardo. Outro fator que pode interferir é o tempo de mistura, uma mistura mais homogênea terá um tempo de cura menor (ROMAN et al., 1999, p. 26).

3.1.2.4 Aderência

Para Prudêncio Júnior et al. (2002, p. 39), a aderência da argamassa é a propriedade de resistir a esforços de tração e cisalhamento, vale ressaltar que na interface do bloco com a argamassa a aderência dependerá das propriedades conjuntas. De acordo com os autores, outros fatores que influenciam a aderência são:

- a) trabalhabilidade;
- b) retentividade;
- c) relação água/cimento;
- d) habilidade da mão de obra;
- e) temperatura;
- f) teor de umidade do bloco;
- h) umidade ambiente.

3.1.2.5 Resistência à compressão

A resistência à compressão da argamassa é importante para a resistência final da estrutura, no entanto, grande rigidez não significa uma melhor solução, pois uma argamassa muito resistente pode ter problemas de fissuração por expansão térmica ou por movimentação da junta. Sendo assim, a resistência da argamassa deve ser suficiente para comportar as cargas da parede, porém não deve ultrapassar a resistência do bloco (ROMAN et al., 1999, p. 26). Coêlho (1998, p. 42) faz a seguinte observação: “[...] a argamassa de assentamento deve possuir uma resistência característica aproximadamente igual ao bloco.”.

3.1.3 Graute

A definição de graute de Ramalho e Corrêa (2003, p. 8) é citada a seguir:

O graute é um concreto com agregados de pequena dimensão eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios.

Para Prudêncio Júnior et al. (2002, p. 56-57), o graute é um elemento semelhante ao concreto exceto pela elevada fluidez, que é necessária para que o material escorra pelos furos dos blocos e cubra perfeitamente as armaduras. O abatimento de tronco de cone será determinado pelo teor de umidade do bloco e pelas dimensões dos furos. Roman et al. (1999, p. 30) também consideram o graute similar ao concreto afirmando que “O graute é composto dos mesmos materiais usados para produzir o concreto convencional. As diferenças estão no tamanho do agregado graúdo (mais fino, 100% passando pela peneira 12,5 mm) e na relação água/cimento.”.

3.1.4 Armaduras

Na alvenaria estrutural as barras de armadura serão revestidas por graute ou argamassa (RAMALHO; 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. Uma exceção é feita para armaduras colocadas nas juntas das argamassas de assentamento.

3.2 PROJETO

Esta é uma etapa importantíssima para a viabilidade do método construtivo. Busca-se no projeto a prevenção de problemas, o menor custo e o cumprimento dos prazos de execução. Nos tópicos a seguir serão apresentadas recomendações para a fase de projeto e para o método racional de modulação.

3.2.1 Recomendações de projeto

A compatibilização dos projetos é imprescindível para a racionalização do método construtivo. A perfeita sincronia entre os projetos arquitetônico, hidráulico e elétrico evitará a necessidade de tomada de decisões em obra, que muitas vezes geram um ônus muito maior do que se fossem tomadas previamente. Assim, os próximos itens tratam sobre esses projetos.

3.2.1.1 Projeto arquitetônico

Deste projeto dependerá o sucesso de todo o empreendimento, pois todos os outros projetos o terão como base. É importante que nessa fase já se aprecie todas as próximas etapas, de maneira a se evitar problemas de incompatibilidade, difíceis de serem resolvidos nos projetos complementares ou em obra. A seguir são apresentados os fundamentos para o projeto arquitetônico citados por Roman et al. (1999, p. 40-41):

- a) verificar condicionantes de projeto;
- b) objetivar máxima simetria;
- c) utilizar modulação;
- d) compatibilizar os projetos arquitetônicos com o estrutural e os de instalações;
- e) prever as paredes que podem funcionar como vedação, utilizando-as para passagem de tubulações;
- f) apresentar os detalhes construtivos de forma clara e objetiva;
- g) usar escalas diferentes para planta e detalhes.

3.2.1.2 Projeto estrutural

Neste projeto serão definidas as solicitações da estrutura, o material dos blocos a ser utilizado, a espessura das paredes, os reforços da estrutura, as juntas de dilatação, juntas de controle e também os elementos de reforço estrutural a serem empregados (ROMAN et al., 1999, p. 50-60).

3.2.1.3 Projeto hidráulico

Na elaboração do projeto hidráulico é importante a comunicação com o projetista arquitetônico, determinando quem será o responsável pelo projeto executivo. No projeto hidráulico deve-se procurar, sempre que possível, posicionar as tubulações no mesmo alinhamento em todos os pavimentos viabilizando o emprego de *shafts*. O uso dos *shafts* é recomendado, pois além de ser uma alternativa mais prática e econômica, evita que o rompimento ou vazamento de tubulações comprometa os blocos estruturais (ROMAN et al., 1999, p. 60-61).

As tubulações de água quente e fria devem passar pela laje e seguir até a altura do forro, de onde descerão verticalmente pelos furos dos blocos até os pontos desejados, evitando a passagem de tubulação horizontalmente pelas paredes. Outra recomendação é que sempre que for necessário o embutimento horizontal de tubulações este deve ser feito em paredes não estruturais, pois na necessidade de manutenção a parede terá de ser cortada horizontalmente, ação proibida em alvenarias estruturais (ROMAN et al., 1999, p. 60-61).

3.2.1.4 Projeto elétrico

Assim como no projeto hidráulico é importante a interação entre os projetistas arquitetônico e elétrico bem como a determinação de quem elaborará o projeto executivo. É imprescindível que o projetista estrutural tenha conhecimento do posicionamento de todos os elementos, de maneira que possa determinar os reforços necessários (ROMAN et al., 1999, p. 63).

O projeto elétrico deve prever a passagem dos eletrodutos pelos furos dos blocos. É recomendável que os blocos cortados com esperas para as caixas de tomadas ou interruptores sejam posicionados simultaneamente com a elevação da alvenaria. As dimensões das caixas de distribuição de energia e de passagem devem ser tais que se evite a necessidade de corte dos blocos. As posições e dimensões de todos os elementos devem ser previstas no projeto executivo (ROMAN et al., 1999, p. 63).

3.2.1.5 Projeto executivo

Roman et al. (1999, p. 64-65) destacam que projeto executivo é o que apresenta todas as informações necessárias à execução da edificação. Neste são especificados os materiais, quantidades, posicionamento e os componentes a serem utilizados. Os autores também citam que os seguintes elementos devem ser elaborados para a composição e apresentação de um projeto executivo:

- a) a planta baixa;
- b) os cortes e as elevações;
- c) as informações técnicas dos materiais a serem utilizados;
- d) os detalhes-padrão de amarrações e de ligações entre paredes e pilares;
- e) os detalhes de vergas e contravergas;
- f) os detalhes de passagens de tubulações e localização de pontos elétricos e hidráulicos;
- g) os detalhes especiais tais como pontos de grauteamento e amarrações de parede.

3.2.2 Coordenação modular

Para Prudêncio Júnior et al. (2002, p. 66), a modulação é um procedimento que tem por princípio que todas as dimensões da construção são múltiplas de um valor modular de referência (metade do comprimento do bloco empregado na modulação). Com isto, a correta previsão e distribuição dos elementos modulares no espaço permite que se evitem quebras e desperdícios. Coêlho (1998; p. 46) frisa a importância da modulação no projeto: “O projeto deve ser modulado objetivando, assim, facilitar sua execução e até no que diz respeito à utilização de outros produtos padronizados além de minimizar o custo da construção.”.

O projeto de norma de coordenação modular de projetos para edificações anuncia que a coordenação modular busca a compatibilização entre os elementos construtivos e componentes construtivos. A norma cita que isso significa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 4):

- a) ampliar a cooperação entre os agentes da cadeia produtiva da construção civil;
- b) racionalizar a variedade de medidas de coordenação empregadas na fabricação de componentes construtivos;
- c) simplificar o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;
- d) aumentar a intercambialidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil projetada da edificação.

3.2.2.1 Peças de modulação

De acordo com Prudêncio Júnior et al. (2002, p. 66), blocos modulares são aqueles que possuem o comprimento igual a duas vezes a largura mais a altura da juntas. Ramalho e Corrêa (2003, p. 8) ressaltam que a utilização de blocos modulares simplifica muito o projeto e a execução, pois permite que as amarrações de paredes sejam feitas sem o uso de peças de dimensões especiais, como apresentado nas figuras 10 a 12. Quando a largura do bloco é menor do que o módulo, complicações são geradas para o arranjo como se pode ver na figura 13. Para correção é imprescindível o emprego de blocos de dimensões especiais, representado nas figuras 14 a 16.

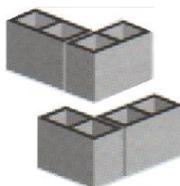


Figura 10: amarração com modulação e larguras iguais
(RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 19)

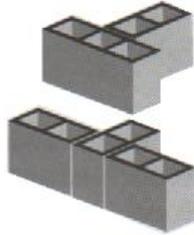


Figura 11: amarração no encontro de três paredes com modulação e larguras iguais, com uso de bloco especial de três furos (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 19)

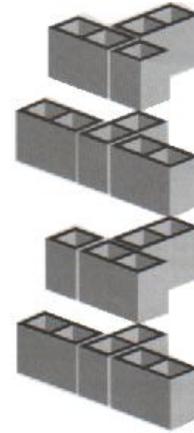


Figura 12: amarração no encontro de três paredes com modulação e largura iguais, sem uso de bloco de três furos (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 19)

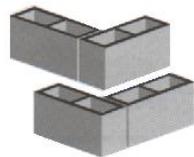


Figura 13: amarração com modulação e larguras diferentes, sem uso de bloco especial (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 20)



Figura 14: amarração com modulação e largura diferentes, com uso de bloco especial (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 20)

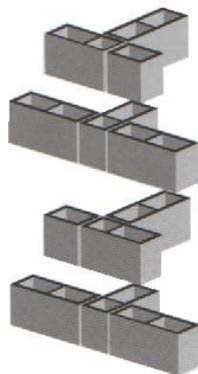


Figura 15: amarração no encontro de três paredes com módulo e largura diferentes, com uso de bloco especial (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 21)



Figura 16: amarração no encontro de três paredes com módulo e largura diferentes, com uso de bloco especial de três furos (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 21)

Além das peças-padrão descritas existem inúmeros modelos para aplicações mais específicas, tais como (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 44):

- a) canaleta jota, utilizada para arremate de bordas de lajes em paredes externas;
- b) bloco de $\frac{3}{4}$, utilizado para acertos de quebra de modulação e também para amarração do tipo macho-e-fêmea quando a outra parede possuir espessura de 9 cm;
- c) canaleta longa, utilizada quando é necessário uma viga com altura equivalente a de duas fiadas de blocos;
- d) bloco de arestas verticais ranhuradas, utilizado no passado em alvenaria à vista por proporcionar maior estanqueidade das juntas verticais;
- e) bloco de quina, utilizado em amarrações de canto de parede;
- f) bloco com formato A, utilizado quando há presença de barras de armadura muito longas no local de assentamento;
- g) os blocos para pilar, utilizados para facilitar a instalação de armaduras verticais com estribos;
- h) blocos decorativos.

3.2.2.2 Componentes auxiliares

Na modulação são previstos outros elementos além dos blocos estruturais, tais como lajes, vergas e contravergas, escadas, cintas de amarração e juntas de controle e dilatação. Estes elementos são apresentados nos itens a seguir.

3.2.2.2.1 Lajes

As lajes quando moldadas no local necessitam do uso de fôrmas simples, pois são basicamente caixas de madeira apoiadas diretamente nas paredes da estrutura. No caso de lajes pré-moldadas a execução é ainda mais simples, pois estas peças já vêm com todas as tubulações elétricas e hidráulicas embutidas, na instalação estes módulos são assentados com argamassa sobre as paredes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 56-57).

