

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

Paula Juliana Silva da Silva

**ALVENARIA ESTRUTURAL E PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS:
ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS**

Porto Alegre
dezembro 2011

PAULA JULIANA SILVA DA SILVA

**ALVENARIA ESTRUTURAL E PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS:
ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS**

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

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
dezembro 2011

PAULA JULIANA SILVA DA SILVA

**ALVENARIA ESTRUTURAL E PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS:
ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS**

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, 06 de dezembro de 2011

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

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Cristiane Sardim Padilla de Oliveira (
MSc. pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a meus pais, Fernando e Sonia, meus irmãos, Paulo e Bruno, e ao Ben-Hur, por terem sido motivadores desta conquista. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, professor Ruy Cremonini, pela disponibilidade e atenção dispensadas neste trabalho. O prof. Ruy, com seu entusiasmo nas aulas, motivou ainda mais meu interesse na construção civil. Meu agradecimento pelos conhecimentos compartilhados, pela dedicação e pelos puxões de orelha.

Agradeço à professora Carin Maria Schmitt por nos orientar nesta difícil etapa com uma dedicação inigualável e profissionalismo exemplar.

Agradeço ao Ben-Hur, meu namorado, o qual tive a felicidade de conhecer no início do curso de graduação e tem sido meu grande companheiro nesta jornada, me incentivando a seguir em frente rumo a esta conquista.

Agradeço a meus pais, Sônia Regina e José Fernando, pelo esforço que tiveram em me proporcionar uma boa educação e principalmente por terem transmitido valores morais importantes para minha vida profissional e social.

Aos meus irmãos, Paulo Vitor e Bruno Vinícius, pelo carinho e por compreenderem minha ausência.

Agradeço a toda minha família, em especial à vó Zoraida, pela dedicação. Tenho certeza que minha conquista será motivo de orgulho e alegria de todos.

Agradeço a todos amigos que conheci durante o curso por tornarem esta jornada mais feliz e divertida, especialmente à Bruna, Rafael e Mariana, que foram os que mais me aturaram.

Agradeço aos colegas de empresa que me ajudaram nesta etapa, principalmente Carla, Wagner e Jerônimo, por terem colaborado com informações importantes para a elaboração deste trabalho, e à engenheira Rosana Notare, pela compreensão nesta etapa final, na qual precisei dedicar grande parte do tempo para a conclusão da graduação.

Agradeço a Deus pelas pessoas que fazem parte de minha vida e por tornar tudo isto possível.

A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

RESUMO

Diante do notável aquecimento do mercado da construção civil, as construtoras vêm buscando alternativas de sistemas construtivos que ofereçam menores custos e maior velocidade de execução. Entre os sistemas disponíveis estão a alvenaria estrutural, que já vem sendo largamente utilizada na construção de edificações de diferentes portes, e os painéis pré-moldados de concreto, que estão sendo cada vez mais empregados em edificações residenciais no segmento econômico. Ambos os sistemas apresentam vantagens como racionalização, menores prazos de execução e redução de custos em comparação com estruturas convencionais. Neste trabalho, realizou-se uma comparação entre esses dois sistemas racionalizados, através de uma pesquisa de campo, na qual foram acompanhadas as execuções de dois empreendimentos residenciais, na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, sendo um deles em alvenaria estrutural e, o outro, em painéis pré-moldados de concreto. Nesta pesquisa, foram obtidos os prazos de execução da estrutura, revestimentos internos e externos em ambos os sistemas. Foi observado que, em todos serviços avaliados, os painéis pré-moldados apresentaram menores prazos de execução que a alvenaria estrutural. Também foram obtidos dados referentes à geração de resíduos, com os quais foi possível verificar que a obra em alvenaria estrutural apresentou maior geração de resíduos de construção civil que a obra em painéis pré-moldados.

Palavras-chave: Sistemas Construtivos. Alvenaria Estrutural. Painéis Pré-moldados. Paredes de Concreto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da pesquisa	14
Figura 2 – Exemplo de paginação de parede	19
Figura 3 – Início da montagem de um pavimento em painéis pré-moldados com auxílio de ponte rolante.....	36
Figura 4 – Detalhe da fixação provisória dos painéis	36
Figura 5 – Ligação soldada entre painéis	37
Figura 6 – Planta baixa das unidades	39
Figura 7 – Implantação da obra em alvenaria estrutural	40
Figura 8 – Vista da obra em alvenaria estrutural	41
Figura 9 – Implantação da obra em painéis pré-moldados	42
Figura 10 – Vista da obra em painéis pré-moldados	43
Figura 11– Painéis internos com bolhas superficiais	49
Figura 12 – Execução da “raspadinha”	50
Figura 13 – Andaime fixado à laje de cobertura	52
Figura 14 – Plataforma de trabalho aéreo (PTA)	53
Figura 15 – Proporção entre classes de resíduos gerados na obra de alvenaria estrutural	55
Figura 16 – Resíduos do revestimento em gesso	56
Figura 17 – Proporção entre classes de resíduos gerados na obra de painéis pré-moldados	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Prazos do ciclo da alvenaria estrutural	46
Quadro 2 – Prazos do ciclo de painéis pré-moldados	47
Quadro 3 – Prazos de execução dos revestimentos internos na obra em alvenaria estrutural	51
Quadro 4 – Prazos de execução dos revestimentos internos na obra de painéis pré-moldados	51
Quadro 5 – Prazos observados no revestimento externo	54
Quadro 6 – Classificação e quantidade de resíduos na obra de alvenaria estrutural.....	54
Quadro 7 – Classificação e quantidade de resíduos na obra de painéis pré-moldados.....	56
Quadro 8 – Comparativo de geração de resíduos	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	12
2.2.1 Objetivo principal	12
2.2.2 Objetivo secundário	12
2.3 PRESSUPOSTO	13
2.4 DELIMITAÇÕES	13
2.5 LIMITAÇÕES	13
2.6 DELINEAMENTO	13
3 ALVENARIA ESTRUTURAL	16
3.1 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL	17
3.2 ASPECTOS TÉCNICOS	18
3.2.1 Parâmetros a serem considerados na adoção do sistema	18
3.2.2 Projeto	18
3.2.2.1 Modulação	19
3.2.3 Implantação do canteiro	20
3.2.4 Controle tecnológico	20
3.2.5 Mão de obra	21
3.3 MATERIAIS CONSTITUINTES	22
3.3.1 Blocos	22
3.3.2 Argamassa	23
3.3.3 Graute	23
3.3.4 Armadura	24
3.4 EXECUÇÃO DO SISTEMA	24
3.4.1 Marcação	24
3.4.2 Elevação	25
3.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS	25
3.5.1 Classificação dos resíduos da construção civil	26
4 PAINÉIS AUTOPORTANTES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO	27
4.1 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS.....	28
4.2 ASPECTOS TÉCNICOS	29
4.2.1 Parâmetros a serem considerados na adoção do sistema	30

4.2.2 Projeto	30
4.2.3 Implantação do canteiro	31
4.2.4 Controle tecnológico	31
4.2.5 Mão de obra	32
4.3 MATERIAIS CONSTITUINTES	32
4.3.1 Concreto	32
4.3.2 Insertos	33
4.3.3 Armaduras	33
4.3.4 Instalações	34
4.3.5 Fôrmas	35
4.4 EXECUÇÃO DO SISTEMA	35
4.4.1 Marcação	35
4.4.2 Montagem dos painéis	35
4.4.2.1 Ligação dos elementos	37
4.4.3 Acabamento	37
4.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS	38
5 DADOS REFERENTES ÀS OBRAS ESTUDADAS	39
5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS OBRAS ESTUDADAS	39
5.1.1 Características da obra em alvenaria estrutural	40
5.1.2 Características da obra em painéis pré-moldados	41
5.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS CONSTRUTIVAS	43
5.2.1 Execução da estrutura	43
5.2.1.1 Obra em alvenaria estrutural	43
5.2.1.1 Obra em painéis pré-moldadosç.....	44
5.2.3 Prazos dos ciclos de execução de um pavimento	45
5.2.4 Revestimento interno	48
5.2.4.1 Obra em alvenaria estrutural	48
5.2.4.1 Obra em painéis pré-moldadosç.....	49
5.2.5 Prazos de execução de revestimentos internos	50
5.2.6 Revestimento externo	52
5.2.6.1 Obra em alvenaria estrutural	53
5.2.6.1 Obra em painéis pré-moldadosç.....	53
5.2.7 Prazos de execução de revestimentos externos	53
5.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS PELAS OBRAS ESTUDADAS	54
5.3.1 Caracterização e quantificação dos resíduos da obra em alvenaria estrutural	54

5.3.2 Caracterização e quantificação dos resíduos da obra em painéis pré-moldados	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6.1 QUANTO AOS PRAZOS DE EXECUÇÃO.....	59
6.1 QUANTO À MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS.....	60
6.1 QUANTO À GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	61
REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Às vésperas da Copa de 2014 e impulsionada pelo Programa de Aceleração do Crescimento, a construção civil vive, atualmente, um momento singularmente próspero (BRASIL, 2011). As facilidades na obtenção de crédito para aquisição de imóveis, principalmente voltadas à população de baixa renda, o déficit habitacional do País e o bom momento da economia somam-se para contribuir com o aquecimento do setor. Frente às exigências do mercado, as empresas da construção civil buscam alternativas que ofereçam baixo custo e maior produtividade, de modo que seus produtos se tornem competitivos. Neste contexto, a escolha de um sistema construtivo adequado é muito importante para a redução de custos de uma obra.

Entre as diversas opções de sistemas construtivos, a alvenaria estrutural tem se destacado no mercado de habitações populares no Brasil. Segundo Roman et al. (1999, p. 21), este sistema oferece vantagens como facilidade no detalhamento dos projetos, podendo apresentar diversas formas arquitetônicas, e projeto executivo de fácil compreensão pela mão de obra. Além disso, em comparação com prédios com estrutura convencional de concreto armado, há economia em fôrmas, concreto e aço, usados em maior quantidade nessas estruturas.

Outro sistema relativamente novo no Brasil, mas que tem obtido espaço nas últimas décadas, é aquele no qual a estrutura é constituída por painéis pré-moldados de concreto armado com função estrutural e de vedação. Segundo Campos (2009), mais de dez mil unidades já foram entregues no sistema construtivo de painéis portantes no Brasil. As edificações construídas com este sistema oferecem vantagens como aumento na velocidade da obra, eliminação de serviços intermediários como fôrmas, escoramentos e andaimes. Além disto, reduzem drasticamente o desperdício de materiais, consequentemente, minimizando resíduos e apresentando canteiros de obra mais limpos e organizados. Uma desvantagem comum a ambos os sistemas construtivos, é a impossibilidade de remoção de paredes, pois elas possuem função estrutural, dificultando a personalização de projetos e modificações futuras.

Frente a estas possibilidades de sistemas construtivos a serem empregados, será realizada uma comparação entre edificações construídas em alvenaria estrutural e em painéis pré-moldados. Pretende-se avaliar quais são as vantagens e limitações apresentadas em cada sistema, através

da comparação de prazos de execução dos mesmos e da verificação de fatores como mão de obra e equipamentos necessários, acabamentos e geração de resíduos.

Foram usados como base de estudo para esta pesquisa dois empreendimentos residenciais de padrão popular cujos edifícios possuem plantas idênticas, que estão sendo construídos na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. Um deles está sendo construído em alvenaria estrutural em blocos de concreto, constituído de 10 torres de cinco pavimentos. O outro, executado em painéis pré-moldados de concreto, com 13 torres de cinco pavimentos.

No próximo capítulo, serão apresentadas as diretrizes da pesquisa. O terceiro e quarto capítulos apresentam, respectivamente, os sistemas construtivos alvenaria estrutural e painéis pré-moldados, descrevendo as principais características de cada um, citando aspectos técnicos, construtivos e materiais constituintes de cada sistema. O capítulo 5 refere-se às obras estudadas, caracterizando-as quanto a materiais empregados, tipos de acabamentos, prazos de execução e geração de resíduos. Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as considerações finais sobre este trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Com o propósito de direcionar o estudo deste trabalho, são propostos, a seguir, a questão, cuja resposta é o resultado do mesmo, os objetivos que se pretende alcançar, os pressupostos, as delimitações, as limitações e o delineamento da pesquisa.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Este estudo tem o propósito de responder a seguinte questão de pesquisa: quais são as vantagens e limitações apresentadas pelos sistemas construtivos alvenaria estrutural e painéis pré-moldados autoportantes, quando comparados entre si?

