

RACIONALIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA

Diego Vianna Pinto Marques

Projeto de final de curso
submetido ao corpo docente da
Escola Politécnica da
Universidade Federal do Rio de
Janeiro como parte dos
requisitos necessários para a
obtenção do grau em
Engenharia Civil.

Orientador: Professor Eduardo
Linhares Qualharini

Rio de Janeiro
Abril, 2013

RACIONALIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA

Diego Vianna Pinto Marques

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Aprovado por:

Prof. Eduardo Linhares Qualharini
(Orientador)

Prof. Luis Otávio Cocito de Araújo

Prof. Vânia Maria B.C.L. Ducap

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL de 2013

Marques, Diego Vianna Pinto

Racionalização do processo construtivo de vedação vertical em alvenaria / Diego Vianna Pinto Marques – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

xi, p. 85: il.; 29,7cm.

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini

Projeto de Graduação - UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 83-85.

1. Alvenaria racionalizada. 2. Subsistema de vedação vertical. 3. Racionalização construtiva. 4. Custos da qualidade
5. Processos construtivos racionalizados.

I. Linhares Qualharini, Eduardo; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil; III. Racionalização do processo construtivo de vedação vertical em alvenaria.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que me deu tudo o que eu tenho, além de força para concluir este curso e este trabalho, em especial.

A toda minha família, em especial meus pais Eduardo Pinto Marques e Zuneide Lourdes Vianna, que sempre fizeram tudo por mim, me apoiaram e me deram todo apoio para concluir o curso.

A meus dois grandes amigos, Billy e Gucci, meus amados cães, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, durante o curso.

A minha namorada e futura esposa Talita Jennifer de Moura Rodrigues, que acima de tudo é e sempre foi minha amiga e companheira.

A todos os amigos, que passaram pela minha vida durante este período acadêmico e pudemos viver e aprender muitas coisas juntos. Não cito nomes, para não cometer injustiça com ninguém, visto que são muitos os amigos feitos durante este período.

A todos os professores e funcionários desta escola, que me propiciaram crescer e aprender tanta coisa.

Ao meu orientador neste trabalho, Eduardo Linhares Qualharini que, talvez sem nem saber, é um dos grandes responsáveis pelo meu crescimento acadêmico e profissional, visto que em uma de suas aulas quando apresentei um trabalho recebi um elogio que me deu força para evoluir ainda mais.

A todas as pessoas, que de alguma forma, me deram apoio, torceram por mim e me falaram palavras amigas nos momentos que precisei.

Resumo do projeto de graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Racionalização do Processo Construtivo de Vedação Vertical em Alvenaria

Diego Vianna Pinto Marques
Abril/2013

Orientador: Prof. Eduardo Linhares Qualharini
Curso: Engenharia Civil

O subsistema de vedação vertical é extremamente importante, se analisado em um contexto mais global da construção do empreendimento. Esta importância é evidente tanto do ponto de vista financeiro, quanto em relação à questão dos prazos.

A vedação vertical de um edifício, composta pelo vedo (normalmente executado em alvenaria), revestimentos e esquadrias, representa um percentual bastante considerável dos custos da construção.

Pelo fato de estar relacionado a diversos outros sistemas construtivos, a execução da vedação em alvenaria é um ponto crítico da construção. Atrasos na execução da vedação geram atrasos na execução das instalações e de todos os serviços relacionados ao acabamento interno e externo do edifício.

Devido a estes fatos, o potencial de racionalização deste subsistema está diretamente relacionado ao potencial de racionalização da construção, como um todo. É a partir desta analogia, que muitas construtoras começam cada vez mais a se preocupar em aplicar o conceito de racionalização na execução da vedação, com utilização de alvenaria modular.

Este trabalho foi realizado, com o objetivo de dissertar a respeito do subsistema de vedação vertical, dos conceitos de racionalização construtiva e da possibilidade da sua aplicação na execução da vedação em alvenaria.

A fim de analisar a aplicabilidade do conceito e constatar os resultados, que podem de fato ser obtidos com sua aplicação, um estudo de caso é apresentado neste trabalho. A partir deste estudo é possível analisar todos os problemas, que podem ser encontrados e realizar uma análise dos resultados obtidos, em relação aos esperados.

Abstract of undergraduate project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Rationalization of the construction process of sealing vertical masonry

Diego Vianna Pinto Marques
April/2013

Advisor: Prof. Eduardo Linhares Qualharini
Course: Civil Engineering

The subsystem vertical seal is extremely important, if analyzed in a more global context of the construction of the project. This importance is evident both from a financial standpoint and in relation to the various deadlines.

The vertical seal of a building, composed by “vedo” (usually run in masonry), “plaster” and “windows”, represents a sizeable percentage of the construction costs.

Because it is related to various other building systems, implementation of masonry seal is a critical point of construction. Delays in implementing the sealing generate overdue facilities and all services related to internal and external finishing of the building.

Due to these facts, the potential for rationalization of this subsystem is directly related to the potential for streamlining the building as a whole. It is from this analogy that many builders get increasingly bothering to apply the concept of rationalization in the execution of the seal, using modular masonry.

This study was conducted with the aim of discourse about the sealing vertical subsystem, the concepts of constructive rationalization and the possibility of its application in the execution of the masonry fence.

In order to analyze the applicability of the concept and see the results that can actually be achieved with its application, a case study is presented in this paper. From this study is to analyze all possible problems which can be encountered and perform an analysis of the results obtained, compared to those expected.

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA.....	01
1.1.	Justificativa.....	01
1.2.	Objetivos.....	02
1.3.	Introdução ao tema.....	02
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	03
2.1.	Subsistema de vedação vertical.....	03
2.1.1.	Conceito.....	03
2.1.2.	Classificações.....	04
2.1.3.	Requisitos e desempenho.....	06
2.1.4.	Importância econômica.....	08
2.2.	Racionalização construtiva.....	10
2.2.1.	Conceito.....	10
2.2.2.	Ferramentas para implantação.....	12
2.2.3.	Aplicação à etapa de projeto.....	15
2.2.4.	Aplicação à etapa de construção.....	17
2.2.5.	Propósitos.....	19
2.3.	Análise dos custos da qualidade.....	20
2.3.1.	Conceito.....	20
2.3.2.	Classificação dos custos.....	21
2.3.3.	Impacto dos custos no ciclo do produto.....	23
2.3.4.	Relação entre as categorias de custos.....	24
2.3.5.	Desenvolvimento de um sistema de apropriação de custos para o processo construtivo de vedação.....	26
2.4.	Processos racionalizados de vedação vertical.....	27
2.4.1.	Paredes em gesso acartonado.....	28
2.4.2.	Alvenaria estrutural.....	31
2.4.3.	Parede de concreto.....	34
2.4.4.	Steel frame.....	35
2.4.5.	Paredes de madeira.....	37
2.4.6.	Vedação fotovoltaica.....	40
2.4.7.	Alvenaria em blocos de gesso.....	42

2.5. Execução de alvenaria racionalizada.....	44
2.5.1. Conceito.....	44
2.5.2. Materiais.....	46
2.5.3. Equipamentos e ferramentas.....	51
2.5.4. Mão-de-obra.....	59
2.5.5. Projetos.....	62
2.5.6. Resultados esperados.....	66
3. ESTUDO DE CASO.....	67
3.1. Descrição da obra.....	67
3.2. Descrição do serviço de alvenaria.....	68
3.2.1. Marcação.....	70
3.2.2. Elevação.....	73
3.2.3. Fixação.....	76
3.2.4. Problemas encontrados.....	76
3.3. Análise dos resultados.....	80
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS.....	85

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 – Sistema de execução em drywall para execução de shafts (Fotos tiradas pelo autor).....	31
Figura 2 – Montagem de painéis OSB (Imagem retirada do site: feng.pucrs.br/professores/soares – estruturas de madeira).....	39
Figura 3 – Fechamento de paredes de madeira com painéis OSB (Imagem retirada do site: feng.pucrs.br/professores/soares – estruturas de madeira).....	39
Figura 4 – Blocos modulares de largura 9 e 14 cm, normalmente usados em paredes internas e externas respectivamente (Fonte: selectabloco.com.br).....	47
Figura 5 – Blocos compensadores de 4 centímetros (Fonte: selectabloco.com.br).....	48
Figura 6 – Blocos “meia-peça” (Fonte: selectabloco.com.br).....	48
Figura 7 – Blocos canaleta (Fonte: selectabloco.com.br).....	48
Figura 8 – Telas metálicas para uso no encontro da estrutura com a alvenaria (Foto tirada pelo autor).....	50
Figura 9 – Colher de pedreiro (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br).....	52
Figura 10 – Bisnaga (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	52
Figura 11 – Palheta (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	53
Figura 12 – Maseira de rodinhas (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	53
Figura 13 – Escantilhão (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br).....	54
Figura 14 – Régua de nível (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br).....	54
Figura 15 – Esquadro metálico (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br).....	55
Figura 16 – Prumo de face (Imagem retirada do site: mom.arq.ufmg.br).....	55
Figura 17 – Nível alemão (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	56
Figura 18 – Trena (Imagem retirada do site: Inovarequipamentos.com.br).....	56
Figura 19 – Andaime (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br).....	57
Figura 20 – Gabarito de portas e janelas (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	57
Figura 21 – Carrinho para transporte de blocos (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	58
Figura 22 – Carrinho de mão (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	58

Figura 23 – Balde graduado	
(Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br).....	59
Figura 24 – Planta de elevação de parede, com detalhes construtivos	
(Fonte: Planta da obra).....	69
Figura 25 – Planta de elevação de parede, com detalhes construtivos	
(Fonte: Planta da obra).....	69
Figura26 – Execução da marcação da 1ª fiada (Foto tirada pelo autor).....	72
Figura 27 – Elevação da alvenaria com passagem dos conduítes entre os blocos	
(Foto tirada pelo autor).....	75
Figura 28 – Elevação da alvenaria com utilização do escantilhão e da bisnaga para assentamento dos blocos (Foto tirada pelo autor).....	75
Figura 29: rachadura no encontro alvenaria com estrutura	
(Foto tirada pelo autor).....	78
Figura 30: retrabalho – incompatibilidade de projetos flex	
(Foto tirada pelo autor).....	79
Figura 31: Problemas para passagem conduites (Foto tirada pelo autor).....	79
Figura 32: Incompatibilidade de projetos – quebradeira (Foto tirada pelo autor)....	80

LISTA DE GRÁFICOS:

Gráfico 1 – Capacidade de influenciar o custo do empreendimento em diversas etapas (O’CONNOR e DAVIS, 1988).....	12
Gráfico 2 – Origem da energia elétrica do país (Fonte: Balanço energético 2008)....	40

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 – Números médios da incidência das falhas a nível mundial (MESEGUER, 1991).....	24
Tabela 2 – Números médios para a relação entre os custos no Brasil (GOVONI FILHO, 1989).....	25
Tabela 3 – Resultados obtidos em paredinhas (Fonte: documento técnico 001-09/LTH/ITEP).....	43
Tabela 4 – Análise gerencial da obra, contendo duração do serviço de alvenaria (Fonte: Análise gerencial da obra).....	68
Tabela 5 – Duração efetiva dos serviços de alvenaria (Fonte: Ordem de serviço da obra).....	81

1. APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

1.1. Justificativa

Com o atual cenário da construção civil no país, onde o aquecimento do mercado e a questão da Sustentabilidade são extremamente importantes e devem ser levados em consideração, a necessidade de se construir com boa qualidade, reduzindo-se os desperdícios torna-se fator essencial para a sobrevivência das empresas.

Tudo isto faz com que as empresas tenham que se adequar e, em alguns casos, até se reestruturar para conseguirem implantar novas metodologias construtivas.

O conceito de racionalização construtiva está diretamente relacionado a este cenário de busca por produtos de qualidade, com redução de desperdícios. ROSSO (1980) diz que “racionalizar a construção significa agir contra os desperdícios de materiais e mão-de-obra e utilizar mais eficientemente o capital”. De forma geral, racionalizar é, portanto, aplicar princípios de planejamento, organização e gestão, visando eliminar a casualidade nas decisões e obter evolução na produtividade do processo.

Considerando que a alvenaria é, não somente, importante para as funções de vedação e compartimentação do edifício, mas também pelo fato de estar interligada a outros subsistemas construtivos, como as instalações elétricas e hidráulicas, ela é uma ferramenta bastante importante, que se bem utilizada pode gerar bons resultados para a construção, como um todo.

A realização deste trabalho foi definida, portanto, baseada na ideia de discutir a racionalização construtiva, sua aplicação no subsistema de vedação em alvenaria e os resultados que podem ser obtidos.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivos apresentar conceitos relacionados ao subsistema de vedação vertical, dissertar sobre todas as peculiaridades do processo, analisar os resultados esperados com a implantação do conceito de racionalização na construção civil e utilizar conceitos relacionados à qualidade e seus custos para chegar a conclusões em relação à aplicabilidade da racionalização construtiva no subsistema de vedação vertical.

1.3. Introdução ao tema

A racionalização de determinado sistema construtivo pode ser entendida, como a aplicação eficiente dos recursos em todas as atividades relacionadas a este sistema.

Considerando que a alvenaria de vedação interfere em vários outros subsistemas da edificação, como instalações elétricas e de comunicação, instalações hidráulicas, revestimento e acabamentos em geral, impermeabilização e esquadrias, chega-se a conclusão da importância não só econômica deste subsistema, mas também da sua grande importância em relação aos prazos de execução dos demais serviços da obra.

A execução de uma alvenaria de qualidade possibilita, portanto, ganhos consideráveis em relação a prazos, o que pode significar boa economia financeira em uma obra bem administrada.

Neste trabalho serão apresentados conceitos do subsistema de vedação vertical, da racionalização construtiva e da análise dos custos necessários para obter produtos de qualidade.

Também serão apresentados processos construtivos racionalizados de vedação, bem como tecnologias inovadoras, a fim de mostrar que com a quantidade de opções, atualmente, para executar a vedação, a execução da alvenaria de forma racionalizada é essencial.

E, por fim, será mais especificamente dissertado o tema de execução racionalizada da alvenaria e será apresentado um estudo de caso de uma obra, que implantou o conceito e apresentou problemas e resultados, que serão devidamente analisados.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

2.1. Subsistema de vedação vertical

2.1.1. Conceito

A vedação vertical é um subsistema construtivo, constituído por elementos que definem, limitam e compartimentam o edifício, que controlam a passagem de agentes atuantes, se portando, também, como isoladora acústica e térmica.

Pode-se dizer que, basicamente, os elementos constituintes deste subsistema são:

- a) Vedo – o elemento que caracteriza a vedação vertical;
- b) Revestimento – elemento que possibilita o acabamento decorativo da vedação (incluindo o sistema de pintura neste elemento).
- c) Esquadria – permite o controle de acesso aos ambientes;

O vedo mais comum, utilizado no Brasil, é realizado através da alvenaria de blocos cerâmicos, mas diversas outras opções podem ser utilizadas, como por exemplo, fechamento em drywall, paredes de concreto, dentre outras que serão apresentadas neste estudo.