3.2.2.2 Vergas e contravergas

Vergas e contravergas são elementos de reforço que têm a finalidade de evitar fissuras nos cantos das aberturas da alvenaria estrutural. Estes elementos podem ser pré-fabricados ou moldados no local. Quando moldados no local geram o inconveniente da necessidade das escoras usadas para conter os blocos-calha. Exemplos destes componentes são apresentados nas figuras 17 a 19 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 64)

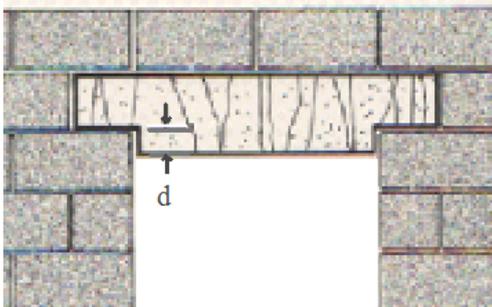


Figura 17: verga pré-moldada com ajuste para altura da porta
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 65)

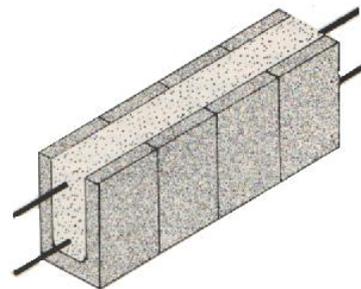


Figura 18: verga pré-moldada com blocos-calha
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 65)



Figura 19: uso de escoras para apoiar os blocos-calha
(PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 126)

Existem outras soluções que substituem o emprego de vergas e contravergas, como, por exemplo, o uso de quadros de janelas pré-fabricados. Os quadros já vêm prontos com pingadeira e batentes. São muito vantajosos por economizarem tempo, serem mais precisos e eliminarem a necessidade de escoras (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 128-129).

3.2.2.2.3 Escadas

As escadas mais comumente utilizadas na alvenaria estrutural são as montadas a partir das vigas pré-moldadas do tipo jacaré, as apoiadas em estrutura metálica, as pré-moldadas pesadas e as moldadas in loco, são assim detalhadas:

- a) a escada com viga jacaré é composta por duas vigas dentadas que são presas a estrutura através de parafusos e graute. Os degraus e espelhos pré-moldados, são posteriormente fixados às vigas com o uso de argamassa, conforme representado na figura 20 (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 130);
- b) as escadas com estrutura metálica são constituídas por duas guias metálicas que são fixadas à estrutura com uso de parafusos. Os degraus são uma estrutura pré-moldada posteriormente fixada sobre as guias, como ilustrado na figura 21 (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 130);
- c) escadas pré-moldadas pesadas são elementos únicos que possuem este nome por necessitarem de guindaste para sua instalação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 61);
- d) a escada moldada in loco é feita convencionalmente, com o uso de concreto armado e fôrmas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 60).

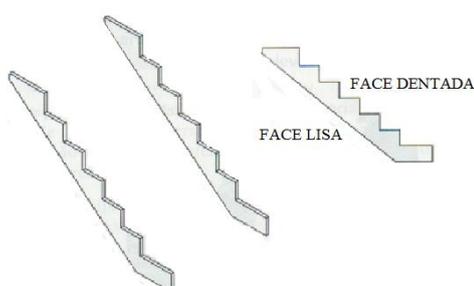


Figura 20: detalhe das vigas do tipo **jacaré** (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 130)

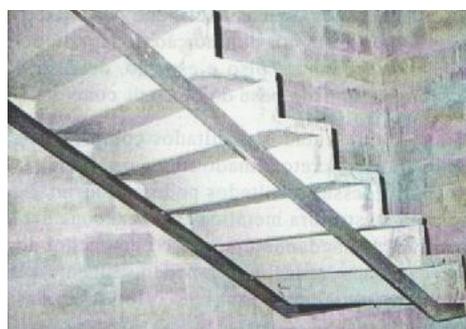


Figura 21: detalhe da escada com estrutura metálica (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 133)

3.2.2.2.4 Cintas de amarração

Sobre a importância das cintas de amarração é indicada a seguinte informação: “A função principal da cinta de amarração é a de consolidar as paredes para facilitar a transmissão de esforços horizontais, proveniente das lajes, e verticais, oriundos e paredes de pavimentos superiores.” (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 171). As armaduras empregadas nas cintas são as previstas em projeto e normalmente são barras, armaduras com estribos ou treliças pré-fabricadas. Na figura 22 está representado o corte de uma cinta de amarração construída com calha do tipo jota, apoiando uma laje pré-fabricada.

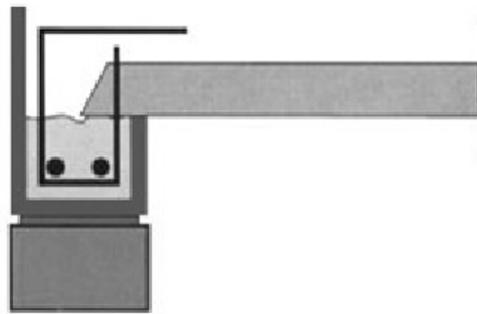


Figura 22: cinta de amarração (CERÂMICA CINCERA, 2010)

3.2.2.2.5 Juntas de controle e dilatação

Segundo Roman et al. (1999, p. 59), as juntas de controle e dilatação devem ser contempladas em projeto para evitar as fissuras causadas pelas dilatações e contrações térmicas da estrutura. As juntas de controle devem ser executadas com material deformável e devem se estender por toda altura da parede. Os autores também ressaltam os seguintes parâmetros que determinam a necessidade da presença de juntas de controle vertical:

- a) em mudanças bruscas de direções de parede (com formas de **L**, **T** e **U**);
- b) nos pontos em que há variação na espessura da parede;
- c) nos pontos em que há variação brusca da altura da parede.

3.3 EXECUÇÃO

O simples uso de blocos estruturais não torna este um método vantajoso. Para que o processo construtivo em alvenaria estrutural seja econômico e ágil, é necessário adotar técnicas adequadas (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 135). Nos itens a seguir serão relacionados tópicos importantes para garantir a qualidade final da estrutura.

3.3.1 Locação da alvenaria

Conforme a NBR 15812-2, o correto posicionamento da primeira fiada é importantíssimo, pois deste dependerá o posicionamento da parede que será elevada. A Norma cita também que eixos de referência para a marcação devem estar previstos no projeto e que a tolerância de nível prevista para as superfícies que receberão as paredes de alvenaria não devem ultrapassar o limite de ± 10 mm. Nas juntas da primeira fiada a espessura mínima é de 5 mm não podendo ultrapassar 20 mm, conforme figura 23. Entretanto, admite-se em trechos com menos de 50 cm uma espessura de no máximo 30 mm. Sendo assim, sempre que a espessura ultrapassar estes limites torna-se necessário o nivelamento da laje com concreto de mesma resistência (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 14).

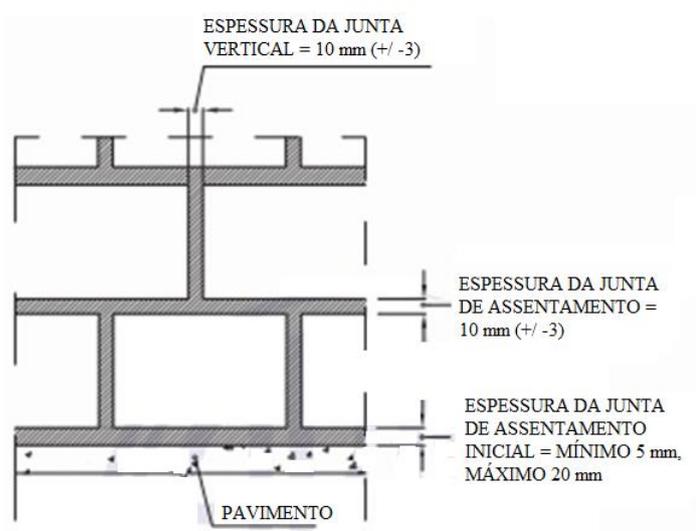


Figura 23: tolerâncias para as juntas de assentamento
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 16)

No método de locação por coordenadas cartesianas divide-se a planta em segmentos retangulares tomando por base as dimensões da laje, os cantos destes retângulos servirão como apoio para a marcação dos blocos-chave, que serão a referência para o posicionamento de todos outros blocos. O nível dos blocos-chave deve ser obtido com o apoio de equipamento adequado, o primeiro bloco assentado deve ser o do canto mais alto da laje, com junta de 1 cm, assim outras variações poderão ser corrigidas no assentamento dos demais blocos (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 139).

Para o método de locação por coordenadas polares, com o uso de estação total, a posição dos blocos-chave é determinada com o apoio de uma estação total eletrônica. A partir de um ponto de referência determinado em projeto é possível marcar a posição de todos os blocos-chave na laje com o uso de coordenadas polares convertidas pelo próprio aparelho. Assim como no método de locação por coordenadas cartesianas, o nível de todos os blocos deve ter por referência o nível do bloco mais alto, assentado com junta de 1 cm (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 148-149).

No caso de edificações com mais de um pavimento e com mesmo posicionamento de paredes, um referencial deve ser transmitido de pavimento a pavimento para garantir o alinhamento das paredes. Esta transmissão de referencial é feita através de linhas de prumo que são posicionadas nos cantos da edificação, com estas linhas é possível determinar no pavimento acima a posição dos blocos de canto. O fio de prumo que transfere o referencial é normalmente posicionado afastado da fachada através de ripas de madeira, conforme ilustrado na figura 24 (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 139). A NBR 15812-2 determina que a descontinuidade entre paredes de pavimentos diferentes é de 20 mm para alvenarias de vedação e 10 mm para alvenarias estruturais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 14).

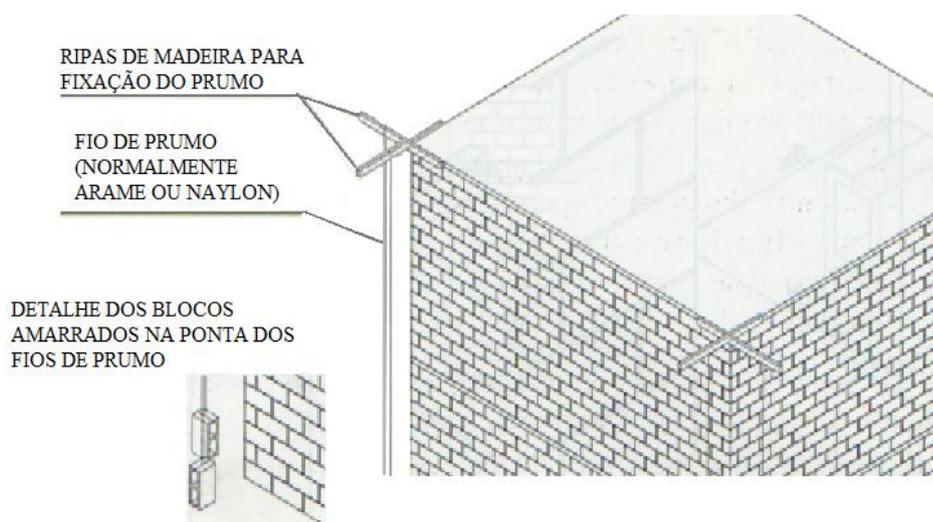


Figura 24: método para transferência e referencial
(PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 145)

3.3.2 Elevação da Alvenaria

Para o assentamento dos blocos utilizam-se ferramentas como colher de pedreiro, desempenadeira, meia colher de pedreiro, meia desempenadeira, bisnaga ou colher canaleta. Das ferramentas citadas a colher canaleta e a bisnaga são as mais específicas para o assentamento de blocos estruturais, pois garantem um filete de argamassa mais uniforme e controlado e conseqüentemente não geram tantas rebarbas nem desperdício de argamassa. Uma desvantagem destas ferramentas é que muitas vezes não são fáceis de serem utilizadas com argamassas muito fluídas que escorrem quando aplicadas com a canaleta ou pouco fluídas, que são inviáveis para aplicação com bisnaga, sendo assim deve-se escolher a ferramenta mais adequada ao traço da argamassa e à qualificação da mão de obra (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 152-154). No acondicionamento da argamassa de assentamento utiliza-se masseira específica que deve ser de metal ou plástica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 7).

Alguns pré-requisitos devem ser observados antes do início da elevação da alvenaria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 14):

- a) locação, esquadros e nivelamento devem estar dentro dos limites;
- b) tubulações de água, gás e elétrica devem estar posicionadas de acordo com o projeto, bem como reforços estruturais;

- c) as superfícies e os elementos a serem assentados devem estar isentos de materiais que comprometam a aderência;
- d) após assentados os blocos, esses não devem ser movidos, respeitando o tempo de cura da argamassa;
- e) todos os elementos utilizados na elevação devem ser os previstos no projeto, não podem ser utilizados elementos quebrados, pré-fabricados ou moldados que não tenham sido previamente aprovados por responsável;
- f) paredes estruturais e não-estruturais não podem ser diretamente amarradas.

Durante toda a execução da alvenaria existem limites de desvios que devem ser obedecidos, conforme exposto na (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 15):

São considerados essenciais para o desempenho da parede o cumprimento das tolerâncias de prumo (alinhamento da parede vertical), de nível (alinhamento da parede horizontal), a execução correta das espessuras das juntas de argamassas de assentamento dos blocos e dos reforços na alvenaria quando especificados.

