

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

Maria Augusta Rossoni Dettmer

**EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS COM VEDAÇÃO
VERTICAL EM PAINÉIS ARQUITETÔNICOS PRÉ-
FABRICADOS: ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA**

Porto Alegre
julho 2014

MARIA AUGUSTA ROSSONI DETTMER

**EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS COM VEDAÇÃO
VERTICAL EM PAINÉIS ARQUITETÔNICOS PRÉ-
FABRICADOS: ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA**

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
julho 2014

MARIA AUGUSTA ROSSONI DETTMER

**EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS COM VEDAÇÃO
VERTICAL EM PAINÉIS ARQUITETÔNICOS PRÉ-
FABRICADOS: ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA**

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, julho de 2014

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

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Nei Ricardo Vaske (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

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

Dedico este trabalho a meus pais, Enio e Maria Anunciata,
e ao meu namorado, Rafael, que sempre me apoiaram e
me incentivaram durante o período do meu Curso de
Graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela colaboração, pelo incentivo e pela disponibilidade durante toda realização do trabalho.

Agradeço a Prof. Carin Maria Schmitt pela dedicação na correção dos trabalhos, e principalmente pelo empenho em ver seus alunos evoluírem a cada tarefa proposta.

Agradeço a empresa que permitiu o acompanhamento das atividades de sua obra e oportunizou a continuação do estágio, mesmo em horário reduzido, para que eu pudesse me dedicar ao Curso de Graduação.

Agradeço aos meus pais, Enio e Maria Anunciata, que me acompanharam, se dispuseram a me ajudar no que fosse necessário e, principalmente, que me incentivaram sempre.

Agradeço, também, ao meu namorado, Rafael, pela compreensão, colaboração, companheirismo e incentivo.

Agradeço aos meus colegas de curso pela amizade, companheirismo e apoio em todos os momentos.

As pessoas mais felizes não tem as melhores coisas.
Elas sabem fazer o melhor das oportunidades
que aparecem em seus caminhos.

Clarisse Linspector

RESUMO

No Brasil, a utilização de painéis arquitetônicos pré-fabricados em concreto (PPAC) já é usual em fachadas de prédios industriais, entretanto ainda é uma prática pouco comum em edificações habitacionais. Porém, os painéis podem apresentar diversas vantagens em relação aos sistemas tradicionais, já que representam uma forma industrializada de vedação vertical externa. Por ser um método até então pouco disseminado, poucos profissionais já conhecem as alterações que irão ocorrer no planejamento e na execução da obra decorrentes da inserção desta nova tecnologia. Por este motivo, este trabalho analisa a utilização de painéis pré-fabricados em fachadas de edifícios residenciais em aspectos relacionados à elaboração de projetos e ao planejamento da obra, através da observação em campo, da análise de documentos técnicos e levantamento falhas relacionadas à utilização deste sistema. Ao final do estudo, foi possível observar que vedações verticais em painéis pré-fabricados apresentam-se como uma boa alternativa aos métodos tradicionais, pois podem reduzir o tempo de entrega da obra, devido à maior produtividade, reduzir a necessidade de mão de obra, além de apresentar menor desperdício. Porém, ao definir esta tecnologia de vedação se faz necessária uma coordenação dos processos, que integre os diferentes projetos e garanta que todos os requisitos para o bom desempenho do sistema sejam atendidos, já que o mesmo não permite grandes adaptações após a sua produção, as quais podem comprometer a qualidade e a eficiência da vedação.

Palavras-chave: Sistemas de Vedação Vertical. Painéis Arquitetônicos Pré-Fabricados.
Projeto Executivo de Obra de Edificação. Gestão de Projetos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do trabalho	17
Figura 2 – Influência do tempo investido na fase de projetos no custo total do empreendimento	20
Figura 3 – Processo de gestão de projetos	23
Figura 4 – Acabamentos superficiais dos painéis pré-fabricados	36
Figura 5 – Sistemas de fixação	37
Figura 6 – Localização das juntas	40
Figura 7 – Esquema genérico das juntas	40
Figura 8 – Posicionamento das placas no transporte	45
Figura 9 – Içamento dos painéis com grua	46
Figura 10 – Armazenamento dos painéis em canteiro de obras	47
Figura 11 – Utilização da talha trifor	49
Figura 12 – Cunha de madeira para afastamento do painel.....	49
Figura 13 – Soldagem dos elementos de fixação	50
Figura 14 – Contramarcos instalados nos painéis.....	53
Figura 15 –Revestimento interno em Drywall	54
Figura 16 – Tubulações hidráulicas entre painel e parede Drywall	55
Figura 17 – Isolamento acústico das paredes	55
Figura 18 – Isolamento entre pavimentos	56
Figura 19 – Fixação do elevador cremalheira à estrutura	57
Figura 20 – Solidarização painel e forro de gesso	59
Figura 21 –Furações realizadas após a instalação dos painéis	60
Figura 22 – <i>Inserts</i> acima do nível do piso	60
Figura 23 – Problema de acabamento na interface painel e alvenaria	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vida útil de projeto	33
Quadro 2 – Tolerância dimensional do produto	41
Quadro 3 – Tolerância da estrutura suporte	42
Quadro 4 – Cálculo de folga do projeto	43
Quadro 5 – Ordem desejável de elaboração dos projetos	52
Quadro 6 – Não conformidades observadas	57

LISTA DE SIGLAS

PPAC – Painéis Pré-Fabricados Arquitetônicos de Concreto

VUP – Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo principal	15
2.2.2 Objetivo secundário	15
2.3 PREMISSA	16
2.4 PRESSUPOSTO	16
2.5 DELIMITAÇÕES	16
2.6 LIMITAÇÕES	16
2.7 DELINEAMENTO	16
3 PROJETOS DE EDIFICAÇÕES	19
3.1 A IMPORTÂNCIA DOS PROJETOS	19
3.2 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO	20
3.3 ETAPAS DE PROJETO	21
3.4 GESTÃO DE PROJETOS	22
3.5 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	24
3.6 O PAPEL DO PROJETO EXECUTIVO	25
4 SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL	27
4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS	27
4.2 DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS	29
4.2.1 Desempenho estrutural	30
4.2.2 Segurança contra incêndio	31
4.2.3 Desempenho acústico	31
4.2.4 Estanqueidade à água	32
4.2.5 Durabilidade	33
5 VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA COM SISTEMA DE PAINÉIS ARQUITETÔNICOS PRÉ-FABRICADOS	34
5.1 COMPONENTES DO SISTEMA	34
5.1.1 Painél	35
5.1.1.1 Camada de concreto armado	35
5.1.1.2 Camada de revestimento.....	35
5.2 DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO	36

5.2.1 Material dos dispositivos de fixação	38
5.2.2 Tipos de fixação.....	38
5.3 JUNTAS	39
5.4 PROJETOS	40
5.4.1 Tolerâncias	41
5.4.1.1 Tolerâncias do produto	41
5.4.1.2 Tolerâncias de montagem	42
5.4.1.3 Folgas de projeto	42
5.4.2 Projeto de vedação com painéis pré-fabricados	43
5.4.2.1 Paginação	43
5.4.2.2 Locação das ancoragens	44
5.4.2.3 Sistemas de fixação	44
5.5 PLANEJAMENTO E MONTAGEM	44
5.5.1 Sequência de fabricação e envio das peças	44
5.5.2 Transporte vertical	45
5.5.3 Armazenamento	46
5.5.4 Condições para o início dos trabalhos	47
5.5.5 Processo de montagem	48
6 ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE DO SISTEMA DE VEDAÇÃO COM PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS ARQUITETÔNICOS DE CONCRETO.....	51
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	51
6.2 CONSIDERAÇÕES PARA DEFINIÇÃO DE PPAC COMO SISTEMA DE VEDAÇÃO EXTERNA	51
6.2.1 Gestão de projetos	51
6.2.1.1 Detalhamento construtivo	53
6.2.2 Planejamento executivo	56
6.3 NÃO CONFORMIDADES OBSERVADAS	57
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, impulsionado por programas lançados pelo Governo Federal com objetivo de expandir a economia, o Brasil vem sofrendo um processo de modificação no cenário da construção civil. Uma das alterações é a política de incentivos ao crédito, que fez com que a procura por imóveis crescesse vertiginosamente. Diante disso, novas tecnologias vem sendo constantemente introduzidas na indústria da construção civil objetivando a otimização dos processos, a maximização da produtividade e a satisfação do cliente.

Entretanto, a inserção de novas tecnologias implica na revisão de processos já consolidados. No caso da construção civil, é importante que se considere as soluções construtivas que serão adotadas desde a elaboração dos projetos.

No Brasil, a maioria das empresas não faz grandes investimentos na etapa de projeto, e é justamente nesta fase que se pode obter ganhos significativos quanto ao tempo de execução e custos do empreendimento. De acordo com Alencastro et al. (2006, p. 1408), “[...] a etapa de desenvolvimento de projetos tem sido apontada por diversos pesquisadores como a principal responsável por inadequações técnicas e econômicas, observadas em produtos e processos.”.

Dentro desta temática, Peralta (2002, p. 49) afirma que:

Uma análise das práticas das empresas quanto ao desenvolvimento de um projeto permite a identificação de problemas relativos à qualidade do processo ligadas às características de capacitação dos profissionais bem como a inexistência de sistemas formais de gestão de projetos.

A gestão de projetos se faz necessária, pois a concepção de um empreendimento é um processo multidisciplinar, composto por várias etapas, que envolve vários profissionais. Deste modo, é fundamental que se avalie todas as soluções construtivas através da compatibilização de projetos, que pode ser entendida como o processo de integração de diferentes projetos que constituem uma edificação, com o objetivo de garantir que todas as especialidades sejam sobrepostas de maneira que não interfiram umas nas outras. É um processo complexo que exige a participação de vários intervenientes, porém é de extrema importância, já que se

reflete diretamente na fase de execução da obra. Alencastro et al. (2006, p. 1408) também afirmam que:

[...] as inadequações resultam, ainda, da falta de compatibilidade física, geométrica e produtiva, entre detalhes afins, apresentados em documentos distintos. Observa-se a ausência, durante a fase de elaboração, de mecanismos que propiciem a consideração de fatores da produção.

Desta forma, é necessário que se tenha um projeto executivo, ou seja, um projeto que permita com que todos os profissionais envolvidos na produção sejam capazes de entender e reproduzir o que está sendo representado graficamente. De acordo com Duarte e Salgado (2002, p. 67), o projeto executivo representa “[...] o conjunto de operações necessário para a realização do empreendimento.”.

Ainda mais importante isso se torna quando se opta por soluções ainda pouco utilizadas no mercado da construção, como é o caso dos painéis arquitetônicos pré-fabricados. É necessário que se pense neste recurso construtivo desde o início da elaboração dos projetos, já que na interface com outros projetos vários aspectos devem ser considerados, como ventilações, pontos de água e luz, assim como a fixação das esquadrias, subidas de impermeabilização, acabamentos de rodapé, soleira de portas, proteção contra propagação de fogo e acabamentos internos. Além disso, o projeto arquitetônico deve considerar a espessura e o afastamento dos painéis e o projeto estrutural deve prever a necessidade de estrutura auxiliar para travamento dos painéis. Neste contexto, torna-se necessário um maior número de detalhamentos em projetos, para que estes cheguem à equipe de produção contendo todas as informações necessárias para minimizar os problemas de execução causados pelo desconhecimento de aspectos técnicos relevantes.

Por ser uma ferramenta indispensável, o projeto deve ser capaz de fornecer todas as informações necessárias às atividades de produção em um canteiro de obras. Isso torna possível elaborar um planejamento que venha a sofrer menos interferências ao longo do processo construtivo e, conseqüentemente, o controle de qualidade se torna mais eficiente. Desta forma, essa prática traz muitos benefícios, principalmente quando se opta por soluções que não permitem muitas modificações no processo produtivo da edificação e que tenham um índice menor de tolerância a falhas quando comparado com processos convencionais, como é o caso dos painéis arquitetônicos pré-fabricados.