Para executar o revestimento externo, a fachada, divide-se o edifício em panos, a fim de facilitar a execução. Já o revestimento interno é realizado após a execução da parede (no caso da alvenaria, após a elevação das fiadas e a fixação), com o objetivo de dar um bom acabamento.

As esquadrias são, então, instaladas com vidro após a conclusão do revestimento, completando assim a vedação vertical do edifício.

Termos bastante utilizados, relacionados ao subsistema de vedação são:

- a) Pano – representa uma das faces do vedo;
- b) Parede – é o tipo de vedo mais utilizado, se autosuporta, é monolítico e moldado no local, definitivo, pode ser exterior ou interno;
- c) Divisória – vedo interno ao edifício com a função de subdividir o edifício em diversos ambientes, geralmente leve e pode ser removido com mais facilidade.

A vedação vertical tem funções, que podem ser divididas em principal e secundária.

A função principal do subsistema é criar condições de habitabilidade para o edifício, protegendo os ambientes internos contra a ação indesejável dos diversos agentes atuantes (calor, frio, sol, chuva, vento, umidade, ruídos, intrusos), controlando-os.

A função secundária das vedações verticais é servir de suporte e proteção para os sistemas prediais. As instalações são normalmente embutidas nas paredes.

A importância deste subsistema vai além do que seu custo representa no custo total da obra, uma vez que as vedações são caminho crítico da obra, determinam o potencial de racionalização da produção e determinam grande parte do desempenho do edifício, como um todo.

Assim sendo, a vedação vertical pode ser estudada sobre diversos pontos de vista, bem como suas classificações, seus requisitos funcionais e desempenho, sua importância econômica, entre outros.

2.1.2. Classificações

DUEÑAS PEÑA (2003) classifica as vedações verticais da seguinte forma:

2.1.2.1. Quanto à função que desempenha no conjunto do edifício

- a) Envoltória externa – proteção lateral contra ação de agentes externos;
- b) De compartimentação interna – divisão entre ambientes internos;
- c) De separação – divisória entre unidades e área comum.

2.1.2.2. Quanto à técnica de execução empregada na produção de vedações

- a) Por conformação – vedações verticais elevadas no próprio local, com emprego de água, denominada usualmente de “construção úmida”. Trata-se de vedações em alvenaria ou de painéis moldados no local;
- b) Por acoplamento a seco – montagem sem a necessidade de água. Trata-se de vedações produzidas com painéis leves;
- c) Por acoplamento úmido – Utilização de argamassa. Trata-se de vedações produzidas com elementos pré-moldados ou pré-fabricados de concreto.

2.1.2.3. *Quanto à mobilidade (facilidade de remoção do local)*

- a) Fixas – vedações imutáveis. Recebem o acabamento no local;
- b) Desmontáveis – vedações passíveis de serem montadas com pouca degradação;
- c) Removíveis – vedações passíveis de serem desmontadas facilmente. Trata-se de elementos totalmente modulares;
- d) Móveis – divisórias empregadas na simples compartimentação dos ambientes.

2.1.2.4. *Quanto à densidade superficial*

- a) Leves – vedações verticais não estruturais, de densidade superficial baixa, sendo o limite convencional de aproximadamente 100 Kg/m²;
- b) Pesadas – vedações que podem ser estruturais ou não, com densidade superficial superior a aproximadamente 100 kg/m².

2.1.2.5. *Quanto à estruturação*

- a) Estruturadas – Vedações que necessitam de uma estrutura reticular de suporte dos componentes da vedação, como por exemplo, painéis de gesso acartonado;
- b) Auto suportante – Não necessitam de uma estrutura de suporte dos componentes da vedação, como todos os tipos de alvenaria;
- c) Pneumáticas – Vedações verticais sustentadas a partir da injeção de ar comprimido. Como exemplo, são os galpões em lona.

2.1.2.6. *Quanto à continuidade do pano*

- a) Monolíticas – quando a absorção dos esforços transmitidos à vedação é feita por todo o conjunto dos elementos. Por exemplo: alvenaria.
- b) Modulares – quando a absorção dos esforços transmitidos à vedação é feita pelos componentes de modo individual, em função da existência de elementos de juntas, como por exemplo, no caso dos painéis de gesso acartonado.

2.1.2.7. Quanto ao acabamento

- a) Com revestimento incorporado – vedações verticais que são posicionadas já com acabamento. Por exemplo: painéis pré-moldados de concreto com prévia aplicação de cerâmica;
- b) Com revestimento à posteriori – vedações verticais que são executadas em seus lugares definitivos, sem a aplicação prévia de revestimentos. Por exemplo: alvenaria e painéis de gesso acartonado;
- c) Sem revestimento – vedações que não necessitam da aplicação de revestimentos. Recebem no máximo uma pintura. Caso de alguns tipos de alvenaria, cujas características lhe garantem estanqueidade.

2.1.2.8. Quanto à continuidade superficial

- a) Descontínuas – nos casos em que as juntas entre componentes ficam aparentes;
- b) Contínuas – nos casos em que as juntas não são aparentes.

2.1.3. Requisitos e desempenho

Este subsistema possui uma série de requisitos funcionais, que devem ser analisados, de acordo com as necessidades dos clientes.

As seguintes propriedades devem ser analisadas, na hora de se optar pelo material a ser utilizado na vedação:

- a) Desempenho térmico;
- b) Desempenho acústico;
- c) Estanqueidade à água;
- d) Controle da passagem de ar;
- e) Proteção e resistência contra a ação do fogo;
- f) Desempenho estrutural em alguns casos;
- g) Controle de iluminação (natural e artificial) e raios visuais (privacidade);
- h) Durabilidade;
- i) Custos iniciais e de manutenção;
- j) Padrões estéticos e de conforto visual;

k) Facilidade de limpeza e higienização.

A escolha do tipo de vedação a ser empregada depende dos requisitos, que a mesma deve atender.

A vedação externa possui uma série de requisitos diferentes da vedação interna, portanto nem sempre a melhor opção para vedação externa será também melhor para vedação interna.

Na hora de escolher o processo construtivo de vedação a ser utilizado no empreendimento, o construtor analisa alguns outros requisitos, como custo, prazo e emprego da mão-de-obra.

O fato é que não há um processo construtivo melhor do que os outros. O que existe são condições mais apropriadas para cada tipo de processo, de acordo com todos os requisitos supracitados, aliado é claro a questão financeira, que não pode nunca ser deixada de lado.

A vedação vertical contribui decisivamente para o desempenho do edifício. É parte fundamental da construção para garantir bons isolamentos térmico e acústico, bem como estanqueidade à água e controle da passagem de ar, além de proteção e resistência contra ação do fogo.

Os requisitos de desempenho são exigidos em maior ou menor grau de intensidade, conforme a posição que a vedação ocupa no edifício.

A resistência térmica, por exemplo, depende do coeficiente de condutibilidade térmica, proveniente da natureza do material, índice de vazios e umidade. Além disso, é necessário analisar a espessura da parede.

A necessidade de isolamento térmico em paredes internas é muito menor do que nas paredes externas.

Em relação à questão acústica, paredes divisórias (internas) devem garantir privacidade e impedir que ruídos gerados em ambientes específicos atrapalhem as atividades em outros ambientes.

Relativo à fachada (paredes externas), é necessário que a vedação bloqueie grande parte dos sons a que o empreendimento está exposto.

Os fatores que interferem na isolação acústica são o material, a espessura, o formato, as vinculações, a massa e textura superficiais.

Outra questão que tem grande importância é a estanqueidade à água das paredes. A penetração de água da chuva pode gerar graves consequências na sanidade e habitabilidade das edificações e na durabilidade dos materiais.

Se houver problema de penetração de água nas paredes, a recuperação é bastante onerosa. Os principais fatores, que devem ser analisados em relação à estanqueidade à água das paredes, são:

- a) Características dos materiais – permeabilidade, porosidade e capilaridade dos materiais, o formato (oco ou continuidade da face externa para a face interna) e a técnica executiva, com assentamento em dois cordões, aderência do bloco-argamassa e preenchimento das juntas;
- b) Proteção da fachada – condições de exposição, revestimento adequado, criação de ressaltos e descontinuidade para descolar a lâmina, pingadeiras, beirais e paredes duplas;
- c) Impedir a entrada da água – espessura da parede, aderência e selamento das juntas e frisamento correto da junta.

As paredes devem, também, atender aos requisitos de desempenho relacionados à resistência ao fogo e demais agentes.

Todos estes requisitos funcionais e de desempenho devem ser analisados pela construtora, que também terá que analisar a questão financeira, pois este subsistema tem grande importância econômica na construção do empreendimento.

2.1.4. Importância econômica

Em uma composição do vedado + esquadrias + revestimentos, calcula-se que, em média, os custos atinjam 20% do total da construção.

A parcela de custo somente do vedado no orçamento de um edifício convencional gira em torno de 4 a 6% do custo total da obra.

Porém estes números podem acabar aumentando consideravelmente, pelo simples fato de grande parte das construtoras não realizarem um processo construtivo racionalizado.

O investimento em projetos de marcação e elevação de alvenaria, por exemplo, poderiam reduzir consideravelmente o desperdício de materiais, que ocorre no quebra-quebra de blocos cerâmicos.

Isto sem falar no desperdício de mão-de-obra que se tem não só para refazer serviços já executados, mas também para limpar o entulho gerado.

O mesmo ocorre em todos os outros diversos tipos de processos construtivos do subsistema de vedação vertical. Não havendo projetos bem executados, a possibilidade de que aconteçam problemas durante a execução da vedação e, conseqüente, aumento nos custos é bastante considerável.

Além de projetos bem definidos, a mão-de-obra qualificada também é fundamental para evitar a má execução da alvenaria, os retrabalhos e conseqüente aumento nos custos do subsistema. Para tal, é necessário investir no treinamento dos funcionários.

Independente da escolha do tipo de vedação é fundamental a existência de projetos de execução e mão-de-obra qualificada para que o processo construtivo de vedação vertical não exceda os custos considerados ideais para uma construção convencional.

Não adianta tentar reduzir os custos, contratando mão-de-obra desqualificada e barata ou material de baixa qualidade, pois além da importância da questão financeira, é fundamental que as vedações verticais respeitem os requisitos de desempenho do edifício.

É a partir desta ideia, que o conceito de racionalização vem ganhando cada vez mais força no mercado, uma vez que a qualidade e a questão financeira andam lado a lado.

2.2. Racionalização construtiva

2.2.1. Conceito

Com o aumento da competitividade do mercado da construção civil, as empresas têm que buscar soluções para enfrentar os desafios relacionados com a qualidade do produto, os custos de construção e o valor de venda.

A racionalização, por suas características, é uma alternativa mais próxima à realidade da indústria da construção civil do que outras intervenções mais radicais, como a industrialização, por exemplo.

Vários autores conceituam a racionalização construtiva. TRIGO (1978) entende como “o conjunto de ações tendentes ao aumento de rendimento do setor em conjunto e de cada uma das tarefas a realizar em particular”.

Para TESTA (1972), “as ações ligadas à racionalização construtiva são baseadas no esforço para o aumento do desempenho e produtividade, pela aplicação de todas as possíveis medidas para incrementar a produção, para garantir a melhor utilização de materiais, equipamentos e mão-de-obra, no canteiro de obras e no processo de produção”.

A racionalização sendo vista como uma ferramenta da industrialização é a opinião de SABBATINI (1989). Este mesmo autor define “racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações, que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases”.

A partir dos conceitos dos três autores, podemos chegar à conclusão que a racionalização construtiva pode ser analisada tanto de forma mais ampla, analisando todas as etapas do empreendimento, quanto de uma forma mais restrita, analisando apenas a otimização de determinados setores.

Como a construção civil é um mercado bastante conservador, muitas empresas procuram se apegar mais à visão mais restrita e com resultados imediatos da racionalização de determinados processos construtivos.

Tendo uma visão mais ampla de todo o processo, para atingir os resultados esperados com a racionalização de processos construtivos, é necessário que haja interligação de vários recursos e setores desde o estudo de viabilidade do empreendimento até a entrega do apartamento, o que acarretaria em um aporte financeiro inicial maior.

Independente da visão mais ou menos ampla, o fato é que a racionalização construtiva depende de investimentos iniciais para que haja otimização de recursos e serviços.

Para implantar tecnologias construtivas racionalizadas, há alguns pontos de atuação nas empresas, segundo BARROS (1996). Dentre estes pontos, podemos destacar o controle da produção, documentações, projetos, recursos humanos e suprimentos.

A documentação deve conter as formas mais eficientes do emprego de cada tecnologia.

A gestão adequada de recursos humanos e suprimentos é fundamental para permitir a implantação de tecnologias inovadoras. Investimentos em treinamento e especialização da mão-de-obra, em materiais e ferramentas são fundamentais para que o processo de racionalização atinja os resultados esperados.

O estabelecimento de processos de controle da produção, por sua vez, possibilita a continuidade, ao longo do tempo, do sucesso da implantação das tecnologias inovadoras.

O projeto merece destaque especial, já que é o principal articulador e indutor de todas as ações, organizando e garantindo a eficiência no emprego de determinada tecnologia para cada processo construtivo.

As decisões de projeto têm grande capacidade de influenciar decisivamente os custos finais do empreendimento.

O'CONNOR E DAVIS (1988) resolveram representar graficamente a capacidade de influência no custo de diversas etapas do empreendimento.

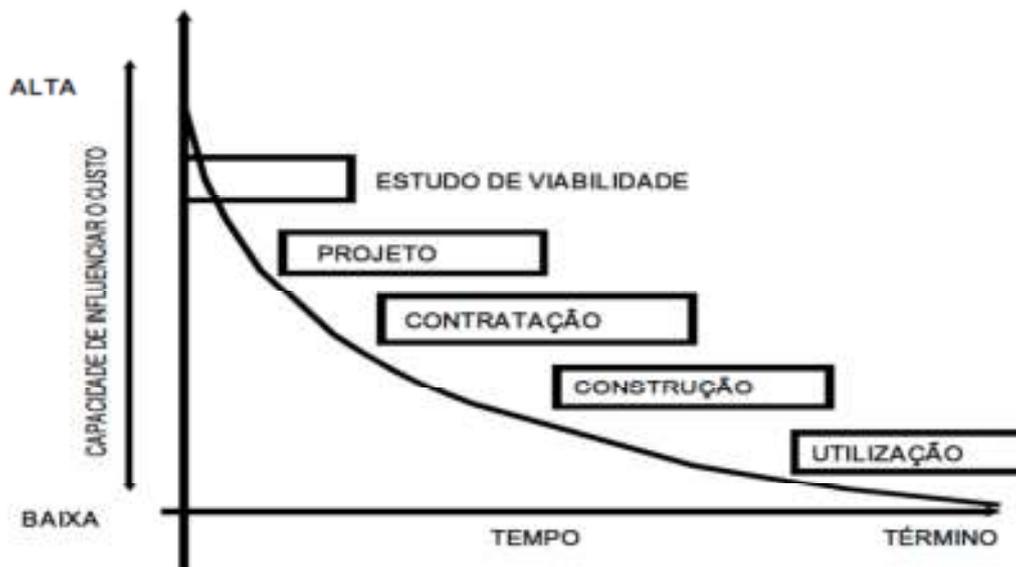


Gráfico 1: Capacidade de influenciar o custo do empreendimento em diversas etapas (O'CONNOR e DAVIS, 1988).