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 comparação dos sistemas construtivos alvenaria estrutural e painéis pré-moldados autoportantes, verificando vantagens e limitações de cada um, quando comparados entre si.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é a descrição de cada sistema, isoladamente, destacando as seguintes variáveis de comparação:

- a) prazos de execução;
- b) mão de obra e equipamentos necessários;
- c) geração de resíduos.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que ambos os sistemas são capazes de construir edificações que atendam às normas vigentes.

2.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho delimita-se à comparação de dois empreendimentos de padrão popular, cujos edifícios são idênticos geometricamente, com cinco pavimentos, sendo um construído em alvenaria estrutural com blocos de concreto e, o outro, em painéis pré-moldados de concreto, localizados na cidade de Porto Alegre.

2.5 LIMITAÇÕES

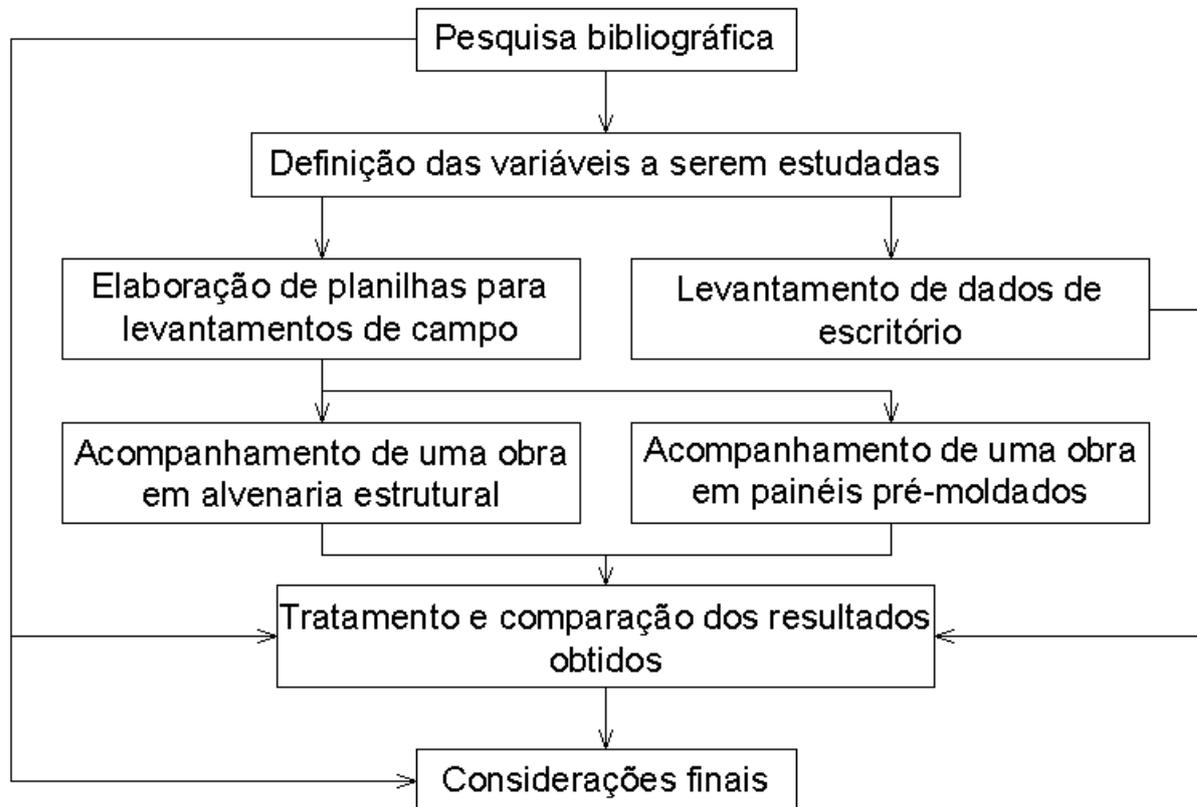
Este trabalho tem como limitação a comparação somente considerando: prazos de execução, geração de resíduos, verificação dos quantitativos de mão de obra e equipamentos utilizados em cada sistema. Os dados referentes a prazos foram obtidos de maneira diferente em cada obra.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das seguintes etapas, que estão representadas na figura 1:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição das variáveis a serem estudadas;
- c) elaboração de planilhas para levantamentos em campo;
- d) acompanhamento de uma obra em alvenaria estrutural;
- e) acompanhamento de uma obra em painéis pré-moldados;
- f) levantamento de dados de escritório;
- g) tratamento e comparação dos resultados obtidos;
- h) considerações finais.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

A primeira etapa realizada foi a **pesquisa bibliográfica**, que teve por objetivo a caracterização dos sistemas apresentados, através de informações obtidas das referências consultadas, servindo de embasamento teórico para todas as etapas seguintes. Através da pesquisa bibliográfica, foi possível realizar a **definição das variáveis estudadas**, o que permitiu um melhor direcionamento do trabalho.

Visando facilitar e direcionar as observações nas obras, foram elaboradas **planilhas para levantamentos de campo**. Estas planilhas auxiliaram as observações de campo, através de itens elucidativos relacionados às variáveis avaliadas. Nestas planilhas, também foram apontadas observações relevantes verificadas nas visitas às obras, bem como informações cedidas pelos profissionais responsáveis pelo gerenciamento das mesmas.

De posse dessas planilhas, foi realizado o **acompanhamento de uma obra em alvenaria estrutural**, paralelamente ao **acompanhamento de uma obra em painéis pré-moldados**. Estas etapas foram constituídas de visitas às obras que serviram de base para a pesquisa, com

a finalidade de observar o andamento das mesmas, permitindo a obtenção dos dados necessários para a realização deste trabalho.

Dados referentes a prazos e geração de resíduos das obras constituíram a etapa de **levantamento de dados de escritório**, na qual foram utilizados planilhas para controle de resíduos e de prazos utilizadas nas obras, além de planilhas de medição de serviços.

Após, foi realizado o **tratamento e comparação dos resultados obtidos**, cujo objetivo foi apresentar as informações obtidas nas etapas anteriores, ilustrando os principais aspectos através de quadros comparativos, organizando os dados de forma a atingir os objetivos deste trabalho.

Por fim, de posse das comparações realizadas anteriormente foram estabelecidas as **considerações finais**.

3 ALVENARIA ESTRUTURAL

Alvenaria estrutural é o processo construtivo em que paredes possuem função de resistir às cargas, substituindo os pilares e vigas utilizados em construções convencionais (ROMAN et al., 1999, p. 16). Para Roman et al. (1999, p. 21), uma das vantagens da alvenaria estrutural é que as edificações construídas neste sistema tendem a apresentar menor custo que prédios em estrutura convencional, devido à execução de alvenaria tanto com a função de vedação e compartimentação quanto de estrutura portante uma etapa única, à redução no uso de fôrmas, concreto e armaduras. O sistema tem sido muito utilizado em todo mundo por representar economia e maior velocidade à obra. Segundo Coêlho (1998, p. 13), este tem sido um dos métodos mais utilizados na construção de edificações de diferentes portes.

A alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais antigos utilizados pela humanidade. Há milhares de anos, o homem já utilizava tijolos de barro de baixa resistência, pedras e outros materiais sobrepostos em suas edificações. A maior parte das edificações e monumentos históricos que existem até hoje foram construídos neste sistema construtivo (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 4). Ao longo do tempo, seus componentes têm sofrido modificações, adequando-se ao surgimento de novos materiais (COÊLHO, 1998, p. 13), obtendo seus maiores avanços nos últimos 50 anos, devido ao investimento em pesquisas e à melhoria na qualidade dos materiais disponíveis na construção (ROMAN et al., 1999, p. 13).

Até o século XX, as construções em alvenaria estrutural baseavam-se na aplicação de métodos empíricos de projeto e construção e apenas recentemente, o sistema construtivo passou a ser adotado a partir de critérios científicos mais rigorosos. No Brasil, o sistema construtivo tem sido utilizado desde a chegada dos portugueses, no século XVI (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 4). Segundo Roman et al. (1999, p. 13), “No Brasil, a técnica de cálculo e execução com alvenaria estrutural é relativamente recente (final dos anos 60) [...]”. Os mesmos também afirmam que o surgimento de novas fábricas de materiais e a evolução das pesquisas sobre o tema contribuíram para o interesse dos construtores pelo sistema. Para Ramalho e Corrêa (2003, p. 5), estima-se que as primeiras aplicações de blocos vazados estruturais surgiram em 1966, em São Paulo, em edificações com apenas quatro pavimentos. Já em 1972, também em São Paulo, foram construídos quatro blocos, com 12 pavimentos cada, em alvenaria estrutural armada de blocos de concreto. A partir daí, se deu o

desenvolvimento do sistema no País, inicialmente lento, mas com significativo avanço nos últimos anos, tornando-se alternativa viável técnica e economicamente para edificações de diferentes portes. A seguir, serão apresentados aspectos positivos e negativos referentes ao sistema construtivo.

3.1 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Algumas características da alvenaria estrutural tornam o sistema mais vantajoso sob os aspectos técnico e econômico. Em comparação com estruturas convencionais, por exemplo, o sistema apresenta significativa redução no uso de fôrmas, que se limitam às lajes, quando estas são moldadas *in loco*. Outra grande vantagem está relacionada aos revestimentos, podendo-se utilizar uma camada fina de gesso aplicada diretamente sobre os blocos. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 11).

O sistema também apresenta uma redução no desperdício de materiais. Cabe ressaltar que, maior será essa redução quanto melhor for a coordenação de projetos, a fim de minimizar improvisos (COELHO, 1998, p. 46). Pode-se citar, ainda, a redução do número de profissionais como ferreiros e carpinteiros (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 11).

Apesar das relevantes vantagens apresentadas pelo sistema, algumas desvantagens devem ser consideradas. A principal delas é a impossibilidade de remoção de paredes, dificultando a adaptação do arranjo arquitetônico da edificação. Outro aspecto que pode se tornar inconveniente é a impossibilidade de adaptações sem planejamento prévio e sem a compatibilização entre projetos elétricos e hidráulicos, já que furos ou rasgos na alvenaria estrutural podem comprometer a resistência da estrutura. Além disso, a alvenaria estrutural exige maior capacitação da mão de obra que a alvenaria convencional, para que a qualidade da execução e a segurança do sistema não sejam comprometidas (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 12).

3.2 ASPECTOS TÉCNICOS

O aspecto mais interessante a ser ressaltado na alvenaria estrutural é a possibilidade de transformar a alvenaria, que antes era somente elemento de vedação, na própria estrutura do edifício. Entretanto, para esta função, sua resistência deve ser perfeitamente controlada, afim de garantir a segurança do sistema. Para Ramalho e Corrêa (2003, p. 1), “O principal conceito ligado à utilização da alvenaria estrutural é a transmissão de ações através de tensões de compressão.”. Por questões de viabilidade econômica, ao projetar uma estrutura em alvenaria estrutural deve-se evitar a existência de tensões de tração muito elevadas (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 9). Nos próximos itens, serão abordados alguns dos aspectos mais relevantes do sistema.

3.2.1 Parâmetros a serem considerados na adoção do sistema

Alguns parâmetros, citados a seguir, devem ser avaliados para a adoção do sistema (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 9):

- a) altura da edificação: alvenaria estrutural é um sistema construtivo adequado a construções de, no máximo, 15 pavimentos. A partir daí, as solicitações horizontais produziram tensões de tração que tornariam necessário o aumento taxa de armaduras e da seção do graute, comprometendo os aspectos econômicos do sistema;
- b) arranjo arquitetônico: aspecto fundamental no sistema, a densidade de paredes estruturais por m² deverá estar entre 0,5 e 0,7 m de paredes por m² de pavimento;
- c) tipo de uso: indica-se o uso da alvenaria estrutural para edifícios residenciais de padrão médio ou baixo, nos quais a área dos cômodos e os vãos são menores do que em edifícios de alto padrão ou comerciais.