Portanto, o trabalho busca analisar as vedações externas com painéis pré-fabricados com o objetivo de verificar a interação desta solução com os outros componentes da edificação e verificar detalhamentos construtivos que devem constar nos projetos executivos para garantir o bom desempenho do sistema.

O trabalho foi desenvolvido em sete capítulos, sendo o primeiro e o segundo compostos por introdução e métodos de pesquisa, respectivamente.

O terceiro capítulo versa sobre projetos de edificações abordando sua importância, suas características, seu processo de gestão e falando sobre o papel do projeto executivo no desenvolvimento das atividades em canteiro de obras.

Na sequência, o quarto capítulo fala de sistemas de vedação vertical em termos de classificação, projetos e desempenho e o quinto capítulo aborda sistemas de vedação vertical com painéis arquitetônicos pré-fabricados, destacando suas particularidades em termos de transporte, armazenamento, produção e montagem

O sexto capítulo consiste em uma análise da utilização do sistema, a qual foi realizada com base no acompanhamento de obras, entrevistas com profissionais e estudos de documentos técnicos, possibilitando o levantamento de aspectos relevantes que devem ser observados na elaboração de projetos e na execução de obras com fachadas em PPAC. Por fim, no sétimo capítulo, tem-se as considerações finais do trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: no emprego de sistemas de vedação vertical com painéis arquitetônicos pré-fabricados, quais os pontos com os quais se deve, no projeto e na execução, ter atenção para o máximo aproveitamento de suas características?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a análise da utilização de vedação externa com painéis arquitetônicos pré-fabricados para verificação da interação deste sistema com os demais sistemas e elementos da edificação, visando o máximo aproveitamento de suas características.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição do processo de execução do sistema;
- b) identificação dos projetos necessários à execução;
- c) identificação da ordem desejável de execução dos projetos.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que para obtenção das vantagens na utilização de novas tecnologias de vedação externa é necessário que os profissionais envolvidos na concepção do empreendimento tenham pleno conhecimento do sistema adotado e da sua interação com os demais sistemas e elementos da edificação.

2.4 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que o sistema de vedação vertical com painéis arquitetônicos de concreto atende satisfatoriamente às exigências dos usuários e é entregue à obra sem falhas de produção.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo de projetos executivos de edificações habitacionais com fachadas em painéis arquitetônicos pré-fabricados em concreto de uma empresa construtora situada na cidade de Porto Alegre/RS.

2.6 LIMITAÇÕES

O trabalho limita-se a analisar projetos de uma edificação, em fase final de construção, com vedação externa em painéis pré-fabricados em concreto armado.

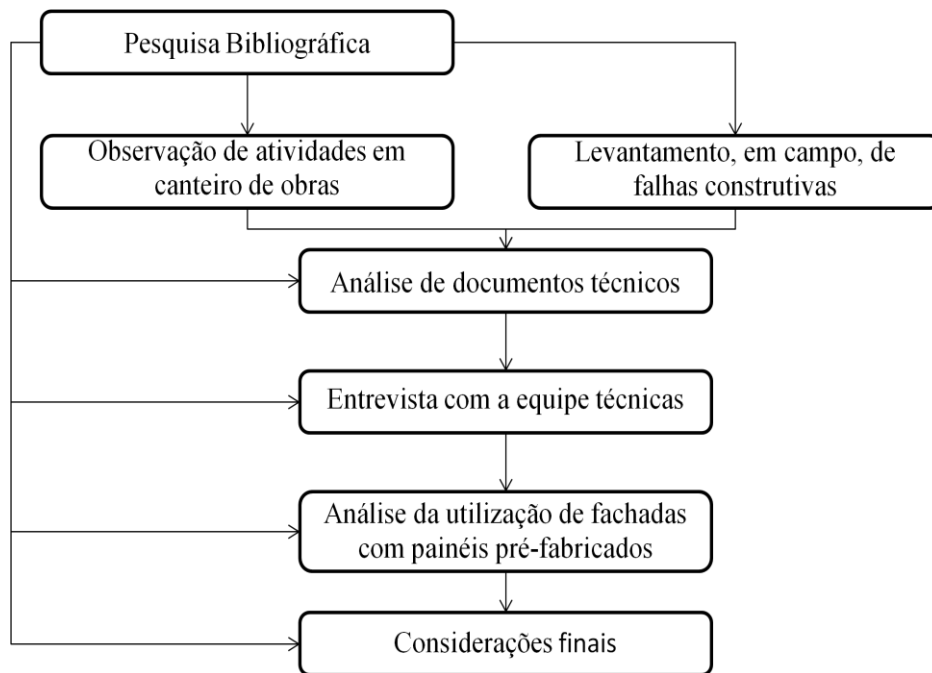
2.7 DELINEAMENTO

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

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) observação das atividades em canteiro de obras;
- c) levantamento, em campo, de falhas construtivas relacionadas à utilização de painéis arquitetônicos pré-fabricados em concreto;
- d) análise de projetos e documentos técnicos da edificação;

- e) entrevista com a equipe técnica responsável pela coordenação de projetos;
- f) análise da utilização de vedações externas com painéis pré-fabricados;
- g) considerações finais.

Figura 1 – Etapas do trabalho



(fonte: elaborado pela autora)

A primeira etapa consistiu na pesquisa bibliográfica para obtenção de todas as informações teóricas necessárias. Deste modo, foi possível o aprofundamento no tema através da compreensão dos procedimentos de concepção de projetos mais empregados no mercado da construção civil e do estudo do processo construtivo do sistema de vedação vertical externa com a utilização de painéis arquitetônicos pré-fabricados.

A segunda etapa foi o levantamento de informações realizado através da observação em campo, análise de projetos e demais documentos técnicos relacionados com o estudo e entrevistas, por meio de conversas informais, com a equipe técnica para o conhecimento dos procedimentos já utilizados para gerenciamento de projetos.

Após, foi analisada a utilização de fachadas em PPAC em uma obra, assim, foi possível verificar questões como a interação deste sistema com os demais componentes da edificação, o planejamento da obra, o método de execução, a origem das falhas levantadas e demais questões importantes para a escolha deste método de vedação vertical.

E, por fim, nas considerações finais foi feito o fechamento do estudo, através de uma análise do trabalho desenvolvido e dos resultados obtidos.

3 PROJETOS DE EDIFICAÇÕES

O processo de projeto é uma fase de grande importância na construção de uma edificação, ele pode reduzir custos, servir como parâmetro de controle de qualidade e evitar falhas produtivas. É um processo composto de várias etapas e elaborado por vários profissionais de diferentes especialidades, necessitando, assim, de gerenciamento, planejamento e coordenação entre as equipes. Estes assuntos são descritos nos itens a seguir.

3.1 A IMPORTÂNCIA DOS PROJETOS

De acordo com o *Project Management Institute* (2004, p. 7),

Os projetos são um meio de organizar atividades que não podem ser elaboradas dentro dos limites operacionais normais da organização. Os projetos são, portanto, frequentemente, utilizados como um meio de atingir o plano estratégico de uma organização seja a equipe do projeto formada por funcionários da organização ou um prestador de serviços contratado.

Os projetos são elaborados com a finalidade de atingir resultados pretendidos pela organização e pode surgir de uma demanda de mercado, de uma necessidade da própria organização, de uma solicitação de um cliente, de um avanço tecnológico ou um requisito legal (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2004, p. 7).

Na construção civil brasileira, a crescente demanda do mercado aumentou a competitividade entre as empresas, e, diante disto, investimentos em tecnologia, produtividade e qualidade são cada vez maiores. Neste contexto, novas estratégias vêm sendo adotadas e soluções inovadoras ganham espaço, com o objetivo de racionalizar a produção, reduzir custos e responder às exigências do mercado frente ao aumento da oferta.

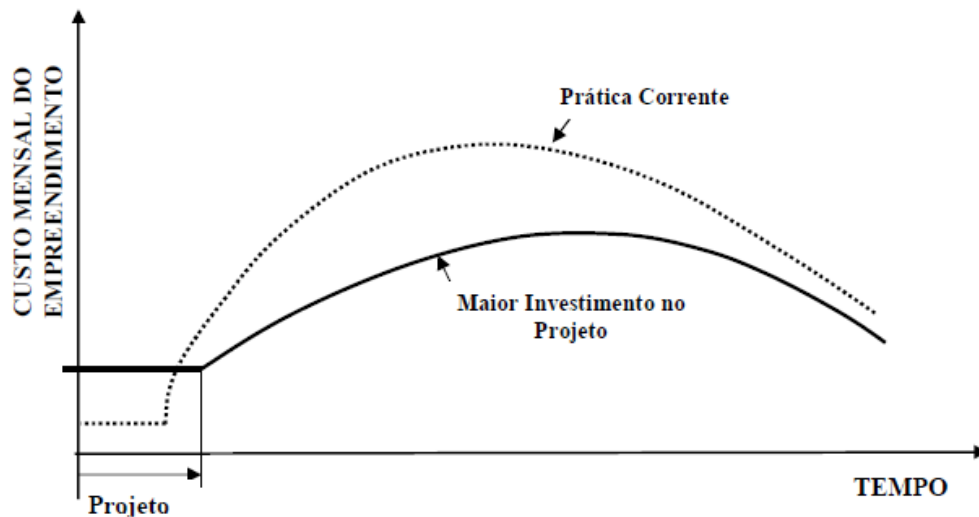
Porém, a fase de projeto muitas vezes não recebe os investimentos necessários por parte das empresas brasileiras, visto que o fluxo financeiro ainda não começou a ser despendido. Entretanto, nesta fase, obtêm-se ganhos significativos na questão de custo, tempo de produção e qualidade do empreendimento. De acordo com Melhado (2005, p. 12), a qualidade vai além dos insumos e da mão de obra contratada, visto que grande parte dos projetos é entregue à

equipe de produção repleto de erros, os quais são responsáveis por danos financeiros, de prazo e das características do produto. Melhado (2005, p. 12) ainda afirma que:

[...] a falta ou adiantamento de decisões, especialmente nas etapas iniciais da **fase de projeto** de empreendimentos de Construção Civil, tanto com relações aos aspectos ligados às características do produto, quanto às definições que envolvem o sistema de produção, potencializa uma grande quantidade de erros e de **retrabalho** para todos os agentes envolvidos e constitui uma fonte significativa de desperdício, com reflexos negativos sobre a qualidade do produto final entregue.

O projeto vai além da criação do empreendimento, ele deve subsidiar todo o processo construtivo e possibilitar o planejamento da obra, a programação de materiais e o controle de qualidade da edificação. Desta maneira, torna-se possível aumentar a eficiência e racionalizar a produção, evitando o desperdício de tempo causado por retrabalhos e reduzindo gastos não programados. Dentro deste contexto, a figura 2 reflete a influência do tempo investido na fase de projeto sobre o custo total do empreendimento.

Figura 2 – Influência do tempo investido na fase de projetos no custo total do empreendimento



(fonte: MELHADO, 2005)

3.2 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

O *Project Management Institute* (2004, p. 5) define o projeto como sendo um esforço temporário com a finalidade de criar um determinado produto ou serviço, ou seja, isso

significa que o processo de projeto tem um início e um fim, o qual é alcançado quando se obtém o resultado pretendido. Porém, cabe salientar que o termo temporário não se aplica ao produto, já que este é idealizado para criar um resultado duradouro. Além disso, os projetos são singulares e apresentam particularidades em sua concepção, o que confere a cada empreendimento propriedades diferentes.

Ainda de acordo com o *Project Management Institute* (2004, p. 5), os projetos podem criar:

- a) um produto ou objeto produzido, quantificável e que pode ser um item final ou um item componente;
- b) uma capacidade de realizar um serviço, como função de negócios que dão suporte à produção ou à distribuição;
- c) um resultado, como resultados finais ou documentos.