Já nos primeiros momentos do projeto, através de uma sistemática de coordenação entre todos os profissionais envolvidos nos projetos do empreendimento, a fim de compatibilizá-los, com o objetivo de se explorar da melhor forma possível os recursos disponíveis, é possível se iniciar a execução da racionalização construtiva.

Um sistema de construção racionalizado depende da integração e compatibilização entre os projetos pré-executivos e executivos de diversos subsistemas, que estão interligados.

No caso do processo construtivo de alvenaria racionalizada, por exemplo, é necessário que haja tanto projetos de marcação e elevação das paredes, como projetos compatibilizados de instalações hidrosanitárias e elétricas, além da execução adequada da estrutura do empreendimento.

Há algumas ferramentas para implantar a racionalização construtiva, tanto na etapa do projeto, quanto na etapa da construção.

2.2.2. Ferramentas para implantação

Muitas medidas de racionalização construtiva baseiam-se na aplicação de princípios, que visam o aumento do nível organizacional dos empreendimentos.

Estes princípios constituem-se em ferramentas básicas, que orientam as decisões, em todo o processo de produção do empreendimento, que vai desde a concepção dos

projetos ao planejamento e organização da execução. Dentre estes princípios, pode se destacar os seguintes:

1. Construtibilidade;
2. Desempenho;
3. Garantia da qualidade.

2.2.2.1. Construtibilidade

A Construtibilidade é basicamente vista como uma ferramenta que pode garantir a melhor utilização possível dos recursos da construção.

Esta ferramenta pode ser obtida ainda na fase de projetos. Para O'CONNOR E TUCKER (1986), a Construtibilidade é entendida como a habilidade das condições do projeto permitir a ótima utilização dos recursos da construção. Uma classificação das ações para implementação da Construtibilidade também foi proposta por estes autores. Dentre as ações, distinguem-se:

- a) Orientação do projeto à execução;
- b) Comunicação efetiva das informações técnicas;
- c) Otimização da construção, com a geração de técnicas construtivas;
- d) Recursos efetivos de gerenciamento e normalização;
- e) Melhoria dos serviços dos empreiteiros;
- f) Retorno do construtor ao projetista.

Uma definição mais completa do conceito da Construtibilidade foi feita pelo "Construction Industry Institute", como "o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento". De acordo com esta definição, portanto, todos os profissionais envolvidos com a execução e com a elaboração dos projetos são muito importantes.

A implantação deste conceito proporciona muitos benefícios, como a diminuição das tarefas na construção, a diminuição das dificuldades durante a construção, o reconhecimento das limitações e práticas locais, a melhoria dos métodos construtivos e da tecnologia, dentre outros. E para que tudo isto seja possível, é fundamental a melhoria de coordenação entre os projetistas e os construtores.

2.2.2.2. Desempenho

A aplicação deste conceito auxilia na seleção, tanto de detalhes e técnicas construtivas mais eficientes e adequadas à produção da construção, como garante a adequação das habitações produzidas às necessidades dos usuários.

O conceito de desempenho foi definido pelo “Conseil International du Bâtiment” (CIB, 1975), como sendo o comportamento de um produto de utilização.

No Brasil, já há a Norma de Desempenho (NBR 15.575). Esta norma é um importante instrumento para o consumidor exigir maior qualidade das obras. Com o passar do tempo e todas as definições a respeito da norma de desempenho, o consumidor se sentirá totalmente respaldado para exigir produtos de qualidade.

2.2.2.3. Garantia da qualidade

A aplicação dos conceitos “Qualidade total” e “Gestão da Qualidade” no setor da construção civil é cada vez maior.

A ISO (International Organization for Standardization) define qualidade, como sendo as características do produto que atendem às necessidades explícitas ou implícitas dos clientes, proporcionando, portanto, satisfação.

A qualidade total na construção civil é interpretada, como uma interação entre projeto e construção, na qual fazem parte os subcontratados e fornecedores.

A Gestão da Qualidade na construção civil, por sua vez, é entendida na visão de VALLAGE (1989) como sendo todos os procedimentos necessários para a obtenção de um produto em conformidade com a demanda inicial. Estes procedimentos são tanto de ordem metodológica, como humana.

A aplicação da Gestão da Qualidade implica numa mudança organizacional do empreendimento, resultando na diminuição de esforços, desperdícios e retrabalhos e, conseqüentemente, de custos e prazos de execução.

2.2.3. Aplicação à etapa de projeto

A qualidade do projeto é condição necessária para a implantação de uma política de racionalização em qualquer que seja o processo construtivo.

Entretanto, implementar a qualidade nos projetos não é das tarefas mais simples. É necessária a criação toda uma nova estrutura de desenvolvimento dos mesmos, facilitando assim a obtenção de todo o potencial de racionalização presente nesta etapa.

A partir daí, se destaca a importância de uma eficaz e eficiente coordenação dos projetos, para que os mesmos sejam elaborados de forma a atender aos objetivos do empreendimento, proporcionando então, à fase de execução toda a qualidade e eficiência esperadas.

Segundo FRANCO (1992), dentre os inúmeros objetivos da coordenação de projetos, pode-se destacar:

- a) Garantir a perfeita comunicação entre todos os participantes da etapa dos projetos;
- b) Coordenar o processo, de forma a solucionar eventuais interferências entre as partes dos projetos elaboradas por distintos projetistas;
- c) Permitir uma adequada comunicação e troca de informações entre os integrantes de todas as etapas do empreendimento;
- d) Conduzir as decisões a serem tomadas no desenvolvimento do projeto;
- e) Garantir a coerência entre o modo de produção e o produto projetado;
- f) Controlar as etapas de desenvolvimento do projeto, de forma que este seja executado em consonância com as especificações e requisitos previamente definidos, incluindo custos, prazos e especificações técnicas.

A clara definição dos requisitos iniciais, com o estabelecimento das necessidades e condicionantes básicos do projeto, associados a uma metodologia eficiente de coordenação, complementada por uma sistemática adequada de controle, conduzirá então, a uma grande possibilidade de sucesso no desenvolvimento desta etapa.

A coerência das reais condições da etapa de execução com o desenvolvimento dos projetos é aspecto fundamental para que seja possível obter a racionalização construtiva. A facilidade de execução, assimilação e aprendizagem das técnicas propostas em projeto deve ser o objetivo a ser alcançado nesta etapa inicial.

O processo construtivo de vedação vertical com alvenaria racionalizada deve possuir uma série de diretrizes em seu projeto, dentre as quais, cita-se:

- a) A integração entre o projeto arquitetônico e estrutural é ponto primordial para a racionalização deste processo construtivo. O ideal é que a equipe de projetistas, responsável pelo projeto de arquitetura, consulte uma equipe de engenheiros de obra, para chegarem a um consenso sobre questões que podem atrapalhar a execução da vedação em alvenaria;
- b) A integração entre o projeto de vedação com os projetos hidrosanitários, elétrico, dentre outros, também é fundamental para que o processo seja racionalizado;
- c) A coordenação modular e dimensional, que tornam o processo favorável à implantação de medidas de racionalização. Desta forma, são introduzidos procedimentos padronizados na execução e aumenta-se a precisão com que se produz a obra.

O projeto não deve ser encarado como finalidade, mas sim como meio de se atingir um bom resultado na execução da construção.

Pode-se dizer que o objetivo dos projetistas será atingido quando os profissionais da área de execução são capacitados para conceber, além do produto, o seu processo de produção. Mas a aplicação de medidas de racionalização depende da perfeita definição da execução das tarefas, pois nelas estão embutidos conceitos ligados à Construtibilidade.

2.2.4. Aplicação à etapa de construção

É nesta fase que se dá o maior investimento de recursos materiais e humanos e, por isto, a obtenção de resultados é uma atividade crítica.

As medidas de racionalização construtiva visam principalmente à organização da atividade produtiva, através da implementação de princípios muitas vezes já empregados tradicionalmente em outros setores industriais. Dentre as medidas propostas para a implantação da racionalização, segundo FRANCO (1992), destacam-se:

1. A organização do processo de produção necessita de medidas como:
 - a. A criação de uma infraestrutura básica eficiente para o canteiro de obras;
 - b. A definição das técnicas e métodos de produção;
 - c. A elaboração de um planejamento e programação eficientes na execução das atividades;
 - d. A elaboração de uma sistemática de controle da qualidade da produção, baseada na padronização dos métodos e técnicas produtivas, através de procedimentos.
2. A motivação e, principalmente, treinamento dos operários envolvidos com a produção é fundamental para o êxito da racionalização do processo.
3. A padronização das técnicas construtivas tem como objetivo buscar a forma mais eficiente de desenvolvimento de uma atividade. A padronização serve como base para demais ações que terão como objetivo aumentar a racionalização dos processos construtivos, durante a fase de execução.
4. O aumento da produtividade pode ser obtido com a diminuição da complexidade e o aumento da continuidade das tarefas a serem executadas no canteiro de obras;
5. O controle da produção é a ferramenta básica para se garantir que os procedimentos e projetos de execução sejam aplicados de forma coerente, aumentando, portanto, a probabilidade de obtenção dos resultados esperados.

6. O controle da qualidade não pode ser considerado apenas como ferramenta de verificação. Este tem que ser visto como ferramenta de gestão do processo de produção, que permite correções de rumo e alterações, sempre que necessárias, a fim de otimizar a produção.

A organização da etapa da produção é diretriz essencial para a evolução tecnológica na construção civil. Esta evolução deve acontecer através da melhoria da qualidade dos processos e produtos.

Uma mudança de mentalidade e atitude diante de procedimentos já tradicionais é, também, fundamental para que a racionalização construtiva seja aplicada, já que para atingir o objetivo, é necessário que sejam aplicadas novas técnicas e conceitos.

Para introduzir medidas de racionalização de processos produtivos, tem-se que desenvolver trabalho prévio de treinamento e de conscientização. Desta forma, será possível aumentar a produtividade, o desempenho e a qualidade do processo construtivo.

A organização adequada do canteiro de obras é outro ponto fundamental para que a racionalização construtiva seja implantada. O arranjo das áreas de estoque e produção deve ser bem analisado para que minimize as interferências ao trabalho das partes envolvidas. Instalações provisórias adequadas também são fundamentais para que os operários tenham maior conforto na hora de trabalhar, possibilitando desta forma um aumento de produtividade em diversos processos construtivos.

Com objetivo de aumentar a produtividade dos serviços, é necessário que se modifique alguns procedimentos construtivos, a fim de incorporar os princípios de simplificação e organização exigidos pela racionalização construtiva.

No caso da racionalização do processo construtivo de vedação em alvenaria, há vários procedimentos e equipamentos a serem utilizados com efeito de racionalização durante a etapa de produção. Dentre os quais, cita-se:

- a) Utilização de linha de náilon para demarcar o eixo, facilitando assim o processo de marcação;
- b) Carrinho para transporte dos blocos;
- c) Cavaletes e andaimes metálicos desmontáveis;

- d) Escantilhão e “galgas”;
- e) Caixote de argamassa;
- f) Régua de nível e prumo;
- g) Utilização de bisnaga para acelerar o processo de colocar argamassa junto aos blocos;
- h) Uso de vergas e contra-vergas pré-moldadas, definindo vãos de janelas e portas;
- i) Modificação da sequência de procedimentos tradicionais, como embutimento das instalações.

As alterações efetuadas no processo de construção possuem reflexos imediatos na obra, não só em questão de prazos, mas também quanto a desperdícios de mão-de-obra, de materiais e etc.

2.2.5. Propósitos

A Utilização de princípios “racionalizadores” permite a evolução contínua dos diversos processos construtivos, elevando-os a um maior nível de eficiência no aproveitamento de recursos disponíveis.

Estes recursos podem ser materiais, humanos, organizacionais e etc. Analisando o dia-dia das obras, percebe-se que a escassez destes recursos supracitados existe e é sempre um problema a ser resolvido. Portanto, a implementação de medidas racionalizadoras tem como propósito ajudar a resolver estas questões.

A questão de evolução contínua é outro propósito que não pode ser deixado de lado nos dias de hoje. Não adianta encontrar soluções e se acomodar. É necessário sempre estar em busca de novas técnicas e medidas racionalizadoras.

A implementação de novas técnicas e inovações tecnológicas deve estar baseada em análises feitas através de metodologias científicas, fundamentadas em critérios como Construtibilidade e desempenho, para que se por um lado, permitam transpor as barreiras de produtividade e custo, por outro, garantam o funcionamento adequado e o atendimento das expectativas dos usuários das habitações.

Diversas experiências realizadas a fim de testar técnicas racionalizadas de construção indicam que o caminho da racionalização construtiva é o mais adequado para a evolução da construção em diversas situações, visto que cada vez mais a exigência em relação à qualidade é maior.

O cliente conhece seus direitos, sabe o que é bom e não aceita mais qualquer coisa. Desta forma, as construtoras têm que conviver com o dilema de garantir a qualidade, sem exagerar nos gastos.

A seguir segue breve apresentação da análise dos custos da qualidade, que representam os custos para garantir um produto final com qualidade.

2.3. Análise dos custos da qualidade

2.3.1. Conceito

A análise dos custos da qualidade é um importante instrumento gerencial para a conscientização da importância da busca da qualidade na construção civil.

Funciona como uma espécie de medidor de desempenho e produtividade.

Esta análise deve ser utilizada para demonstrar a todos os participantes da obra que o investimento em qualidade não só traz “status” a empresa e ao empreendimento, mas também traz resultados bastante significativos no aspecto financeiro.

Os custos da qualidade, quando bem administrados, permitem que as construtoras reprogramem seus esforços nas etapas de planejamento, projeto ou mesmo na construção.

Como premissa fundamental da racionalização construtiva, a qualidade dos serviços e produtos, quando analisada através dos custos, pode demonstrar que os processos construtivos racionalizados representam, de fato, boas soluções em relação à questão financeira.

Os custos da qualidade podem ser definidos, de forma geral, como “Total de perdas com a não qualidade, acrescidas dos custos das ações para evitá-las”.

2.3.2. Classificação dos custos

De forma geral, de acordo com TOWNSEND (1991), os custos da qualidade podem ser divididos em:

1. Custos de prevenção;
2. Custos de avaliação;
3. Custos das falhas.

2.3.2.1. Custos de prevenção

São os custos relativos às atividades desenvolvidas para prevenir defeitos em projetos, mão-de-obra e diversos outros intervenientes inerentes ao início e criação de um produto ou serviço.