As juntas verticais e horizontais devem ter espessuras de 10 mm e seu desvio permitido é de ± 3 mm, seu acabamento deve ser uniforme e conforme previsto em projeto. Em alvenarias não revestidas a junta deve ter acabamento côncavo, feito com frisador, para evitar o acúmulo de água da chuva. Em alvenarias revestidas o acabamento deve ser rente ao bloco e livre de rebarbas e a argamassa removida durante o assentamento pode ser reaproveitada desde que não tenha tido contato com o chão ou sujeiras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 15).

Os limite tolerado no desaprumo é de no máximo 13 mm ou de 5 mm a cada 3 m ou 10 mm a cada 6 m. No desalinhamento horizontal das fiadas os limites permitidos são os mesmos do desaprumo, conforme apresentado na figura 25 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 15-17).

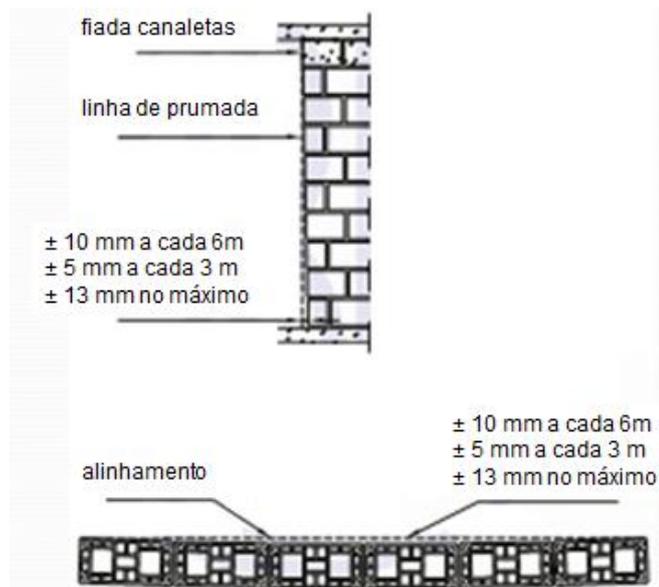


Figura 25: tolerâncias de desnível e desaprumo
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 17)

Estando concluída a primeira fiada, dá-se início a elevação da alvenaria usando como apoio castelos em todos os encontros de paredes (figura 26), ou então, escantilhões. Em ambos os casos, estas referências devem ter seu nível, prumo, posicionamento e alinhamento muito bem determinados, pois toda a elevação os terá como referência (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 160-161). Todas as paredes devem ser amarradas umas às outras e quando não for possível a amarração natural através dos próprios blocos torna-se necessário o uso de grapas ou telas de fixação (figuras 27 e 28) que devem ter suas posições, dimensões e bitolas previstas em projeto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 50). A NBR 15812-2 faz a seguinte recomendação sobre o assentamento de blocos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 15):

Durante a elevação das paredes, os blocos devem ser assentados e alinhados segundo especificado em projeto e de forma a exigir o mínimo de ajuste possível. Os blocos devem ser posicionados enquanto a argamassa estiver trabalhável e plástica e, em caso de necessidade de reacomodação a argamassa deve ser removida e o bloco assentado novamente de forma correta.

Os cordões de argamassa devem ser aplicados sobre os blocos numa extensão tal que sua trabalhabilidade não seja prejudicada por exposição prolongada ao tempo e evitando-se a queda nos vazados dos blocos.

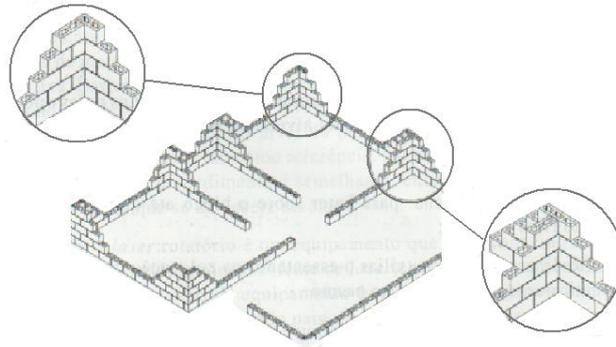


Figura 26: construção de castelos como referencial (PRUDÊNCIO JUNIOR et al., 2002, p. 160)

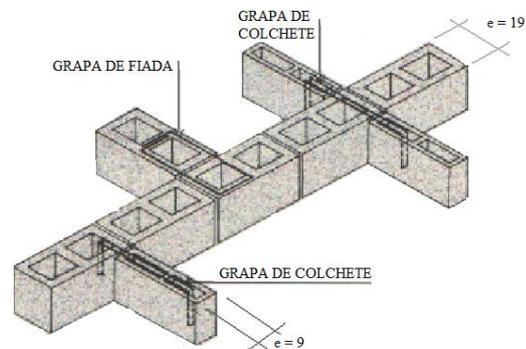


Figura 27: amarração com grapas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 50)

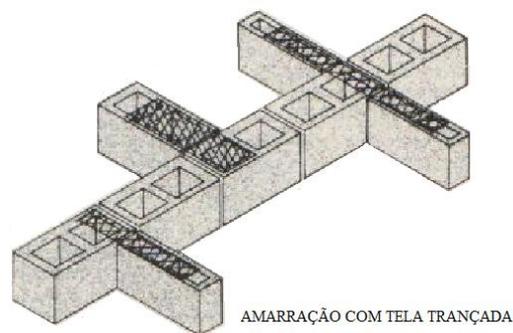


Figura 28: amarração com telas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 51)

Todas as alvenarias recém executadas devem ser protegidas da chuva e intempéries, a fim de evitar problemas como manchamentos, eflorescências ou a remoção da argamassa de assentamento. Uma atenção especial deve ser dada às fiadas de respaldo, pois a água pode

infiltrar-se pelos furos dos blocos e causar patologias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 15-17).

3.3.3 Reforços estruturais

Em alvenaria estrutural todas as aberturas devem ser reforçadas. Em janelas deve-se empregar contravergas na parte inferior do vão e vergas na parte superior e, em aberturas de portas, é necessário o reforço com vergas na parte superior do vão. As vergas podem ser pré-fabricadas ou moldadas no local com auxílio de blocos-calha. No caso de moldados no local é necessário o tempo de espera de aproximadamente uma semana para remoção do escoramento (COELHO, 1998, p. 106). As contravergas, por ficarem na parte baixa da janela são facilmente executadas com blocos-calha, sem a necessidade do uso de escoras. A NBR 15812-2 ressalta que as vergas e contravergas devem ter um apoio de no mínimo 30 cm em cada lado ou segundo especificação de projeto, conforme explicitado na figura 29 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 18).

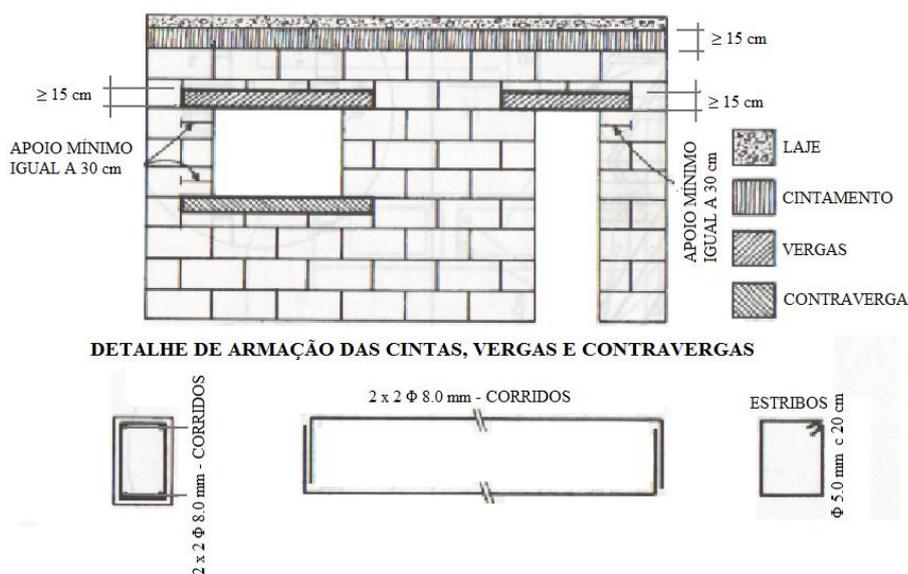


Figura 29: detalhe das recomendações de ancoragem mínima da vergas e contravergas (COELHO, 1998, p. 109)

Antes do posicionamento das lajes é necessária a execução das cintas de amarração na última fiada para garantir a transmissão dos esforços verticais e horizontais. A cinta pode ser

executada com blocos do tipo calha ou com o auxílio de fôrmas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 15-17).

As armaduras utilizadas nos reforços devem estar isentas de qualquer substância que comprometa a aderência e posicionadas de maneira que não se desloquem durante o lançamento do graute, garantindo o espaçamento entre as barras e entre as barras e as fôrmas (COÊLHO, 1998, p. 62). Deve-se evitar o contato entre metais diferentes. Todos os metais empregados devem ser de aço galvanizado ou resistente à corrosão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 18).

O graute possui além da função de solidarização das armaduras com os blocos, a possibilidade de aumentar a resistência mecânica à compressão das paredes quando utilizado no preenchimento dos furos dos blocos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 169). Alguns critérios devem ser seguidos na operação de grauteamento e são apresentados a seguir (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 18-19):

- a) os furos dos blocos devem estar desobstruídos sendo toleradas rebarbas com no máximo 13 mm de projeção para o interior do bloco;
- b) as dimensões mínimas recomendadas para os furos a serem grauteados é de 50 mm x 70 mm;
- c) no caso de grautes convencionais sem aditivos recomenda-se a altura máxima de lançamento de 1,6 m, grautes aditivados admitem uma altura de lançamento de no máximo 2,8 m;
- d) o adensamento deve ser realizado simultaneamente com a operação de lançamento, como ferramenta no adensamento manual deve-se utilizar uma haste capaz de atingir o fundo do trecho a ser preenchido;
- e) deve-se aguardar 24 horas do assentamento dos blocos para dar início à operação de grauteamento, exceto nos casos em que o preenchimento dos furos seja feito com a própria argamassa de assentamento;
- f) os pontos de visita para verificação do preenchimento devem ter no mínimo 7 cm de altura por 10 cm de altura e estar limpos.

3.3.4 Aceitação final

Ao final da construção, deve-se verificar o prumo do edifício, tolerando-se um desaprumo 2 mm a cada metro, mas tendo como valor máximo o desaprumo de 25 mm na altura total da

edificação. No caso destes limites não serem cumpridos deve-se proceder da seguinte maneira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 20):

- a) verificar através de ensaios e análise do projeto se a estrutura deve ser rejeitada como um todo ou apenas algumas partes;
- b) especificar restrições ao uso;
- c) providenciar o projeto de reforço;
- d) optar, no caso de necessidade, por demolição parcial ou total da estrutura.

4 MÉTODO DE PESQUISA

O levantamento de dados deste trabalho foi baseado no estudo de 20 fichas de verificação, cedidas pela construtora da obra estudada, que foram preenchidas durante o processo de edificação. Através de análise das fichas foram identificadas as falhas executivas que mais ocorreram. Com estes resultados foi elaborada uma entrevista estruturada para ser aplicada à equipe de execução da alvenaria estrutural visando identificar causas para os problemas recorrentes. Dos integrantes dessa equipe, 13 são pedreiros assentadores de bloco e o encarregado de obras da empreiteira, totalizando 14 entrevistados.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

Para a realização deste trabalho foram escolhidos como objeto de estudo quatro prédios pertencentes a um conjunto habitacional em construção na região de Porto Alegre. As torres selecionadas foram executadas pela mesma empreiteira e estavam com sua estrutura de alvenaria concluída quando este estudo foi realizado.

O condomínio onde se encontram os prédios analisados possui oito torres, as quais foram executadas por duas empreiteiras diferentes. As torres de A a D foram construídas pela empreiteira X e as de E a H, pela empreiteira Y. As torres executadas pela empreiteira X não estão incluídas no estudo, pois não foram preenchidas as fichas de verificação durante sua execução. As torres de E a H possuem dados completos e por isso foram eleitas para este trabalho.

Cada torre possui cinco pavimentos idênticos nas divisões da área privativa, com algumas diferenças nas áreas comuns e reforços estruturais. As características dimensionais relevantes são apresentadas no quadro 4 e tem sua classificação feita da seguinte maneira:

- a) pavimento tipo representa o segundo, terceiro e quarto andar;
- b) pavimento térreo representa o andar térreo, e se diferencia do pavimento tipo pela porta de entrada do prédio, pela inexistência da junta de dilatação frontal e pela presença da caixa de alvenaria do quadro de medidores;

- c) pavimento cobertura representa o quinto andar, que se diferencia do pavimento tipo pelo aumento do número de pontos de graute.