3.2.2 Projeto

O desenvolvimento do projeto é muito importante na alvenaria estrutural, pois nesta etapa são definidos os detalhes do processo construtivo. Uma das premissas é que haja compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. O projeto deve ser concebido de forma que o posicionamento das paredes seja mantido a cada pavimento para que as cargas sejam transmitidas da parede superior para a inferior. Outro aspecto que exige

atenção diz respeito às medidas internas das peças, que devem, sempre que possível, ter dimensão múltipla dos blocos, para que haja coordenação modular (PRUDÊNCIO JR. et al., 2003).

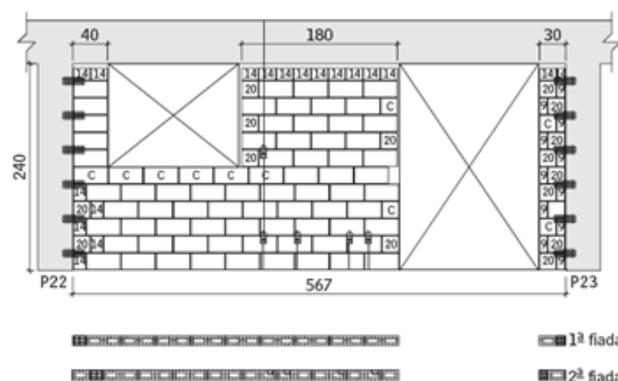
3.2.2.1 Modulação

A fim de otimizar a utilização de produtos padronizados e reduzir custos, o projeto deve apresentar modulação (COÊLHO, 1998, p. 46). A definição de modulação segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 13) é:

[...] modular um arranjo arquitetônico, ou pelo menos modular as paredes portantes deste arranjo, significa acertar suas dimensões em planta e também o pé-direito da edificação, em função das dimensões das unidades, e modo a não se necessitar, ou pelo menos se reduzir drasticamente, cortes ou ajustes necessários à execução das paredes.

Roman et al. (1999, p. 43-44) afirmam que “A coordenação modular pode representar acréscimos de produtividade de cerca de 10% [...]. A modulação deve ocorrer tanto na vertical quanto na horizontal.”. Tal modulação é representada no projeto através da paginação, ou seja, do detalhamento de cada parede, na qual são mostradas a localização dos vãos de janelas e portas, dos eletrodutos e caixas de passagem. Ramalho e Corrêa (2003, p. 13) reforçam que “Se as dimensões de uma edificação não forem moduladas, como os blocos não devem ser cortados, os enchimentos resultantes certamente levarão a um custo maior e uma racionalidade menor para a obra em questão.”. A figura 2 apresenta um exemplo de paginação de parede.

Figura 2 – Exemplo de paginação de parede



(fonte: ALVENARIA..., 2006)

Antes do início da execução da alvenaria estrutural, devem ser disponibilizados pelo projetista os detalhes construtivos com as informações necessárias para a correta compreensão do projeto pela equipe da obra. Os projetos devem estar disponíveis na obra em local de fácil acesso para agilizar a consulta. Todos os detalhes do projeto devem ser revisados pela equipe antes do início da execução, para que não ocorram atrasos e retrabalhos. Quaisquer modificações ocorridas na obra devem ser informadas ao projetista, da mesma forma que este, caso ocorra modificação no projeto, deve informar à obra (ROMAN et al., 1999, p. 67).

3.2.3 Implantação do canteiro

O canteiro de obras deve ser cuidadosamente planejado, prevendo a execução de todas as etapas do empreendimento. Os recursos produtivos (mão de obra, materiais e equipamentos) devem estar dispostos de forma a se obter um melhor aproveitamento dos mesmos, otimizando tarefas de movimentação e transporte, utilizando adequadamente os espaços disponíveis. Para a elaboração do *layout*, é necessário reunir informações como inventário de equipamentos e ferramentas, previsão da dimensão dos estoques, cronograma da obra, plantas baixas, etc. (ROMAN et al., 1999, p. 71).

Algumas recomendações de Roman et al. (1999, p. 74), que visam facilitar o trabalho dos operários bem como melhorar a produtividade, dizem respeito a utilização de:

- a) andaimes com alturas ajustáveis;
- b) carrinhos adequados para o transporte de argamassa e blocos;
- c) gabaritos nos vãos de portas e janelas;
- d) equipamentos especiais para a indicação de níveis e alinhamentos.

3.2.4 Controle tecnológico

Segundo Prudêncio Jr. et al. (2003), o controle tecnológico exercido na alvenaria estrutural é mais simples, quando comparado a estruturas convencionais, em função de existir menor número de insumos a serem controlados durante a execução da obra. Além disso, os blocos, que são os principais componentes do sistema, podem ser ensaiados antes mesmo de serem utilizados, diferentemente do concreto utilizado em estruturas convencionais. Os autores

indicam que, além dos blocos, também devem passar por ensaios para controle de qualidade as argamassas e grautes utilizados na execução da alvenaria estrutural.

O controle de qualidade dos materiais constituintes deve obedecer às diretrizes da NBR 15961-2 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e Controle de Obras. Os blocos de concreto e cerâmicos, respectivamente, devem ser submetidos aos ensaios recomendados pela NBR 6136/2007 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – e NBR 15270-2/2005 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural. As argamassas devem seguir as especificações da NBR 13281/2005 – Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Requisitos.

3.2.5 Mão de obra

Na construção civil, há uma escassez de mão de obra qualificada. Frequentemente, ocorrem improvisos de funções e treinamento acelerado, o que acarreta problemas como falta de qualidade dos serviços, ocasionando retrabalho, desperdício de materiais e atrasos (ROMAN et al., 1999, p. 74).

Os autores supracitados sugerem algumas técnicas de treinamento, como reunião dos trabalhadores em uma sala previamente preparada para acomodar a todos, utilizando métodos de exposição das técnicas de forma simples, estimulando a participação dos mesmos. Ainda pode-se optar pela intervenção em obra (corpo a corpo), no qual o instrutor demonstra as técnicas, que podem ser aplicadas em seguida pelos operários, sendo, caso necessário, corrigidas pelo instrutor.

A mão de obra da alvenaria estrutural tem demonstrado boa receptividade a treinamentos, obtendo rápida aprendizagem, o que permite menor número de equipes ou subcontratados, facilitando a supervisão da obra. Há também uma redução significativa na mão de obra de carpintaria e ferragens (ROMAN et al., 1999, p. 21). Conclui-se que esta redução ocorre devido à redução no consumo destes materiais.

Para Roman et al. (1999, p. 36), dentre os problemas mais comuns ocorridos devido ao mau treinamento e motivação da mão de obra, estão os seguintes: preenchimento de juntas, espessura das juntas, exposição a condições climáticas adversas logo após o assentamento,

proporcionamento da argamassa, perturbação das unidades após o assentamento, ritmo da construção e desvio de prumo ou alinhamento da parede.

3.3 MATERIAIS CONSTITUINTES

Para que a alvenaria estrutural se torne um sistema econômico, a racionalização dos materiais é fator muito importante (COELHO, 1998, p. 21). Neste contexto, é importante conhecê-los para melhor aproveitá-los. A seguir, serão apresentados os materiais constituintes da alvenaria estrutural e suas características.

3.3.1 Blocos

Os blocos são as unidades responsáveis pela definição da resistência da estrutura. Quanto à forma, os blocos e tijolos diferenciam-se por serem, respectivamente, vazados ou maciços (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7). Segundo Roman et al. (1999, p. 34), “A resistência à compressão do bloco é o mais importante fator na resistência à compressão da alvenaria.”. Os mesmos afirmam ainda que tal resistência é função da matéria prima utilizada, do processo de fabricação, da forma e do tamanho dos blocos. Embora o aumento da resistência à compressão do bloco resulte no aumento da resistência da alvenaria, a resistência da parede é sempre menor que a do bloco.

Os tipos de blocos mais utilizados em alvenaria estrutural são: de concreto, cerâmicos e sílico-calcários. Os blocos de concreto e cerâmicos são normatizados, respectivamente, pela NBR 6136/2007 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – e NBR 15270-2/2005 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural. Devido à melhor qualidade dos blocos produzidos atualmente, o sistema tem apresentado significativa economia em relação ao revestimento das paredes, que passam a apresentar menores espessuras (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 11).

3.3.2 Argamassa

A argamassa é o elemento de ligação entre as unidades de alvenaria, normalmente em uma massa homogênea, composta por cimento, areia e cal. Embora os elementos constituintes da argamassa sejam semelhantes aos utilizados no concreto, não é correto utilizar os mesmos procedimentos de produção do concreto para a argamassa, pois seu emprego é bastante distinto. O concreto deve possuir grande resistência à compressão, enquanto as argamassas devem ser aptas a transmitir as solicitações entre as unidades de alvenaria de maneira uniforme (ROMAN et al., 1999, p. 25). Ramalho e Corrêa (2003, p. 7) reforçam que “A argamassa de assentamento possui as funções básicas de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações.”.

Para Coêlho (1998, p. 41), uma boa argamassa deve deslizar facilmente sobre os blocos no lançamento, apresentar boa aderência e boa resistência à compressão. Recena (2008, p. 13) recomenda o uso de argamassas industrializadas, devido à homogeneidade apresentada pelas mesmas. É importante salientar que tanto argamassas industrializadas quanto aquelas produzidas na obra devem ser submetidas a um controle de qualidade rigoroso, a fim de garantir as propriedades plásticas e a resistência desejada.

As argamassas devem seguir as especificações da NBR 13281/2005 – Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Requisitos.

3.3.3 Graute

Ramalho e Corrêa (2003, p. 8) definem graute como:

[...] concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento do vazio 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.

Roman et al. (1999, p. 30) complementam esta idéia ao afirmar que o preenchimento do vazio dos blocos aumenta a resistência à compressão da alvenaria sem que seja necessário aumentar a resistência do bloco. Os mesmos afirmam que é importante que o graute apresente boa

trabalhabilidade, para que todos os vazios sejam completamente preenchidos. O abatimento recomendado é de 20 a 28 cm, com relação água/cimento entre 0,8 e 11.

Quanto aos materiais constituintes do graute, são os mesmos utilizados no concreto, com a diferença que os agregados utilizados apresentam menor granulometria (ROMAN et al., 1999, p. 30). Segundo a NBR 8798 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985), a dimensão dos agregados não deve ultrapassar 1/3 da menor dimensão dos furos a preencher.

3.3.4 Armadura

Os aços utilizados em alvenaria estrutural são, em geral, os mesmos utilizados em concreto armado, devendo ser seguidas as especificações dos projetistas (ROMAN et al. 1999, p. 63). Ramalho e Corrêa (2003, p. 8) afirmam que “[...] [as armaduras] serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria.”. As barras e fios de aço devem seguir às especificações da NBR 7480/2007 – Barras e Fios de Aço para Armaduras para Concreto.

3.4 EXECUÇÃO DO SISTEMA

Nos próximos itens, serão apresentadas as principais etapas de execução da alvenaria estrutural e serão enfatizados alguns cuidados referentes a cada etapa.

3.4.1 Marcação

A execução da alvenaria estrutural propriamente dita inicia-se com o processo de marcação, ou seja, a distribuição dos blocos da primeira fiada da alvenaria. Antes da execução da primeira fiada de blocos, deve-se proceder à verificação do nivelamento das lajes. Prudêncio Jr. et al. (2002) indicam que o ponto mais alto deve ser usado como referencial para a marcação da primeira fiada. Segundo Coêlho (1998, p. 55), a primeira fiada deve ser disposta de acordo com o projeto de modulação, verificando seu correto nivelamento e alinhamento. O autor afirma que “Desprezando-se a não observação quanto ao nivelamento e alinhamento das

primeiras fiadas, as fiadas subsequentes trarão um resultado negativo, ou seja, uma parede sem nivelamento e fora de prumo.”.