Como exemplo de custos de prevenção, cita-se:

- a) Engenharia da qualidade: custos relacionados ao sistema da qualidade do produto, à elaboração dos planos da qualidade, à procedimentos executivos e etc.;
- b) Revisão do planejamento: custos ligados à conferência dos estudos e planejamento do empreendimento;
- c) Revisão de projeto: custos com a conferência de projetos para a confecção de produto ou prestação de serviço;
- d) Estudo de especificações e requisitos: relacionados aos estudos preliminares, reuniões com clientes e fornecedores;
- e) Garantia da qualidade dos fornecedores: custos com a verificação do sistema da qualidade de todos os fornecedores envolvidos com os diversos serviços;
- f) Aferição, calibração e manutenção de equipamentos a serem utilizados nas verificações de serviços e ensaios;
- g) Treinamento de equipes para obtenção da qualidade do produto.

2.3.2.2. Custos de avaliação

São os custos relativos às atividades desenvolvidas para verificar se os produtos estão de acordo com os requisitos especificados.

Dentre os diversos custos de avaliação, pode-se citar:

- a) Inspeção de recebimento: todos os custos com ensaios e verificações, a fim de se avaliar a qualidade dos materiais e equipamentos, além de serviços que estão incorporados ao produto final;
- b) Inspeção durante a produção: custos relativos a ensaios e pessoal para realizar o controle da qualidade ainda durante a produção;
- c) Materiais para inspeção: materiais consumidos ou produtos destruídos para efetuar o controle da qualidade;
- d) Auditorias do produto: todos os custos relativos a auditorias na produção ou produto acabado;
- e) Ensaios de desempenho no campo;
- f) Aferição, calibração e manutenção de equipamentos usados para avaliar a qualidade.

2.3.2.3. Custos das falhas

São os custos relativos aos produtos e serviços já executados e considerados em desacordo com os requisitos especificados, incluindo-se os aspectos relativos ao desempenho.

Os custos das falhas estão divididos em dois grupos:

1. Falhas internas – quando a falha é detectada antes do produto ser entregue ao cliente. Como exemplo, pode-se citar:
 - a. Refugos: produto ou serviço executado e inutilizado;
 - b. Retrabalhos: ter que refazer determinado produto ou serviço que não ficou de acordo com o esperado ou necessitando de reparos;
 - c. Análise de problemas: estudos e análises necessárias para detectar as causas das falhas ou para determinar procedimentos de reparo;
 - d. “Retestes”, “reinspeção” e “reauditoria” em produtos reparados;
 - e. Tempo de espera aguardando reparos.

2. Falhas externas – quando a falha somente é detectada após o produto ou serviço ser entregue ao cliente. Como exemplo, pode-se citar:
 - a. Reclamações: produtos que requerem reparo, detectado através de reclamação do cliente;
 - b. Assistência técnica: segmento da empresa específico para esta atividade sana deficiências de produto, diretamente no cliente;
 - c. Responsabilidade legal: reclamação do cliente na justiça, envolvendo custos legais além de todos aqueles já supracitados.

2.3.3. Impacto dos custos no ciclo do produto

O mercado da construção civil é um mercado de extrema complexidade, que envolve uma enorme quantidade de recursos financeiros e humanos (mão-de-obra).

Considerando isto, muitos especialistas começaram a estudar o impacto dos custos no ciclo do produto da construção civil.

Diversos processos construtivos são alvo destes estudos. O subsistema de vedação em alvenaria é uma destas áreas constantemente analisadas, pelo fato deste processo construtivo estar interligado a diversos outros.

Estes estudos apontam a falha na etapa de projetos, como a responsável pela maior repercussão nos custos da qualidade de determinado empreendimento.

Segundo MESEGUER (1991), considerando números médios, a incidência a nível mundial de falhas durante o ciclo produtivo da construção civil ocorre:

CAUSAS	MÉDIA (%)
Falhas em projetos	40 a 45
Falhas na execução	25 a 39
Falhas por materiais	15 a 24
Falhas por uso	10
Outras falhas	05

Tabela 1: Números médios da incidência das falhas a nível mundial (MESEGUER, 1991).

Cada uma destas falhas traz diferentes consequências ao custo final do empreendimento.

Normalmente, a incidência de falhas ainda na fase de projeto possui alta influência no resultado do produto final, porém baixo custo para que sejam corrigidas ainda no início. Entretanto, na medida em que a falha vai sendo “carregada” para as etapas seguintes de construção e utilização do empreendimento, este custo vai crescendo consideravelmente.

Portanto, deve-se considerar de extrema importância corrigir eventuais falhas de projeto ainda nesta fase. A maioria das falhas nesta etapa é decorrente de uma falta de coordenação entre todos os participantes da criação dos projetos.

2.3.4. Relação entre as categorias de custos

Com um levantamento dos custos da qualidade, deve-se realizar avaliação das metas estabelecidas em relação aos resultados obtidos.

Para estabelecer a meta a ser alcançada com o levantamento dos custos da qualidade, é necessário analisar a relação entre as categorias de custos presentes no processo construtivo do empreendimento.

Quanto menores forem os custos em prevenção, maiores serão os custos das falhas.

Os investimentos em estudos, projetos bem executados, tecnologias construtivas racionalizadas servem para que se reduzam consideravelmente os custos com retrabalhos.

Só deve reduzir os investimentos em prevenção, no momento em que o sistema da qualidade já esteja implantado, os itens de controle estejam sendo praticados e todo o processo esteja caminhando de uma forma que os outros custos não serão tão elevados.

Os investimentos em avaliação também são muito importantes para que se consiga reduzir os custos de falhas.

Ao contrário do que acontece em relação aos investimentos em prevenção, a avaliação não consegue eliminar os custos com falhas internas, já que acusará a falha e esta será corrigida.

Mas assim como os custos de prevenção, os investimentos em avaliação reduzem drasticamente os custos com falhas externas. Isto porque os problemas são detectados ainda em tempo de serem corrigidos.

No Brasil, em geral alguns estudos, apresentam os seguintes números médios para o inter-relacionamento entre os custos da qualidade:

CUSTOS	% MÉDIA
Prevenção	02
Avaliação	25
Falhas internas	63
Falhas externas	10

Tabela 2: Números médios para a relação entre os custos no Brasil (GOVONI FILHO, 1989).

A partir desta tabela, é possível perceber a relação entre os baixíssimos investimentos em prevenção e os elevados custos com falhas.

Os custos com controle da qualidade, ou seja, com avaliação são relativamente altos. Isto mostra que as construtoras têm a preocupação de não ter elevados custos com falhas externas.

Os elevados custos de falhas internas são resultado direto do baixo investimento em prevenção e dos elevados custos com avaliação, que elevam os custos de retrabalho antes do produto chegar ao cliente, reduzindo proporcionalmente os custos com problemas após o produto final ser entregue.

Em uma relação direta com a questão da vedação vertical em alvenaria, pode-se fazer a seguinte análise:

- a) Os custos de prevenção seriam o investimento em projetos, o treinamento da mão-de-obra, a aquisição de equipamentos adequados;
- b) Os custos de avaliação seriam o investimento em ensaios, verificações de serviços;

- c) Os custos de falhas seriam os retrabalhos, com destruição da parede, limpeza do entulho, hora extra do pedreiro e etc.

Depois de analisar todos estes pontos apresentados, é possível desenvolver um sistema de apropriação de custos para o processo construtivo de vedação vertical em diversas técnicas construtivas, incluindo alvenaria, alvo principal deste tema.

2.3.5. Desenvolvimento de um sistema de apropriação de custos para o processo construtivo de vedação

Para que se desenvolva um sistema de apropriação de custos para o processo construtivo em questão, é necessário escolher uma área piloto e definir um fluxograma com duração do teste.

A área piloto serve como um laboratório já que todo processo construtivo é bastante complexo. No caso em questão, a área piloto seria o processo construtivo de vedação vertical em alvenaria.

O fluxograma do processo começaria desde a concretagem da estrutura com liberação das escoras do pavimento, para proceder à marcação da primeira fiada, passando pela elevação e fixação da alvenaria além de todos os outros subsistemas que estão diretamente ligados a este processo.

Definidos o fluxograma e a área piloto, tem que se fazer um levantamento dos elementos, que compõem o custo total da qualidade.

São estabelecidos os procedimentos para a apropriação de homem-hora e demais custos.

Após isto, implementa-se o sistema de alvenaria racionalizada, com algumas metas definidas a serem alcançadas durante determinado período, suficiente para avaliar os custos e resultados.

Além do sistema construtivo de alvenaria, há diversas técnicas racionalizadas, que também podem servir como áreas piloto para implantar um sistema de apropriação de custos para o processo construtivo de vedação.

2.4. Processos racionalizados de vedação vertical

A racionalização construtiva é o futuro da construção civil. Com o mercado atual aquecido como está, as construtoras que não se adaptarem e passarem a racionalizar prazos, mão-de-obra e conseqüentemente finanças, ficarão para trás.

O processo construtivo de vedação é um dos principais subsistemas do empreendimento, pelo fato de estar interligado com vários outros subsistemas.

Partindo deste princípio, a racionalização deste processo é de extrema importância para se obter resultados significativos na construção do empreendimento.

Dentre as muitas técnicas construtivas de vedação, a mais utilizada, desde sempre, é o assentamento de blocos cerâmicos e utilização de argamassa (emboço) ou gesso, como revestimento.

O alvo principal deste estudo é analisar técnicas racionalizadas de vedação em alvenaria cerâmica.

Mas vale analisar inúmeras outras técnicas e inovações tecnológicas de vedações verticais, que de alguma forma representam racionalização construtiva, dentre as quais, cita-se:

- a) Paredes em gesso acartonado;
- b) Alvenaria estrutural;
- c) Paredes de concreto;
- d) Steel frame;
- e) Paredes de madeira;
- f) Vedação fotovoltaica;
- g) Alvenaria em blocos de gesso.

2.4.1. Paredes em gesso acartonado

Em geral, o sistema de divisória com placas de gesso acartonado baseia-se na montagem de um esqueleto de aço galvanizado, que será fechado com placas de gesso acartonado.

Diferentes composições da divisória podem ser executadas. Desde o preenchimento do esqueleto de aço com uma placa de cada lado até uma parede composta por dupla estrutura e duas placas de cada lado, com os vazios preenchidos com isolante termo acústico.

2.4.1.1. Vantagens

- a) Construção a seco, possibilitando maior limpeza e organização do canteiro;
- b) Retirada da vedação vertical do caminho crítico da obra;
- c) Elevada produtividade;
- d) Precisão dimensional;
- e) Desmontabilidade;
- f) Possibilidade de embutimento das instalações.

2.4.1.2. Desvantagens

- a) Resistência mecânica – cargas pontuais superiores a 35 kg devem ser previstas para que sejam instalados reforços no momento da execução;
- b) Resistência à umidade – placas de gesso acartonado não resistem a alta taxa de umidade;
- c) Necessidade de nível organizacional elevado para obter vantagens potenciais;
- d) Barreira cultural do construtor e do consumidor.

Há empresas que realizam projetos de vedação em gesso acartonado. Há variação entre eles, mas em geral, são apresentados:

- a) A planta baixa com a indicação de cada divisória, a elevação das divisórias;

- b) A elevação das divisórias, com a localização das instalações hidráulicas e elétricas;
- c) Detalhes executivos, como a junção de divisórias;
- d) Detalhes de impermeabilização em ambientes “molháveis”;

Cada fabricante possui sua própria nomenclatura para representação dos vários tipos de divisória.

Se o desenvolvimento do projeto das divisórias de gesso acartonado ocorrer já na etapa de anteprojeto do edifício, é possível obter um maior potencial de racionalização, além da possibilidade de obter o produto final com melhor desempenho, uma vez que todo o processo de produção é pensado conjuntamente numa etapa prévia à execução, possibilitando o estabelecimento da solução mais adequada para o edifício.

Assim, minimizam-se as interferências das vedações verticais com outros subsistemas do edifício.

2.4.1.3. Materiais utilizados

Para montagem da divisória de placas de gesso acartonado, basicamente são necessários os seguintes materiais:

- a) Para fechamento – são utilizadas placas de gesso acartonado, apresentando algumas características como resistência ao fogo (por possuir 20% do seu peso em água), resistência a impactos, isolamento termo acústico, flexibilidade, facilidade em cortar, perfurar, pregar e aparafusar;
- b) Para suporte das placas – podem ser empregados madeira ou perfis metálicos;
- c) Para fixação das placas – parafusos ou pregos;
- d) Para rejuntamento das placas – gesso aditivado e fitas de papel kraft.

Atualmente, no Brasil são comercializados três tipos de placas de gesso: padrão, resistente à umidade e resistente ao fogo.

De modo geral, para a aceitação dos materiais, deve se observar os seguintes aspectos:

- a) Quantidade – verificar se a quantidade que chegou é a mesma que foi pedida;
- b) Características do material – verificar se os materiais possuem as características especificadas, se não possuem defeitos (tanto as placas, quanto perfis metálicos);
- c) Verificar prazos de validade de materiais que os possuem.

Para estocagem do material, é necessário deixar um espaço limpo, seco e plano antes mesmo da chegada do material.

As placas não devem estar em contato com o piso, devendo estar sobre paletes.

2.4.1.4. Equipamentos e ferramentas

A fim de aumentar a produtividade e garantir a qualidade do serviço, são necessárias algumas ferramentas, como prumo, metro e trena para controle geométrico.

Para cortar materiais, utiliza-se tesoura para cortar perfis metálicos, estiletes, serra copo, serrote e outros para cortar as placas.

Para fixação das placas sobre a estrutura metálica, são utilizadas parafusadeiras.

Para realizar o acabamento entre as juntas das placas de gesso, utilizam-se espátulas e desempenadeiras.

2.4.1.5. Execução

As etapas básicas para a execução de vedação vertical interna com placas de gesso acartonado são:

1. Locação das guias – marca-se no piso e no teto a espessura da divisória;
2. Fixação das guias – utilizando parafusos e buchas ou pistola e pino de aço, fixa-se as guias;
3. Colocação dos montantes – posicionar e colocar os montantes verticalmente no interior da guia;
4. Fixação das placas de gesso – as placas não devem encostar no piso e os parafusos devem estar igualmente espaçados de acordo com o projeto;

5. Rejuntamento – usando espátula, espalha-se massa para rejunte. Com a massa úmida, coloca-se a fita no centro da junta. Depois que a massa estiver seca, aplica-se mais uma camada de massa para rejunte, com largura maior do que a anterior. Com a massa seca novamente, lixa-se as juntas para eliminar imperfeições;
6. Acabamento final – pode ser tinta, papel de parede, revestimento cerâmico dentre outros.

Na figura 1, é possível visualizar shafts, tanto hidráulicos quanto elétricos, construídos com drywall.



Figura1: Sistema de execução em drywall para execução de shafts (Fotos tiradas pelo autor).

2.4.2. Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é basicamente um sistema construtivo racionalizado, que possibilita que a estrutura e vedação do edifício, dois dos principais subsistemas da construção, ocorram de forma simultânea.

Se utilizada de forma inteligente, este processo construtivo gera grande economia financeira e de prazos.