3.3 ETAPAS DE PROJETO

A norma NBR 13531 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995, p. 4) define as etapas de projeto da seguinte forma:

- a) levantamento: coleta de informações necessárias à elaboração do empreendimento;
- b) programa de necessidades: etapa na qual se deve verificar todas as exigências a serem cumpridas pela edificação;
- c) estudo de viabilidade: análise das alternativas que podem ser adotadas na concepção do empreendimento;
- d) estudo preliminar: nesta etapa se representam as informações técnicas iniciais da edificação, para que se possa compreender sua configuração;
- e) anteprojeto: etapa em que se representam as informações técnicas iniciais, as quais são utilizadas para levantamento de prazos e custos;
- f) projeto legal: este projeto deve atender aos requisitos necessários para a aprovação da edificação junto aos órgãos competentes, com base nas exigências legais, para a obtenção do alvará, licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção;
- g) projeto básico (opcional): nesta etapa se representam todas as informações que se tem da edificação, mesmo que incompletas, desta forma, torna-se possível contratar os serviços de obra;
- h) projeto executivo: é a representação final da edificação, nesta etapa todas as informações devem estar contempladas.

3.4 GESTÃO DE PROJETOS

Com a inserção de novas tecnologias no mercado da construção civil, o processo de projeto vem ficando cada vez mais complexo. Desta maneira, a elaboração de projetos é um procedimento que envolve inúmeros intervenientes de diferentes especialidades. Estes profissionais formam uma estrutura organizacional, a qual deve estar inter-relacionada para que se atinja um objetivo em comum: a construção de uma edificação (MELHADO, 2005, p. 18).

Neste contexto, Melhado (2005, p. 19) define a gestão de projetos como “[...] o conjunto de ações envolvidas no planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto.”, ou seja, a coordenação de projetos deve garantir que todas as especialidades sejam executadas com o mínimo de conflito. Assim, atende todas as metas, prazos, sequências e procedimentos, além de estabelecer um vínculo entre as partes, garantindo a articulação entre os processos e o bom desempenho da edificação. A figura 3 demonstra o processo de gestão de projetos com o relacionamento de todas as áreas envolvidas na concepção do empreendimento.

O *Project Management Institute* (2004, p. 8) indica que o gerenciamento de projetos inclui:

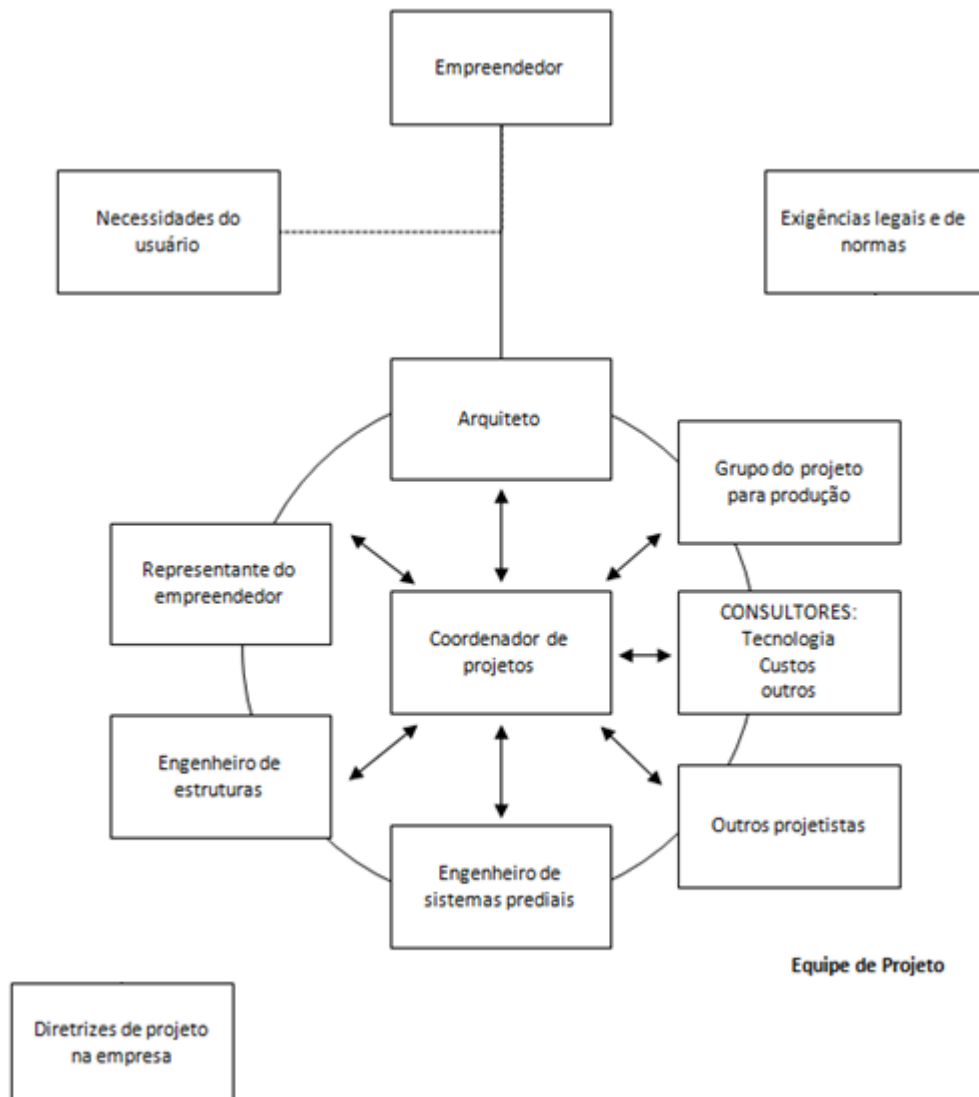
- a) identificação das necessidades;
- b) estabelecimento de objetivos claros alcançáveis;
- c) balanceamento das demandas conflitantes de qualidade, escopo, tempo e custo;
- d) adaptação das especificações, dos planos e da abordagem às diferentes preocupações e expectativas das diversas partes interessadas.

Dentro da gestão de projetos tem-se um coordenador, o qual tem como principal função a integração da equipe multidisciplinar. Este profissional deve ter conhecimentos sobre as técnicas e procedimentos utilizados, sobre as normas técnicas e legislações, sobre técnicas de planejamento e sobre a gestão da informação (MELHADO, 2005, p. 73-74).

Além disso, o *Project Management Institute* (2004, p. 15) define que as habilidades interpessoais do coordenador incluem:

- a) **comunicação eficaz:** a troca de informações;
- b) **influência sobre a organização:** a capacidade de **fazer com que as coisas aconteçam**;
- c) **liderança:** desenvolver uma visão e uma estratégia e motivar as pessoas para que alcancem essa visão e estratégia;
- d) **motivação:** estimular as pessoas para que alcancem altos níveis de desempenho e superem as barreiras que impedem as mudanças;
- e) **negociação e gerenciamento de conflitos.** Conversar com outras pessoas para chegar a um entendimento ou um acordo;
- f) **resolução de problemas:** a combinação entre definição do problema, identificação e análise de alternativas e tomadas de decisões.

Figura 3 – Processo de gestão de projetos



(fonte: adaptado de MELHADO, 2005)

3.5 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A compatibilização pode ser entendida como um processo de análise dos diferentes projetos, visando o perfeito ajuste entre os mesmos. É uma atividade de gerenciamento em que se integram todas as especialidades envolvidas na concepção do produto. Desta maneira, esse processo contribui para a qualidade da edificação, já que pode evitar conflitos e retrabalhos durante a obra.

Segundo Ávila (2011, p. 10),

A compatibilização é ferramenta fundamental no processo de desenvolvimento de projetos, detectando e eliminando problemas ainda na fase de concepção, reduzindo retalhos, o custo da construção e prazos de execução, qualificando o empreendimento e aumentando sua competitividade frente ao mercado

De acordo com Castro¹ (1999 apud SOUSA, 2010, p. 27-28):

[...] um dos problemas mais comuns nas manifestações patológicas encontrados em edifícios são as interferências entre o projeto estrutural e os projetos de instalações, proveniente de incompatibilidades de projetos ou de modificações no decorrer da execução da obra, principalmente devido à falta de uma melhor coordenação entre os diversos sistemas envolvidos.

Através da compatibilização, é possível que os projetos sejam executados simultaneamente, ao invés de sequencialmente, ou seja, os agentes envolvidos trabalham paralelamente. Assim, Callegari² (2007 apud ÁVILA, 2011, p. 23) afirma que “[...] a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, corrigindo e propondo novas soluções com o aumento da eficiência.”.

Ávila (2011, p. 22) salienta que:

É a partir do projeto arquitetônico que o processo de compatibilização se inicia, preferencialmente na etapa de estudo preliminar, onde ainda há maior flexibilidade e possibilidade de um desenvolvimento compatível com os projetos complementares. Quanto mais os projetos avançam em desenvolvimento maior é o trabalho para essa compatibilização.

¹ CASTRO, E. M. C. **Patologia das edificações em estrutura metálica**. 1999. 202 f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

² CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edificações residenciais multifamiliares**. 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

3.6 O PAPEL DO PROJETO EXECUTIVO

Sobre os projetos executivos, Melhado (2005, p. 51) afirma que:

A caracterização da produção conjuntamente com o desenvolvimento do produto tem como uma de suas funções permitir uma melhor tradução das características e especificações do produto em procedimentos e sequência de produção, minimizando a possibilidade de execução inadequada ou incompleta dessas especificações. Os **projetos para produção**, cujo principal objetivo é integrar o projeto à obra, apresentando soluções adequadas para melhorar o processo de execução de um determinado subsistema do edifício, tem sido adotadas por diversas empresas construtoras na busca da redução sistemática desses problemas.

Neste contexto, o projeto executivo deve ser capaz de fornecer à equipe de produção todas as informações necessárias para a reprodução do está sendo representado, isto deve ser feito de maneira clara, possibilitando que todos os envolvidos possam assimilar esta representação. Este projeto precisa conter o maior número de detalhamentos possível, evitando com que a falta de informações acarrete em decisões equivocadas tomadas em canteiro de obras (DUARTE; SALGADO, 2002, p. 69).

Quanto à representação gráfica, Duarte e Salgado (2002, p. 71) afirmam que ela deve estar apresentada de maneira que a leitura seja fácil com escala adequada, ou seja, a produtividade não pode ser afetada por problemas de interpretação de projetos. Por isso, as informações devem ser padronizadas e os dados que não são explícitos devem estar descritos.

Um bom projeto executivo possibilita que a edificação seja materializada com menor ocorrência de problemas construtivos, os quais são responsáveis por grande parte das manifestações patológicas que surgem após a conclusão do empreendimento.

De acordo com Melhado (2005, p. 59):

A importância da elaboração de diversos projetos para a produção está em garantir ao máximo a definição prévia dos principais serviços que afetam ao processo de produção, bem como garantir um nível de racionalização construtiva compatível entre subsistemas que se sucedem na execução das obras de edifícios, como estrutura, vedações, instalações, revestimentos, etc.

Peralta (2002, p. 46-47) destaca que:

[...] a função básica do projeto de produção é a transmissão de todos os condicionantes que envolvem a tecnologia escolhida, de modo a subsidiar a etapa de execução da obra da forma mais completa possível, evitando com isso

improvisações, paralisações, retrabalho e a implantação de uma solução não planejada, durante a execução.

4 SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

A NBR 15575-4 define as vedações verticais como “[...] partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 4).

As vedações verticais apresentam diversidade de alternativas e tem sido escolhidas de maneira a otimizar a produtividade e a eficiência da edificação, imprimindo a ela linguagem estética e agregando valor ao produto.