A marcação deve iniciar com os blocos de canto, na altura de quatro fiadas de forma escalonada, verificando o alinhamento e nivelamento de cada bloco (COÊLHO, 1998). Nesta etapa. Prudêncio Jr. et al. (2002) recomendam o uso de escantilhões para garantir a verticalidade das paredes e ressaltam a necessidade de conferência do prumo dos mesmos.

3.4.2 Elevação

Após a marcação, inicia-se o processo de elevação da alvenaria. Durante todo o processo de elevação, recomenda-se que sejam conferidos prumos e níveis, para que possíveis desalinhamentos não sejam acumulados, resultando em grandes diferenças nas últimas fiadas. A planicidade da parede é fundamental na definição da espessura do revestimento, uma vez que eventuais desaprumos venham a ser corrigidos na execução do mesmo. Também durante a elevação, deve-se verificar o correto posicionamento de blocos especiais, como blocos elétricos (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002).

Na sequência, é realizado o grauteamento em pontos específicos, conforme indicação do projeto. Um importante cuidado a ser observado é quanto à dimensão e posicionamento das armaduras de contravergas e demais pontos previstos em projeto, antes de realizar o grauteamento destes locais (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002).

A execução da alvenaria estrutural de blocos de concreto deve obedecer às diretrizes da NBR 15961-2 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e Controle de Obras.

3.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A geração de resíduos de uma obra tem consequências tanto à construtora quanto ao meio ambiente e à sociedade. Para a construtora, a geração de resíduos está fortemente relacionada ao desperdício de materiais, conseqüentemente, dificultando a organização e limpeza do canteiro de obras, além de aumentar custos de transporte e destinação dos resíduos.

O crescimento das atividades na construção civil tem como consequência a geração de resíduos oriundos de atividades como construção, reforma, demolições de estruturas e estradas, remoção de camada vegetal, etc. Estes resíduos, quando lançados em locais inadequados, provocam danos ao meio ambiente e à sociedade. Visando minimizar os impactos gerados pela destinação inadequada dos resíduos da construção civil, em 5 de julho de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama – instituiu a Resolução 307, a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no País, entrando esta Resolução em vigor em 02 de janeiro de 2003 (BRASIL, 2002). Após esta data, ficou estabelecido o prazo de 12 meses para os municípios elaborassem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos. Em Porto Alegre, o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil foi instituído em 09 de março de 2010.

3.5.1 Classificação dos resíduos da construção civil

O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Porto Alegre, através do artigo 5º da Lei nº 10.847, de 9 de março de 2010 (PORTO ALEGRE, 2010) classifica os resíduos da construção civil da seguinte forma:

Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como os resíduos de construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação e outros oriundos de obras de infraestrutura, inclusive os provenientes de terraplanagem;

Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis à sua reciclagem ou recuperação, tais como os materiais oriundos do gesso;

Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, ou contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas ou instalações industriais, dentre outros, inclusive, materiais que contenham amianto.

Cabe ressaltar que, em 24 de maio de 2011, o CONAMA alterou a classificação dos resíduos oriundos do gesso, passando estes a serem classificados como resíduos classe B, pois segundo a nova classificação, estes resíduos podem ser considerados como recicláveis. Porém, nas obras estudadas, os resíduos oriundos do gesso foram classificados como classe C, portanto, esta classificação será mantida neste trabalho.

4 PAINÉIS AUTOPORTANTES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

O sistema construtivo de painéis portantes de concreto vem conquistando o mercado brasileiro nos últimos anos. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 10), “O mercado da construção civil do século XXI exige obras duráveis, realizadas dentro de padrões técnicos reconhecidos, com segurança estrutural, velocidade de execução e bom gosto estético [...]”. Desta forma, o sistema de painéis pré-moldados vem ao encontro das necessidades atuais do mercado, mostrando-se um sistema construtivo vantajoso e competitivo.

A NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p.2) define como elemento pré-fabricado o “Elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações provisórias de canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade [...]”. As instalações devem ser adequadas, dispo de pessoal, organização ou laboratório para o controle de qualidade, que deve ser realizado individualmente, ou quando conveniente, por lotes de produção. A inspeção deve ser realizada individualmente ou por lotes, por inspetores do próprio construtor ou proprietário, dispensando-se a exigência de laboratório para controle. A mesma Norma define como elemento pré-moldado aquele executado fora do local de utilização definitiva, com condições menos rigorosas de controle de qualidade em comparação com elementos pré-fabricados. Embora o controle de qualidade utilizado no sistema a ser estudado neste trabalho possa caracterizá-lo como pré-fabricado, a denominação mais usual e que, portanto, é utilizada no trabalho é painéis pré-moldados.

A utilização cada vez mais frequente de pré-moldados é uma tendência na evolução da construção civil. A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1986, p. 11) descreve a evolução da construção civil:

A construção, em seus vários segmentos, está inserida na cultura geral dos povos: na história, economia, arquitetura, política e sociologia. Ela estabelece o nexo entre a criatividade do arquiteto e os modelos práticos em que o pensamento adquire forma, consistência e espaço. Os avanços são lentos, às vezes extemporâneos, mas invariavelmente obedecem ao fluxo dos grandes movimentos econômicos e históricos, sejam coletivos, envolvendo comunidades inteiras, sejam específicos, de menor abrangência social.

A evolução dos pré-fabricados deu-se mais intensamente no período Pós-Guerra, entre 1945 e 1950. A devastação ocasionada pela II Guerra gerou uma demanda por construções que tornou necessário o uso de pré-fabricados como solução para reerguer casas, escolas e hospitais com maior rapidez (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1986).

No Brasil, a primeira obra a utilizar elementos pré-moldados que se tem notícia foi a construção do Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, em 1926. A construtora, uma empresa dinamarquesa com sucursal no Brasil, utilizou elementos pré-moldados em diversas aplicações, entre elas, estacas de até 24 metros usadas nas fundações, totalizando 8 km de estacas, e o muro de fechamento da área do hipódromo, com seus 3,5 km de extensão por 2,5 metros de altura (VASCONCELOS, 2002). Segundo Vasconcelos (2002, p. 13), “Em São Paulo, muitos anos depois, a construtora Mauá, especializada construções industriais, executou vários galpões pré-moldados no próprio canteiro de obras.”. Uma das obras realizadas pela construtora foi o Curtume Franco-Brasileiro, com 35.000 m².

Segundo Vasconcelos (2002, p. 37), a construção de residências térreas integralmente com pré-fabricados iniciou em 1967, pela construtora CINASA. Segundo Campos (2009), estima-se que, no Brasil, já foram entregues mais de dez mil unidades habitacionais construídas em painéis portantes. O próximo item apresentará alguns dos aspectos técnicos e construtivos de maior relevância na execução de painéis pré-moldados.

4.1 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS

O ganho mais notável na utilização de painéis pré-moldados, sem dúvida, é a velocidade de execução. Por tratar-se de um sistema construtivo racionalizado, o uso de painéis pré-moldados permite um melhor e mais completo planejamento da obra, por reduzir atividades artesanais e improvisações, minimizando a necessidade de mão de obra e aumentando a velocidade da obra. Sob o aspecto de segurança do trabalho, o sistema incorpora o uso de guarda-corpos e andaimes integrados aos painéis, o que privilegia a segurança dos operários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Além de apresentar resistência e durabilidade, painéis construídos com diferentes tipos de concreto foram ensaiados e aprovados em testes de desempenho realizados sob a NBR 15575/2008, o que configura níveis satisfatórios de desempenho térmico e acústico, resistência a impactos e permeabilidade da superfície (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 15), “Devido ao excelente padrão dos sistemas de fôrmas e do tipo de concreto empregado, as paredes não necessitam de revestimento de argamassa, apenas de pintura ou textura diretamente sobre o concreto acabado.”. Outra vantagem do sistema é a redução da espessura das camadas de revestimento. Não existem restrições quanto ao tipo de revestimento desde que cumpridas as exigências e especificações dos fabricantes dos materiais. Os revestimentos são, normalmente, aplicados diretamente sobre os painéis, porém recomenda-se que o acabamento ocorra após a cura úmida dos painéis, caso o acabamento seja executado também fora do local de aplicação dos painéis pré-moldados.

Outro aspecto importante a ser ressaltado diz respeito à sustentabilidade. O sistema de painéis pré-moldados elimina a necessidade do uso de fôrmas de madeira, utilizando fôrmas que podem ser amplamente reaproveitáveis, além de utilizar conceitos de industrialização que minimizam o desperdício de materiais, reduzindo significativamente a geração de entulhos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Apesar das excelentes vantagens apresentadas pelo sistema, deve-se observar que o mesmo se torna viável a partir da padronização de edificações, o que acaba por restringir a possibilidade de adaptações arquitetônicas nas diferentes unidades de uma edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

4.2 ASPECTOS TÉCNICOS

A aplicação de painéis portantes caracteriza-se por ser um “[...] sistema construtivo em que a estrutura e a vedação são formadas por um único elemento: **a parede de concreto** [...]. Nela podem também ser incorporadas, parcialmente, instalações e esquadrias.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 12, grifo do autor). Nos próximos

itens, serão descritas algumas considerações sobre aspectos técnicos e construtivos do sistema.

4.2.1 Parâmetros a serem considerados na adoção do sistema

Por tratar-se de um método construtivo voltado à produção em larga escala, os painéis pré-moldados (também conhecidos como paredes de concreto) são indicados para empreendimentos nos quais existe alta repetitividade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008). Devido às limitações para tensões de tração, Franco (2007) indica que o sistema de painéis portantes pode ser utilizado em edificações de até 10 pavimentos.

Os painéis podem ser produzidos em mini usinas localizadas no próprio canteiro da obra, ou em usinas próprias da construtora. Cabe ressaltar que o investimento inicial para fabricação dos painéis é bastante elevado, embora haja amortização no custo de fôrmas ao longo da produção (FRANCO, 2007).

4.2.2 Projeto

Com vistas à racionalização do sistema de painéis pré-moldados, é necessário um maior planejamento desde o projeto, passando pela sequência de fabricação dos painéis e envio para a obra, local disponível para armazenamento das peças e espaços para movimentação de cargas (OLIVEIRA, 2002). Segundo Franco (2007), o sistema estrutural de painéis portantes é semelhante ao da alvenaria estrutural não armada. O autor afirma ainda que, devido à necessidade aproveitamento e padronização de fôrmas, o projeto em painéis pré-moldados pode apresentar pouca flexibilidade.

De acordo com Franco (1992 apud OLIVEIRA, 2001) o projeto deve incorporar: requisitos dos proprietários, custos, incluindo os de manutenção, tempo de execução; funcionalidade, requisitos de desempenho, requisitos da construção e aspectos de segurança e confiabilidade.

4.2.3 Implantação do canteiro

O canteiro de obras em painéis pré-moldados apresenta algumas particularidades. Um dos requisitos principais é que o canteiro apresente espaço suficiente para que o equipamento de carga possa se movimentar, além de terreno firme que permita a patolagem do mesmo. Além da viabilidade técnica, a adoção de guindastes precisa de uma análise econômica, pois o custo da locação varia conforme o tipo de guindaste a ser adotado e da sua capacidade de carga (OLIVEIRA, 2002). Para a eficiência da montagem dos painéis, o projeto do canteiro deve prever aspectos como: sequência de fabricação e envio das peças, içamento, fixação e armazenamento.

Recomenda-se que os painéis sejam enviados ao canteiro após a cura dos mesmos, para que seja possível o içamento diretamente da carreta para o local definitivo (PCI, 1989 apud OLIVEIRA, 2002), reduzindo, desta forma, a necessidade de áreas para armazenamento dos painéis (BSI, 2000 apud OLIVEIRA, 2002).

4.2.4 Controle tecnológico

O sistema construtivo em painéis pré-moldados é um dos mais sistematizados utilizados atualmente. Para que existam ganhos em qualidade, produtividade e prazos, é necessário que haja padronização, planejamento sistêmico e controle tecnológico intenso em todas as etapas de execução (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Para a NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 35):

A inspeção das etapas de produção [para elementos pré-fabricados] compreende pelo menos a confecção da armadura, as formas, o amassamento e lançamento do concreto, o armazenamento, o transporte e a montagem; deve ser registrada por escrito em documento próprio onde constem claramente indicados a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados e as assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada.