CAMACHO (2006) classifica a alvenaria estrutural, quanto ao processo construtivo empregado e de acordo com o material utilizado. Segue abaixo as classificações da alvenaria estrutural:

- a) Armada – processo construtivo em que os elementos estruturais possuem armadura passiva de aço, disposta nas cavidades dos blocos, que posteriormente são preenchidas com graute;
- b) Não armada – processo construtivo em que só existem armaduras com finalidade de prevenir patologias, como fissuras, concentração de tensões e etc.;
- c) Parcialmente armada – processo construtivo em que alguns elementos estruturais são projetados com armadura e outros não;
- d) Protendida – processo construtivo, em que existe armadura ativa de aço contida no elemento resistente.

Os principais componentes da alvenaria estrutural são blocos, argamassa, armadura e graute.

Os blocos são extremamente importantes em relação às características de resistência da estrutura. Os blocos podem ser tanto de concreto, quanto de cerâmica.

A argamassa, composta normalmente por areia, cimento, cal e água, que é utilizada para assentamento dos blocos possui as funções básicas de transmitir e uniformizar as tensões entre os blocos, absorver deformações e prevenir a entrada de água e vento nas edificações.

As armaduras são barras de aço muito utilizadas na construção civil. A mesma armadura que é utilizada em estruturas de concreto armado pode ser utilizada em alvenaria estrutural, desde que respeite o projeto estrutural. São sempre envolvidas por graute.

O graute é uma espécie de concreto com agregados de pequena dimensão, relativamente fluido, que é utilizado para preencher os blocos e solidarizar o conjunto bloco e armadura.

Para se definir a utilização de alvenaria estrutural como sistema construtivo estrutural e de vedação, deve-se atentar para algumas características, como:

- a) Altura da edificação – a resistência à compressão dos blocos limita a altura da edificação. No Brasil, por exemplo, com os blocos encontrados no mercado, a utilização da alvenaria estrutural é limitada a edifícios de até dezesseis pavimentos;
- b) Tipo de edificação – para edificações com necessidade de vãos grandes, como construções de alto padrão e comerciais, a alvenaria estrutural não é muito indicada.

Assim como todo sistema construtivo, a alvenaria estrutural possui pontos positivos e negativos.

Dentre os pontos positivos, podem ser citados:

- a) Redução do uso de formas, que ficam limitadas para concretagem das lajes, que podem ser inclusive pré-moldadas bem antes de serem colocadas no pavimento, fazendo com que outros serviços sejam executados sem a necessidade de esperar pela cura da laje;
- b) Redução de desperdícios e retrabalhos, já que a alvenaria estrutural não pode ser quebrada para arrumar instalações, por exemplo;
- c) Redução nos custos com revestimentos, pois não há os tradicionais problemas de abertura de forma, ou de “fuga” dos pilares, obrigando a aplicação de argamassa para regularizar a alvenaria em relação à estrutura.

Dentre os pontos negativos, podem ser citados:

- a) Limitação nas adaptações da arquitetura;
- b) Limitação na adaptação de projetos de instalações, após execução da estrutura;
- c) Necessidade de utilização de mão-de-obra qualificada.

Portanto, para se decidir pelo uso da alvenaria estrutural é extremamente importante pontuar os prós e contras, analisando as necessidades da edificação.

2.4.3. Paredes de concreto

O sistema construtivo parede de concreto é mais uma alternativa para realizar a vedação vertical em edifícios.

Este sistema vem ganhando espaço no mercado nos últimos anos, com a criação e crescimento do programa “Minha casa, minha vida”, do governo federal.

Assim como a construção em alvenaria estrutural, é possível resolver as questões estruturais e vedações em um só elemento.

No Brasil, quatro tipos de concreto são recomendados para o sistema:

- a) Concreto celular;
- b) Concreto com elevado teor de ar incorporado – até 9%;
- c) Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica;
- d) Concreto convencional ou concreto autoadensável.

Para fazer as paredes, o concreto é lançado nas fôrmas, que podem ser:

- a) Metálicas – o material mais usado é o alumínio, por ser leve e resistente. Mas o aço também é utilizado, pois apesar de ser mais caro, pode ser utilizados cerca de mil vezes (PINI, 2009);
- b) Mistas – são usados quadros em peças metálicas e chapas de madeira compensada;
- c) Plástica – quadros e chapas feitos em plástico reciclável. São fôrmas mais baratas e que podem ser reutilizadas menos vezes.

É um método que utiliza fôrmas, normalmente montadas no próprio local da obra, que são preenchidas com concreto, já com as instalações elétricas e hidráulicas embutidas.

Essa opção é recomendada para empreendimentos, com alta repetitividade, podendo ser utilizada em obras de pequeno a alto padrão, devido sua grande versatilidade.

Este sistema é baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação e controle tecnológico. Portanto, é necessário que a obra se transforme em uma espécie de linha de montagem, para que

seja possível obter um produto homogêneo, independente da região do país e da mão-de-obra a ser empregada, sendo um diferencial para empresas, que constroem em vários estados (CICHINELLI, 2009).

Uma das principais características do sistema é a racionalização dos serviços.

E como todo processo racionalizado, se bem aplicado, as vantagens são inúmeras, dentre as quais, cita-se:

- a) Os operários são “multifuncionais” e executam todas as tarefas necessárias, como armação, instalações, montagem, concretagem e desforma;
- b) Não há necessidade de mão-de-obra especializada;
- c) Velocidade de execução, pois duas das mais importantes etapas da construção são realizadas de uma só vez e de forma mecanizada;
- d) Redução considerável do desperdício de material e da geração de resíduos, principalmente se comparado a outros processos construtivos de vedação;
- e) Redução de custos de mão-de-obra com retrabalhos;
- f) As paredes já estão prontas para receberem a tintura, pulando, portanto, as etapas de gesso e emboço.

2.4.4. Steel frame

O aço tem sido utilizado como um material de varias aplicações, com alto desempenho e adaptável às mais severas condições de serviços.

Devido as suas propriedades e características, tem substituído outros materiais em diversos setores industriais.

O aço empregado no sistema steel frame substitui com vantagens técnicas, econômicas e ambientais, materiais como tijolos, madeiras, vigas e pilares de concreto armado. Isto pode vir a proporcionar um grande salto qualitativo no processo produtivo, posicionando a indústria nacional de construção civil de uma forma mais competitiva frente a um mercado bastante globalizado.

O sistema construtivo steel frame tem sido muito utilizado em diversos países, principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra.

Por séculos, os norte-americanos utilizaram a madeira como principal material de construção para as edificações residenciais. No entanto, com o grande aumento dos preços, devido à escassez desse material na natureza, os construtores resolveram buscar alternativas de produtos que substituíssem a madeira.

A partir de 1998, começaram a ser implantadas, no Brasil, as primeiras construções no processo steel frame, dando prosseguimento à necessidade de encontrar um produto industrializado para racionalizar o processo construtivo e as vantagens intrínsecas deste processo frente ao sistema tradicional; portanto, podemos considerar que é um produto tecnológico novo no país.

Os perfis formados a frio de paredes finas ganharam grande aplicabilidade, substituindo a madeira nas construções residenciais, principalmente devido aos seguintes fatores: baixos preços, qualidade homogênea, alto desempenho estrutural, baixo peso próprio, produção em massa, facilidade de pré-fabricação, entre outros.

A aplicação desse sistema permite a redução de custo através da otimização do tempo de fabricação e montagem da estrutura, pois permite a execução de diversas etapas concomitantemente. Por exemplo, enquanto as fundações são executadas no canteiro de obra, os painéis das paredes são confeccionados em fábrica.

Outra característica inerente ao sistema é a diminuição do carregamento na fundação, possibilitando um barateamento desta etapa devido ao baixo peso da estrutura metálica. (CBCA, 2003 apud MACHADO, 2008).

Segundo MORIKAWA (2006), a preparação do mercado nacional para a chegada do sistema construtivo steel frame passa, necessariamente, por três vertentes de desenvolvimento. São elas: a cadeia produtiva, o agente financiador e a normatização (direta ou indiretamente, na construção, por exemplo, perfil de aço, fechamento interno e externo, parafusos, isolamento térmico e acústico, revestimento externo, esquadrias, instalações e acabamentos).

Este sistema construtivo possui algumas vantagens, como por exemplo:

- a) Redução em 1/3 os prazos de construção quando comparada com o método convencional;
- b) Alívio nas fundações, devido ao reduzido peso e uniforme distribuição dos esforços através de paredes leves e portantes;
- c) Facilita a manutenção de instalações hidráulica, elétrica, ar condicionado e gás;
- d) Custos diretos e indiretos menores, devido aos prazos reduzidos e inexistência de perdas comuns nas construções convencionais;
- e) O aço é o único material que pode ser reaproveitado inúmeras vezes sem nunca perder suas características básicas de qualidade e resistência. Não por acaso, o aço, em suas várias formas, é o material mais reciclado em todo o mundo, por conta de suas características naturais, o aço não sofre o ataque de cupins.

2.4.5. Paredes de madeira

As paredes de madeira podem ser tanto estruturais quanto apenas de divisão e fechamento de ambientes.

As estruturais devem ser capazes de suportar as cargas verticais (peso próprio, peso de pisos e etc.) e, horizontais (por exemplo, ação do vento), além de ser capaz de compartimentar e vedar os ambientes, função também realizada pelas paredes não estruturais.

As paredes estruturais podem ser feitas com pilares e vigas de madeira ou com montantes.

Os fechamentos das paredes de madeira podem ser realizados com:

- a) Tábuas verticais e horizontais
- b) Madeira roliça
- c) Painéis de OSB
- d) Painéis de compensado

Para executar o fechamento das paredes com tábuas verticais, é necessário que cada tábua possua um encaixe do tipo “macho-fêmea” ou do tipo canal.

Se as tábuas não possuírem nenhum tipo de encaixe, é necessário utilizar “mata juntas” para uni-las e formar, desta forma, a parede.

As tábuas horizontais mais utilizadas são as que possuem o encaixe do tipo “macho-fêmea”.

Com estas tábuas, normalmente se faz paredes duplas. Colocam-se tábuas formando a parede interna. Faz-se o mesmo para formar a parede externa. Entre as duas, há um vão que pode ser preenchido com isolantes térmico e acústico, dependendo das necessidades do local.

As paredes feitas com madeira roliça dão um aspecto mais rústico a casa. A ligação dos pedaços de pau roliços é feita por meio de entalhes

Outra opção de fechamento da parede é através de painel OSB. O OSB é um painel estrutural de tiras de madeira orientadas perpendicularmente, em diversas camadas, o que aumenta sua resistência mecânica e rigidez. Essas tiras são unidas com resinas aplicadas sobre altas temperaturas e pressão. Através desse processo de engenharia altamente automatizado, os painéis são permanentemente controlados e testados para verificar seus níveis de acordo com rígidos padrões de qualidade.

Entre as qualidades mencionadas em edição da REVISTA DA MADEIRA (2003), a respeito do OSB, destacam-se as seguintes características:

- a) Sem espaços vazios em seu interior;
- b) Sem problemas de nós soltos nem fendilhado;
- c) Sem problemas de laminação;
- d) Qualidade consistente e uniforme espessura perfeitamente calibrada, gerando menos perdas;
- e) Resistência a impactos;
- f) Excelentes propriedades de isolamento termo-acústico;
- g) Esteticamente atrativo;
- h) Rigidez instantânea em “framing construction”;
- i) Preços competitivos;
- j) Estabilidade de oferta durante todo ano.

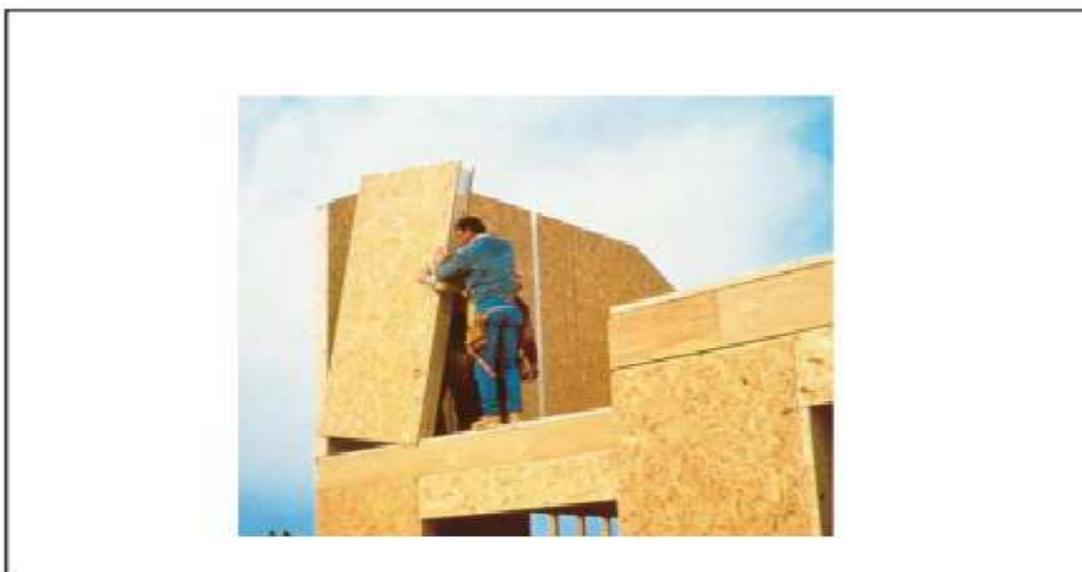


Figura 2 – Montagem de painéis OSB (Imagem retirada do site: feng.pucrs.br/professores/soares – estruturas de madeira)



Figura 3 – Fechamento de paredes de madeira com painéis OSB (Imagem retirada do site: feng.pucrs.br/professores/soares – estruturas de madeira)

Além do painel OSB, há também a opção de utilizar painéis de compensado.

O painel de compensado é um produto obtido pela colagem de lâminas de madeira sobrepostas, com as fibras cruzadas perpendicularmente, o que propicia grande resistência física e mecânica.

O fato é que há algumas opções para utilização da madeira como opção de vedação em edifícios.

Como pode ser visto, se bem executado, esta opção traz uma série de vantagens à obra, visto que racionaliza as perdas ao mesmo tempo em que é um produto de qualidade.

2.4.6. Vedação fotovoltaica

Os painéis, que transformam energia solar em eletricidade, vêm ganhando espaço em todo o mundo. De acordo com o estudo “Renewable energy police network”, do órgão internacional REN21, de 2005 a 2008, a produção de energia fotovoltaica no mundo praticamente quadruplicou, pulando de 3,5 GW para 12,5 GW.

Aqui no Brasil, a história ainda é diferente. Segundo o “Atlas brasileiro de energia solar”, publicado pelo INPE em 2006, o país recebe mais de duas mil e duzentas horas de insolação por ano, o que gera um potencial equivalente a 15 trilhões de MWh, o que corresponde a mais de cinquenta mil vezes o consumo nacional de eletricidade.

Apesar disso, a energia solar sequer atinge 0,1% da oferta interna de energia elétrica.