Porém, a escolha da vedação vertical deve ser bem estudada e os projetos ganham grande importância, pois eles incorporam diversos outros projetos. Elementos como esquadrias, revestimento, instalações e demais sistemas interferem na concepção do projeto, exigindo, assim, que se faça uma análise da compatibilização entre eles. Além disso, deve-se considerar os elevados índices de desperdício e as manifestações patológicas que ocorrem nas vedações verticais, o que implica num detalhamento ainda maior na execução do projeto (MELHADO, 2005, p. 62).

Nos itens a seguir são abordadas questões de classificação e desempenho de fachadas, os quais influenciam diretamente na definição do sistema a ser utilizado.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS

De acordo com Elder³ (1977 apud OLIVEIRA 2002, p. 14),

O subsistema de vedação vertical tem, especialmente, a função de criar, junto com as esquadrias e os revestimentos, condições de habitabilidade para o edifício, ou seja, de servir como mediadora entre o meio externo e interno, de modificar as condições interiores como requerido pelo usuário e tem, também, função estrutural e estética.

Então, as vedações verticais podem ser entendidas como elementos de divisão, seja esta divisão interna ou externa. Internamente, as vedações limitam os diferentes ambientes que

³ ELDER, A. J. **Construccion**. Madrid: Blume Ediciones, 1977.

compõe a edificação enquanto externamente as vedações têm como função o isolamento da parte interna em relação ao exterior.

Segundo Sabbatini e Franco⁴ (2001 apud OLIVEIRA, 2002, p. 15), pode-se classificar as vedações verticais:

a) quanto à posição no edifício:

- externa (de fachadas): vedação envoltória do edifício, sendo que uma das faces está sempre em contato com o meio ambiente externo ao edifício;
- interna: vedação interna ao edifício;

b) quanto à técnica de execução:

- por conformação: vedações obtidas por moldagem a úmido no local;
- por acoplamento a seco: vedações obtidas por moldagem através de dispositivos de fixação (prego, parafusos, rebites, etc.);
- por acoplamento úmido: vedações obtidas por moldagem a seco de componentes com solidarização posterior com argamassa ou concreto;

c) quanto à densidade superficial:

- leve: vedação de baixa densidade superficial. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – (1990)⁵ expõe que são consideradas leves as vedações que estão num intervalo entre 60 e 100 kg/m² e que não podem ter função estrutural;
- pesada: vedação com densidade superior ao limite convencionado, pode ou não ter função estrutural;

d) quanto à estruturação:

- auto-suporte: não possui uma estrutura complementar, pois a vedação se auto-suporta;
- estruturada: possui uma estrutura reticular para suporte dos componentes de vedação;

e) quanto à continuidade do pano (em relação a distribuição de esforços):

- contínua: a absorção dos esforços se dá no pano como um todo;
- descontínua: a absorção dos esforços é feita pelos componentes (placas ou painéis) e distribuídos por entre a estrutura da própria vedação e,

⁴ SABBATINI, S. H.; FRANCO, L. S. **Produção de Vedações Verticais**. São Paulo: EPUSP, 2001. Notas de aula. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/Graduação/PCC2435/pdf/PCC2453-aula18a.pdf>>. Não foi possível acessar endereço indicado pela autora para obtenção de mais informações sobre o texto.

⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11685**: divisórias leves internas moduladas. Rio de Janeiro, 1990.

necessariamente, existem juntas entre os componentes, que podem ser aparentes ou não;

f) quanto à continuidade superficial (em relação à visibilidade das juntas):

- monolítica: sem juntas aparentes;
- modular: com juntas aparentes.

Ainda de acordo com Sabbatini⁶ (1989 apud OLIVEIRA, 2002, p. 16), o subsistema de vedação vertical pode ser caracterizado de acordo com seu processo de produção, podendo este ser:

- a) tradicional: quando se tem grande uso de mão de obra e baixa mecanização do processo;
- b) racionalizada: quando se planeja o processo executivo tendo como objetivo a redução do desperdício e o aumento da produtividade;
- c) industrializado: quando se utiliza componentes previamente fabricados com fixação posterior em canteiro de obra.

4.2 DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS

Segundo Oliveira e Mitidieri Filho (2012),

A tendência atual é que os projetos dos edifícios sejam concebidos com enfoque em desempenho, isto é, desde a fase de concepção, nas definições das exigências do programa de necessidades, os requisitos de desempenho já são levados em conta.

As Normas de desempenho têm como objetivo atender às exigências dos usuários no que diz respeito aos sistemas que constituem as edificações habitacionais. Estes sistemas referem-se à segurança, à habitabilidade, à sustentabilidade e ao nível de desempenho.

A Associação brasileira de normas técnicas (2013a, p. 9) define os requisitos de desempenho como “condições que expressam qualitativamente os atributos que a edificação habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer as exigências do usuário.”.

A NBR 15575-4 estabelece o desempenho mínimo dos sistemas de vedações verticais internas e externas. De acordo com esta Norma, mesmo que as vedações externas não possuam função

⁶ SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processo e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. 336 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1989.

estrutural elas podem atuar como contraventamento de estruturas e interagir com os demais componentes que constituem a edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c, p. xi).

A Norma estabelece, também, as premissas básicas para a avaliação de desempenho de uma edificação. Esta avaliação tem a finalidade de verificar se os sistemas ou processos construtivos cumprem suas funções adequadamente.

Nos itens a seguir são detalhados os requisitos relevantes para este trabalho.

4.2.1 Desempenho Estrutural

O desempenho estrutural refere-se à capacidade do sistema de permanecer íntegro sob as diversas condições de exposição. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013b, p. 4-5), durante a vida útil da estrutura ela deve atender aos seguintes requisitos:

- a) não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- b) prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- c) não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal exigência atendida caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta Norma;
- d) não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação e acabamentos;
- e) não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais.

Segundo Oliveira (2002, p. 55), o desempenho estrutural dos painéis depende do material do próprio painel, além dos componentes de fixação metálicos, os quais devem resistir às cargas atuantes e ao intemperismo que pode levar o material a corrosão afetando, conseqüentemente, a durabilidade e a segurança estrutural da fachada.

4.2.2 Segurança contra incêndio

De acordo com Sabbatini et al.⁷ (1993 apud ALMEIDA, 2010, p. 24), a segurança contra incêndio é relativa a capacidade de resistir ao fogo, ou seja, o sistema deve manter-se íntegro durante um certo período de tempo em situações de incêndio. Além disso, o sistema deve contemplar recursos para impedir a propagação de fumaça e chamas.

De acordo com a Norma NBR 15575-1 as exigências relativas à segurança contra incêndio são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 15):

- a) proteger a vida dos ocupantes das edificações e áreas de risco, em caso de incêndio;
- b) dificultar a propagação do incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio;
- c) proporcionar meios de controle e extinção do incêndio;
- d) dar condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros.

Esta mesma Norma define os objetivos principais de garantir a resistência ao fogo dos elementos estruturais, que são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 16):

- a) possibilitar a saída dos ocupantes da edificação em condições de segurança;
- b) garantir condições razoáveis para o emprego de socorro público, onde se permita o acesso operacional de viaturas, equipamentos e seus recursos humanos, com tempo hábil para exercer as atividades de salvamento (pessoas retidas) e combate a incêndio (extinção);
- c) evitar ou minimizar danos à própria edificação, às outras adjacentes, à infraestrutura pública e ao meio ambiente.

4.2.3 Desempenho acústico

A NBR 15575-1 define que o desempenho acústico é a capacidade da edificação e seus componentes de apresentar isolamento adequado das vedações externas a sons aéreos provenientes do exterior da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 25).

⁷ SABBATINI, F. H.; FRANCO, L. S.; BARROS, M. M. S. B. **Tecnologia de vedações verticais**. São Paulo: EPUSP, 1993. Apostila da disciplina de tecnologia da construção de edifícios I.

Sabbatini et al.⁸ (1993 apud ALMEIDA, 2010, p. 23) define que,

Quando se tratam de sistemas de vedação vertical, os requisitos designam a capacidade de isolamento acústico das fachadas, sobretudo nos edifícios localizados em regiões com elevados níveis de poluição sonora.

Ou seja, o isolamento acústico da edificação está diretamente relacionado com o conforto do usuário. Por isso, as vedações externas devem ser avaliadas, e, caso não atinjam o desempenho recomendado, a isolação pode ser complementada com o auxílio de outros materiais, como, por exemplo, mantas de isolamento acústico.

4.2.4 Estanqueidade à água

A estanqueidade, nas vedações, pode ser entendida como a capacidade de não permitir a penetração de água pela sua superfície. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013a, p. 20),

A exposição à água de chuva, à umidade proveniente do solo e aquela proveniente do uso da edificação habitacional, devem ser consideradas em projeto, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído.

A edificação deve ser estanque a penetração de águas provenientes de chuva e outras fontes, desta forma o projeto deve estabelecer detalhes construtivos que impeçam a penetração dessas águas através da vedação de juntas e componentes que facilitem seu escoamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c, p. 25).

No caso de fachadas, os índices pluviométricos, a velocidade e direção dos ventos na região de implantação da obra devem ser consideradas. As paredes da fachada e seus demais componentes devem ser estanques e não apresentar infiltrações. Oliveira (2002, p. 69) afirma que a estanqueidade das fachadas em PPAC está ligada a três fatores:

- a) do controle de fissuras e da porosidade do componente painel;
- b) da interface entre as esquadrias e o painel; e

⁸ SABBATINI, F. H.; FRANCO, L. S.; BARROS, M. M. S. B. **Tecnologia de vedações verticais**. São Paulo: EPUSP, 1993. Apostila da disciplina de tecnologia da construção de edifícios I.

c) da interface entre os painéis.

4.2.5 Durabilidade

A durabilidade é a capacidade da edificação em manter suas características originais durante a vida útil da construção e essa característica é influenciada por diversos fatores que vão desde o projeto até o uso e conservação (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 194).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013a, p. 31) estabelece que:

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

A NBR 15575-1 estabelece prazos mínimos de vida útil de projeto (VUP), para cada sistema da edificação, conforme quadro 1, sendo a VUP definida como o tempo para o qual um sistema é projetado de maneira a atender, durante todo este período, aos requisitos de desempenho.

Quadro 1 – Vida útil de projeto

Sistema	VUP mínima anos
Estrutura	≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 32)

5 VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA COM SISTEMA DE PAINÉIS ARQUITETÔNICOS PRÉ-FABRICADOS

Em busca do aumento da produtividade, da otimização dos processos e da redução do desperdício, os painéis arquitetônicos pré-fabricados vem ganhando espaço no mercado da construção civil, pois representam uma forma industrializada de vedação. Os painéis possibilitam acabamentos diversos e podem se adequar a diferentes tipos de estrutura. Além disso, por serem produzidos fora do canteiro de obras, por empresas especializadas, são executados com maior de qualidade. Conforme Silva⁹ (2003 apud ALMEIDA, 2010, p. 34), “Painéis de vedação são painéis sem função estrutural fixados à estrutura principal do edifício de modo a preencher vãos entre elementos estruturais.”.

O *Precast Concrete Institute*¹⁰ (1989 apud OLIVEIRA, 2002, p. 19) define os painéis como

[...] uma unidade pré-fabricada em forma especial ou padronizada que, por meio de um tratamento em uma de suas faces, atinge um acabamento superficial que contribui para a arquitetura e acabamento do edifício. E expõe, ainda, que essas unidades podem ter função estrutural, de fechamento ou somente de recobrimento.

É importante salientar que não existe norma específica para vedação externa com PPAC, desta maneira, o sistema deve seguir as recomendações de desempenho da NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c).

5.1 COMPONENTES DO SISTEMA

De acordo com Oliveira (2002, p. 20), a constituição das fachadas é dada, basicamente, por três elementos:

- a) o painel propriamente dito: composto por concreto armado acrescido de revestimento;
- b) os dispositivos de fixação: fixam os painéis diretamente à estrutura suporte;

⁹ SILVA, M. G. **Manual da construção em aço**: painéis de vedação. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2003.