4.2.5 Mão de obra

Por tratar-se de um sistema racionalizado, os painéis pré-moldados permitem um melhor planejamento da obra, reduzindo tarefas intermediárias, o que, por sua vez, reduz o número de operários necessários para a execução da estrutura. Apesar de diminuir a necessidade de mão de obra, o sistema exige maior qualificação da mesma. A mão de obra qualificada promove maior produção em menos tempo, melhorando os indicadores de produtividade e aumentando as margens do negócio. Tal qual na alvenaria estrutural, no sistema de painéis pré-moldados o treinamento da mão de obra também está associado a ganhos significativos de produtividade. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

4.3 MATERIAIS CONSTITUINTES

A seguir, serão apresentados os materiais constituintes dos painéis pré-moldados de concreto, destacando-se suas principais funções e recomendações normativas.

4.3.1 Concreto

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 137), o sistema construtivo de painéis pré-moldados exige que o concreto apresente boa trabalhabilidade, para que ocorra o preenchimento total das fôrmas, não permitindo que ocorram segregações e para que seja alcançado um bom acabamento superficial. O grau de trabalhabilidade do concreto, bem como o diâmetro dos agregados utilizados, variam de acordo com a espessura dos painéis e com a densidade de armadura. O tipo de cimento deve ser definido de acordo com o ritmo da produção e das condições climáticas. Quanto à resistência mecânica, a NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006) recomenda que o concreto apresente resistência característica f_{ck} não inferior a 18 MPa. Caso seja necessário, o adensamento deve ocorrer durante ou imediatamente após o lançamento do concreto, por meio de vibração, centrifugação ou prensagem, para evitar a segregação dos materiais e preencher todos os cantos das fôrmas.

Os tipos de concreto recomendados na execução de painéis pré-moldados são: celular, com alto teor de ar incorporado, com agregados leves ou com baixa massa específica, auto-

adensável, e convencional, desde que apresente boa trabalhabilidade. Afirma-se que “Todos os tipos de concreto podem, caso necessário, receber tratamentos adicionais (aditivos) para melhorar algumas características de desempenho, como trabalhabilidade, resistência, etc.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al. 2008, p. 137).

A NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 28) indica:

Podem ser adicionados ao concreto aditivos com objetivo de acelerar ou retardar a pega e o desenvolvimento da resistência nas idades iniciais, reduzir o calor de hidratação, melhorar a trabalhabilidade, reduzir a relação água/cimento, aumentar a compacidade e impermeabilidade ou incrementar a resistência aos agentes agressivos e às variações climáticas, desde que atendam às especificações de Normas Brasileiras ou, na falta destas, se as propriedades tiverem sido verificadas experimentalmente em laboratório nacional especializado.

4.3.2 Insertos

Conforme a NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006), insertos são peças incorporadas à estrutura dos painéis pré-moldados na fase de produção, com a finalidade de ligação estrutural entre os elementos, permitir fixações ou mesmo auxiliar o transporte das peças. A mesma Norma orienta que “Os insertos, que podem ser colocados antes do lançamento do concreto ou após o endurecimento deste, devem ser posicionados de modo a não prejudicar a armadura.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 32). As partes expostas devem possuir resistência de acordo sua finalidade, obedecendo às normas aplicáveis ao material constituinte.

4.3.3 Armaduras

A tela soldada é o tipo de armação mais vantajosa a ser adotada em painéis pré-moldados, devido à facilidade de manuseio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008). De acordo com a NBR 9062, o transporte de armaduras pré-montadas deve ser feito cuidadosamente, utilizando dispositivos que mantenham a integridade da peça, protegendo as armaduras de deformações, desalinhamentos e ruptura dos vínculos de posicionamento. No armazenamento, deve-se evitar a formação de pilhas, a fim de manter a forma do conjunto montado. A colocação das armaduras nas formas deve ser feita de modo

que, durante o lançamento do concreto, as mesmas mantenham a posição e os espaçamentos definidos em projeto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006).

4.3.4 Instalações

As instalações elétricas e hidráulicas podem ser incorporadas aos painéis antes de sua concretagem, desde que previstas em projeto (CAMPOS, 2009). A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 54) recomendam que as tubulações verticais sejam embutidas nos painéis apenas nas seguintes condições:

- a) quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15°C;
- b) quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- c) quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- d) quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da largura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado e a armadura de reforço.

4.3.5 Fôrmas

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 77), as fôrmas têm como objetivo a moldagem do concreto fresco. Para isso, é necessário que elas resistam às pressões ocorridas no lançamento do concreto, até que o mesmo obtenha resistência necessária para desfôrma. Para tanto, é necessário que as fôrmas sejam estanques e mantenham a geometria das peças a serem moldadas.

Os tipos de fôrmas mais utilizados no sistema parede de concreto são: metálicas, de madeira compensada plastificada e plásticas. A escolha do tipo de fôrma adequado garante o bom acabamento do conjunto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Quanto à desfôrma, a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 187) afirmam:

A retirada das fôrmas [...] só pode ser feita quando o concreto se achar suficientemente endurecido para resistir às ações que atuarem sobre ele e estas não conduzirem a deformações inaceitáveis, conforme o especificado pelo projetista. Essa retirada também deve ser feita sem choques [...].

Após a limpeza, deve-se aplicar o agente desmoldante. Como o sistema [...] admite o uso de fôrmas metálicas e plásticas, além das convencionais de madeira, uma atenção especial deve ser dada ao desmoldante escolhido. O produto precisa ser adequado a cada superfície, evitando-se que o concreto grude na fôrma e não deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final.

4.4 EXECUÇÃO DO SISTEMA

4.4.1 Marcação

Nesta etapa, é necessário que haja perfeito nivelamento do piso da laje de apoio. Isso evita que existam diferenças de níveis no topo entre painéis, o que ocasionaria descontinuidade do alinhamento superior dos mesmos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

A NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 4) recomenda que “[...] é necessário estabelecer folgas e tolerâncias e dimensionar os elementos e as ligações, levando-se em conta os desvios de produção, de locação e verticalidade da obra e de montagem dos elementos [...]”. As folgas e tolerâncias devem seguir a NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.

4.4.2 Montagem dos painéis

Campos (2009) recomenda que a montagem dos painéis inicie, preferencialmente, por painéis do poço do elevador, quando existirem. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001), indica que a movimentação e manuseio dos painéis em sua posição definitiva sejam feitos com auxílio de equipamentos apropriados que garantam a segurança e evitem movimentos ou choques que possam danificar os elementos. Segundo Campos (2010), o içamento dos painéis portantes pode ser feito através de pórtico rolante, grua ou guindaste. A figura 3 ilustra o início da montagem dos painéis pré-moldados com auxílio de ponte rolante.

Figura 3 – Início da montagem de um pavimento em painéis pré-moldados com auxílio de ponte rolante



(fonte: foto da autora)

Durante a montagem dos painéis, podem ser utilizados escoramentos provisórios, desde que dimensionados para sua função, para auxiliar o posicionamento das peças e garantir a estabilidade das mesmas até sua fixação definitiva (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001). A figura 4 mostra como é feito o escoramento provisório dos painéis em uma obra semelhante a que foi objeto de estudo neste trabalho.

Figura 4 – Detalhe da fixação provisória dos painéis



(fonte: foto da autora)

4.4.2.1 Ligação dos elementos

Conforme a NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 18), “A ligação pode ser realizada pelo rejuntamento com argamassa de cimento ou concreto, da folga entre as bordas dos elementos pré-moldados justapostos, que devem apresentar geometria adequada para garantir a transmissão da força cortante [...]”. A mesma Norma indica ainda que a ligação entre as barras de armaduras podem ocorrer por simples transpasse ou por solda, como mostra a figura 5. Campos (2009) indica que a união entre os painéis deve ser projetada de forma a garantir a estanqueidade e solidez do sistema, em conformidade com o projeto arquitetônico.

Figura 5 – Ligação soldada entre painéis



(fonte: foto da autora)

4.4.3 Acabamento

Após a desforma, os painéis apresentam um bom nivelamento e textura regular, havendo apenas furos de ancoragens, rebarbas de junção de painéis e, geralmente, bolhas de ar que se incorporam ao concreto durante o lançamento do mesmo. As rebarbas devem ser removidas com uma espátula logo após a desforma. Recomenda-se que os furos de ancoragem sejam

preenchidos com argamassa de cimento e areia, enquanto eventuais impurezas encontradas e as bolhas de ar podem ser corrigidas com a feltagem, a qual consiste na aplicação de uma camada de nata de cimento portland, com traço rico em cimento, aplicada com desempenadeiras de madeira revestidas com espuma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008). Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 93), “A feltagem tem como objetivo a retirada dos sinais superficiais da fôrma, a redução da porosidade superficial, o tamponamento de pequenos poros e bolhas de ar superficiais e a melhoria da qualidade estética das paredes.”.

4.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Os resíduos de construção civil gerados pelo sistema de painéis pré-moldados seguem a mesma classificação descrita no item 3.5. Como afirmado anteriormente, o sistema de painéis pré-moldados elimina a necessidade do uso de fôrmas de madeira, utilizando fôrmas que podem ser amplamente reaproveitáveis, além de utilizar conceitos de industrialização que minimizam o desperdício de materiais, reduzindo significativamente a geração de entulhos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

5. DADOS REFERENTES ÀS OBRAS ESTUDADAS

Este capítulo apresenta os dados referentes às obras estudadas. Visando uma melhor compreensão do estudo realizado, a seguir, serão apresentadas as obras que serviram de base para este trabalho.

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS OBRAS ESTUDADAS

As obras estudadas foram escolhidas por apresentarem plantas idênticas e sistemas construtivos diferentes. Os estágios das obras no início desta pesquisa também eram semelhantes, pois ambas estavam na etapa de execução da estrutura das torres. Os empreendimentos são constituídos por torres de 5 pavimentos, com 4 apartamentos em cada pavimento. As obras distam entre si apenas 2 km, o que torna as condições climáticas muito semelhantes.

As edificações são residenciais e podem ser definidas como padrão popular devido aos tipos de acabamentos utilizados e ao tamanho das unidades individuais. Cada apartamento possui um banheiro social, dois dormitórios, sala e cozinha integrada com área de serviço, totalizando 42,7 m² por unidade. A figura 6 apresenta a planta baixa das unidades.

Figura 6 – Planta baixa das unidades



(fonte: imagem cedida pela empresa)

5.1.1 Características da obra em alvenaria estrutural

A obra é constituída por 10 torres de 5 pavimentos cada e 4 apartamentos por pavimento, totalizando 200 apartamentos. O empreendimento possui guarita de acesso, salão de festas, quiosque com churrasqueiras, playground e quadra esportiva. O terreno possui área de 9.760,76 m² e a área total construída é de 9.864,45 m². A figura 7 representa a implantação da obra.

O corpo técnico da obra em alvenaria estrutural é formado por um engenheiro, um administrativo de obras, um mestre de obras, um técnico em edificações, um auxiliar técnico e um assistente de engenharia. A obra teve início em agosto de 2010 e tem previsão de conclusão em janeiro de 2012.

Figura 7 – Implantação da obra em alvenaria estrutural



(fonte: imagem cedida pela empresa)

A obra localiza-se próxima a outras duas obras da mesma construtora, as quais tiveram início anteriormente à obra deste estudo, ambas construídas em alvenaria estrutural, com pequenas diferenças entre elas. As obras que iniciaram antes possuem unidades com área privativa maior, além de oferecer mais opções em áreas de lazer. Pode-se destacar que existe uma vantagem em relação à proximidade da obra em estudo com as demais, devido à facilidade de troca de experiências e informações entre as obras. Também verificou-se o uso compartilhado de equipamentos, como o skytrack, um equipamento de movimentação de cargas utilizado para o abastecimento das torres, já que o mesmo não era utilizado em tempo integral por uma única obra. A figura 8 representa a obra, aproximadamente no estágio em que esta pesquisa começou a ser desenvolvida. Ao fundo da figura, é possível observar algumas torres de uma das obras vizinhas.