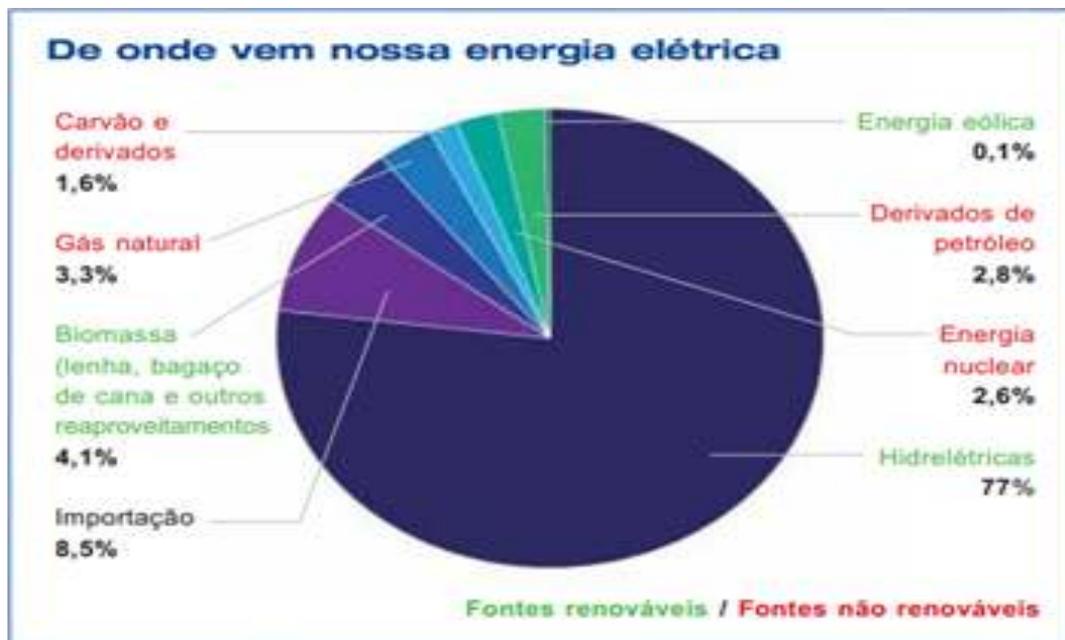


Gráfico 2 – Origem da energia elétrica do país (Fonte: Balanço energético 2008)

Este sistema vem ganhando mais espaço no país, principalmente em prédios comerciais, não pela racionalização de eletricidade que os painéis possibilitam, mas especialmente pelo belo aspecto estético que esta solução arquitetônica dispõe.

2.4.6.1. Características

O painel é composto de quatro camadas de material, na seguinte ordem, a partir do lado exposto ao sol: uma peça de vidro plano; uma película “antirrefletiva” para reduzir a luz refletida pelo vidro; a célula solar e, por último, uma camada de fundo, que pode ser de vidro ou poliéster. Este número de camadas pode variar, de acordo com cada fabricante, mas estas quatro citadas são essenciais.

Dando estrutura a este painel, está uma grade de material condutor, como o alumínio, que transmite a energia elétrica.

A célula solar é composta, basicamente, de duas camadas de um mesmo material semicondutor enriquecidas com materiais diferentes, como o silício, por exemplo. Uma célula solar tem duas camadas de silício: uma enriquecida com fósforo e outra com boro. Estas duas camadas estão em equilíbrio e é através da energia solar, que é gerada a eletricidade.

Um painel fotovoltaico não utiliza a energia térmica do sol. Quem faz isso são os painéis solares.

O vidro possui duas funções principais dentro da estrutura do painel fotovoltaico. Deve proteger a célula solar e, ao mesmo tempo, fornecer a transparência necessária para que ela funcione.

2.4.6.2. Função de vedação

Os painéis fotovoltaicos, além de produzirem energia elétrica que poderá ser utilizada no edifício, devem apresentar bom desempenho em relação à vedação do edifício.

Este sistema deve ser capaz de aguentar todas as intempéries climáticas, como chuva, vento, granizo, neve e variações de temperatura em geral.

A resistência a impactos mecânicos não é tão grande quanto à de diversos outros materiais utilizados na vedação de edifícios. Mas antes de ser comercializado, cada painel deve ter sua resistência mecânica testada.

No que diz respeito à transparência, o vidro gera problemas para que as células fotovoltaicas absorvam parte da luz do sol, especialmente os raios infravermelhos.

Portanto, é necessário conseguir dimensionar o painel, para que o vidro tenha a espessura mínima para ter a resistência necessária e a espessura máxima para que a luz possa atingir as células localizadas atrás dele.

Considerando todas as peculiaridades do sistema e as outras inúmeras opções para vedação de um edifício, é compreensível entender que a escolha pelos painéis fotovoltaicos não seja muito comum.

O alto preço dos painéis é considerado um dos maiores entraves para que esta solução estética, de vedação e de racionalização elétrica ganhe um espaço maior no mercado.

2.4.7. Alvenaria em blocos de gesso

Com as significativas evoluções, que vem ocorrendo nas estruturas de concreto armado, devido aos avanços nos sistemas de fôrma e armação, que saíram da forma artesanal em canteiro para o processo de pré-montagem e à tecnologia do concreto, que mudou significativamente com os aditivos, são cada vez mais extensas as lajes, sendo, assim, mais deformáveis, mais sensíveis às cargas verticais e a ação do vento.

Nas edificações, as paredes de vedação e compartimentação exercem importante função no travamento da estrutura. Pelo fato do sistema tradicional de vedação (blocos cerâmicos + argamassa) ter evoluído pouco tecnologicamente, várias tentativas de racionalização foram aplicadas com sucesso, mas efetivamente pouco em relação ao avanço das estruturas.

Neste contexto, as alvenarias em blocos de gesso apresentam grande avanço, se comparadas às alvenarias tradicionais, no que diz respeito à diminuição do peso na estrutura, aproveitamento maior da área plana interna, melhor acabamento e facilidade de embutir as redes de instalações, maior produtividade e diminuição das etapas e insumos de execução.

2.4.7.1. Características

As alvenarias em blocos de gesso são mais leves que as tradicionais, variando de 0,6 KN/m² a 1,0 KN/m².

Em relação à resistência e módulo de deformação, ensaios realizados com paredes de 0,6 m x 1,2m x 0,10m em blocos de gesso assentados com gesso (PIRES SOBRINHO 2007) e em alvenaria de blocos cerâmicos (9,0cm x 19,0cm x 19,0cm) assentados com argamassa mista de cimento e cal no traço volumétrico 1:1:6, revestidas apenas com chapisco de cimento e de alvenarias revestidas com 3,0cm nos dois lados com argamassa mista de cimento e cal no traço 1:2:9 (PIRES SOBRINHO et al 2009) foram obtidos os resultados médios apresentados na tabela abaixo.

Paredinhas 0,6m x 1,2m x esp.	Carga ruptura (KN)	Tensão na ruptura (MPa)	Rigidez* (KN.m/m)
Alvenaria de blocos de gesso (esp. 10cm)	21,40	3,57	81.000
Alvenaria blocos cerâmicos chapiscada (esp. 10cm)	8,49	1,41	21.600
Alvenaria de blocos cerâmicos revestida com argamassa (esp. 15cm)	15,65	1,74	48.000

Tabela 3: Resultados obtidos em paredinhas (Fonte: documento técnico 001-09/LTH/ITEP).

2.4.7.2. Sistema construtivo de divisórias internas

O sistema construtivo em alvenaria de blocos de gesso é constituído de blocos de dimensões nominais de 50cm x 66,7cm x esp (7 cm vazado ou compacto; ou 10 cm compacto), unidos com fina camada de cola de gesso.

De acordo com PIRES SOBRINHO et al (2009), as principais características técnicas das alvenarias em blocos de gesso são:

- a) Dimensões grandes elevam a produtividade;
- b) Precisão milimétrica, com superfícies planas e encaixes “macho-fêmea” facilita a elevação das paredes e a conferência do alinhamento e planicidade;
- c) A união dos blocos se faz com fina camada de cola de gesso, não necessitando de controle de espessura de junta, facilitando a aplicação e o controle;

- d) Possibilita corte com serrote/serra com praticidade e precisão; as sobras são facilmente reaproveitadas na própria elevação, gerando poucos resíduos;
- e) Instalações elétricas podem seguir os vazios dos blocos ou em rasgos na alvenaria, com facilidade e rapidez;
- f) As alvenarias podem ser aplicadas sobre piso pronto, possibilitando sua remoção. Aumentando a produtividade e redução de trincas no piso;
- g) A cola de gesso possui excelente aderência entre blocos de gesso e com outros materiais (concreto, cerâmica, madeira, materiais fibrosos, etc.);
- h) Deve-se evitar contato direto entre componentes de gesso com componentes ferrosos.

Da mesma forma que todos os outros processos construtivos, já apresentados até aqui, na hora de desenvolver o projeto de vedação é necessário interagir com os demais subsistemas (arquitetura, instalações, estrutura, revestimento), de forma a compatibilizar o projeto.

Buscando a racionalização construtiva do processo de vedação, deve-se considerar, inclusive, o projeto de alvenaria, como “compatibilizador” dos demais projetos, que compõem a edificação. E isto deve acontecer tanto para a alvenaria com blocos de gesso, quanto para a alvenaria com blocos modulares.

2.5. Execução de alvenaria racionalizada com blocos modulares

2.5.1. Conceito

A alvenaria, uma das bases do sistema construtivo, ainda nos dias atuais, fundamenta-se basicamente em processos quase totalmente artesanais, o que faz com que a mão de obra tenha ação praticamente direta no resultado final do produto.

E devido a imprevisível influência da mão-de-obra neste processo construtivo, o que acontece é a geração de um produto bastante heterogêneo, com baixo índice de padronização.

Se compararmos com as construções de habitações mais primitivas, pode-se dizer que a alvenaria hoje conta com grande diversidade de produtos, baseados em um considerável aperfeiçoamento dos mesmos elementos primitivos, com destaque para a padronização e otimização dos elementos ligantes, as argamassas, e dos blocos (DRYSDALE et al., 1994).

Segundo FRUET (1993), a evolução dos processos de alvenaria, tanto de vedação quanto estrutural, esbarra invariavelmente nas limitações humanas quanto à padronização de suas atividades, resultando no fato de que dois elementos construtivos similares apresentam diferenças gritantes de qualidade e desempenho, mesmo quando feitos pela mesma pessoa sobre condições de trabalho relativamente iguais.

O caminho a ser seguido para a obtenção de melhores resultados é o mesmo indicado para outras áreas da engenharia: padronizar os processos produtivos, através da redução das diversas variáveis presentes na ação do homem sobre insumos e da criação de gabaritos e utilização de ferramentas eficazes, que gerem margens de erro cada vez menores.

E na busca pela padronização do processo construtivo, visando criar possibilidades de otimização de produtividade e redução consciente de custos, surge o conceito de blocos modulares, que são mais facilmente montados durante a execução da alvenaria, além de interferirem menos em outros subsistemas, como das instalações elétricas e hidrosanitárias.

Os conceitos de modulação e montagem se aproximam mais dos processos conhecidos da indústria, onde os serviços estão mais distanciados do artesanal, seguindo rotinas com um baixo grau de variação.

O processo construtivo de vedação vertical em alvenaria modular consiste, portanto, na execução da alvenaria, no qual o elemento principal de composição, o bloco, recebe formatos padronizados e, muitas vezes, acrescidos de encaixes, que facilitam seu alinhamento e posicionamento.

Em linhas gerais, o processo se dá pela montagem destes blocos, evitando o desperdício de argamassa no seu assentamento e buscando reduzir o consumo nos

processos de revestimento (gesso e emboço), devido à planicidade e esquadro das paredes.

A montagem é realizada seguindo, praticamente, os mesmos processos e cuidados dos processos convencionais, mas tomando mais cuidado em algumas etapas da execução, como por exemplo, na marcação e assentamento da primeira fiada, além de conferir a elevação das paredes.

Portanto, para se conseguir a racionalização do processo construtivo de vedação é necessário realizar investimentos em:

- a) Materiais;
- b) Equipamentos;
- c) Mão-de-obra;
- d) Confecção de projetos e avaliação e acompanhamento da execução do serviço.

2.5.2. Materiais

2.5.2.1. Blocos

No mercado atual, está disponibilizada uma vasta quantidade de blocos.

Muito antes da execução, antes mesmo da fase de projetos, deve haver um planejamento na hora de escolher os blocos que serão utilizados na vedação do empreendimento.

Aspectos, como dimensões, forma e peso do bloco influenciam diretamente na produtividade. Por isto, muitas vezes vale mais a pena realizar um investimento inicial, a fim de obter ótimos resultados mais a frente.

Os blocos devem sempre atender às especificações técnicas. A NBR15270-1: 2005, dentre outros requisitos, especifica uma resistência mínima à compressão de 3,0 Mpa para blocos cerâmicos de vedação com furos na vertical.

Deve-se analisar cada fornecedor, com sua “família de blocos” para ver qual se encaixa melhor nas necessidades do empreendimento. A variedade dos blocos, as dimensões, o transporte e etc. devem ser levados em conta antes de escolher o fornecedor.

Analisando os produtos da empresa “Selecta – Soluções em Blocos”, uma das grandes fabricantes de blocos cerâmicos em todo país, localizada na cidade de Itu, São Paulo, é possível constatar que a fabricante possui a sua “família de blocos”, com os seguintes produtos:

- a) Bloco de largura (variável) x altura (19 cm) x comprimento (39 cm);
- b) Bloco compensador de quatro centímetros, com largura variável e altura de dezenove centímetros;
- c) Bloco compensador de nove centímetros, com largura variável e altura de dezenove centímetros;
- d) Bloco compensador de catorze centímetros, com largura variável e altura de dezenove centímetros;
- e) Bloco meia peça de largura variável, com dezenove centímetros tanto na altura, quanto no comprimento;
- f) Canaleta de largura variável, com dezenove centímetros tanto na altura, quanto no comprimento, possuindo um dos lados abertos.

A largura dos blocos pode ser de 9 e 11,5 centímetros, normalmente utilizados em paredes internas. E de 14 e 19 centímetros, utilizados em paredes externas.

Os blocos de nove e catorze centímetros são normalmente as escolhas das grandes construtoras, para executar as paredes internas e externas, respectivamente.



Figura 4 – Blocos modulares de largura 9 e 14 cm, normalmente usados em paredes internas e externas respectivamente (Fonte: selectablocos.com.br).



Figura 5 – Blocos compensadores de 4 centímetros (Fonte: selectblocos.com.br).



Figura 6 – Blocos “meia-peça” (Fonte: selectblocos.com.br)



Figura 7 – Blocos canaleta (Fonte: selectblocos.com.br)

2.5.2.2. Argamassa

A argamassa é o componente utilizado na ligação dos blocos. Para definição da argamassa de assentamento, devem ser realizados ensaios, com antecedência adequada para se obter os resultados antes da necessidade de utilizar a argamassa.