¹⁰ PRECAST CONCRETE INSTITUTE. **Design handbook**. Chicago, 1972.

- c) as juntas de vedação: são a ligação entre os painéis, devem ser estanques e garantir que as tensões não se propaguem entre as placas.

Estes elementos são detalhados nos próximos itens.

5.1.1 Paineis

5.1.1.1 Camada de concreto

O painel deve ser projetado de maneira a garantir os requisitos de desempenho referentes à segurança, à habitabilidade e à durabilidade, características ligadas à camada de concreto armado e diretamente influenciadas pelas técnicas de fabricação e pelo controle de qualidade do processo (OLIVEIRA, 2002, p. 21).

De acordo com Phillips e Sheppard¹¹ (1998 apud OLIVEIRA, 2002, p. 21) os painéis devem ser fabricados de maneira que sua segurança estrutural seja garantida tanto na fase definitiva, ou seja, após a fixação na estrutura, quanto nas fases do processo de produção.

Oliveira (2002, p. 22) afirma que na fabricação dos painéis, em geral, se utiliza concretos de alta resistência, os quais conferem alta resistência inicial, pois desta maneira é possível desformar as peças em prazo menor, acelerando, assim, o processo de industrialização.

Os painéis devem ser armados, pois o aço confere à estrutura a capacidade de resistir aos esforços de tração, que ocorrem de forma mais intensa nas etapas de desforma, transporte e montagem.

5.1.1.2 Camada de revestimento

Conforme Oliveira (2002, p. 30),

A camada de revestimento pode ser classificada de acordo com a sua função, com as condições de exposição, com o material constituinte da camada de acabamento, com o acabamento superficial e com as técnicas de execução.

A especificação da camada de revestimento deve ser feita, além dos critérios citados anteriormente, a partir da aparência requisitada pelo cliente, variando-se a cor da pasta de

¹¹ PHILLIPS, W. R.; SHEPPARD, D. A. **Plant-cast precast and prestressed concrete: a design guide**. New York: Mcgraw Hill, 1998.

cimento, o tamanho dos agregados ou incorporando revestimentos, conferindo, assim, diferentes aspectos à estrutura (OLIVEIRA, 2002, p. 31).

Oliveira (2002, p. 30-31) propõe a seguinte classificação:

- a) revestimento incorporado na moldagem: é a camada de revestimento que é executada juntamente com a camada de concreto na própria forma do painel. Pode ser executada em micro concreto, argamassa ou ser a própria camada de concreto que, após a desforma, recebe em sua superfície tratamento com jato de água ou areia, gerando acabamentos superficiais rugosos com baixa, média ou elevada exposição do agregado, brilhosos ou opacos;
- b) revestimento incorporado posteriormente: é a camada de revestimento executada depois da desforma do painel e pode, basicamente, ser de três tipos: em placas de rocha ou cerâmica, fixadas na camada de concreto com argamassa colante ou com dispositivos de fixação; em revestimento de argamassa; e revestimento de pintura.

A figura 4 representa os acabamentos superficiais incorporados na moldagem com diferentes rugosidades.

Figura 4 – Acabamentos superficiais dos painéis pré-fabricados



(fonte: ARCHITECTURAL PRECAST ASSOCIATION¹², [2000?] apud OLIVEIRA, 2002)

5.2 DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO

Os dispositivos de fixação tem a finalidade de vincular os painéis à estrutura suporte e podem ser soldados ou aparafusados. Sua função é de transferir as cargas atuantes nas placas para a estrutura. Oliveira (2002, p. 34) afirma que:

Os dispositivos de fixação são responsáveis pela interação painel-estrutura. São eles que garantem a segurança estrutural do painel no edifício, devendo ser projetados

¹² ARCHITECTURAL PRECAST ASSOCIATION **Architectural precast**: a combination of selected cements aggregates and coloring agents used to custom plant produce architectural concrete building units. Fort Myers, [2000?].

levando-se em consideração os fatores que condicionam seu desempenho, durabilidade e aspectos de construtibilidade.

Então, o propósito da fixação é transferir cargas provenientes do painel para a estrutura-suporte, promovendo a estabilidade do conjunto, e absorver certas movimentações diferenciais entre painel e estrutura. Para tanto, as fixações devem apresentar alguns requisitos de desempenho que garantam seu funcionamento, tais como (OLIVEIRA, 2002, p. 34-35):

- a) resistência mecânica: resistência às forças do vento, às variações volumétricas do próprio painel e às movimentações diferenciais entre a estrutura suporte e o painel;
- b) ductilidade, ou seja, capacidade de sustentar um percentual de deformações plásticas sem perda significativa de resistência;
- c) resistência à corrosão.

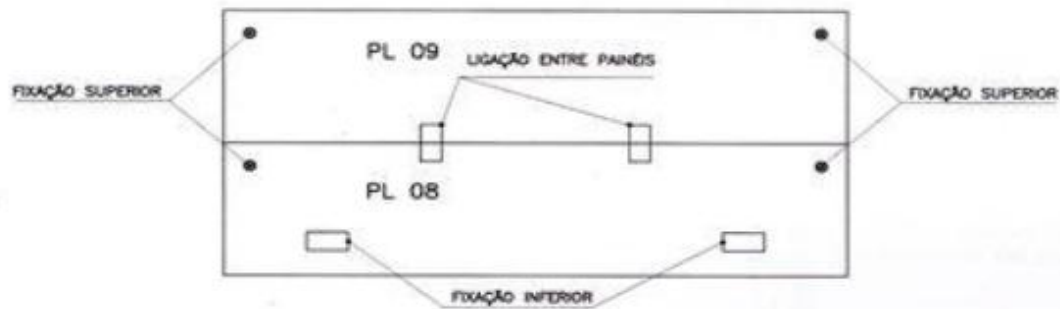
Os painéis podem apresentar fixação nas partes superiores ou inferiores ou entre painéis da seguinte maneira (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS¹³, 2004, apud DRESSEL, 2012, p. 36):

- a) inferior: como os painéis de concreto arquitetônico são apoiados nos pavimentos, a fixação inferior recebe todo o carregamento vertical, e, portanto, representa a base estrutural do painel, enquanto o pavimento serve de apoio;
- b) superior: é necessária para garantir o equilíbrio da peça;
- c) entre painéis: é necessária quando um painel não cobre a altura de um pavimento, e por isso torna-se necessário apoiar um painel sobre o outro.

A figura 5 retrata os sistemas de fixação superior, inferior e entre painéis.

¹³ MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS. **Manual Munte de projeto em pré-fabricados de concreto**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2004.

Figura 5 – Sistemas de fixação



(fonte: MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS¹⁴, 2004, apud DRESSEL, 2012)

5.2.1 Material dos dispositivos de fixação

Oliveira (2002, p. 35) afirma que:

Os materiais mais utilizados nos dispositivos de fixação dos painéis pré-fabricados de concreto arquitetônicos (PPAC) são os metais, devido, principalmente, às suas propriedades de resistência mecânica e ductilidade. Existe uma grande variedade de metais, que se diferenciam pela sua composição química, podem ser caracterizados como metais mais ou menos nobres e, conseqüentemente, mais ou menos propensos à corrosão.

Geralmente, os principais metais utilizados para compor os dispositivos de fixação dos painéis são: o aço carbono [...], o aço acimável ou patinável e o aço inoxidável.

A avaliação dos dispositivos utilizados é muito importante, visto que são peças fundamentais na segurança estrutural do sistema. Por isso, faz-se necessário verificar a atmosfera na qual essa vedação é inserida, além de constatar a compatibilidade entre os materiais empregados. Ambos os fatores, se mal avaliados, podem configurar risco de corrosão às fixações, causando, conseqüentemente, risco aos usuários da edificação (DRESSEL, 2012, p. 37).

5.2.2 Tipos de fixação

O *Precast Concrete Institute*¹⁵ (1989 apud OLIVEIRA, 2002, p. 35-39) subdivide esses dispositivos em:

¹⁴ MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS. **Manual Munte de projeto em pré-fabricados de concreto**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2004.

¹⁵ PRECAST CONCRETE INSTITUTE. **Desing handbook**. Chicago, 1972.

- a) fixações de alinhamento, aquelas responsáveis por impedir o deslocamento relativo entre os painéis e contribuir para alinhar o painel na montagem. Esse tipo de fixação pode ser aparafusada ou soldada [...];
- b) fixações de apoio vertical, aquelas responsáveis pela transmissão do peso próprio do componente painel para a estrutura suporte. Essas fixações podem ser soldadas ou aparafusadas;
- c) fixações de apoio lateral, aquelas responsáveis por transmitir as forças horizontais devidas à ação do vento. [...] também podem ser aparafusadas e ou soldadas.

5.3 JUNTAS

As juntas são a separação entre os painéis e devem ser seladas de maneira a garantir a estanqueidade do sistema de vedação vertical, além de absorver as tensões de movimentação do sistema. De acordo com Silva¹⁶ (2003 apud ALMEIDA 2010, p. 37-38),

A vedação das juntas pode ser obtida pelo emprego de selantes ou gaxetas, em barreira simples ou dupla, como recomendado pelos fabricantes nacionais. Os selantes utilizados em vedações de PPAC são o polissulfeto acrílico, mais utilizado pela boa capacidade de deformação, e o silicone de baixo módulo de elasticidade [...].

Segundo Oliveira (2002, p. 46),

[...] as juntas devem ser projetadas segundo alguns critérios que atendam aos requisitos de desempenho relativos à estanqueidade à água e ao ar, e à capacidade de absorver deformações sem introduzir tensões extras nos painéis. O estabelecimento desses critérios depende da análise do tipo de junta, da seleção dos materiais selantes e do estabelecimento das dimensões mínimas das juntas.

A análise, dos materiais selantes e do dimensionamento das juntas direciona o estabelecimento de critérios que cumpram, não só, com o desempenho funcional da própria junta mas, principalmente, com a estanqueidade das fachadas em PPAC.

As juntas podem ser classificadas da seguinte maneira (OLIVEIRA, 2002, p. 47-49):

- a) quanto à posição: podem ser horizontais ou verticais, conforme a figura 6;
- b) quanto ao preenchimento e aspecto geométrico: tem-se as juntas abertas, em que a geometria e a introdução de um dispositivo de drenagem são responsáveis pela estanqueidade do sistema; e as juntas seladas, as quais são preenchidas por um material responsável pela estanqueidade à água.

¹⁶ SILVA, M. G. **Manual da construção em aço**: painéis de vedação. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2003.

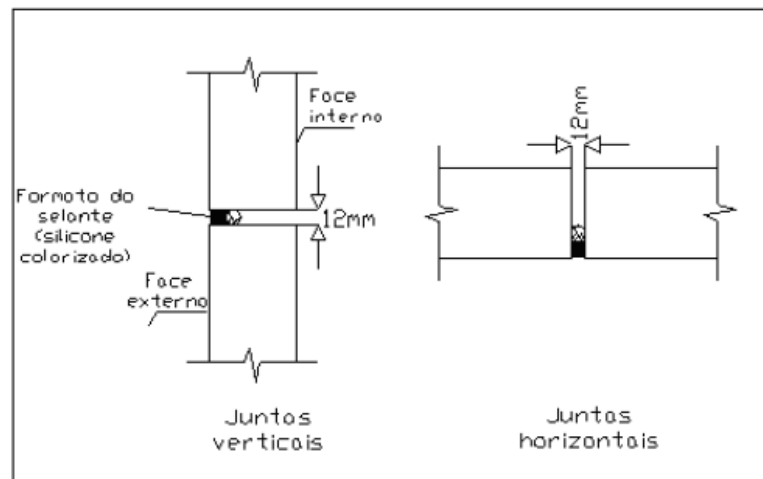
Figura 6 – Localização das juntas



(fonte: foto do autor)

A figura 6 apresenta juntas verticais e horizontais do tipo seladas, as quais serão posteriormente preenchidas com um limitador de profundidade e um selante, conforme o exemplo da figura 7.