	Área de alvenaria (m ²)	Área de laje (m ²)	Pé direito (m)
Pavimento cobertura	360	170	2,4
Pavimento tipo	360	170	2,4
Pavimento térreo	380	174	2,4

Quadro 4: áreas e metragens dos pavimentos

4.2 FICHAS DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Para o estudo estatístico de definição dos problemas executivos recorrentes, foram utilizadas as fichas de verificação de serviços (FVS) cedidas pela empresa (anexo A). Estas fichas são preenchidas pelos estagiários da obra e disponibilizadas através de um portal *online* de gestão da empresa, para o qual todos os funcionários da área de obras possuem acesso, por meio de uma senha individualizada. Cada serviço executado possui sua respectiva ficha de verificação de serviços, porém no estudo foram utilizadas somente as de alvenaria estrutural. Essas fichas consideram somente a elevação das paredes, não abordando itens como tubulações elétricas, caixas elétricas, tubulações hidráulicas ou quaisquer outros elementos que não sejam componentes básicos das paredes de alvenaria (blocos e argamassa de assentamento). Visto que os demais elementos possuem FVS específicas. Nos itens a seguir serão apresentadas as fichas de verificação de paredes de alvenaria estrutural e como foram analisados os seus dados.

As fichas de verificação de serviços de alvenaria estrutural são planilhas desenvolvidas para o controle da qualidade da construção das paredes de alvenaria estrutural. Cada pavimento deve ter sua FVS de alvenaria estrutural preenchida de acordo com as etapas a seguir:

- a) a marcação é a primeira fiada de tijolos;
- b) a primeira elevação é composta pela marcação, mais cinco fiadas, totalizando seis fiadas;
- c) a segunda elevação é composta pela primeira elevação, mais seis fiadas, totalizando doze fiadas.

Para a verificação dos serviços, as fichas apresentam itens de controle e suas tolerâncias. Os itens de controle e o método de preenchimento das fichas são apresentados a seguir.

4.2.1 Itens de controle

Na primeira página da FVS (anexo A) são apresentados os itens de verificação e as etapas em que devem ser conferidas. A seguir são apresentadas as etapas e os respectivos itens analisados:

- a) na marcação verifica-se: locação, alinhamento, nivelamento, esquadro, vão das portas e armação;
- b) na primeira elevação verifica-se: nivelamento, prumo, planicidade, esquadro, vão das portas, armação, grauteamento e aspecto visual;
- c) na segunda elevação verifica-se: nivelamento, prumo, planicidade, esquadro, vão das janelas, armação, grauteamento e aspecto visual.

A seguir, os elementos de controle serão abordados e comparados com os critérios da NBR 15812-2– Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e Controle de Obras, apresentados na revisão bibliográfica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a).

4.2.1.1 Locação

O posicionamento das paredes em relação ao eixo de transferência é conferido com uma trena aferida e a tolerância de erro da Construtora é de até 2 mm. A NBR 15812-2 não apresenta limites de tolerância para locação das paredes, porém especifica o limite de 10 mm para o desencontro entre paredes de alvenaria estrutural de um andar para o outro. A Norma também ressalta que para a precisão geométrica do conjunto de paredes, é fundamental que os eixos referenciais sejam locados de maneira a permanecerem os mesmos durante toda a obra.

4.2.1.2 Alinhamento

O alinhamento das paredes é apurado através da flecha entre o alinhamento de uma régua metálica de 2 m com a lateral dos blocos no sentido horizontal, sendo tolerada pela Empresa uma flecha máxima de 2 mm. A NBR 15812-2 determina uma flecha máxima de mais ou menos 10 mm a cada 6 m, 5 mm a cada 3 m e de 13 mm no máximo. Como a régua utilizada pelo aferidor é de 2 m, não é possível relacionar diretamente com os limites da Norma, porém com um cálculo simples apresentado no apêndice A é possível verificar que a flecha tolerada pela Empresa é menor que a da Norma.

4.2.1.3 Nivelamento

O nivelamento é verificado com o uso de uma régua de bolha aferida com 2 m de comprimento posicionada sobre os blocos no sentido horizontal. A Construtora especifica que na marcação não se tolera desvio neste item e na primeira e na segunda elevações, o desvio máximo é de 5 mm. A NBR 15812-2 cita que o nível é essencial para o desempenho da parede, porém não determina limites de desvio.

4.2.1.4 Esquadro

A verificação do desvio em relação ao esquadro é realizada com um esquadro de alumínio aferido de dimensões 60 cm x 80 cm x 100 cm. O limite tolerado pela Empresa é de 2 mm na ponta do maior lado do esquadro. A NBR 15812-2 não especifica limites para este item.

4.2.1.5 Vãos de portas e de janelas

Para conferir os vãos de portas e de janelas é utilizada uma trena aferida. O erro máximo destes itens é de 10 mm maior, não se aceitando vãos com dimensões menores que as determinadas no projeto. A NBR 15812-2 não especifica limites para estes itens.

4.2.1.6 Armação

A armação deve estar conforme especificado no projeto. Devem ser examinadas as armaduras de arranque, de contravergas, de vergas e de cintas de amarração. No caso de haver barras de para-raios, deve ser garantida a sua continuidade. A NBR 15812-2 menciona que as armaduras precisam estar bem fixadas, de maneira que se garanta o cobrimento, além de recomendar que se evite o contato de metais com propriedades diferentes.

4.2.1.7 Prumo

O desvio em relação ao prumo é medido com um prumo de face com corda aferido de 2 m. É tolerado pela Construtora um desvio de até 2 mm para paredes e de até 5mm para vãos. A NBR 15812-2 determina o limite máximo de 10 mm a cada 6 m, 5 mm a cada 3 m e 13 mm no máximo.

Não é possível relacionar diretamente os limites da Empresa com o da Norma, pois o menor comprimento de prumo citado pela norma é de 3 m e o comprimento da corda de prumo utilizado para aferição do limite da Construtora é de 2 m. Entretanto, com um cálculo simples demonstrado no apêndice A, percebe-se que o valor de desvio tolerado pela Empresa é menor que o da Norma.

4.2.1.8 Planicidade

A planicidade é conferida com a mesma régua metálica de 2 m utilizada na verificação do alinhamento, com a diferença de que a régua deve ser posicionada na vertical, horizontal e nas diagonais das paredes. A flecha máxima tolerada pela Empresa é de 3 mm. A comparação com os limites especificados para a planicidade pela NBR 15812-2 é apresentada no apêndice A, através de um cálculo simples, em que se verifica que a flecha aceita pela Empresa é menor que a da Norma.

4.2.1.9 Grauteamento

No item de grauteamento é conferido visualmente a limpeza dos pontos de graute ainda não preenchidos e a existência de falhas nos já preenchidos. A NBR 15812-2 determina que as janelas de inspeção de graute devam ter dimensão mínima de 7 cm de largura por 10 cm de altura e devem ser cuidadosamente limpas. Menciona também que os furos dos blocos a serem grauteados devem ser perfeitamente desobstruídos antes do lançamento do graute.

4.2.1.10 Aspecto visual

Neste item é examinada a existência de juntas secas e o acabamento das janelas de inspeção de graute. Quando o ponto de graute parte da marcação e vai até a última fiada devem ter janelas de graute posicionadas na primeira e na sétima fiada. Quando parte da contraverga das janelas devem ter janelas de graute posicionadas na sexta fiada.

A Empresa não especifica tolerâncias de erro para as juntas de assentamento, porém a NBR 15812-2 determina que a espessura das juntas de assentamento vertical e horizontal devem ter 10 mm, aceitando-se um desvio máximo de 3 mm. Para a junta de assentamento inicial a Norma especifica uma espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm, em trechos com menos de 50 cm aceita-se uma espessura de no máximo 30 mm.

4.2.2 Uso e preenchimento da ficha de verificação

Para compreender a FVS é preciso esclarecer como é a sequência de etapas para a solução das questões nelas detectadas. A seguir é apresentada uma figura que explicita como o sistema funciona.

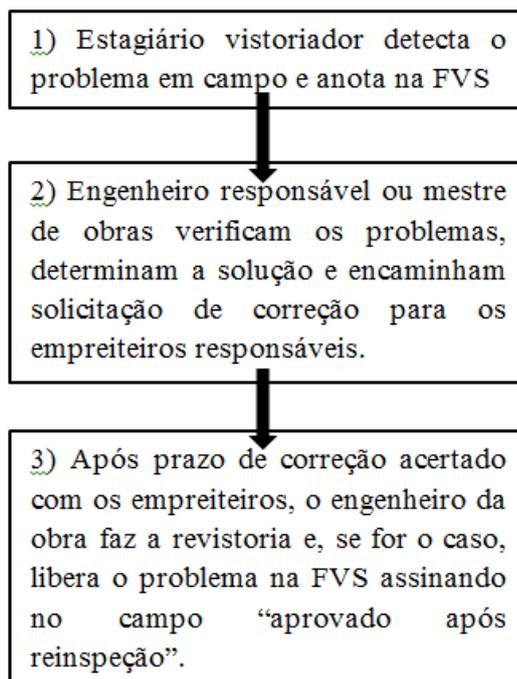


Figura 30: cadeia de acontecimentos para correção dos problemas detectados na FVS

Na vistoria, o estagiário sai para o campo munido de um projeto de marcação, para conferir dimensões e identificar paredes, e de ferramentas de conferência. As ferramentas carregadas são selecionadas de acordo com os itens a serem vistoriados.

Na verificação dos serviços, o procedimento indica que o vistoriador inspecione em todas as paredes os itens condizentes com a etapa em que a elevação se encontra. Para o correto preenchimento, é necessário realizar no mínimo três visitas de verificação (na marcação, na primeira elevação e na segunda elevação). Porém, como será explicado mais adiante, nem sempre as fichas foram preenchidas obedecendo a este critério.

O primeiro passo para o preenchimento da FVS é a identificação do bloco e do pavimento que está sendo analisado (no quadro 5, na coluna 1 e linhas 1 e 2). Em seguida, o vistoriador deve adotar uma letra que será associada ao seu nome. Caso a FVS não seja preenchida somente por uma pessoa, cada avaliador deve ser identificado através de uma letra diferente (quadro 5, nas linhas 8 e 9), sendo que tais anotações devem ser efetuadas na página 2 da FVS (anexo A).

	COLUNA 1	COLUNA 2	COLUNA 3	COLUNA 4	COLUNA 5	COLUNA 6	COLUNA 7
LINHA 1	BLOCO X PAVIMENTO Y	MARCAÇÃO		1 □ ELEVAÇÃO		2 □ ELEVAÇÃO	
LINHA 2		L (liberado)	R (reprovado)	L (liberado)	R (reprovado)	L (liberado)	R (reprovado)
LINHA 3	P. 01 A	A		A		B	
LINHA 4	P. 01 B		A1		A2		B1
LINHA 5	P. 02	A		A		B	
LINHA 6	P. 03 A	A		A		B	
LINHA 7	P. 03 B	A		A		B	
LINHA 8	(A) = NOME DO VISTORIADOR 1						
LINHA 9	(B) = NOME DO VISTORIADOR 2						

Quadro 5: exemplo de preenchimento da página 2 da FVS

Caso, ao realizar a verificação de uma parede, considerando todos os itens que devem ser vistoriados para cada etapa, o avaliador não encontrar nenhuma discrepância, ele deve anotar a letra correspondente ao seu nome na coluna <liberado>. Como, por exemplo, no quadro 5, em que o vistoriador 1 liberou a parede 01A, anotando sua letra no bloco do encontro da linha 3 com a coluna 2.

Se ao realizar a verificação de uma parede o avaliador encontrar algum erro, ele deve anotar a letra correspondente ao seu nome, acompanhada de um número na coluna <reprovado>. Como, por exemplo, o vistoriador 2 que encontrou um erro na parede 01B e anotou na coluna <reprovado> o código B1 (quadro 5, bloco do encontro da linha 4 com a coluna 7).

O código adotado para o problema detectado deve ser anotado também na página 3 da FVS (anexo A), em que será especificado o tipo de problema. Tomando ainda como exemplo o vistoriador 2 que identificou a falta de janela de inspeção de graute e anotou na coluna das observações/ problemas (quadro 6, linha 5).