Os ensaios devem comprovar o atendimento dos requisitos estabelecidos no projeto das vedações. Devem ser realizados, sempre, de acordo com as normas pertinentes.

Estes procedimentos devem ser realizados tanto para as argamassas não industrializadas, quanto para as industrializadas.

A argamassa industrializada, inclusive, vem ganhando espaço no mercado, apesar das grandes construtoras ainda apresentarem certa resistência em aceitar realizar testes com esta argamassa.

Argamassa industrializada é aquela onde não há adição de cimento ou areia na obra. A mistura vem ensacada, com o traço ideal para cada serviço estampado na embalagem, indicando, desta forma, a quantidade ideal de água a ser utilizada na dosagem.

A utilização da argamassa industrializada colabora para a racionalização do processo de vedação, porque desta forma, há maior homogeneidade na argamassa produzida para assentamento dos blocos de cada um dos pavimentos.

Para implantar o uso da argamassa industrializada na obra, é necessário conscientizar as construtoras dos ganhos que é possível se obter.

Para utilizar a argamassa não industrializada, ou seja, aquela que é produzida na obra, é necessário ter local de estoque para os tipos de areia, que serão utilizados (fina e média) e para o cimento. Isto sem contar na necessidade de ter mão-de-obra especializada para realizar a mistura e produzir a argamassa.

A questão principal da argamassa produzida na obra é a heterogeneidade de sua produção. O operador da masseira dificilmente tem a consciência e equipamentos necessários para produzir a argamassa sempre com o mesmo traço. Desta forma, há muito desperdício de cimento e areia, na hora de produzir a argamassa, até que o operador acredite que a massa esteja no “ponto certo”.

O fato é que visando a racionalização da produção da argamassa, é necessário treinar operadores de masseira para utilizarem baldes graduados e, desta forma, misturarem a água com a argamassa industrializada, produzindo uma massa homogênea.

2.5.2.3. Outros materiais

A fim de produzir uma alvenaria com qualidade, é necessário utilizar outros materiais, além de blocos e argamassa.

Para agilizar a produção das portas e janelas são utilizadas vergas e contravergas, que permitem executar a alvenaria, deixando os vãos necessários.

Vergas e contravergas são pré-moldados de argamassa armada. São colocadas formas e então, coloca-se argamassa e aço para produzi-las.

Nas juntas de dilatação e trabalho, devem ser utilizadas telas soldadas, que servem para absorver a trabalhabilidade da estrutura no encontro com a alvenaria.

As telas devem ser usadas no encontro dos pilares com a alvenaria, na amarração de paredes duplas ou perpendiculares e quando há diferentes espessuras de blocos na mesma parede.

Quando não são utilizadas telas, é comum ver rachaduras no revestimento. Até que a estrutura pare de trabalhar, estas rachaduras continuarão ocorrendo. Portanto, é recomendável e importante utilizar as telas metálicas.

Na figura 8, é possível ver as telas, que devem ser utilizadas na execução da alvenaria, a fim de evitar patologias.

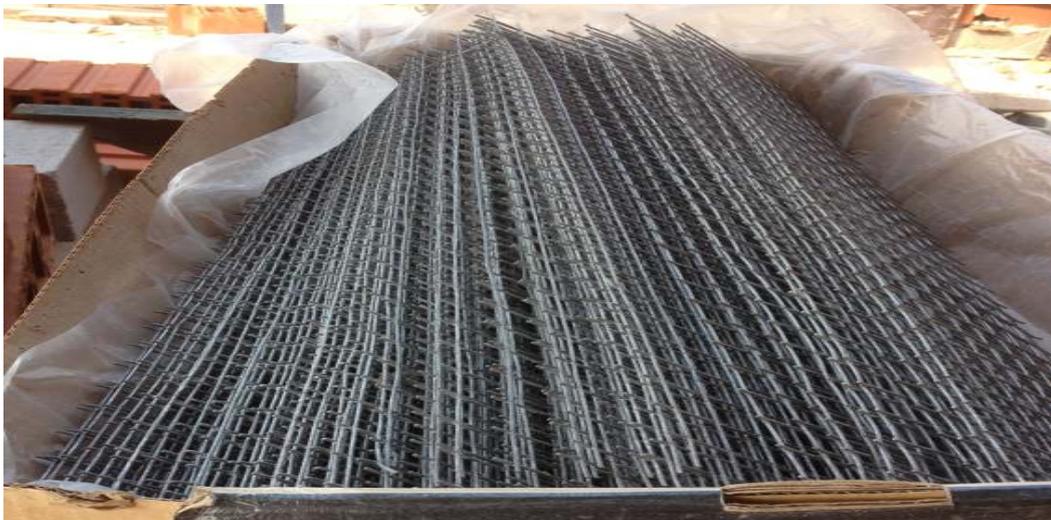


Figura 8 – Telas metálicas para uso no encontro da estrutura com a alvenaria (Foto tirada pelo autor).

2.5.3. Equipamentos e ferramentas

A evolução do processo construtivo de vedação vertical está muito relacionada ao aumento da quantidade e qualidade dos equipamentos e ferramentas que hoje estão à disposição dos profissionais.

As empresas especializadas em executar alvenaria racionalizada buscam cada vez mais inovar em suas ferramentas e equipamentos, a fim de disponibilizar ao seu operário a melhor estrutura possível, para que ele possa executar bem seu serviço.

Dentre as ferramentas e equipamentos, que podem ser utilizados a fim de racionalizar o processo, cita-se:

1. Colher de pedreiro;
2. Bisnaga;
3. Canaleta ou palheta;
4. Caixa para argamassa (maseira);
5. Escantilhão;
6. Mangueira de nível;
7. Esquadro metálico;
8. Prumo;
9. Nível alemão;
10. Trena;
11. Andaimes;
12. Gabaritos de portas e janelas;
13. Carrinho para transporte de blocos;
14. Carrinho de mão;
15. Balde graduado;

Longe de ser uma ferramenta moderna, a colher de pedreiro continua sendo muito utilizada mesmo nas construções racionalizadas.

É utilizada, principalmente, para distribuir a argamassa para o assentamento dos blocos da primeira fiada, aplicar a argamassa nas juntas transversais e retirar o excesso das mesmas.

Deve-se evitar o uso da colher para assentar os blocos das demais fiadas devendo, portanto, ser utilizadas ferramentas mais modernas, como a canaleta ou bisnaga.



Figura 9 – Colher de pedreiro (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br)

A bisnaga dá agilidade ao processo de assentamento de blocos. Ela permite o assentamento de blocos, com maior produtividade e economia de argamassa.

Produzida com material flexível e resistente, a bisnaga possui um bico rígido, para controlar adequadamente a quantidade de argamassa despejada.

Por suas características, a bisnaga também é adequada para preencher as juntas verticais.



Figura 10 – Bisnaga (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

As canaletas ou palhetas são utilizadas para distribuir os cordões de argamassa nas juntas longitudinais de assentamento dos blocos.

Os cordões de argamassa, tanto horizontais quanto verticais, devem ser distribuídos, preferencialmente, com dois centímetros de espessura, a fim de conduzir a uma espessura final de um centímetro de junta.

Se bem utilizada, esta ferramenta pode proporcionar economia de até 50% da argamassa utilizada.

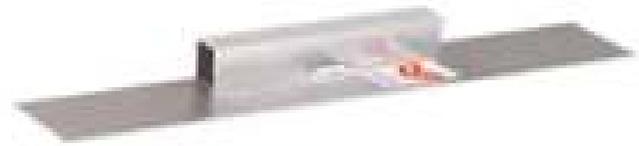


Figura 11 – Palheta (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

As masseiras com rodinhas possibilitam sua fácil movimentação, evitando maiores problemas com a necessidade de movê-la de local.

É recomendável que as paredes do caixote sejam perpendiculares entre si, para possibilitar o emprego das ferramentas específicas de assentamento, como a palheta e caneleta.

O caixote não deve ser de material poroso que permita a perda de água da argamassa.



Figura 12 – Masseuria de rodinhas (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

Utilizado para execução de elevação das fiadas da alvenaria, o escantilhão é uma espécie de régua graduada, de marcação vertical, com graduação normalmente de vinte em vinte centímetros.

Este equipamento oferece maior facilidade de instalação entre as lajes, possibilitando obter um perfeito alinhamento, juntas uniformes da argamassa e uma maior produtividade dos operários.

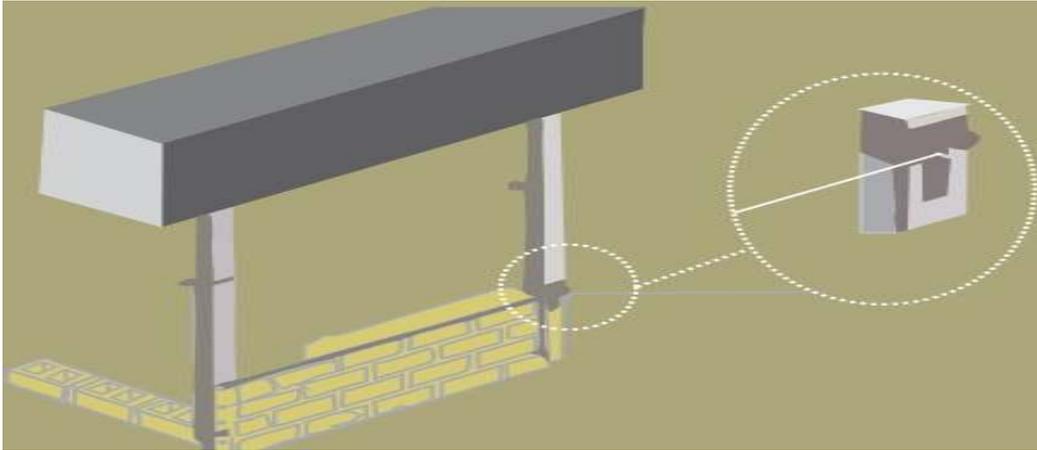


Figura 13 – Escantilhão (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br)

A régua de nível é utilizada para aferir o nível e o prumo das paredes.

É recomendável que a régua tenha comprimento entre 1,2m e 1,8m, para que seja possível gerar melhores resultados na conferência.

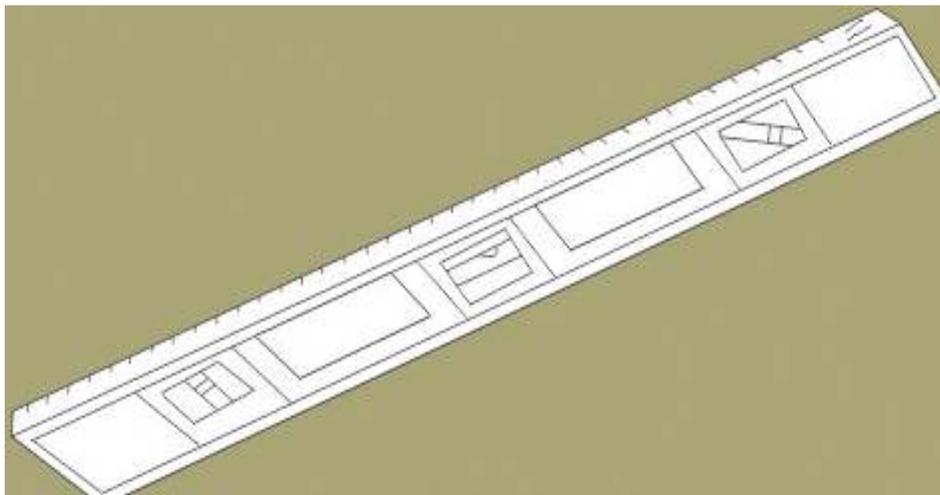


Figura 14 – Régua de nível (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br)

A fim de aferir o esquadro da primeira fiada, o equipamento ideal é o esquadro metálico. Também deve ser utilizado para conferência da elevação, a fim de garantir a boa execução da parede.

Recomenda-se que o esquadro tenha medidas de, no mínimo, oitenta centímetros de face.

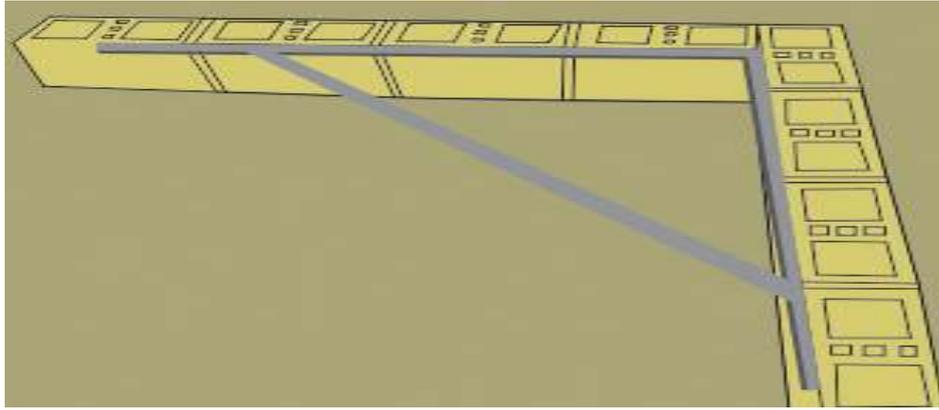


Figura 15 – Esquadro metálico (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br)

O prumo de face é utilizado para determinar se as fiadas de uma parede e outros elementos verticais estão corretamente aprumados.

O prumo de face, também conhecido como prumo de parede, possui um peso metálico em forma de cilindro preso em uma ponta do cordão e na outra ponta fica uma peça chamada de “taco”, da mesma largura do cilindro metálico.

Para conferir o prumo da parede, encosta-se o “taco” em uma fiada mais alta e espera o corpo cilíndrico parar e, então, analisa-se a parede.



Figura 16 – Prumo de face (Imagem retirada do site: mom.arq.ufmg.br)

Ao contrário do tradicional nível bolha, que necessita de um profissional em cada extremidade, para definir o nível, a utilização do nível alemão permite o manuseio por somente um profissional.

Por isto, utilizar este equipamento significa racionalizar as operações de nivelamento para definir o assentamento da primeira fiada e conferência das demais.



Figura 17 – Nível alemão (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

A trena serve, basicamente, para realizar medições, conferir medidas. É uma ferramenta fundamental para qualquer profissional da construção civil.

É muito utilizada para conferir o esquadro de bonecas, paredes. O pedreiro mede a distância de uma extremidade de um pilar, por exemplo, até a alvenaria e faz o mesmo em relação a outra extremidade, para garantir o esquadro da alvenaria.



Figura 18 – Trena (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

Para assentar as últimas fiadas, aquelas mais altas, os andaimes são utilizados pelos pedreiros. Desta forma, o pedreiro tem estabilidade e tranquilidade suficiente para executar adequadamente seu serviço.

Os andaimes devem estar apoiados sempre sobre cavaletes e nunca sobre as paredes.



Figura 19 – Andaime (Imagem retirada do site: paluzzi.com.br)

É aconselhável a utilização de gabaritos metálicos, ajustáveis e reutilizáveis para obter medidas exatas em todos os vãos de portas e janelas.