Figura 8 – Vista da obra em alvenaria estrutural



(fonte: foto da autora)

5.1.2 Características da obra em painéis pré-moldados

A obra é constituída por 13 torres de 5 pavimentos cada, com 4 apartamentos por pavimento, totalizando 340 apartamentos. O empreendimento possui guarita de acesso, salão de festas, quiosque com churrasqueiras, playground e quadra esportiva, totalizando uma área construída de 13.638,23 m² e 12.754,35 m² de terreno.

O corpo técnico da obra em painéis pré-moldados é formado por um engenheiro, um administrativo de obras, um mestre de obras, um técnico em edificações e um auxiliar técnico. A obra teve início em fevereiro de 2010 e tem previsão de conclusão em fevereiro de 2012. A figura 9 representa a implantação da obra em painéis pré-moldados.

Figura 09 – Implantação da obra em painéis pré-moldados



(fonte: imagem cedida pela empresa)

Os painéis utilizados na obra foram fabricados por uma unidade da própria construtora, a qual também é responsável pela produção das lajes pré-moldadas utilizadas nas obras em painéis pré-moldados. A fábrica de pré-moldados é localizada na cidade de Canoas e chegou a abastecer, simultaneamente, três obras diferentes, sendo duas em Canoas e uma em Porto Alegre. A empresa é uma das primeiras a utilizar este sistema construtivo no Rio Grande do Sul, sendo que a obra em estudo é a terceira construída pela empresa com painéis no Estado e a primeira em Porto Alegre. A figura 10 apresenta a obra no estágio em que foi iniciada esta pesquisa.

Figura 10 – Vista da obra em painéis pré-moldados



(fonte: foto da autora)

5.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS CONSTRUTIVAS

As etapas avaliadas foram aquelas nas quais as diferenças na forma de execução em razão do sistema construtivo são consideradas mais significantes. Não foram consideradas atividades nas quais a forma e o prazo de execução são pouco dependentes do sistema construtivo, como fundações, telhados, entre outras. As etapas avaliadas em cada sistema compreenderam:

- a) estrutura / vedação;
- b) revestimento interno;
- c) revestimento externo.

5.2.1 Execução da estrutura

Tanto na obra em alvenaria estrutural quanto na obra em painéis pré-moldados, a estrutura e vedação ocorrem em uma mesma etapa, conforme apresentado a seguir.

5.2.1.1 Obra em alvenaria estrutural

Na execução da alvenaria estrutural foram utilizados blocos de concreto com resistência de 4,5 MPa, conforme solicitado no projeto estrutural. Para o assentamento das alvenarias, foi

utilizada argamassa pré-fabricada, também com resistência de 4,5 MPa. O ciclo de execução da alvenaria de um pavimento ocorre em três etapas: marcação, elevação e grauteamento.

A execução da alvenaria estrutural foi realizada com mão de obra própria, por uma equipe formada por 6 pedreiros. A maioria dos operários já havia trabalhado em uma das obras do entorno, também construída em alvenaria estrutural, desta forma, já tinham experiência na atividade e também nas práticas adotadas pela empresa.

Além dos ensaios exigidos por norma, o controle de qualidade se estendia ao acompanhamento da execução por parte do corpo técnico, que era normalmente realizado pelo auxiliar técnico. O controle foi exercido durante todas as etapas da alvenaria, como conferência de níveis e prumos. Na etapa de liberação para a colocação de lajes de cobertura a principal conferência realizada era o posicionamento das armaduras e dos pontos de grauteamento, pois são aspectos importantes relacionados à segurança da estrutura. A liberação de um pavimento para a colocação da laje de cobertura do mesmo só se dava após a conferência por um responsável.

Após o término e conferência da estrutura, procedia-se a colocação das lajes. Foram utilizadas lajes pré-moldadas, no entanto, as lajes utilizadas na obra em alvenaria estrutural foram fabricadas por um fornecedor externo, diferentemente daquelas utilizadas na obra em painéis pré-moldados, as quais eram produzidas pela própria empresa. As lajes foram colocadas com auxílio de guindastes. Por questões de segurança, a colocação da laje de cobertura de um pavimento não ocorria no mesmo dia do grauteamento do mesmo.

5.2.1.2 Obra em painéis pré-moldados

O ciclo da montagem dos painéis ocorria na seguinte sequência: marcação, montagem dos painéis, ligação dos elementos e grauteamento. Após a conferência do nível da laje de apoio e marcação da posição dos painéis sobre a laje de apoio ou fundação, iniciava-se a montagem dos painéis de um pavimento, seguindo a sequência indicada pelo projetista estrutural, a qual ocorria dos painéis mais centrais para os mais periféricos. Cada pavimento é constituído por 56 painéis, com medidas que variam de 2,01 a 3,85 metros.

Na obra em estudo, foram utilizados guindastes para a montagem. Em obras anteriores executadas com painéis pré-moldados pela mesma empresa, havia sido utilizado o sistema de

pontes rolantes nesta etapa, porém, na obra estudada, não pôde ser adotado o mesmo sistema de movimentação de cargas pois o terreno não oferecia condições topográficas favoráveis para sua utilização.

A ligação dos elementos era feita através da soldagem entre as armaduras dos painéis, seguido do grauteamento destas ligações. Após o grauteamento dos painéis, colocam-se as lajes de cobertura do pavimento.

A montagem dos painéis foi realizada por uma equipe da própria empresa, composta por 2 montadores, 1 soldador e 1 encarregado de montagem. Esta equipe era responsável exclusivamente por esta atividade e realizava a montagem de painéis em outras obras em dias alternados.

O processo de controle de qualidade iniciava na fábrica, com a identificação dos painéis por lotes de concreto. O controle da distribuição dos painéis é necessário para que a fábrica saiba para qual obra cada painel foi entregue, caso o resultado dos ensaios do concreto apresente alguma irregularidade. A equipe de montagem é responsável pela rastreabilidade dos painéis, sendo que cada painel é identificado por uma etiqueta com dados referentes ao lote de concreto com o qual o painel foi fabricado.

5.2.3 Prazos dos ciclos de execução de um pavimento

A seguir, serão apresentados os prazos referentes ao ciclo de execução de um pavimento, considerando-se:

- a) o início do ciclo ocorre a partir da liberação da laje de apoio ou fundação para a marcação da alvenaria ou painéis;
- b) o ciclo é composto pelas etapas de marcação, elevação (no caso da alvenaria) ou montagem (no caso dos painéis), grauteamento e colocação das lajes de cobertura do pavimento;
- c) o final do ciclo ocorre com a colocação da laje de cobertura do pavimento.

Os prazos referentes aos ciclos de execução da alvenaria estrutural e dos painéis pré-moldados foram obtidos através de planilhas preenchidas pela obra, nas quais são apontadas as datas de colocação de cada laje. Nas obras, estas planilhas são utilizadas para a rastreabilidade das

lajes, uma vez que algumas são colocadas antes do recebimento dos laudos que atestam a resistência das mesmas.

No quadro 1 são apresentados os prazos de ciclos ocorridos na obra de alvenaria estrutural.

Quadro 1 – Prazos do ciclo da alvenaria estrutural

Torre	Pavimento	Data de colocação da laje de cobertura	Ciclo (dias)	Torre	Pavimento	Data de colocação da laje de cobertura	Ciclo (dias)
A	5°	19/4/11	13	F	5°	17/2/11	23
A	4°	6/4/11	12	F	4°	25/1/11	20
A	3°	25/3/11	11	F	3°	5/1/11	28
A	2°	14/3/11	26	F	2°	8/12/10	33
A	1°	16/2/11		F	1°	5/11/10	
B	5°	26/4/11	18	G	5°	23/2/11	23
B	4°	8/4/11	14	G	4°	31/1/11	19
B	3°	25/3/11	11	G	3°	12/1/11	27
B	2°	14/3/11	26	G	2°	16/12/10	30
B	1°	16/2/11		G	1°	16/11/10	
C	5°	27/4/11	19	H	5°	18/2/11	25
C	4°	8/4/11	22	H	4°	24/1/11	18
C	3°	17/3/11	15	H	3°	6/1/11	16
C	2°	2/3/11	40	H	2°	21/12/10	18
C	1°	21/1/11		H	1°	3/12/10	
D	5°	4/4/11	19	I	5°	1/2/11	13
D	4°	16/3/11	14	I	4°	19/1/11	20
D	3°	2/3/11	23	I	3°	30/12/10	17
D	2°	7/2/11	41	I	2°	13/12/10	32
D	1°	28/12/10		I	1°	11/11/10	
E	5°	25/2/11	22	J	5°	28/2/11	31
E	4°	3/2/11	17	J	4°	28/1/11	18
E	3°	17/1/11	21	J	3°	10/1/11	18
E	2°	27/12/10	33	J	2°	23/12/10	23
E	1°	24/11/10		J	1°	30/11/10	

(fonte: elaborado pela autora)

Foram obtidos dados referentes a 40 ciclos na obra em alvenaria estrutural. De acordo com estes dados, verificou-se que o prazo médio do ciclo da alvenaria estrutural é de 21,7 dias, com desvio padrão de 7,4 dias e coeficiente de variação de 34%. A partir de planilhas de controle de produção, foram analisadas as principais causas de prolongamento de prazos. Os principais fatores aos quais se pôde atribuir os ciclos com prazos mais extensos, como por

exemplo ciclos de 40 e 41 dias, foram problemas de abastecimento por parte do fornecedor de lajes, falta de materiais na obra, problemas relacionados à de mão de obra como faltas e baixa produtividade, chuvas e retrabalho devido à falta de qualidade dos serviços.

No quadro 2 são apresentados os dados referentes ao ciclo de montagem na obra de painéis pré-moldados.

Quadro 2 – Prazos do ciclo de painéis pré-moldados

Torre	Pavimento	Data de colocação da laje de cobertura	Ciclo (dias)
B	5º	18/5/11	11
B	4º	7/5/11	9
B	3º	28/4/11	10
B	2º	18/4/11	12
B	1º	6/4/11	
D	5º	7/7/11	16
D	4º	21/6/11	13
D	3º	8/6/11	10
D	2º	29/5/11	15
D	1º	14/5/11	
E	5º	18/7/11	23
E	4º	25/6/11	11
E	3º	14/6/11	15
E	2º	30/5/11	12
E	1º	18/5/11	
F	5º	29/3/11	12
F	4º	17/3/11	14
F	3º	3/3/11	15
F	2º	16/2/11	19
F	1º	28/1/11	
G	5º	25/3/11	11
G	4º	14/3/11	19
G	3º	23/2/11	16
G	2º	7/2/11	20
G	1º	18/1/11	
H	5º	8/3/11	14
H	4º	22/2/11	22
H	3º	31/1/11	25
H	2º	6/1/11	21
H	1º	16/12/10	
J	5º	4/5/11	14
J	4º	20/4/11	11
J	3º	9/4/11	11
J	2º	29/3/11	18
J	1º	11/3/11	
K	5º	9/5/11	11
K	4º	28/4/11	15
K	3º	13/4/11	9
K	2º	4/4/11	14
K	1º	21/3/11	
L	5º	7/7/11	15
L	4º	22/6/11	11
L	3º	11/6/11	8
L	2º	3/6/11	8
L	1º	26/5/11	
M	5º	6/7/11	8
M	4º	28/6/11	10
M	3º	18/6/11	9
M	2º	9/6/11	9
M	1º	31/5/11	

(fonte: elaborado pela autora)

Foram obtidos dados referentes a 40 ciclos na obra em painéis pré-moldados. A partir destes dados, verificou-se que o prazo médio de um ciclo de painéis pré-moldados é de 13,7 dias,

com desvio padrão de 4,4 dias e coeficiente de variação de 32%. Isto significa uma redução do prazo médio em comparação ao ciclo observado na alvenaria estrutural na ordem de 37%. Através de planilhas de acompanhamento de produção se pôde verificar que os principais fatores responsáveis por ciclos mais extensos foram chuvas e problemas relacionados à de mão de obra como faltas e baixa produtividade.

5.2.4 Revestimento interno

O revestimento interno executado nas obras será descrito nos próximos itens.