	COLUNA 1	COLUNA 2	COLUNA 3	COLUNA 4
LINHA 1	FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS/ ALVENARIA ESTRUTURAL			PÁGINA 3
LINHA 2	Nº	OBSERVAÇÕES/ PROBLEMAS	DISPOSIÇÃO	APROVADO APÓS REINSPEÇÃO
LINHA 3	A1	desvio em relação ao esquadro maior do que o limite tolerado	trecho deve ser derrubado e refeito obedecendo aos limites de esquadro tolerados	assinatura do engenheiro responsável
LINHA 4	A2	falta de janela de inspeção de graute	janela de inspeção deve ser cortada com serra de corte	assinatura do engenheiro responsável
LINHA 5	B1	falta de janela de inspeção de graute	janela de inspeção deve ser cortada com serra de corte	assinatura do engenheiro responsável

Quadro 6: exemplo de preenchimento da página 3 da FVS

Após anotar as falhas na planilha, o estagiário leva-a ao engenheiro responsável, que irá julgar quais as medidas corretivas a serem adotadas. Caso seja necessário, o engenheiro ou o mestre de obras comparecem ao local onde foi detectado o problema.

Determinadas as medidas corretivas, essas devem ser anotadas na coluna <disposição> (quadro 6, coluna 3) e comunicadas aos empreiteiros responsáveis, com os quais é acertado um prazo para correção. Assim que o problema é corrigido, o engenheiro deve comparecer ao local para verificar e, caso o problema tenha sido solucionado, assinar na coluna <aprovado após reinspeção>, na linha correspondente ao problema corrigido (quadro 6, coluna 4).

5. RESULTADOS

Neste capítulo, apresentar-se-ão os critérios adotados para análise dos dados e os resultados obtidos.

5.1 DADOS RECOLHIDOS NA OBRA

Para o estudo, analisaram-se 20 fichas de verificação de serviços de alvenaria estrutural, uma ficha para cada pavimento das quatro torres analisadas. Os critérios que foram adotados para que se obtivessem resultados confiáveis estão descritos a seguir, assim como a quantificação dos erros.

5.1.1 Critérios de análise

No preenchimento das fichas, os avaliadores nem sempre anotavam a quantidade de ocorrências de uma mesma falha por parede, visto que a ficha tem foco em localizá-las e corrigi-las e não quantifica-las. Muitas vezes somente uma ocorrência era anotada na ficha, e na parede o vistoriador marcava com tinta todas as ocorrências a serem corrigidas.

A maneira de anotar os erros e suas medidas corretivas ficava a critério do vistoriador e da equipe presente na obra. Por isso, constata-se que em algumas fichas, no preenchimento do campo <ocorrência>, é especificada a quantidade de eventos de um mesmo desvio na parede, e em outras ocasiões é considerada apenas a ocorrência ou não do erro. Como, por exemplo, no quadro 7, em que o vistoriador C anota a quantidade de erros e o vistoriador D anota apenas a ocorrência ou não do erro.

	COLUNA 1	COLUNA 2	COLUNA 3	COLUNA 4
LINHA 1	FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS/ ALVENARIA ESTRUTURAL			PÁGINA 3
LINHA 2	Nº	OBSERVAÇÕES/ PROBLEMAS	DISPOSIÇÃO	APROVADO APÓS REINSPEÇÃO
LINHA 3	C1	dois desvios em relação ao esquadro maiores do que o limite tolerado	trechos devem ser derrubados e refeitos obedecendo aos limites de esquadro tolerados	assinatura do engenheiro responsável
LINHA 4	C2	falta de uma janela de inspeção de graute	janela de inspeção deve ser cortada com serra de corte	assinatura do engenheiro responsável
LINHA 5	D1	falta de janela de inspeção de graute	janelas de inspeção devem ser cortadas com serra de corte	assinatura do engenheiro responsável

Quadro 7: critérios de análise, exemplo de preenchimento da página 3 da FVS

Para não haver distorções na determinação dos problemas recorrentes, cada ocorrência da planilha de levantamento de dados representa que naquela parede detectou-se pelo menos um erro daquela categoria. Sempre que o mesmo erro foi anotado, mais de uma vez para a mesma parede, na mesma elevação ou em mais de uma elevação, foi considerado como apenas um evento.

Para o correto preenchimento da planilha, é necessário que o vistoriador compareça pelo menos uma vez em cada etapa de elevação das paredes. No entanto, nem todas as fichas foram preenchidas seguindo este critério.

A grande quantidade de frentes de trabalho e a sequência pouco definida da execução das elevações foram elementos que dificultaram o acompanhamento dos serviços. Alguns assentadores elevavam um trecho de parede até a segunda elevação para depois iniciar a primeira elevação de outro trecho. Outra situação foi quando, mesmo antes do término da marcação do andar, os assentadores iniciaram o processo de elevação dos trechos de marcação concluídos.

Quando não conseguiam comparecer em alguma etapa, os avaliadores realizavam a verificação da etapa atual e das já concluídas, anotando as suas ocorrências na elevação em

que o trecho se encontrava ou distribuíam entre as elevações, conforme o local onde elas ocorriam. Por exemplo, o vistoriador D que verifica a parede 01A, quando estava na segunda elevação, sem tê-la verificado na marcação e na primeira elevação. Ao detectar um desvio de esquadro na terceira fiada (primeira elevação), anotou o erro no campo da segunda elevação, pois considerou que este campo refere-se à etapa em que ele comparece e não propriamente o local em que ocorreu o erro (quadro 8). Já o vistoriador E, ao confrontar a mesma situação na parede 01B, anota a falha no campo da primeira elevação, pois considera que os campos representam o local onde os erros ocorreram (quadro 8).

	COLUNA 1	COLUNA 2	COLUNA 3	COLUNA 4	COLUNA 5	COLUNA 6	COLUNA 7
LINHA 1	BLOCO X PAVIMENTO Y	MARCAÇÃO		1 <input type="checkbox"/> ELEVAÇÃO		2 <input type="checkbox"/> ELEVAÇÃO	
LINHA 2		L (liberado)	R (reprovado)	L (liberado)	R (reprovado)	L (liberado)	R (reprovado)
LINHA 3	P. 01 A	D		D			D1
LINHA 4	P. 01 B	E			E1	E	
LINHA 5	P. 02	D		D		D	
LINHA 6	(D) = NOME DO VISTORIADOR 1						
LINHA 7	(E) = NOME DO VISTORIADOR 2						

Quadro 8: critérios de análise, exemplo de preenchimento da página 2 da FVS

A falta de acompanhamento pode ser percebida nas fichas de verificação quando em uma fase da elevação não é detectada nenhuma falha e na subsequente anotam-se várias ocorrências. Há a possibilidade de não ter ocorrido nenhum erro nas etapas anteriores, porém, pela quantidade de fichas com aquelas características e pela conversa com os vistoriadores, houve dificuldade no acompanhamento do serviço. Para a obtenção de dados confiáveis, desconsiderou-se a separação por etapas de elevação, realizando um somatório de todas as ocorrências anotadas por parede, independentemente da etapa em que ocorreram.

5.1.2 Identificação dos problemas recorrentes

O estudo quantitativo das fichas mostra que há predominância de alguns erros, como pode ser visualizado na figura 31.

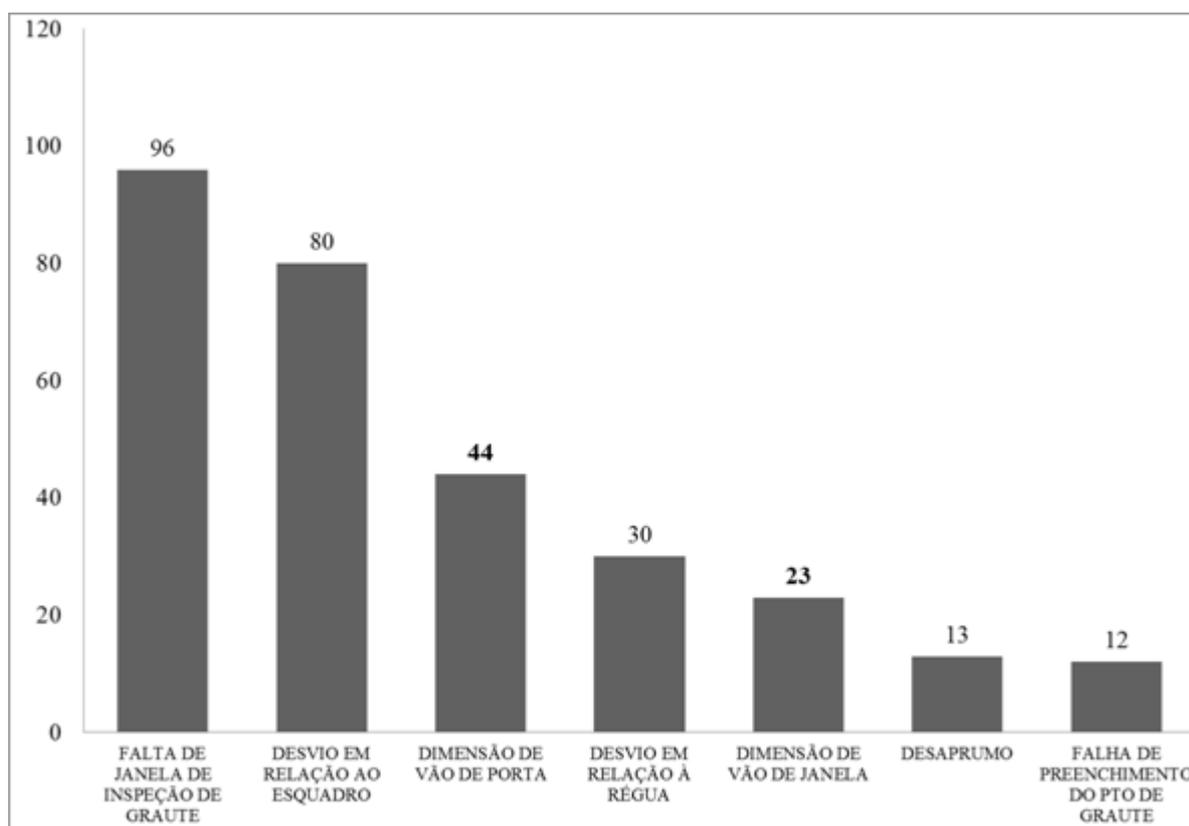


Figura 31: problemas levantados nas FVS

Nas FVS, os itens dimensão de vão de porta e dimensão de vão de janela são abordados separadamente, pois as janelas só são executadas na segunda fiada. Por serem semelhantes, optou-se por unir esses dois itens, no item <dimensão de vãos>, possibilitando uma nova abordagem, conforme apresentado na figura 32. Nota-se que há a predominância dos erros de desvio em relação ao esquadro, falta de janelas e inspeção de graute e dimensão de vãos.

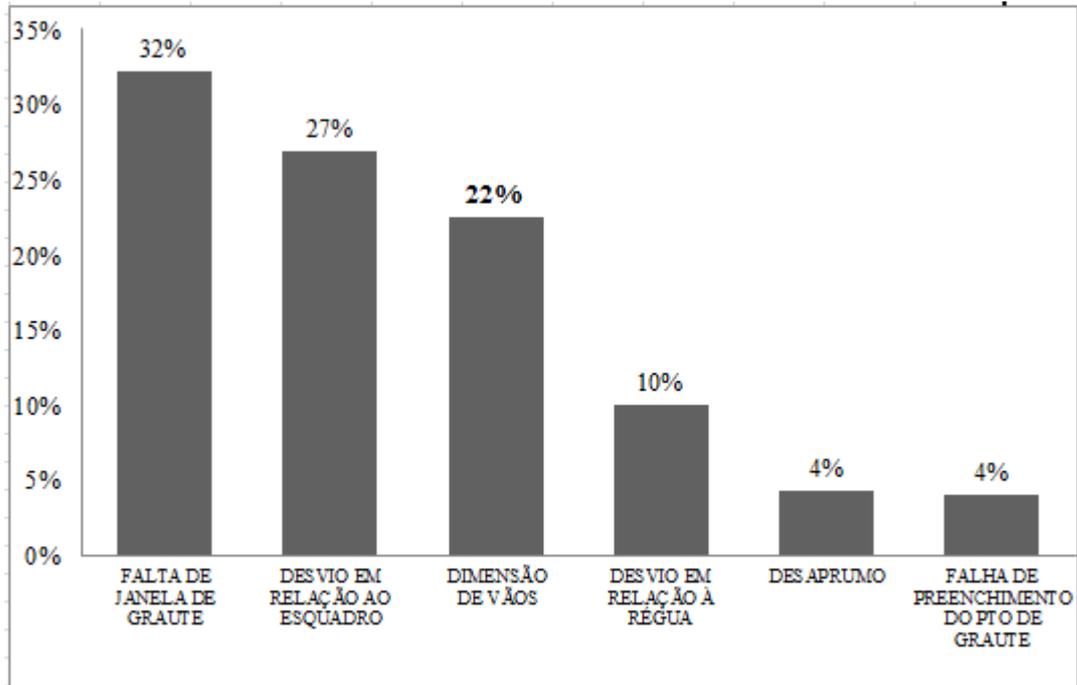


Figura 32: problemas detectados nas FVS, em percentuais, com ajuste de dimensão de vãos

Dos erros detectados apenas os de dimensão de vãos não geram problemas para as propriedades estruturais. Realiza-se um novo arranjo, separando os erros de dimensão de vãos no grupo <sem nenhum comprometimento estrutural> e os demais no grupo <com alguma possibilidade de comprometimento estrutural>. Assim cria-se o gráfico apresentado na figura 33. Percebe-se que há predominância de erros com risco de comprometimento para a resistência da estrutura.