Figura 7 – Vedação das juntas verticais e horizontais



(fonte: ALMEIDA, 2010)

5.4 PROJETOS

Segundo Acker (2003, p. 6), ao optar pela utilização de pré-moldados, os projetistas devem considerar suas vantagens, suas restrições e todos seus detalhes construtivos. Além disso, é

muito importante que a decisão pela utilização de pré-moldados aconteça no estágio preliminar de projetos e não através de adaptações dos métodos tradicionais durante o andamento da construção, pois, desta maneira, é possível assegurar a eficiência e bom desempenho do sistema.

Acker (2003, p. 6) ainda afirma que deve haver comunicação entre a empresa fornecedora dos pré-moldados e seus clientes, de maneira que a empresa forneça as diretrizes para toda a equipe envolvida assegurando, assim, que todas as partes tenham pleno conhecimento do método adotado, já que muitos engenheiros ainda não estão familiarizados com estes sistemas.

5.4.1 Tolerâncias

A utilização de painéis como elementos de vedação vertical da edificação exige maior controle em relação à produção da estrutura portante, pois desvios de nível, prumo e alinhamento podem prejudicar a fixação das placas, causando danos ao desempenho do sistema e à estética da edificação.

5.4.1.1 Tolerâncias do produto

O sistema de PPAC deve ter suas dimensões controladas para garantir a qualidade do produto. Oliveira (2002, p. 97) sugere as tolerâncias dimensionais do produto, conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Tolerâncias dimensionais do produto

Descrição		Tolerância
Comprimento e/ou altura		Menor que 3m $\pm 3\text{mm}$
		Entre 3m e 6m $+ 3\text{mm}; - 4,5\text{mm}$
		Entre 6m e 12m $\pm 6\text{mm}$
Espessura da seção transversal		$- 3\text{mm}; + 6\text{mm}$
Posicionamento das aberturas		$\pm 6\text{mm}$
Alinhamento lateral dos dispositivos de fixação ancorados nas peças	Parafusos	6mm
	Chapas soldadas	25mm
	Ancoragens	12,5mm
Encurvamento		$\pm L/360$ (máximo 25mm)
Empenamento (entre as quinas adjacentes)		1,5mm para cada 300mm

(fonte: adaptado de OLIVEIRA, 2002, p. 97)

5.4.1.2 Tolerâncias de montagem

Oliveira (2002, p. 97) afirma que:

As tolerâncias de montagem são aquelas que estabelecem os critérios de aceitação do componente pré-fabricado depois de montado na estrutura, ou seja, o quanto um painel pode estar desalinhado do outro, quais as aberturas máximas aceitáveis de juntas, quais as variações de prumo aceitáveis entre outros.

Para sistemas em que os componentes pré-fabricados são fixados à estrutura portante de concreto armado moldado *in loco*, Oliveira (2002, p. 97) apresenta as tolerâncias a serem consideradas de acordo com o quadro 3.

Quadro 3 – Tolerâncias da estrutura suporte

Descrição	Tolerância
Variação de prumo (alinhamento vertical)	A cada 3m 6mm (máximo = 25mm até 30m)
Variação de nível (altura)	Até 3m $\pm 6\text{mm}$
	Maior que 6m $\pm 10\text{mm}$
Variação do limite do edifício com colunas e paredes	Vãos até 6m $\pm 12,5\text{mm}$
	Vãos entre 6m e 12m $\pm 25\text{mm}$
Variação da dimensão de colunas e vigas	- 6mm, + 12,5mm
Variação na localização de ancoragem de fixação	$\pm 6\text{mm}$

(fonte: adaptado de OLIVEIRA, 2002, p. 99-100)

5.4.1.3 Folgas de projeto

Tendo em vista as tolerâncias do produto e de montagem é necessário que se estabeleçam folgas nos projetos, as quais permitirão que estas variações sejam absorvidas (OLIVEIRA, 2002, p. 100). Através do estabelecimento das folgas é possível evitar falhas que possam comprometer o sistema tanto estruturalmente quanto esteticamente. No quadro 4, há um exemplo de dimensionamento das folgas, considerando os maiores valores de tolerâncias.

Quadro 4 – Cálculo da folga de projeto

1	Tolerância de produto	
	Espessura da seção transversal do painel	-3mm; +6mm
	Empenamento do painel	+1,50mm
	Varição dimensional da viga (estrutura de concreto moldado no local)	-6mm; +12,50mm
	Sub-total= (considerando pior situação)	+ 20mm
2	Deformações (desconsiderar por facilitar o cálculo de exemplo)	
3	Tolerância de montagem	
	Varição de prumo da estrutura de concreto	± 25mm
4	Ajustes de montagem devido à localização e tipo dos componentes (nada a considerar)	
5	Considerações econômicas	
	Soma algébrica	+45mm
6	Considerações Estruturais (Nenhum ajuste a considerar)	
7	Verificar as condições de tolerâncias mínimas (-3-6-25= 34mm)	
8	Estabelecimento da folga final (45mm)	

(fonte: OLIVEIRA, 2002, p. 101)

Oliveira (2002, p. 102) afirma que:

Se as tolerâncias não forem consideradas, muitas vezes pode-se inviabilizar a montagem das peças e/ou criar retrabalhos que prejudiquem a qualidade e a produtividade da execução das fachadas em PPAC. Entretanto, as tolerâncias devem estar num intervalo que atenda a padrões técnicos e econômicos.

5.4.2 Projeto de vedação com painéis arquitetônicos pré-fabricados

O projeto dos painéis arquitetônicos é feito pela empresa fornecedora dos mesmos, a partir dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações fornecidos pela contratante.

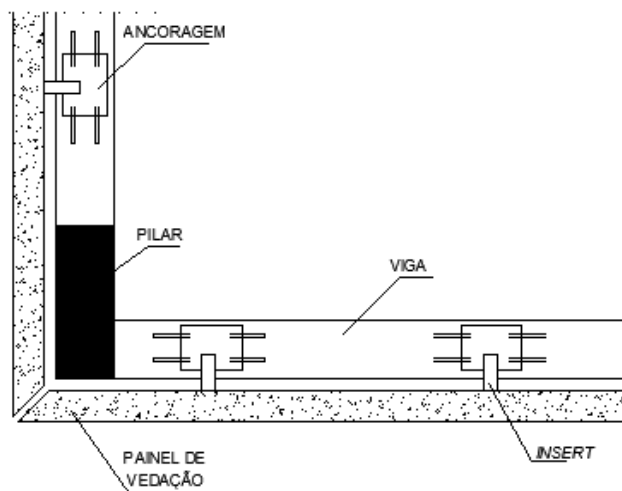
5.4.2.1 Paginação

A paginação é feita a partir do projeto arquitetônico e define a distribuição dos painéis na fachada, levando em consideração os detalhes construtivos, a altura do pé direito e os níveis da edificação, desta maneira é realizada a distribuição das placas e o posicionamento das juntas, fazendo o melhor aproveitamento da área dos painéis, além de considerar a ordem de montagem do mesmo a fim de otimizar o processo.

5.4.2.2 Locação das ancoragens

As ancoragens são dispositivos metálicos colocados na estrutura suporte para posterior fixação dos painéis. Seu posicionamento é definido pelo projeto estrutural, considerando a locação das vigas e pilares, e sua distribuição é feita levando em consideração a distribuição das cargas dos painéis na estrutura portante (figura 8).

Figura 8 – Exemplo de locação de ancoragens no projeto de formas



(fonte: elaborado pela autora)

5.4.2.3 Sistemas de fixação

Os sistemas de fixação vinculam os *inserts* dos painéis com as ancoragens fixadas à estrutura. São projetados levando em consideração a posição dos *inserts*, que depende do formato, do tamanho, do peso e do local onde o painel será fixado. Além disso, os sistemas de fixação definem o afastamento que as placas terão da estrutura.

5.5 PLANEJAMENTO E MONTAGEM

Para garantir a alta produtividade que se pode obter com a utilização de vedação vertical com painéis pré-fabricados é necessário que se considere fatores como sequência de produção em fábrica, método de içamento, sequência de montagem, sistemas de fixação entre outros. Por isso, é importante obter junto aos projetistas, fabricantes, montadores e construtores um

planejamento de produção capaz de garantir a eficiência do sistema (OLIVEIRA, 2002, p. 87).

Além disso, é fundamental que se crie um sistema de identificação dos painéis que vincule as peças a serem montadas com o projeto de paginação, a fim de facilitar o planejamento de montagem e garantir que os painéis sejam colocados no local correto (figura 9).

Figura 9 – Identificação do painel com letras e números



(fonte: foto da autora)

5.5.1 Sequência de fabricação e envio das peças

O método mais recomendado para o envio das peças ao canteiro de obras é o *just in time*, que significa que as peças só são enviadas à obra no momento em que puderem ser montadas. Com a utilização deste método é possível otimizar a produtividade já que elimina a necessidade de armazenar as peças no canteiro (BRITISH STANDARD INSTITUTION¹⁷, 2000 apud OLIVEIRA, 2002, p. 88).

Além disso, é interessante que as peças já sejam posicionadas na carreta que as transporta na sequência em que serão içadas, desta maneira há a redução de manobras com as peças e, conseqüentemente, redução no tempo de montagem. (TAYLOR¹⁸, 1992 apud OLIVEIRA, 2002, p. 88-89)

¹⁷ BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 8397**: code for practice for: design and installation of non-loadbearing precast concrete cladding. London, 2000.

¹⁸ TAYLOR, H. P. **Precast concrete cladding**. London: Edward Arnold, 1992.

Na carreta, as peças devem ser posicionadas sobre *pallets* com certa inclinação, como mostra a figura 10. A descarga deve ser feita através dos pontos superiores das placas com auxílio de equipamentos para içamento como guias ou guindastes. (BARTH; VEFAGO¹⁹, 2007 apud ALMEIDA, 2010, p. 38-39; GEROLLA²⁰, 2007 apud ALMEIDA, 2010, p. 38-39).

Figura 10 – Posicionamento das placas no transporte



(fonte: CHAMBERLAIN, [2004?]²¹ apud ALMEIDA, 2010, p. 39)

5.5.2 Transporte vertical

Para o içamento dos painéis são colocados, na parte superior das placas, durante a fase de fabricação, *inserts* metálicos em forma de elo, nos quais os ganchos dos equipamentos que levantarão as placas serão encaixados.

Os equipamentos utilizados para içar os painéis, em geral, guias ou guindastes móveis, possuem grandes dimensões, desta maneira, é necessário o planejamento prévio da sua posição no canteiro de obras de forma a potencializar sua utilização. Um estudo prévio do melhor sistema de içamento pode, além de otimizar a produtividade, influenciar diretamente no custo da obra (OLIVEIRA, 2002, p. 106). A figura 11 demonstra uma das opções, o içamento com grua fixa.

¹⁹ BARTH, F.; VEFAGO. L. H. M. **Tecnologia em fachadas pré-fabricadas**. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2007

²⁰ GEROLLA, G. Fachadas prontas. *Téchne*, São Paulo, n. 119, p. 23-28, fev. 2007.

²¹ CHAMBERLAIN, Z. **Concreto pré-moldado**, [2004?].