5.2.4.1 Obra em alvenaria estrutural

Para o revestimento interno das paredes de salas de estar, dormitórios e circulação interna dos apartamentos do térreo ao 4º pavimento, foi executado gesso desempenado, ou seja, aplicação de pasta de gesso diretamente sobre os blocos, sem taliscamento, com auxílio de régua metálica, em camadas de até 1,5 centímetros. A empresa optou pelo revestimento em gesso nestes locais ao invés de revestimento com argamassa pois esperava-se que o gesso apresentasse vantagens como rapidez na execução e menores custos. Como o revestimento em gesso não é indicado para locais úmidos, as paredes hidráulicas (cozinha e banheiros), as circulações internas das torres, e o 5º pavimento completo foram executados com revestimento em argamassa. O 5º pavimento, por ser o último, é vulnerável a infiltrações de água entre as juntas das lajes. Isto ocorre porque, embora as emendas das lajes sejam grauteadas, a cobertura não é impermeabilizada pois recebe telhado. Utilizando revestimento em argamassa, pode-se realizar o revestimento interno no 5º pavimento antes da conclusão do telhado.

O piso recebe contrapiso sobre a laje nas circulações internas das torres, nos banheiros e nas cozinhas, os quais são entregues com revestimento cerâmico. Os demais ambientes são entregues sem revestimento de piso.

5.2.4.2 Obra em painéis pré-moldados

A obra em painéis pré-moldados, a princípio, deveria dispensar a necessidade de camada de revestimento interno em argamassa ou gesso, porém, foi necessário o tratamento superficial dos painéis antes da pintura, devido às imperfeições superficiais apresentadas pelos mesmos. Primeiramente, é realizado o tratamento das juntas entre painéis, em locais grauteadas, nos quais podem ocorrer saliências que devem ser corrigidas. Este processo de regularização é chamado pela obra de “pré-reboco”. Este serviço é feito por uma equipe que realiza, simultaneamente a esta etapa, a execução de contrapiso apenas nas áreas que recebem piso cerâmico, ou seja, banheiros, cozinhas e circulação da torre. Nos demais cômodos, o piso é entregue sem nenhum revestimento ou contrapiso, ou seja, diretamente na laje.

Após o “pré-reboco”, inicia-se o processo chamado de “raspadinha”, o qual consiste no tratamento das bolhas existentes na superfície dos painéis com uma mistura de massa corrida e gesso na proporção de 1:1 em volume. As bolhas superficiais, mostradas na figura 11, ocorrem no processo de fabricação. A execução da “raspadinha”, ilustrada na figura 12, é feita pela mesma equipe do “pré-reboco”. Após este processo, as paredes podem receber pintura.

Figura 11 – Painéis internos com bolhas superficiais



(fonte: foto da autora)

Figura 12 – Execução da “raspadinha”



(fonte: foto da autora)

5.2.5 Prazos de execução de revestimentos internos

Na obra em alvenaria estrutural, foram verificados os prazos de execução do revestimento em argamassa, gesso desempenado e contrapiso interno. A produtividade foi determinada a partir da verificação de planilhas de medição para pagamento de serviços, as quais apresentam a quantidade produzida em um intervalo de tempo. Sabendo-se a produtividade diária e a área de revestimento interno de uma torre, foi possível determinar o prazo médio de execução dos serviços que compõem o revestimento interno para uma torre. Os resultados referentes ao prazo de execução do revestimento interno na obra em alvenaria estrutural são apresentados no quadro 3.

Quadro 3 – Prazos de execução dos revestimentos internos na obra de alvenaria estrutural

Etapa	Ambientes	Produção diária (m ²)	nº de operários	Produt. diária operario (m ² /op)	Área revestimento (m ²)	Prazo 1 torre (dias)
Revest. interno em argamassa	Circulação interna da torre, cozinhas, banheiros, 5º pavimento completo	53,72	4	13,43	1217,24	23
Gesso desempenado	Salas, dormitórios e circulação dos apartamentos do térreo ao 4º pavimento	255,00	6	42,50	1736,16	7
Contrapiso	Cozinhas, banheiros e circulações	27,36	2	13,68	227,97	8

(fonte: elaborado pela autora)

Através desta análise, pôde-se verificar que a produtividade do gesso desempenado é consideravelmente maior que a do revestimento em argamassa.

A produtividade na obra em painéis pré-moldados foi obtida através da informação do auxiliar técnico da obra, responsável pelo acompanhamento e fiscalização da execução dos serviços, pois não foram disponibilizados os registros de medições. O mesmo informou o prazo médio observado na execução de cada serviço para uma torre completa. Os resultados são apresentados no quadro 4.

Quadro 4 – Prazos de execução dos revestimentos internos na obra de painéis pré-moldados

Etapa	Ambientes	Produção diária (m ²)	nº de operários	Produt. diária operario (m ² /op)	Área revestimento (m ²)	Prazo 1 torre (dias)
Pré-reboco e Contrapiso	Cozinhas, banheiros e circulação da torre		4,00			15
Raspadinha	Todas paredes internas	196,89	4,00	49,22	2953,40	15

(fonte: elaborado pela autora)

A etapa do “pré-reboco” não pôde ter sua produtividade diária quantificada, pois é executada juntamente com o contrapiso e não apresenta regularidade de produção, ou seja, cada apartamento pode apresentar diferentes necessidades de “pré-reboco”. O dado informado na tabela considera o prazo total do serviço de contrapiso e “pré-reboco”. Mesmo assim, pôde-se observar que o prazo do revestimento interno foi menor nos painéis pré-moldados do que na alvenaria estrutural. Se os painéis apresentassem melhor acabamento, poderia ser dispensada a etapa da raspadinha, reduzindo ainda mais o prazo de execução do revestimento interno.

5.2.6 Revestimento externo

Nos próximos itens, serão apresentados dados referentes ao revestimento externo das obras.

5.2.6.1 Obra em alvenaria estrutural

O revestimento externo das torres em alvenaria estrutural é realizado basicamente em três etapas: chapisco, argamassa de revestimento. O chapisco e o revestimento em argamassa foram executados com o uso de andaimes de fachada, fixados à laje de cobertura, como mostra a figura 15. Devido ao uso deste equipamento, a execução do telhado das torres só pôde ser iniciada após o término do revestimento externo. Entre as lajes, são feitos frisos em baixo relevo no revestimento da fachada. Estes frisos têm função tanto estética quanto de minimizar o aparecimento das fissuras de movimentação.

A pintura da fachada teve início após a execução do telhado. Como o uso de andaimes fixados à laje não era possível, foram utilizadas plataformas de trabalho aéreo (PTA), como mostra a figura 16. O uso deste tipo de plataforma permitiu maior agilidade na movimentação, pois o equipamento é compacto e consegue entrar no meio das torres, onde o espaço é reduzido. Além disso, a movimentação do equipamento permite a execução de arremates de fachada com maior facilidade.

Figura 13: andaime fixado à laje de cobertura



(fonte: foto da autora)

Figura 14: plataforma de trabalho aéreo (PTA)



(fonte: foto da autora)

5.2.6.2 Obra em painéis pré-moldados

O revestimento externo em painéis pré-moldados diferencia-se da alvenaria estrutural pois não utiliza camada de chapisco e argamassa de revestimento. Os painéis das fachadas já vêm da fábrica com tratamento das bolhas superficiais, dispensando o processo da “raspadinha”, realizado nos painéis internos. O tratamento realizado nos painéis externos compreende a impermeabilização das juntas entre painéis, o fechamento dos furos utilizados na fixação dos guarda-corpos e regularização de emendas entre painéis. Este processo é realizado utilizando o equipamento PTA (plataforma de trabalho em altura), tal qual a obra de alvenaria estrutural utiliza na pintura externa.

5.2.7 Prazos de execução de revestimentos externos

Os prazos referentes ao revestimento externo das obras foram obtidos da mesma forma que o prazo dos revestimentos internos. Os resultados são apresentados no quadro 5.

Quadro 5 – Prazos observados no revestimento externo

Obra	Descrição	Produção diária	nº de operários	Prod. diária por operário	Área do revestimento	Prazo 1 torre (dias)
Alvenaria estrutural	Chapisco + argamassa	73,60	8	9,20	1036,46	14
Painéis pré-moldados	Tratamento da fachada	86,37	2	43,19	1036,46	12

(fonte: elaborado pela autora)

Observa-se que a produção do revestimento externo é maior na obra em painéis pré-moldados, sendo necessário um número de operários para a execução do chapisco e argamassa 4 vezes maior que utilizado para o tratamento dos painéis.

5.3 RESÍDUOS GERADOS PELAS OBRAS ESTUDADAS

Os dados referentes à geração de resíduos das obras foram obtidos através de fichas de controle de resíduos emitidas pelas obras a cada container de resíduo coletado, as quais informam tipo de resíduo e volume coletado. De posse destas fichas, foi obtido o quantitativo de resíduos gerados em cada obra, como será apresentado a seguir.

5.3.1 Caracterização e quantificação dos resíduos da obra em alvenaria estrutural

O quadro 6 apresenta os volumes de resíduos gerados pela obra em alvenaria estrutural de acordo com sua classificação.

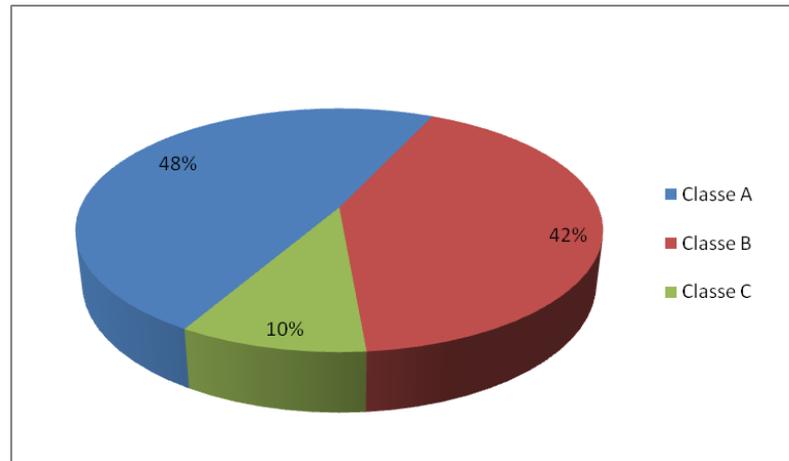
Quadro 6 – Classificação e quantidade de resíduos gerados na obra de alvenaria estrutural

CLASSE	PRINCIPAIS RESÍDUOS	VOLUMES (m ³)
A	Concreto, tijolos, blocos, argamassa, cerâmicas, solos e rochas	475,5
B	Plásticos, madeiras, papéis, papelões, vidros, ferro, metais	408,5
C	Gesso	95
D	Resíduos contaminados, tais como, pinceis, tintas e vernizes	
Total		979

(fonte: elaborado pela autora)

A figura 17 apresenta as proporções entre classes de resíduos gerados pela obra de alvenaria estrutural.

Figura 15 – Proporção entre classes de resíduos gerados na obra de alvenaria estrutural



(fonte: elaborado pela autora)

Analisando o gráfico, percebe-se que os resíduos classe A, nos quais estão incluídos os blocos utilizados na execução da alvenaria estrutural, representam quase metade dos resíduos gerados pela obra. Os resíduos classe B também foram responsáveis por grande parte dos resíduos gerados, sendo constituídos, principalmente, por materiais utilizados na segurança do trabalho, como proteções periféricas, além de outros materiais como embalagens plásticas, papelão utilizado em embalagens, etc. A ausência de resíduos classe D deve-se ao fato de que não haviam iniciado os serviços de pintura das torres, os quais são responsáveis pela geração de resíduos deste tipo. O revestimento interno em gesso foi responsável por boa parte dos resíduos gerados, ocasionando ainda problemas referentes à limpeza da obra, como mostra a figura 18.

Figura 16 – Resíduos do revestimento em gesso



(fonte: foto da autora)

5.3.2 Caracterização e quantificação dos resíduos da obra em painéis pré-moldados

O quadro 7 apresenta dos dados referentes aos resíduos quantificados na obra em painéis pré-moldados.