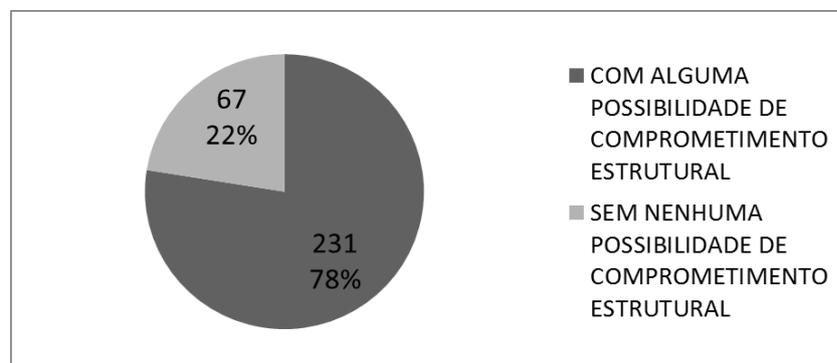


Figura 33: problemas detectados nas FVS com risco de comprometimento estrutural

5.2 ENTREVISTAS

Com as informações obtidas no item anterior, realizou-se uma entrevista estruturada para aplicar nos assentadores de blocos. Este modelo foi escolhido, pois o tempo para realização da entrevista era escasso e estava restrito ao horário de entrada e saída das obras e intervalo para o almoço.

Como a maior parte das perguntas apresenta resposta sim ou não, é importante ressaltar que ficou a critério do entrevistador interpretar se a resposta do entrevistado correspondia a uma positiva ou negativa. Muitas vezes o entrevistado tinha dificuldades de compreensão da pergunta, e situações hipotéticas eram criadas para que as respostas correspondessem à intenção da pergunta.

Para que se obtivessem dados confiáveis, foram selecionados para a entrevista, somente profissionais que trabalharam na obra analisada. O proprietário da empreiteira colaborou fornecendo a localização dos assentadores, que ainda eram seus funcionários, conseguindo-se contatar 13 assentadores de blocos e o encarregado de obras. Nos tópicos a seguir serão apresentados os resultados das entrevistas com os assentadores de blocos e com o encarregado de obras.

5.2.1 Entrevistas com os assentadores de blocos

Para a identificação de causas para os problemas mais comuns realizou-se entrevistas com os assentadores de blocos. Formularam-se quatro grupos de perguntas, sendo o primeiro referente a questões gerais e os outros três, de questões que abordavam problemas de esquadro, falta de janelas de inspeção de graute e dimensão de vãos. Foram eleitas essas três categorias de problemas por representarem o montante de 81 % dos problemas detectados. Nos itens a seguir, serão apresentados os resultados das entrevistas por grupos.

5.2.1.1 Perguntas gerais

Para a abordagem das questões que são significativas para todos os problemas detectados, realizou-se este grupo de perguntas. No quadro a seguir são apresentadas as perguntas e os resultados, com sua importância em quantitativos e em percentuais.

PERGUNTAS GERAIS				
		SIM	NÃO	
pergunta 1	Sabe o que é um projeto de paginação?	11 (85%)	2 (15%)	
pergunta 2	Teve acesso aos projetos de elevação?	8 (62%)	5 (38%)	
pergunta 3	Sabe o que é um projeto de marcação?	12 (92%)	1 (8%)	
pergunta 4	Teve acesso aos projetos de marcação?	12 (92%)	1 (8%)	
		MESTRE	ENCARREGADO	
pergunta 5	Quando tinha dúvidas a quem recorria?	1 (8%)	12 (92%)	
		SIM	NÃO	
pergunta 6	Você teve orientação para a distribuição das tarefas?	12 (92%)	1 (8%)	
pergunta 7	Você realizava ajustes de paginação por conta própria?	9 (69%)	4 (31%)	
		SENAI	EMPREITEIRA	NENHUM
pergunta 8	Recebeu algum tipo de treinamento formal? Onde?	1 (8%)	1 (8%)	11 (84%)
		SIM	NÃO	
pergunta 9	Você considera os prazos para execução adequados?	4 (31%)	9 (69%)	

continua

continuação

PERGUNTAS GERAIS					
		ATÉ 6 MESES	6 MESES A 1 ANO	1 A 3 ANOS	MAIS DE 3 ANOS
pergunta 10	A quanto tempo você trabalha na empreiteira?	6 (46%)	1 (8%)	2 (15%)	4 (31%)
pergunta 11	A quanto tempo você é assentador de blocos estruturais?	4 (31%)		3 (23%)	6 (46%)

Quadro 9: resultados das perguntas do grupo geral

Percebe-se nos resultados das perguntas 1 a 4 (quadro 9) que pelo menos 85% dos trabalhadores sabia o que são os projetos de marcação e de paginação. Grande parte dos questionados tiveram acesso aos projetos de marcação, porém um número considerável não teve acesso aos mesmo, conforme é apresentado na figura 34.

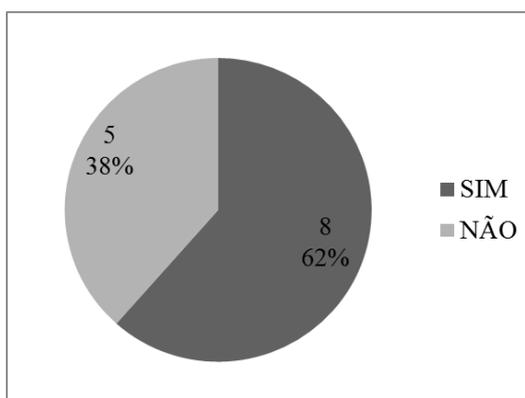


Figura 34: acesso aos projetos de paginação (pergunta 2)

Nas perguntas cinco a sete do quadro 9, observa-se que 92% assentadores de blocos recorriam diretamente ao encarregado quando tinham alguma dúvida e a mesma percentagem recebeu orientação para a distribuição do trabalho. Todavia, nem sempre buscavam auxílio quando se deparavam com uma situação que necessitasse de ajustes da paginação (figura 35).

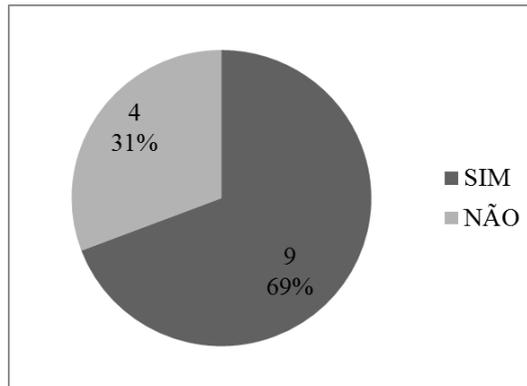


Figura 35: realização de ajustes de paginação por conta própria (pergunta 7)

Ao se questionar quanto ao recebimento de treinamento formal destes trabalhadores, somente 16% responderam a questão de maneira afirmativa. Na figura 36 visualiza-se a importância do número de trabalhadores que não receberam nenhum tipo de treinamento formal.

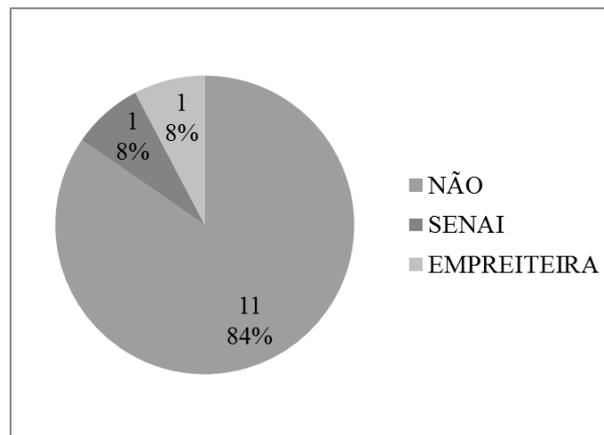


Figura 36: recebimento de treinamento formal (pergunta 8)

A figura 37 demonstra que nem todos os assentadores consideram os prazos para a execução dos serviços adequados à qualidade esperada. Cinco dos nove que consideram os prazos como não adequados alegaram que com frequência ocorreram encurtamentos dos prazos devido à falta de material ou de condições climáticas favoráveis.

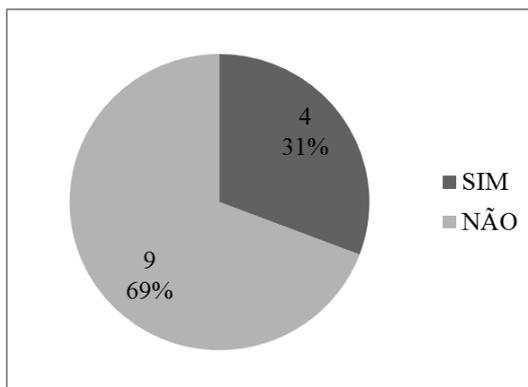


Figura 37: coerência dos prazos de execução (pergunta 9)

Nos resultados das perguntas 10 e 11 (quadro 9) nota-se que quase metade dos assentadores é funcionário da empreiteira a menos de seis meses. Dos 13 entrevistados, 31% afirmaram ter menos de meio ano de experiência como assentadores de blocos estruturais.

5.2.1.2 Perguntas referentes ao esquadro

Para identificação das causas para os erros de esquadro, realizaram-se quatro perguntas. No quadro 9 são apresentadas as perguntas juntamente com seus resultados e percentuais.

ESQUADRO				
		SIM	NÃO	
pergunta 12	Sabe das implicações dos erros de esquadro?	9 (69%)	4 (31%)	
		SIM, EXCLUSIVO	SIM, DIVIDIA COM DOIS	SIM, DIVIDIA COM TRÊS
pergunta 13	Você tinha um esquadro? Dividia com quantos colegas?	8 (62%)	3 (23%)	2 (15%)
		SIM	NÃO	
pergunta 14	Conferia esquadro em todas elevações?	1 (8%)	12 (92%)	
pergunta 15	Tem conhecimento da tolerância de erro?	2 (15%)	11 (85%)	

Quadro 10: resultados das perguntas do grupo do esquadro

Questionaram-se os profissionais sobre a importância do esquadro na pergunta 12 (quadro 10), com o intuito de saber se estavam cientes de que os desvios de esquadro comprometem os arremates, a quantidade de revestimento utilizado e também a resistência estrutural. O estudo demonstrou que 31% dos assentadores não tinham conhecimento da importância desses itens, conforme ilustrado na figura 38.

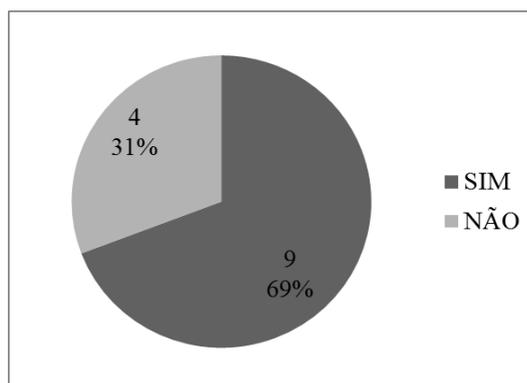


Figura 38: conhecimento da importância do esquadro (pergunta 12)

Uma das causas de comprometimento da qualidade do serviço é o uso coletivo das ferramentas. A figura 39 demonstra que 38 % dos assentadores não possuíam a ferramenta de uso exclusivo.