Figura 11 – Içamento dos painéis com grua



(fonte: foto da autora)

5.5.3 Armazenamento

Em muitos casos, por questões de logística, há a necessidade de armazenar as placas no canteiro de obras antes da montagem. Quando isto ocorre, é indispensável que se estude o local em que os painéis são alocados e deve-se garantir que a estrutura suporte o peso dos mesmos, o que pode implicar na necessidade de reforço temporário da superfície de apoio. Além disso, é importante considerar a ordem de utilização dos painéis, visando a praticidade no processo de içamento e montagem. (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE²², 1993 apud OLIVEIRA, 2002, p. 94; BRITISH STANDARD INSTITUTION²³, 2000 apud OLIVEIRA, 2002, p. 94) A figura 12 ilustra o armazenamento de placas em um canteiro de obras.

²² AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI533R**: guide for precast concrete wall panels. Detroit, 1993.

²³ BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 8397**: code for practice for: desing and installation of non-loadbearing precast concrete cladding. London, 2000.

Figura 12 – Armazenamento dos painéis em canteiro de obras



(fonte: foto do autor)

5.5.4 Condições para início do processo de montagem

O *American Concrete Institute*²⁴ (1993 apud OLIVEIRA, 2002, p. 91-92) recomenda as seguintes considerações sobre a montagem dos painéis:

- a) a montagem das peças na estrutura deve ser liberada após a análise dos tempos mínimos recomendados para que certas deformações ocorram, como a retração irreversível e a fluência nas primeiras idades. Além das considerações sobre os tempos de deformação, deve-se levar em conta a estabilidade do edifício, ou seja, a fixação dos painéis na estrutura deve ser homogênea, sem causar solicitações num só ponto, ou num só lado da estrutura;
- b) antes de iniciar a montagem das peças é necessário que se faça um *check-list* na estrutura, nas fundações e nas ancoragens, a fim de assegurar que a área esteja pronta para a montagem;
- c) verificar se vai haver a necessidade de algum tipo de rotação da peça, ou seja, se haverá painéis que serão transportados numa posição e fixados em outra. E, se forem previstos suportes para distribuir as solicitações devido à essa rotação, como, por exemplo, a construção de mais de uma linha de içamento, evitando que a peça fissure ou quebre quando for içada. Isto costuma ocorrer quando os painéis são transportados na posição horizontal.

²⁴ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI533R**: guide for precast concrete wall panels. Detroit, 1993.

5.5.5 Processo de montagem

O sistema de PPAC está liberado para a montagem no momento em que a estrutura de concreto armado, tanto no pavimento da instalação quanto no pavimento superior, está concretada, desformada, curada e limpa.

Com a estrutura liberada, após a chegada dos painéis ao canteiro de obras a montagem é realizada conforme o seguinte processo:

- a) içamento dos painéis, utilizando guindaste ou grua, através dos *inserts* ancorados na parte superior da placa, até o ponto aproximado de sua fixação;
- b) posicionamento do painel, por um funcionário, preso com cinto de segurança fixado a uma linha de vida, com auxílio de uma talha trefor (figura 13 e 14);
- c) nivelamento do painel com afastamento garantido pela utilização de cunhas de madeira, de acordo com a figura 15 (DRESSEL, 2012, p. 62);
- d) soldagem dos *inserts* às ancoragens (figura 16), alocadas, conforme projeto, durante a execução da estrutura suporte;
- e) limpeza das juntas, para retirar pulverulências e possibilitar aderência do selante;
- f) colocação do limitador de profundidade nas juntas, neste caso espuma de polietileno;
- g) aplicação de silicone, com pistola específica, para a selagem.

Este processo se repete até que a estrutura esteja toda concluída e os painéis superiores possam ser fixados. Posteriormente, é finalizado com a revisão de juntas e limpeza externa de toda a fachada.

Toda a montagem é executada por profissionais da empresa fornecedora dos painéis arquitetônicos, já que este processo exige um treinamento especial da mão-de-obra. Porém os recursos que garantam a segurança destes profissionais, com exceção dos equipamentos de uso individual, devem ser concedidos pela empresa contratante. É importante salientar que no momento do içamento dos painéis deve-se isolar a área para evitar a circulação e acesso de pessoas não treinadas.

Figura 13 – Funcionário responsável por posicionar o painel



(fonte: foto da autora)

Figura 14 – Utilização da talha trefor



(fonte: DRESSEL, 2012, p. 63)

Figura 15 – Cunha de madeira para afastamento do painel



(fonte: DRESSEL, 2012, p. 63)

Figura 16 – Soldagem dos elementos de fixação



(fonte: foto da autora)

6. ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COM PAINÉL PRÉ-FABRICADO ARQUITETÔNICO DE CONCRETO

Para garantir as vantagens e o bom desempenho das vedações com PPAC é necessário que alguns cuidados sejam tomados tanto no âmbito de projetos quanto de execução, já que retrabalhos podem afetar significativamente a produtividade e o custo total do sistema.

A seguir, é caracterizada a obra visitada e são feitas considerações sobre a utilização de vedações com painéis pré-fabricados, abordando questões referentes à concepção e gestão de projetos, planejamento executivo e detalhamentos necessários para o bom desempenho do sistema.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA VISITADA

A obra visitada é um edifício residencial de alto padrão, com construção administrada por uma empresa reconhecida no mercado, localizado em Porto Alegre, construído sobre um terreno de aproximadamente 2000 m², composto por subsolo, térreo, onze andares tipo com um apartamento cada de aproximadamente 330 m² e cobertura.

A vedação com painéis pré-fabricados foi feita a partir do pavimento térreo até a cobertura e reservatórios. Considerando um andar tipo, para vedação tem-se 22 painéis de 16 tipos, sendo diferenciados entre si no tamanho, nos detalhes arquitetônicos e nas aberturas.

6.2 CONSIDERAÇÕES PARA DEFINIÇÃO DE PPAC COMO SISTEMA DE VEDAÇÃO EXTERNA

6.2.1 Gestão de projetos

A escolha de PPAC como sistema de vedação vertical deve ser tomada na etapa de concepção do projeto, pois esta decisão implica que outras deliberações sejam tomadas nas etapas iniciais devido a pouca flexibilidade do sistema de absorver mudanças requeridas durante o

andamento da obra. Por isso, é importante que todos os projetos que interferem nas fachadas sejam elaborados antes da produção dos painéis. No quadro 5 é apresentada a ordem desejável de elaboração dos projetos, considerando elementos que influenciam na produção das peças.

Quadro 5 – Ordem desejável de elaboração dos projetos

Ordem	Projeto	Comentário
1	Arquitetônico	É a partir deste projeto que a paginação da fachada será elaborada. Ele define o formato, a aparência e os detalhes que a edificação deve possuir. Além disso, especifica os níveis dos pavimentos.
2	Estrutural	O projeto de formas define o tamanho dos vãos livres entre os pilares possibilitando a elaboração do projeto dos sistemas de fixação e a indicação do posicionamento das ancoragens, onde, posteriormente, os painéis serão fixados.
3	Instalações	Os projetos de instalações elétricas e hidráulicas devem ser repassados ao responsável pelo projeto dos PPAC antes do início da produção, a fim de que o painel seja produzido com as furações necessárias à passagem destas instalações.
	Impermeabilização	É desejável que o projeto de impermeabilização seja elaborado, também, antes da produção dos painéis para que os rebaxos necessários nas placas, os quais variam de acordo com o sistema de impermeabilização adotado, sejam previstos.

(fonte: elaborado pela autora)

Além dos itens citados no quadro 5, no projeto arquitetônico é aconselhável que as esquadrias sejam especificadas, e, preferencialmente, contratadas ainda nesta etapa inicial, pois isto possibilita que os contramarcos sejam fixados aos painéis durante sua produção, reduzindo, assim uma etapa construtiva e a necessidade de mão de obra para este serviço. Além disso, o revestimento interno de cada ambiente deve ser indicado para que o contramarco seja fixado na posição correta (figura 17).

Figura 17 – Contramarcos instalados nos painéis



(fonte: ALMEIDA, 2010, p. 65)

Ainda nos projeto arquitetônicos, é importante considerar o afastamento que os painéis terão da estrutura, na ordem de quatro centímetros, e a espessura dos mesmos, pois esses fatores implicam no aumento do perímetro da edificação em relação à planta baixa.

6.2.1.1 Detalhamento construtivo

Os detalhes construtivos são de extrema importância, pois a falta de informações pode comprometer o desempenho da edificação em questões estruturais, de segurança, durabilidade e conforto do usuário.

Frente a pouca flexibilidade do sistema, soluções disseminadas e comumente adotadas em vedações convencionais, como alvenaria, não funcionam em sistema PPAC, por isso é fundamental que os detalhes sejam estudados previamente e estejam contemplados no projeto.

Alguns pontos que devem ser considerados no detalhamento são:

- a) revestimento interno: feito normalmente em Drywall. Deve ser estudada a necessidade de detalhes especiais no encontro do revestimento com portas e janelas (figura 18);
- b) isolamento acústico: deve ser solicitado ao fabricante dos painéis teste de nível de isolamento acústico do sistema para que possam ser previstos isolamentos complementares caso necessário. O isolamento pode ser utilizado, também, em locais onde passam tubulações (figuras 19 e 20);

- c) isolamento entre pavimentos: como o sistema de PPAC fica afastado da estrutura, se deve prever o preenchimento destes vãos com finalidade de isolar as unidades. Este isolamento deve ser de material resistente ao fogo para evitar a propagação das chamas em caso de incêndio (figura 21);
- d) interface com diferentes materiais: quando houver o encontro dos painéis com outros materiais, como revestimentos em argamassa ou em gesso, é recomendável a previsão de juntas de dilatação para evitar fissuras devidos às diferentes movimentações térmicas.
- e) rebaixos para ancoragens: o projeto estrutural deve prever rebaixos em locais onde os *inserts* possam ficar salientes, como em lajes de sacadas.
- f) lajes em balanço: nesta situação não há possibilidade de fixar painéis para acabamento. Para a utilização de PPAC é necessário projetar vigas para fixação dos mesmos, assim será necessário prever, também, impermeabilização da laje e ralo para escoamento de água (figura 22).

Figura 18 – Revestimento interno em Drywall



(fonte: foto da autora)

Figura 19 – Tubulações hidráulicas entre painel e parede Drywall



(fonte: foto da autora)

Figura 20 – Isolamento acústico das paredes



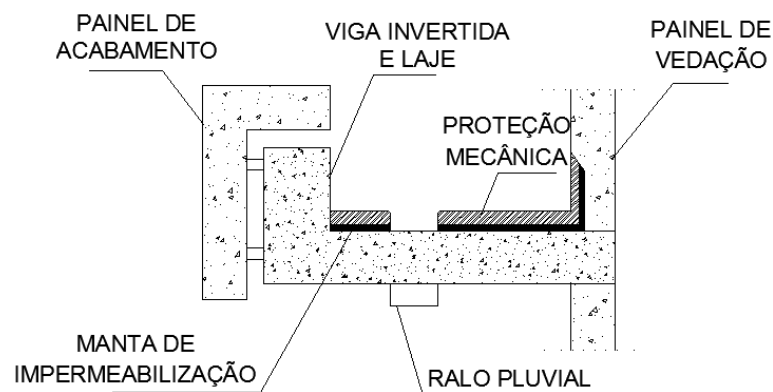
(fonte: foto da autora)

Figura 21 – Isolamento entre pavimentos



(fonte: foto da autora)

Figura 22 – Exemplo de laje com painel de acabamento



(fonte: elaborado pela autora)

6.2.2 Planejamento executivo

O planejamento executivo da obra deve ser elaborado juntamente com o cronograma de execução dos painéis. Desta maneira, é possível alinhar as entregas com o andamento da obra, visando à eliminação da necessidade de armazenamento e a preparação do canteiro de obras para receber estas entregas.

Para isso, é recomendável que se monte um planejamento de longo prazo que adapte à programação de entrega dos painéis ao tempo de produção da estrutura suporte, respeitando os prazos para que a estrutura seja curada e alcance a resistência mínima, especificada pelo projetista, para que as placas possam ser fixadas.