Quadro 7 – Classificação e quantidade de resíduos gerados na obra de painéis pré-moldados

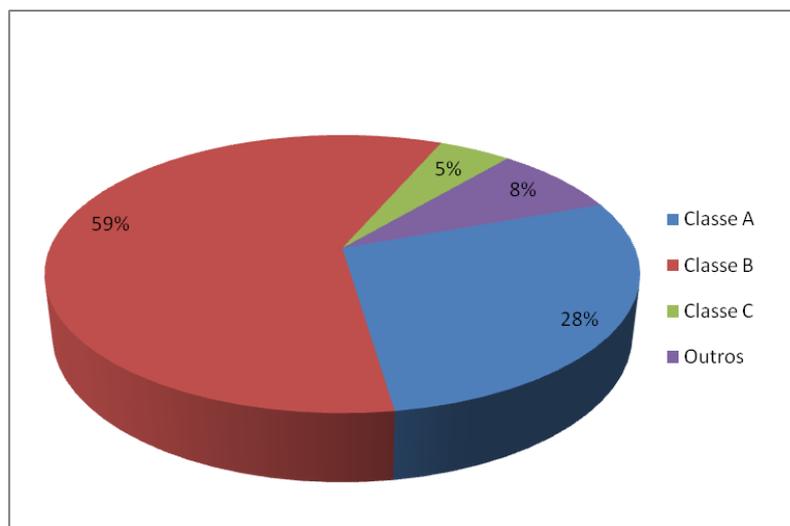
CLASSE	PRINCIPAIS RESÍDUOS	VOLUMES (m ³)
A	Concreto, tijolos, blocos, argamassa, cerâmicas, solos e rochas	137
B	Plásticos, madeiras, papéis, papelões, vidros, ferro, metais	285
C	Gesso	23
	Outros	40
Total		484

(fonte: elaborado pela autora)

Estima-se que o item **outros** contenha diferentes classes de resíduos misturados, bem como resíduos classe D, ou seja, resíduos contaminados, tais como pincéis, tintas e vernizes, pois na

obra em painéis pré-moldados, já havia serviços de pintura nas torres. A figura 19 apresenta as proporções de cada classe de resíduos gerados.

Figura 17 – Proporção entre classes de resíduos gerados na obra de painéis pré-moldados



(fonte: elaborado pela autora)

Observa-se uma diminuição na proporção de resíduos classe A, em comparação com a obra em alvenaria estrutural. Tal fato era esperado, uma vez que na obra de painéis pré-moldados a alvenaria estrutural é utilizada somente em construções de áreas comuns condominiais, como quiosques, guarita, central de gás, etc. Outra redução refere-se à proporção de resíduos classe C, ou seja, gesso e seus derivados. Na obra em painéis pré-moldados, o gesso é utilizado em quantidades bem menores que na alvenaria estrutural, na qual o mesmo é usado como camada de regularização.

O quadro 8 mostra a comparação entre a quantidade de resíduos gerados em cada obra, com a finalidade de verificar qual sistema apresenta menor geração de resíduos.

Quadro 8 – Comparativo de geração de resíduos

OBRA	TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (m ³)	ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (m ²)	TAXA DE GERAÇÃO DE RCC* (m ³ /m ²)
Alvenaria estrutural	979	9864,45	0,10
Painéis pré-moldados	484	13638,23	0,04

(fonte: elaborado pela autora)

Observou-se que a geração de resíduos na obra em painéis pré-moldados é consideravelmente menor que na obra de alvenaria estrutural. Cabe ressaltar que os resíduos observados na obra em painéis pré-moldados consideram os painéis prontos, posto na obra. Não foram levados em consideração os resíduos gerados pela fabricação dos painéis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, pretende-se apresentar as principais considerações sobre os assuntos abordados neste trabalho. Para que o objetivo principal deste trabalho, o qual compreendia a comparação dos sistemas construtivos quanto às vantagens e limitações de cada um, pudesse ser alcançado, foi definido um objetivo secundário. Este, por sua vez, contemplando a descrição de cada sistema e a verificação de variáveis como prazos de execução, mão de obra e equipamentos necessários e geração de resíduos em cada um. Desta forma, este capítulo foi dividido de forma que as variáveis de comparação pudessem ser destacadas.

Cabe destacar que os resultados obtidos retratam apenas a realidade das obras estudadas, não devendo ser generalizados a quaisquer edificações construídas com os sistemas construtivos analisados.

6.1 QUANTO AOS PRAZOS DE EXECUÇÃO

Os prazos de execução foram os dados mais relevantes verificados neste trabalho. Através da comparação de prazos nas obras de alvenaria estrutural e painéis pré-moldados, foi possível verificar que os painéis pré-moldados apresentaram maior velocidade de execução que a alvenaria estrutural em todas as etapas analisadas.

A primeira etapa analisada foi o ciclo da execução da estrutura de um pavimento, que na alvenaria compreende a marcação, elevação, grauteamento e colocação da laje de cobertura, e nos painéis, a marcação, montagem, grauteamento e colocação da laje de cobertura. O prazo médio deste ciclo na alvenaria estrutural foi de 21,7 dias, enquanto, em painéis pré-moldados, foi de 13,7 dias. O coeficiente de variação dos tempos de ciclo são praticamente os mesmos entre os dois sistemas, o que indica que foram submetidos a fatores semelhantes de desvios de prazo de execução. Considerando-se uma torre de 5 pavimentos, o prazo médio de execução de uma torre em alvenaria estrutural e painéis pré-moldados seria, respectivamente, 108,5 dias e 68,5 dias, ou seja, o prazo de execução da alvenaria é, aproximadamente, 58% maior que painéis pré-moldados..

Os revestimentos internos e externos também apresentaram maiores prazos na alvenaria estrutural, já que, neste sistema, é necessária a aplicação de uma camada de revestimento sobre os blocos. Os painéis pré-moldados, por sua vez, requerem apenas correções em pontos específicos e tratamento superficial simplificado. Observou-se que, caso os painéis apresentassem melhor acabamento superficial, ou pudessem vir com tratamento superficial de fábrica, os prazos de revestimento interno na obra de painéis seriam ainda menores. Embora o tratamento superficial executado nos painéis tenha apresentado produtividade semelhante à do gesso desempenado, realizado sobre os blocos na alvenaria estrutural, cabe ressaltar que, visualmente, os painéis tratados apresentaram melhor aspecto após o acabamento. Isto porque, embora mais econômico, o revestimento em gesso não apresentou um acabamento satisfatório, contendo ondulações que acompanham as irregularidades das paredes. Conforme a NBR 13867 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), o revestimento de paredes com pasta de gesso deveria ser executado com o auxílio de guias-mestras para garantir o nivelamento e prumo do revestimento, porém este procedimento não era realizado, o que resultou no comprometimento da qualidade.

6.2 QUANTO À MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS

Na execução da alvenaria, os prazos são proporcionais à mão de obra empregada, uma vez que o aumento do número de operários implica no aumento da produção. Porém, a produção, no que tange a montagem dos painéis, fica restrita à velocidade de carga e descarga do guindaste.

Quanto à disponibilidade de mão de obra, a maior oferta ocorre na alvenaria estrutural, na qual é mais fácil encontrar profissionais com experiência. Outro fato que atrai profissionais para a alvenaria estrutural é a possibilidade de ganhos por produção, que são, muitas vezes, responsáveis pela maior parte da remuneração mensal do operário. Já o sistema de painéis pré-moldados, por não ser tão usual quanto a alvenaria, dispõe de poucos profissionais capacitados, o que implica em maiores investimentos no treinamento de equipes especializadas.

Os equipamentos, como guindastes e PTA's, são utilizados em ambos sistemas. Os guindastes são utilizados na colocação de lajes tanto na alvenaria estrutural quanto nos painéis pré-moldados, porém, para este último, ocorre também a montagem da estrutura, implicando num

tempo de locação maior. Outra opção para o içamento de lajes e painéis na obra são as pontes rolantes, porém, para a utilização das mesmas, é necessário que haja um planejamento prévio do canteiro, além de condições topográficas favoráveis. As PTA's são utilizadas tanto para a pintura das fachadas de alvenaria quanto na regularização e pintura das fachadas de painéis pré-moldados. Já os balancins, que são necessários para a execução do revestimento externo na alvenaria estrutural, são dispensados em painéis pré-moldados. Cabe ressaltar que, o sistema em painéis pré-moldados não é viável sem a utilização de guindastes, os quais são necessariamente utilizados na montagem dos painéis, o que exige que o canteiro apresente área suficiente para a movimentação e utilização dos mesmos.

6.3 QUANTO À GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Os resultados referentes à comparação da geração dos resíduos foram significativos. A taxa de geração de resíduos, expressa em metros cúbicos de concreto por metro quadrado de área construída, foi de 0,11 na obra de alvenaria estrutural e de 0,04 na obra de painéis pré-moldados, o que corresponde a uma geração quase 3 vezes maior de resíduos na obra de alvenaria estrutural. Além do prejuízo ambiental, isto corresponde a maiores custos de transporte e destinação dos resíduos. Os resíduos classe A, dentre os quais, blocos de concreto, foram responsáveis por 48% do total gerado pela obra de alvenaria estrutural, enquanto na obra de painéis pré-moldados, esta proporção caiu para 28%. Quanto aos resíduos classe C, oriundos do gesso, os quais requerem destinação especial, portanto, mais cara, representarem 10% da geração de resíduos na alvenaria estrutural e 5 % na obra em painéis pré-moldados. Também percebe-se que o canteiro da obra em painéis pré-moldados apresenta melhor organização e limpeza, possivelmente em consequência da baixa geração de resíduos.

REFERÊNCIAS

ALVENARIA racionalizada. **Téchne**. n. 112, 2006. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/edicoes/112/artigo31744-3.asp>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos. São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de pré-fabricados de concreto**. São Paulo: Projeto, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798**: execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 13867**: revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso – materiais, preparo, aplicação e acabamento. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 9062**: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702>>. Acesso em: 01 out. 2011.

_____. Construção civil prevê crescimento acima do PIB brasileiro em 2011. Portal Brasil, 11 fev. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/02/11/construcao-civil-espera-crescer-mais-que-o-pib-brasileiro-este-ano-diz-cbic>>. Acesso em: 17 abr. 2011.

CAMPOS, A. A. Controle da qualidade, inspeções de processo, recebimento de obras e avaliação pós-ocupação de obras executadas em painéis pré-moldados de concreto. In: ENCONTRO SOBRE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 2010. Publicação eletrônica. Mensagem recebida por <pjulianars@hotmail.com> em 15 set. 2010.

CAMPOS, P. E. F. Sistemas construtivos industrializados de concreto para obras no segmento econômico. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIAS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA OBRAS ECONÔMICAS, 2009, São Paulo. Publicação eletrônica. Mensagem recebida por <pjulianars@hotmail.com> em 15 set. 2010.

COÊLHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural**. São Luis: Editora da UEMA, 1998.

FRANCO, L. S. **Paredes maciças de concreto**. Notas de aula (MBA Tecnologia da Construção Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2007. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Inovacao%20Tecnologica/Arquivos%20em%20PDF/AULA%204B%202007%20-%20%20paredes%20macicas.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

OLIVEIRA, L. A.; MELHADO, S. B.; SABBATINI, F. H. **O papel estratégico do projeto para a qualidade dos painéis pré-fabricados de fachada.** In: 2º SIBRAGEQ (Simpósio Brasileiro de Qualidade do Ambiente Construído), Anais, Fortaleza, 2001. Disponível em: < <http://compar.eng.br/public/Papel%20estrat%C3%A9gico%20projeto%20pain%C3%A9is.pdf> >. Acesso em: 05 nov. 2011.

OLIVEIRA, L. A. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios.** 2002. 191 f. Dissertação (Mestrado em engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PORTO ALEGRE, Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Lei n. 10.847, de 9 de março de 2010. Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Porto Alegre, estabelece as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a gestão dos Resíduos da Construção Civil e dá outras providências. Porto Alegre, 2010. Disponível em: < <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000030975.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT> >. Acesso em: 01 out. 2011.

PRUDÊNCIO JR., L. R.; 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.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo a argamassa.** Porto Alegre: EDIPUC, 2008.

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

VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações.** São Paulo: Studio Nobel, 2002. v. 3.