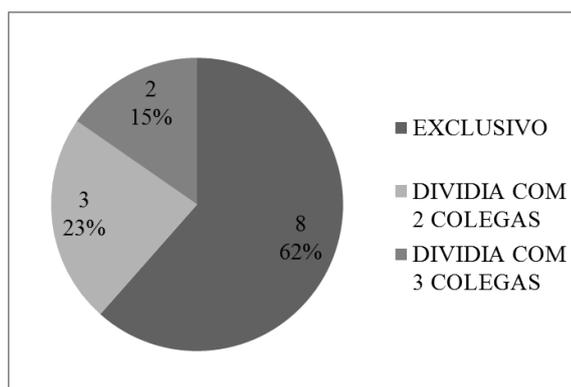


Figura 39: referente à posse do esquadro (pergunta 13)

Como a obra não utilizou escantilhões, para garantir que toda a parede estivesse no esquadro era necessário conferi-lo em todas as elevações. No entanto, no resultado da pergunta 14 (quadro 10), 92 % dos entrevistados afirmaram que não conferiam o esquadro em todas as elevações.

Para a execução do serviço de acordo com os padrões de qualidade exigidos pela Empresa, é necessário que o profissional tenha conhecimento do limite de erro tolerado. Os entrevistados foram questionados sobre qual o erro máximo de esquadro que admitiam. Sempre que o erro indicado era menor do que o exigido pela Empresa se considerou que o assentador conhecia o limite. Na resposta da pergunta 15 (quadro 10), verifica-se que mais de dois terços dos entrevistados não tinham conhecimento da tolerância de erro da Construtora.

5.2.1.3 Perguntas referente as janelas de inspeção de graute

Neste grupo foram realizadas perguntas visando identificar os motivos da falta das janelas de inspeção de graute. No quadro 11, apresentar-se-ão as perguntas e os resultados obtidos.

JANELAS DE INSPEÇÃO DE GRAUTE			
		SIM	NÃO
pergunta 16	Sabe das implicações da não colocação das janelas de graute?	4 (31%)	9 (69%)
pergunta 17	Teve orientação para abertura das janelas?	7 (54%)	6 (46%)
		EU	
pergunta 18	Quem cortava os blocos?	13 (100%)	
		SIM	NÃO
pergunta 19	Cortava os blocos com máquina de corte?	1 (8%)	12 (92%)
pergunta 20	Tinha máquina de corte disponível no andar?		13 (100%)

Quadro 11: resultados das perguntas do grupo das janelas de inspeção de graute

O estudo mostra que 69 % dos assentadores não tinham conhecimento da serventia das janelas de inspeção de graute ou dos sérios comprometimentos estruturais gerados pela falta de limpeza destas (figura 40).

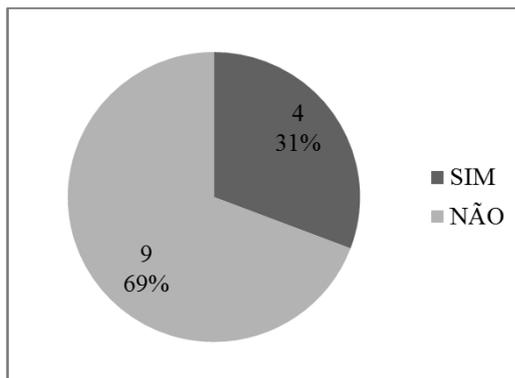


Figura 40: conhecimento do limite de erro do esquadro (pergunta 16)

O projeto de paginação utilizado na execução das torres não contemplava a posição e a quantidade das janelas de inspeção de graute. Estas informações deveriam ser prestadas aos assentadores por seu encarregado. A figura 41 mostra que 46 % dos entrevistados não tiveram esta orientação.

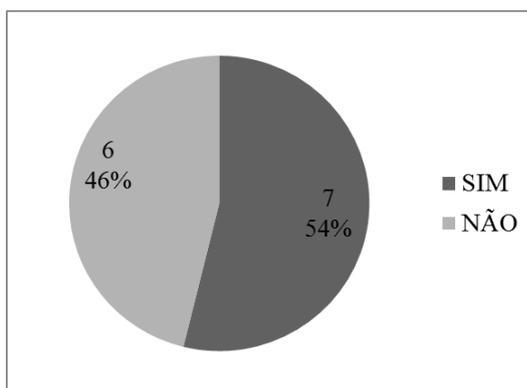


Figura 41: recebimento da informação do posicionamento das janelas de inspeção de graute (pergunta 17)

Não foram utilizados blocos especiais para as janelas de inspeção de graute, o que gerou a necessidade de corte em obra. Todos os assentadores cortavam os blocos que utilizavam para esta finalidade e 92 % alegaram cortar manualmente com talhadeira ou colher, conforme apresentado nos resultados das perguntas 18 e 19 no quadro 11.

O corte com máquina de disco diamantado, além de mais rápido e não comprometer a estrutura do bloco gera menos sujeira e desperdício. No entanto, todos os entrevistados alegaram não ter máquina de corte nas proximidades (quadro 11).

5.2.1.4 Perguntas referentes à dimensão de vãos

Neste grupo são apresentados os resultados obtidos nas perguntas realizadas para identificação das causas dos erros de dimensão de vãos. Os resultados obtidos da entrevista com os assentadores de blocos são apresentados no quadro 12.

DIMENSÃO DE VÃOS			
		SIM	NÃO
pergunta 21	Sabe da importância do erro neste item?	13 (100%)	
		SIM, EXCLUSIVO	NÃO
pergunta 22	Tinha trena?	13 (100%)	
		SIM	NÃO
pergunta 23	Conferia esquadro do vão?	2 (15%)	11 (85%)
pergunta 24	Escorava os taipás de madeira das janelas?	9 (69%)	4 (31%)
pergunta 25	Tem conhecimento da tolerância de erro?	8 (62%)	5 (38%)

Quadro 12: resultados das perguntas do grupo das dimensões de vãos

Na pergunta 21 buscou-se saber se os entrevistados tinham conhecimento de que o erro nas dimensões dos vãos geram complicações para a instalação das aberturas, com necessidade de quebras, no caso de vãos menores, ou de enchimentos, no caso de vãos maiores. Todos os assentadores mostraram conhecer estas complicações, conforme apresentado no resultado da pergunta 22 no quadro 12.

O desvio do vão em relação ao esquadro é uma das causas dos problemas gerados na hora de instalar as portas e as janelas. Como a obra estudada não fazia uso de gabaritos de aberturas, era imprescindível que se verificasse o esquadro dos vãos, entretanto, ao serem questionados na pergunta 23 (quadro 12), todos os assentadores afirmaram não terem conferido.

Um procedimento que se torna necessário, na inexistência de gabaritos para os vãos, é o uso de escoramentos. Nos vãos de portas este escoramento não era necessário, pois utilizavam-se

vergas pré-moldadas de concreto. Nos vãos de janelas era necessário o escoramento dos blocos calha da última fiada com um taipá de madeira apoiado por uma escora contraventada. Quando não escorados, os blocos calha ficam apoiados somente pelo taipá de madeira cunhado nos cantos o que pode gerar deformação do elemento quando as calhas são grauteadas. Na figura 42 percebe-se que 31 % dos questionados afirmaram não escorar os vãos das janelas.

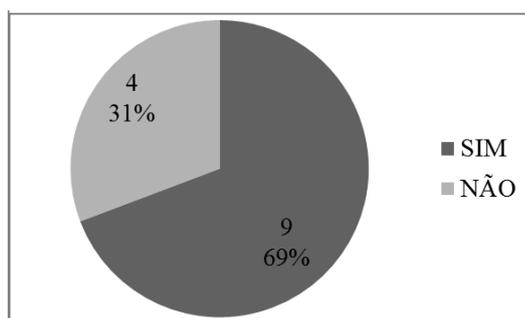


Figura 42: escoramento dos taipás de madeira nos vãos de abertura das janelas (pergunta 24)

Para a execução dos serviços conforme os critérios exigidos, é importante que o trabalhador conheça os limites de tolerância de erro. Sempre que os entrevistados afirmaram que o erro que consideravam como máximo era menor ou igual a 10 mm maior que a dimensão estipulada em projeto, considerou-se que tinha o conhecimento dos limites de tolerância. Mais de um terço dos assentadores não conhecem os limites de erro aceitados pela Empresa, como é ilustrado na figura 43.

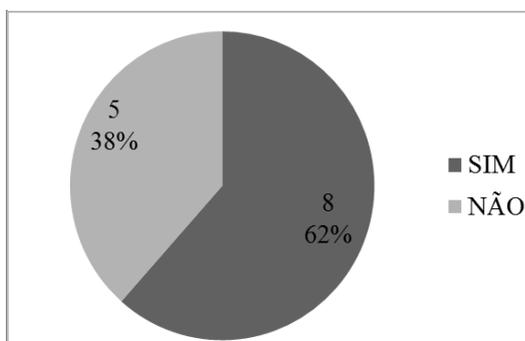


Figura 43: conhecimento do limite de erro nas dimensões dos vãos (pergunta 25)

5.2.2 Entrevista com o encarregado de obras

Como se verificou que 12 dos 13 entrevistados recorriam diretamente ao encarregado de obras quando tinham dúvidas, aplicou-se a mesma entrevista estruturada aos assentadores ao encarregado. Não foram consideradas nesta entrevista as perguntas 18 a 20 e a pergunta 24, por não serem compatíveis com as atividades exercidas pelo profissional.

O encarregado atuou na obra como um representante residente da empreiteira. Suas atividades englobavam o controle dos prazos de execução acertados com a engenharia, garantia da qualidade dos serviços, composição das equipes de trabalho, apontador e quaisquer outras atividades necessárias para o andamento da obra que necessitassem de um contato direto com a mão de obra. No quadro 13 são apresentados os resultados desta entrevista comparados com os resultados das entrevistas com os assentadores.

GERAIS			
		encarregado	assentadores
pergunta 1	Sabe o que é um projeto de paginação?	sim	85% sim
pergunta 2	Teve acesso aos projetos de elevação?	sim	62% sim
pergunta 3	Sabe o que é um projeto de marcação?	sim	92% sim
pergunta 4	Teve acesso aos projetos de marcação?	sim	92% sim
Pergunta 5	Quando tinha dúvidas a quem recorria?	mestre	92% encarregado
pergunta 6	<u>Você teve orientação para a distribuição das tarefas?</u>	não	8% não
pergunta 7	Você realizava ajustes de paginação por conta própria?	sim	69% sim
pergunta 8	<u>Recebeu algum tipo de treinamento formal? Onde?</u>	outra construtora	84% não
pergunta 9	Você considera os prazos para execução adequados?	não	69% não

continua

continuação

GERAIS			
pergunta 10	<u>A quanto tempo você trabalha na empreiteira?</u>	<u>20 anos</u>	<u>31% mais de 3 anos</u>
pergunta 11	<u>A quanto tempo você é encarregado/ assentador?</u>	<u>15 anos</u>	<u>46% mais de 3 anos</u>
ESQUADRO			
		encarregado	Assentadores
pergunta 12	Sabe das implicações dos erros de esquadro?	sim	69% sim
pergunta 13	Você tinha um esquadro? Dividia com quantos colegas?	exclusivo	62% exclusivo
pergunta 14	Conferia esquadro em todas elevações?	não	92% não
pergunta 15	Tem conhecimento da tolerância de erro?	não	85% não
JANELAS DE INSPEÇÃO DE GRAUTE			
		encarregado	Assentadores
pergunta 16	Sabe das implicações da não colocação das janelas de graute?	não	69% não
pergunta 17	Teve orientação para abertura das janelas?	sim	54% sim
DIMENSÃO DE VÃOS			
		encarregado	Assentadores
pergunta 21	Sabe da importância do erro neste item?	sim	100% sim
pergunta 22	Tinha trena?	sim	100% sim
pergunta 23	Conferia esquadro do vão?	não	85% não
pergunta 25	Tem conhecimento da tolerância de erro?	sim	62% sim

Quadro 13: resultados da entrevista com o encarregado

Percebe-se que nos resultados das perguntas que há uma relação direta entre o conhecimento do encarregado de obras e o dos assentadores, mostrando que o encarregado possui as mesmas deficiências de conhecimento técnico que os assentadores. Na quadro 13 foram destacadas as perguntas em que não houve esta relação.

No resultado da pergunta 6 (quadro 13), o encarregado afirma que não teve orientação para distribuição das tarefas por parte da engenharia. Porém, 92% dos assentadores receberam esta orientação do encarregado, o que faz concluir que houve falha da construtora neste quesito.

Quando questionado sobre treinamento, na pergunta 8 (quadro 13), o encarregado afirmou tê-lo recebido por outra construtora. Entretanto, 84% dos assentadores não recebeu nenhum tipo de treinamento formal.

Como cada construtora possui uma maneira particular de desenvolver o seu trabalho, é possível que a não familiarização do encarregado com a técnica exigida explica-se por essas divergências ou pelo treinamento insuficiente. Todavia, o fato de o encarregado estar a 20 anos nesta empreiteira (resultado da pergunta 10, quadro 13) e que recebeu seu treinamento antes disso, pode significar que seu conhecimento esteja desatualizado ou que já não tenha mais lembrança.