Na obra em questão, o tempo solicitado pelo fabricante para elaboração de projetos foi de 70 dias úteis, mais 60 dias úteis para produção dos mesmos, após este período foi possível programar as entregas e o início da montagem do sistema.

Além disso, com o crescimento vertical da obra, surge a necessidade da utilização de equipamentos para transporte de pessoas e cargas, por isso é importante que se pense no equipamento que será utilizado para este fim e em como este será fixado à estrutura, pois em alguns casos a colocação dos painéis será impossibilitada neste local enquanto o equipamento estiver instalado. Na figura 23, é mostrada a utilização de elevador cremalheira ancorado às lajes de concreto armado impedindo a colocação dos painéis nestes pontos, deste modo, se torna necessária a programação de montagem para o final da obra, após a retirada do equipamento.

Figura 23 – Fixação do elevador cremalheira à estrutura



(fonte: foto da autora)

6.3 NÃO CONFORMIDADES OBSERVADAS

Com o levantamento das falhas em canteiro de obras, é possível analisar a origem das mesmas com o objetivo de estudar os pontos críticos que necessitam serem verificados para que se consiga obter os benefícios e vantagens da utilização deste sistema. No quadro 6, estão descritas as não conformidades verificadas apontando as possíveis causas, problemas relacionados e origem das mesmas.

Quadro 6 – Não conformidades observadas

Item	Falha	Causa provável	Problema relacionado	Origem da falha
1	Desalinhamento da fachada	Problemas de nível, prumo, alinhamento e locação da estrutura suporte	Insatisfação dos usuários	Execução
	Comentários			
	Falhas na execução da estrutura são causadas por problemas vinculados à deficiências na mão de obra e/ou na tecnologia produtiva.			
	Falha	Causa provável	Problema relacionado	Origem da falha
2	Solidarização de painel e estrutura	Problemas de nível, prumo, alinhamento, locação da estrutura suporte e falta de detalhamento construtivo	Manifestações patológicas causadas por movimentações térmicas diferentes entre painel e estrutura	Projeto ou execução
	Comentários			
	Além das falhas de execução citadas no item 1, a solidarização do painel com a estrutura pode ter origem nos projetos, caso estes não considerem as folgas devido as tolerâncias do produto e da estrutura.			
	Falha	Causa provável	Problema relacionado	Origem da falha
3	Solidarização de painel e acabamentos	Problemas de nível, prumo, alinhamento, locação da estrutura suporte e falta de detalhamento construtivo	Manifestações patológicas devidas movimentações térmicas diferentes entre painel e revestimentos como gesso e argamassa	Projeto ou Execução
	Comentários			
	Assim como nos itens 1 e 2, a solidarização do painel com elementos de revestimento (figuras 24) pode ter origem em problemas na execução da estrutura ou podem ser provenientes de falta de detalhamento entre elementos e componentes.			

continua

continuação

Item	Falha	Causa provável	Problema relacionado	Origem da falha
4	Falta de furações	Falta de pontos de instalações no projeto ou execução do projeto após o prazo limite	Problemas estéticos, atraso da entrega da obra e aumento de custos	Projeto
	Comentários			
	Os projetos de instalações e outros elementos que passem pela fachada devem ser concebidos antes da produção dos painéis devido a pouca flexibilidade do sistema. Mudanças no projeto após o prazo devem ser evitadas, pois podem acarretar em aumento no prazo de entrega na obra, ocasionado pela necessidade de adequação do painel, e aumento de custos devidos à mão de obra e eventual necessidade de utilização de equipamentos especiais para realizar as furações (figura 25).			
	Falha	Causa provável	Problema relacionado	Origem da falha
5	<i>Inserts</i> salientes acima do nível do piso acabado	Falta de rebaixos na estrutura	Problemas estéticos e insatisfação do cliente	Projeto ou Execução
	Comentários			
	Em algumas vigas ou lajes é necessário executar rebaixos para evitar que os <i>inserts</i> fiquem acima do nível do piso acabado (figura 26). A falta desses rebaixos pode ocorrer devido falhas de execução ou devido à falta de especificação dos rebaixos nos projetos.			
	Falha	Causa provável	Problema relacionado	Origem da falha
6	Acabamento na interface alvenaria e painel	Falta de detalhamentos em projetos	Insatisfação dos usuários com o acabamento	Projetos
	Comentários			
	O projetista deve estudar acabamentos especiais na interface de alvenaria com painel (figura 27).			

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 24 – Solidarização painel e forro de gesso



(fonte: foto da autora)

Figura 25 – Furações realizadas após a instalação dos painéis



(fonte: foto da autora)

Figura 26 – *Inserts* acima do nível do piso acabado



(fonte: foto da autora)

Figura 27 – Problema de acabamento na interface painel e alvenaria



(fonte: foto da autora)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo principal analisar a utilização de vedação externa com painel pré-fabricado de concreto em uma obra, através da observação em campo, estudo de projetos, documentos técnicos e levantamento de não conformidades decorrentes de problemas na utilização deste sistema.

Tendo em vista os resultados obtidos, foi possível concluir que para o emprego de uma nova tecnologia deve-se estudar o sistema previamente para avaliar a viabilidade da sua utilização e garantir o bom desempenho do método escolhido.

A industrialização do sistema de vedação vertical é uma tendência, levando em consideração o atual cenário da construção civil brasileira e a escassez da mão de obra frente à grande demanda.

Desta maneira, os pré-fabricados surgem como uma opção que pode trazer inúmeras vantagens em relação aos métodos tradicionais mais empregados, pois a utilização destes sistemas pode reduzir o prazo de entrega da edificação, reduzir custos e necessidade de mão de obra, além de possibilitar um controle de qualidade mais apurado.

Porém, é imprescindível que a decisão do sistema a ser adotado para vedação da edificação seja tomado nos estágios iniciais de concepção do empreendimento, pois esta deliberação implica na revisão de alguns processos já consolidados na elaboração de projetos. Projetos como o arquitetônico e o estrutural irão sofrer modificações, pois devem se ajustar ao sistema escolhido.

Por isso, torna-se importante conhecer o funcionamento do método a ser utilizado e sua interação com os demais sistemas da edificação, principalmente quando se trata de vedações externas que sofrem interferência de diversos elementos como esquadrias, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e etc.

Assim, a gestão de projetos é peça fundamental para garantir o bom desempenho do sistema e deve estabelecer prazos para as etapas de projeto, já que o projeto e a fabricação dos painéis são diretamente dependentes dos demais. Por isso, a coordenação de projetos deve estabelecer

um vínculo entre os profissionais envolvidos, para que estes toquem informações, cumpram objetivos, prazos e metas.

Além disso, a compatibilização é outra peça muito importante, o profissional responsável deve ter pleno conhecimento do sistema adotado para garantir seu ajuste com outros elementos que interferem no mesmo.

Ao optar pela utilização de novas tecnologias, além do maior investimento em projetos, que garante a correta interação entre todos os sistemas, é fundamental que se estude e se invista, também, na tecnologia adotada para a produção em canteiro de obras, pois ao utilizar um elemento industrializado, ou seja, que já vem pronto, este será menos flexível a adaptações e alterações.

Isto pode ser confirmado no quadro 6, o qual relaciona as não conformidades observadas com a possível origem das mesmas. Nele, é possível observar que os problemas são decorrentes de falhas em projetos e falhas produtivas.

As falhas em projeto se devem, principalmente, a falta de detalhamentos construtivos, os quais condicionam o bom desempenho do sistema na interface com os outros elementos, garantindo o bom funcionamento da edificação como um todo.

Já no âmbito de produção, as não conformidades estão relacionadas a problemas na execução da estrutura, os quais podem ter origem em deficiências da mão de obra, que podem ser atribuídas à escassez de mão de obra qualificada ou baixo treinamento dos profissionais e a deficiências na tecnologia produtiva adotada pela empresa.

Outra questão importante a ser observada é a configuração do canteiro de obras, já que a utilização de equipamentos de grande porte é imprescindível e locais para armazenamento de peças podem ser necessários, de acordo com o descrito no capítulo 5. Além disso, a localização da edificação também deve ser analisada, pois o acesso de carretas e outros veículos de grande porte deve ser garantido.

É aconselhável que se faça um planejamento da execução da obra em longo prazo, para que possam ser programadas as entregas dos painéis, a presença da equipe de montagem, a

locação de equipamentos para içamento, a contratação de materiais e demais atividades pertinentes a montagem do sistema de vedação.

Assim, para o sucesso da implantação de uma nova tecnologia, vários aspectos devem ser levados em consideração, essa escolha não pode ser baseada apenas nas vantagens que o sistema pode trazer, pois a obtenção destes benefícios está diretamente relacionada com o bom planejamento do empreendimento, tanto no campo de projetos quanto nos métodos construtivos adotados.

Na obra acompanhada para a elaboração do trabalho, foi possível observar que a utilização de PPAC traz inúmeras vantagens, principalmente nas questões de rapidez do fechamento da obra, na diminuição da necessidade de mão de obra e na grande redução de desperdício de materiais.

A utilização deste sistema modifica também outros processos da construção, como, por exemplo, a eliminação da necessidade de paredes em alvenaria, que necessitam revestimento em argamassa, processos os quais demandam grandes quantidades de tempo, mão de obra e de materiais.

As não conformidades levantadas não impossibilitam a utilização de fachadas pré-fabricadas, apenas são indicativos de que alguns pontos, nos projetos e na execução, devem ser revistos visando o melhor aproveitamento do sistema e da sua interface com os demais.

REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Traduzido por Marcelo de Araújo Ferreira. São Paulo: ABCIC, 2003. Disponível em: <http://apoioididatico.iau.usp.br/projeto3/2013/manual_prefabricados.pdf>. Acesso em: 29 maio 2014.

ALENCASTRO, J. P. U. de; SILVEIRA, W.; BARTH, F.; CARTANA, R. Diagnóstico das práticas de coordenação e compatibilização de projetos no mercado de construção civil de Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2006. p. 1408-1417. Disponível em: <http://www.labsisco.ufsc.br/ARTIGOS/ENTAC2006_cpat.pdf>. Acesso em: 8 set. 2013.

ALMEIDA, M. C. de. **Fachadas com painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto (PPAC) e de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de pastilha**: comparativo dos processos de execução. 2010. 78 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26059/000755703.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 21 nov. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 15575-2**: edificações habitacionais – desempenho – parte 2: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 15575-4**: edificações habitacionais – desempenho – parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013c.

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil**: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011. 84 f. Dissertação (Especialização em Construção Civil) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/78.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2013.

CÂMARA BRASILEIRA DA INSÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT 15575/2013. Brasília, DF, 2013.

DUARTE, T. M. P.; SALGADO, M. S. O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para controle da qualidade na obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2002.

p. 65-73. Disponível em: < <http://www.proarq.fau.ufrj.br/pesquisa/geparq/wp/22.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2013.

DRESSEL, C. **Tecnologia de fachadas**: estudo comparativo entre sistemas de vedação com painéis de concreto arquitetônico e de alvenaria com revestimento cerâmico. 2012. 77 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MELHADO, S. B. (Coord.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

PERALTA, A. C. **Um modelo do processo de engenharia de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84440/188665.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 set. 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. 3 ed. New Square, 2004.

OLIVEIRA, L. A. de. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 2002. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://compar.eng.br/Publicacoes/13-Tecnologia-de-paineis-pre-fabricados.pdf>> Acesso em: 24 nov. 2013.

OLIVEIRA, L. A. de; MITIDIARI FILHO, C. V. O projeto de edifícios habitacionais considerando a norma brasileira de desempenho: análise aplicada para vedações verticais. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 90-100, maio 2012. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/51022/55089>>. Acesso em: 21 maio 2014.

SOUSA, F. J. **Compatibilização de projetos em edificações de múltiplos andares**: estudo de caso. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <http://www.unicap.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=505>. Acesso em: 11 mar 2014.