Além disso, o resultado da pergunta 11 (quadro 13) demonstra que o encarregado possui vasta experiência na área. Todavia, isso não foi suficiente para fornecer o conhecimento técnico necessário, ressaltando a necessidade de treinamento deste profissional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou a identificação de causas para as principais falhas de execução da estrutura de alvenaria estrutural de um grupo de 4 edificações, que se baseou no estudo das fichas de controle de qualidade e de entrevistas com colaboradores.

No levantamento de dados das fichas verificou-se que os problemas de esquadro, falta de janelas de inspeção de graute e de erros de dimensão de vãos representavam 81% dos problemas detectados. Com estes dados foi elaborada uma entrevista direcionada para ser aplicada aos assentadores e ao encarregado de obras.

Nos resultados destas entrevistas, é percebido que o treinamento da mão de obra contribuiria para evitar os problemas recorrentes. Os procedimentos e limites de tolerância poderiam ser passados para os trabalhadores por um curso formal fornecido pela construtora ou pela empreiteira.

Numa comparação entre as respostas do encarregado de obras e as dos assentadores percebe-se que as mesmas falhas de conhecimento do encarregado foram verificadas em mais da metade dos assentadores. Isso mostra que há uma relação de informação entre ambos. Com isso, deduz-se que o treinamento do encarregado é de suma importância para sanar as deficiências de conhecimento de toda a equipe de assentadores.

Nas respostas do questionário aplicado, constatou-se que o encarregado de obras não recebeu orientações sobre a execução dos serviços. No entanto, é muito importante a organização da produção com o intuito de possibilitar o seu acompanhamento e a aplicação do procedimento de conferência no intervalo entre todas as elevações, conforme exigido pela FVS.

Desta forma, a equipe de engenharia poderia agendar reuniões periódicas em que combinaria com o encarregado o planejamento das tarefas e o posicionamento das equipes de assentadores, facilitando o acompanhamento dos vistoriadores.

Além disso, o compartilhamento das ferramentas pode ter contribuído para que o assentador não conferisse o seu serviço, ou executasse incorretamente. Em razão disso, é recomendável que os profissionais possuam ferramentas de uso exclusivo, sempre que possível.

Já a falta das janelas de inspeção de graute é preocupante do ponto de vista estrutural. O projeto de paginação não contempla estes itens. Sendo assim, a informação de seu posicionamento e quantidade era transmitida oralmente para os assentadores pelo encarregado.

Seria interessante constar essas janelas no projeto de paginação, o que permitiria a todos o conhecimento dessa informação. Para isso a construtora deveria, também, garantir o acesso ao projeto a todos os assentadores, tendo em vista que no resultado das entrevistas 38% alegaram que não tiveram acesso.

Outro motivador para a não instalação das janelas foi o corte manual dos blocos pelos assentadores para confecção das janelas de graute, já que a sua remuneração era proporcional à sua produção em metros quadrados e isso geraria atrasos, além de desperdício, sujeira e comprometimento do elemento estrutural. O fornecimento de máquinas de corte elétricas agilizaria o corte, gerando menos incômodo para o assentador. Outra medida seria delegar a um ajudante esta tarefa, no próprio andar ou em uma central de corte no canteiro de obras.

Na prevenção dos erros de esquadro, o uso de escantilhões nos encontros de paredes, ao invés dos castelos, eliminaria a necessidade de que o profissional conferisse em todas as elevações o esquadro. Esta medida reduziria as falhas, todavia, não isentaria a equipe da engenharia de vistoriar os serviços.

O uso de gabaritos de aberturas poderia prevenir os erros de dimensão de vãos, pois bastaria que o profissional calibrasse a dimensão e o travasse. Uma vez calibrado e instalado, o equipamento marca o esquadro e a extensão do vão, tirando do assentador a responsabilidade de conferir esses itens enquanto o executa. Ajudaria, também, eliminando a necessidade do uso dos taipás de madeira com escora nas janelas e das vergas pré-moldadas de concreto nas portas, que são elementos de confecção e instalação trabalhosos. Mesmo com os gabaritos é importante a conferência pela equipe de vistoriadores da construtora.

Portanto, nota-se que os grandes responsáveis pelas falhas averiguadas são a falta de treinamento dos funcionários da empreiteira e a falta de equipamentos. Estes fatores contribuíram para todos os principais problemas. Isso demonstra a necessidade de investimento na qualificação profissional da equipe e na compra de equipamentos como

escantilhões e gabaritos de abertura, além da cobrança da construtora à empreiteira para o fornecimento de ferramentas de uso individual aos assentadores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: PW Gráficos e Editores Associados Ltda., 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: componentes cerâmicos – parte 2: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 15270-3**: componentes cerâmicos – parte 3: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 15812-2**: alvenaria estrutural – blocos cerâmicos – parte 2: execução e controle de obras, Rio de Janeiro, 2010a.

_____. **PROJETO 02:138.15-001**: coordenação modular para edificações, Rio de Janeiro, 2010b.

CERÂMICA CINCERA. Bloco estrutural: cintas de amarração. Disponível em: <<http://www.cincera.com.br/v3/produtos.php?id=11>>. Acesso em 22 de nov. 2010.

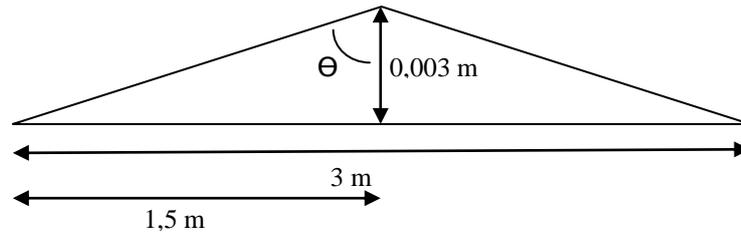
COELHO, R. S. A. Alvenaria estrutural. São Luís: Editora da UEMA, 1998

PRUDÊNCIO JUNIOR, R. P.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

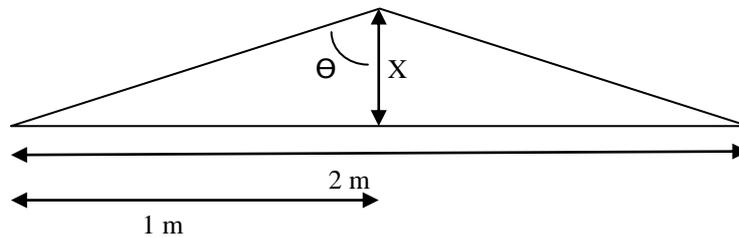
ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

**APÊNDICE A – CÁLCULO PARA COMPARAÇÃO DOS LIMITES DE
PRUMO, PLANICIDADE E ALINHAMENTO DA CONSTRUTORA
COM OS DETERMINADOS NA NBR 5182-2**



$$\theta = \text{tg}^{-1}(1,5/0,005)$$

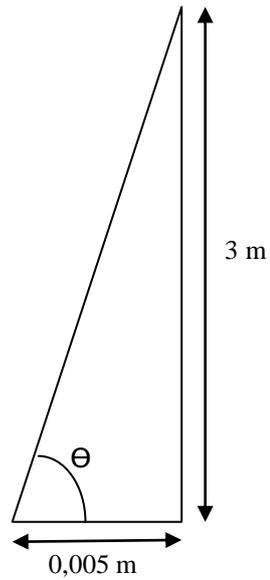
$$\theta = 89,81^\circ$$



$$X = 1/\text{tg } 89,81^\circ$$

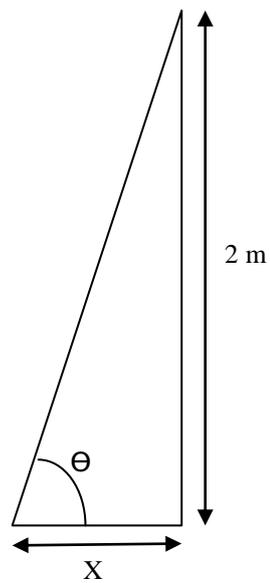
$$X = 0,003333 \text{ m}$$

Com isso conclui-se que o limite de desvio para o alinhamento e a planicidade da Norma, para uma régua de 2 m, é de 3,333 mm.



$$\theta = \text{tg}^{-1}(3/0,005)$$

$$\theta = 89,90^\circ$$



$$X = 2/\text{tg } 89,90^\circ$$

$$X = 0,003333 \text{ m}$$

Com isso, conclui-se que o limite de desvio da Norma em relação ao prumo, para um prumo com corda de 2 m, é de 3,333 mm.

**ANEXO A – MODELO DA FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS
DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

		FVS - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS		PÁGINA: 1
		Alvenaria Estrutural		OBRA:
ITENS DE INSPEÇÃO	TOLERÂNCIA ADMISSÍVEL			FREQUÊNCIA: a cada etapa do pavimento concluída
				CONDIÇÕES PARA INÍCIO: Verificação da necessidade de reparos nas peças estruturais
OBSERVAÇÕES				
MARCAÇÃO				
01 - Locação	2mm	Trena		Conferir a transferência de eixos
02 - Alinhamento	2mm	Régua Alumínio		Avaliar alinhamento da 1ª fiada das paredes com régua encostadas na lateral dos blocos
03 - Nivelamento	bolha entre linhas	Régua de bolha		Utilizar nível de bolha sobre a 1ª fiada
04 - Esquadro	<ou= 2mm na ponta maior lado	Esquadro de alumínio 60 x 80 x 100 cm		
05 - Vão das portas	< ou = 10 mm	Trena		
06 - Armação	-	-		Verificar locação e bitolas dos pontos de arranque
1A. ELEVAÇÃO				
01 - Nivelamento	< ou = 5 mm / 2m	Régua de bolha		Verificar com elevação a meia altura
02 - Prumo	< ou = 3mm / 2m paredes e 5mm/2m para vãos	Prumo de face		Verificar com elevação a meia altura
03 - Planicidade	Flecha < ou = 3mm centro da régua	Régua alumínio		Verificar com elevação a meia altura
04 - Esquadro	<ou= 2mm na ponta maior lado	Esquadro de alumínio 60 x 80 x 100 cm		
05 - Vão das portas	< ou = 10 mm	Trena		
06 - Armação	-	-		Verificar se toda a armação das vergas e contravergas e verificar continuidade da barra do pára-raio
07 - Grauteamento	-	-		Verificar visualmente a limpeza e preenchimento de graute em cada ponto vertical e horizontal
08 - Aspecto visual	-	Visual		Verificar a ausência de juntas secas e o acabamento das janelas de inspeção (pontos de grauteamento)
2A. ELEVAÇÃO				
01 - Nivelamento	< ou = 5 mm / 2m	Régua de bolha		Verificar com elevação na altura final
02 - Prumo	< ou = 3mm / 2m paredes e 5mm/2m para vãos	Prumo de face		Verificar com elevação na altura final
03 - Planicidade	Flecha < ou = 3mm centro da régua	Régua alumínio		Verificar com elevação na altura final
04 - Esquadro	<ou= 2mm na ponta maior lado	Esquadro de alumínio 60 x 80 x 100 cm		
05 - Vão das janelas	< ou = 10 mm	Trena e Esquadro de alumínio 60 x 80 x 100 cm		
06 - Armação	-	-		Verificar se toda a armação das vergas e contravergas e verificar continuidade da barra do pára-raio
07 - Grauteamento	-	-		Verificar visualmente a limpeza e preenchimento de graute em cada ponto vertical e horizontal
08 - Aspecto visual	-	Visual		Verificar a ausência de juntas secas e o acabamento das janelas de inspeção (pontos de grauteamento)

		FVS - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS						PÁGINA: 2					
		Alvenaria Estrutural						OBRA:					
LOCAL (PAREDE)	MARCAÇÃO		1a. ELEVAÇÃO		2a. ELEVAÇÃO		LOCAL (PAREDE)	MARCAÇÃO		1a. ELEVAÇÃO		2a. ELEVAÇÃO	
	L	R	L	R	L	R		L	R	L	R	L	R
1A							11A						
1B							11B						
2							12						
3A							13A						
3B							13B						
4A							14A						
4B							14B						
5A							15A						
5B							15B						
6A							16						
6B							17						
8A							18						
8B							19						
7A							20A						
7B							20B						
9A							21A						
9B							21B						
10A							22A						
10B							22B						
							23						
							24A						
							24B						

LEGENDA: **L** Liberado (Identificação do Responsável pela verificação)

A _____

B _____

C _____

R Reprovado (Numerar e registrar na folha 03)
Após reinspeção identificar o campo L com a letra do responsável pela mesma

Data de Abertura: _____

Data de fechamento: _____

Engenheiro de Obras: _____