A utilização deste equipamento possibilita usar portas e janelas prontas, já que com os gabaritos, é possível obter vãos perfeitos.



Figura 20 – Gabarito de portas e janelas (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

O carrinho, com palhetas na sua base, é fundamental para agilizar o processo de transporte horizontal dos blocos.

O servente utiliza o carrinho para pegar os blocos no local de estoque, transporta até a cremalheira e quando chega ao andar, leva até os pedreiros, sem encontrar grandes dificuldades de locomoção.



Figura 21 – Carrinho para transporte de blocos (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

Outro equipamento, muito tradicional na construção civil, e que é de muita utilidade para a execução da vedação é o carrinho de mão.

É o principal meio para transportar a argamassa produzida na masseira até o pedreiro, que a utilizará no assentamento dos blocos.



Figura 22 – Carrinho de mão (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

O balde é outro equipamento muito utilizado na construção civil. Para execução de alvenaria, é necessário utilizar um balde graduado.

A graduação do balde é fundamental para que o operador da masseira respeite o traço indicado para a argamassa.

Se não houver balde graduado, o traço da argamassa dificilmente será o mesmo de mistura para mistura.

Por isto, buscando a homogeneidade da argamassa, que possibilita um aumento de produtividade, é extremamente importante a utilização de baldes graduados.



Figura 23 – Balde graduado (Imagem retirada do site: inovarequipamentos.com.br)

2.5.4. Mão-de-obra

A mão-de-obra da construção civil apresenta muitas peculiaridades distintas dos outros setores econômicos e industriais, segundo levantamento realizado pelo SESI, em 1991 (MARDER, 2001).

Dentre estas peculiaridades, cita-se:

- a) Aproximadamente 98,56% da mão-de-obra é masculina. Isto pode ser explicado pelas próprias características da construção civil, onde a força física é utilizada para realização de boa parte das tarefas;
- b) Aproximadamente 60% dos trabalhadores estão na faixa etária de 19 a 35 anos.

MARDER (2001) ainda cita como uma das principais características da mão-de-obra do setor da construção civil o fato do setor apresentar enorme rotatividade.

Isto pode ser atribuído às relações de trabalho empreendidas. O salário, geralmente muito baixo, as condições quase nunca ideais de trabalho nos canteiros e a falta de treinamento são fatores que contribuem decisivamente para que ocorra esta

rotatividade e o operário não tenha uma relação mais fidedigna com a empresa e a obra em que trabalha.

Outra característica negativa da mão-de-obra do setor é o alto índice de absenteísmo. Grande parte das faltas ocorre por motivos de saúde.

Inúmeras características do setor, como as precárias condições de trabalho normalmente encontrada nos canteiros e o fato das técnicas de produção serem ainda rudimentares, aumentando os riscos de acidentes, contribuem para este alto índice de faltas.

Em pesquisa divulgada em julho de 2010, pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), a falta de qualificação profissional foi apontada como o principal problema para as empresas da área de construção civil.

Devido a esta realidade histórica da mão-de-obra no setor da construção civil, há algum tempo algumas empresas começaram a perceber a importância de realizar algumas mudanças nas condições de trabalho, oferecidas aos operários, na tentativa de alterar este panorama.

A capacitação da mão-de-obra é vista pelas grandes empresas, como um dos pontos mais importantes para se atingir a racionalização construtiva.

Capacitar o funcionário é treiná-lo e conscientizá-lo. Segundo pesquisa realizada por Souza et al (2004), na qual houve a capacitação da mão-de-obra em três subempreiteiras, foram obtidos os seguintes resultados:

- a) Conscientização dos operários em relação à importância da segurança do trabalho;
- b) Os operários começaram a se preocupar mais com a limpeza do local após a conclusão dos serviços;
- c) Delegação adequada de responsabilidades;
- d) Aumento considerável da produtividade em diversos serviços.

O subsistema de vedação vertical em alvenaria possui um dos processos construtivos mais artesanais, independente da evolução tecnológica dos materiais, equipamentos e ferramentas.

Um servente tem que preparar a argamassa, levar os blocos até o local de execução para, então, um pedreiro assentar bloco a bloco.

Por isto, a importância da mão-de-obra neste subsistema passa a ser ainda maior do que no setor da construção civil, em geral.

E é pensando nisto que empresas focadas no processo construtivo de vedação começaram a desenvolver métodos a fim de preparar melhor seus funcionários.

O primeiro passo, que deve ser tomado a fim de conquistar a confiança da mão-de-obra, é melhorar as condições do ambiente de trabalho, pagando tudo em dia, mantendo vestiários e alojamentos, quando necessário, em boas condições.

O treinamento da mão-de-obra é ponto chave para que se implante a racionalização do processo construtivo. É necessário que o pedreiro seja, de fato, um pedreiro, com todos os conhecimentos da boa técnica. Não pode haver improvisação de serventes para elevar paredes, por exemplo.

Algumas empresas criaram, por exemplo, escolinhas de pedreiro, com o objetivo de formar pedreiros com capacidade técnica e, que ao mesmo tempo, conheçam e partilhem dos objetivos da empresa.

Os serventes e ajudantes, também devem participar de treinamentos. Em primeiro lugar, porque ele se sente mais valorizado pela empresa e pode almejar cargos melhores, se esforçando para realizar um ótimo trabalho. Desta forma, por exemplo, economizaria-se tempo para produzir a massa, melhoraria o abastecimento dos pedreiros com blocos, além da questão da limpeza.

O fato é que somente uma mão-de-obra consciente e especializada possibilita a execução de um serviço de alta qualidade.

Portanto, o treinamento e a capacitação da mão-de-obra são de extrema importância na busca por melhores resultados.

2.5.5. Projetos

Durante muito tempo, se afirmava que os projetos possuíam, em sua grande maioria, a função de ilustrar a forma final desejada do edifício.

DUEÑAS PEÑA (2003) revela, que devido às alterações ocorridas no mercado, com a introdução de novos conceitos, como os de racionalização, qualidade, dentre outros, novos requisitos passaram a ser atribuídos aos projetos.

A partir daí, os projetos devem conter tanto as definições do produto, em si, assim como as definições de determinado processo construtivo.

Segundo MELHADO (1994), o projeto passa a ser caracterizado como “uma atividade de serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra a serem consideradas na fase de execução”.

Observando a necessidade de relacionar o produto com o processo construtivo, as grandes empresas estão dando cada vez mais importância aos projetos para produção.

A quantidade de benefícios que podem ser obtidos com um investimento inicial na parte de projetos é bastante grande.

Segundo FRANCO E DUEÑAS PEÑA (2006), o projeto para execução de vedação vertical destaca-se no que diz respeito à gestão da produção, por trazer incorporado nele um resumo dos demais projetos do empreendimento, em uma linguagem técnica voltada para a gestão racionalizada da produção, estabelecendo uma ligação única entre todos os agentes envolvidos. O projeto de produção de vedação vertical é de extrema importância para uma boa execução, devido aos seus principais objetivos, como por exemplo:

- a) Serve como base para o planejamento da execução do subsistema e de todos os subsistemas, com os quais tem interferência;
- b) Detalhar tecnicamente a produção do subsistema, estudando e definindo as melhores alternativas para materiais e técnicas construtivas;
- c) Racionalizar o consumo de argamassa de assentamento, gerando economia e menor desperdício;

- d) Reduzir a quantidade de retrabalhos;
- e) Aumentar a qualidade dos serviços e, desta forma, do produto final;
- f) Aumentar a produtividade;

De acordo com DUEÑAS PEÑA (2003), um projeto de execução de vedação vertical deve ser composto por:

1. Planta de conferência;
2. Planta de locação dos eixos de alvenaria;
3. Plantas de marcação da 1ª fiada;
4. Caderno de detalhes;
5. Caderno de elevações.

2.5.5.1. Planta de conferência

Em primeiro lugar é necessário verificar a compatibilidade dos projetos de vedação com os demais projetos existentes, como de arquitetura, estrutura, instalações, dentre outros.

Segundo DUEÑAS PEÑA (2003), a planta de conferência deve apresentar os seguintes itens:

- a) Espessuras de parede sem revestimento;
- b) Cotas de conferência internas e de vãos dos contramarcos e portas;
- c) Denominações de esquadrias e ambientes;
- d) Estrutura em projeção;
- e) Nomeação de pilares e de ambientes;
- f) Indicação de enchimentos.

2.5.5.2. Planta de locação dos eixos de alvenaria

Os eixos devem ser definidos, ainda em projeto, a fim de evitar problemas na hora da execução da marcação.

Se não tiver a definição de eixos em projeto, corre-se o risco do marcador não respeitar o mesmo eixo em todos os pavimentos e, inclusive, de definir de forma equivocada.

Os eixos de alvenaria podem ser os mesmos utilizados pelo sistema de formas, ou podem estar relacionado a eles. É extremamente importante que haja uma adequada transferência de eixos entre os pavimentos, a fim de racionalizar a marcação da primeira fiada, agilizando o processo.

Deve haver cotas de conferência das paredes em relação aos eixos, para que não haja nenhum tipo de problema em relação a esquadro das fiadas.

Há a necessidade de no mínimo um eixo horizontal e um eixo vertical, para que todas as cotas sejam bem definidas.

Dependendo do tamanho da laje, mais de um eixo por dimensão pode ser utilizado, mas é válido se ater ao fato de que havendo muitos eixos, pode haver confusão na hora de defini-los e usá-los na hora da execução.

2.5.5.3. Planta de marcação da 1ª fiada

Os projetos de arquitetura, estrutura e instalações devem estar compatibilizados nas plantas de marcação da primeira fiada.

Os tijolos a serem utilizados na primeira fiada apresentam-se distribuídos na horizontal. Esta planta pode ser utilizada, posteriormente, no assentamento dos blocos ímpares.

Na planta, devem estar marcados os eixos de locação da alvenaria, para evitar maiores problemas na hora da execução.

É necessário que detalhes específicos da alvenaria e reforços estejam devidamente representados.

Algumas empresas especializadas, que possuem próprios procedimentos executivos, solicitam que seja aplicada uma camada de chapisco um dia antes de se iniciar a marcação, para que a argamassa de assentamento possua melhor aderência com a laje.

2.5.5.4. *Caderno de detalhes*

No caderno de detalhes, estão apresentadas todas as generalidades estabelecidas, de acordo com as soluções construtivas adotadas.

O caderno de detalhes é um conjunto de projetos fundamental para conseguir racionalizar o processo construtivo de vedação em alvenaria.

Analisando cadernos de detalhes de alvenaria de algumas empresas é comum encontrar os seguintes detalhamentos:

- a) Detalhe de modulação vertical, em relação à estrutura;
- b) Detalhe de vergas, contravergas e vãos de portas;
- c) Detalhe de amarração;
- d) Detalhe de cotas e posições de caixas elétricas e pontos de hidráulica;
- e) Detalhe sobre a aplicação de chapisco no encontro da estrutura com a alvenaria.

2.5.5.5. *Caderno de elevações*

O caderno de elevação das paredes é composto por vários projetos, cada um, elaborado individualmente para cada parede. Em cada parede, há detalhes distintos das demais.

Cada projeto deve conter a elevação da parede, com seu respectivo nome, as dimensões dos vãos de estrutura e arquitetura, detalhes de pontos de tomada, interruptor e de hidráulica, além da espessura da parede.

É importante destacar no caderno de elevações, as juntas de dilatações e trabalho, que são feitas com telas metálicas, normalmente utilizadas no encontro entre a estrutura de concreto e os blocos cerâmicos, assim como a questão do chapisco.

Os projetos aliados aos materiais, mão-de-obra, equipamentos e ferramentas formam a base necessária para implantação da racionalização do processo construtivo de vedação, que se bem analisados e interligados podem gerar bons resultados.

2.5.6. Resultados esperados

Os resultados que podem ser obtidos com a utilização do conceito de alvenaria racionalizada, se bem aproveitados, podem render bons frutos para a construtora.

Se a mão-de-obra qualificada seguir as instruções dos projetos executivos e utilizar material de qualidade, é possível obter:

- a) Redução da geração de resíduos, o que facilita na política de gestão destes resíduos, reduzindo custos e economizando tempo;
- b) Maior limpeza dos ambientes, visto que a mão-de-obra qualificada e consciente se preocupará com este ponto;
- c) Redução da necessidade de realizar retrabalhos;
- d) Maior produtividade, aumentando a agilidade de execução do subsistema, possibilitando que outros subsistemas interligados também tenham seus processos agilizados.

A questão da racionalização do processo construtivo de vedação deve, portanto, ser estudada pela empresa, para que possa ser aplicada na construção e resulte em vários benefícios financeiros e executivos para a obra.

A seguir, será apresentado um estudo de caso de uma obra na cidade do Rio de Janeiro, onde foi utilizado o conceito de racionalização construtiva do processo de vedação. Nele serão expostos e analisados todos os pontos previamente citados neste estudo para, então, conseguir analisar os resultados da aplicação deste conceito na obra.

3. ESTUDO DE CASO

A fim de analisar a aplicabilidade e os resultados efetivos da aplicação do conceito de alvenaria racionalizada em uma construção, foi realizado um acompanhamento diário de todos os serviços de alvenaria desde o térreo até a cobertura, de uma obra residencial.

A seguir serão apresentadas a descrição da obra, dos serviços de alvenaria realizados e uma análise dos problemas e resultados da aplicação.

3.1. Descrição da obra

Trata-se de uma edificação residencial de oito blocos com dezoito pavimentos cada um, localizada na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro.

O empreendimento é voltado para a classe média alta, já que os apartamentos são considerados de alto padrão e possuem entre 140 e 170 m². São quatro apartamentos por andar.

Para executar esta obra, a construtora dispõe de mão-de-obra própria para executar alguns serviços, além de contratar empreiteiras especializadas em diversos outros serviços. Quem realizou os serviços de alvenaria da obra foi uma empreiteira especializada em executar alvenaria racionalizada.

Listando cronologicamente os principais serviços construtivos de um empreendimento, tem-se normalmente:

- a) Fundação;
- b) Estrutura;
- c) Alvenaria;
- d) Contrapiso;
- e) Revestimento de paredes;
- f) Fachada;
- g) Rebaixo de gesso;
- h) Execução do piso;
- i) Emassamento e 1^a demão;
- j) Colocação de louças e metais;
- k) Esquadrias de alumínio;

- l) Portas;
- m) 2ª demão e limpeza.

Um relatório gerencial do andamento dos serviços da obra analisada foi obtido e é apresentado a seguir:

ANÁLISE GERENCIAL		Data de Status	26/02/2013	Prazo Meta	29/11/2013		
Bloco 02				Tendência	01/01/2014		
Cronograma Meta:		17/07/2012	Reprogramação Gerencial:		17/01/2013		
Início:		01/06/2011	Início:		01/06/2011		
Término:		29/11/2013	Término:		24/12/2013		
SERVIÇOS	Início	Duração	Término	Var. Duração	Variação Meta x Ger. (D.U.)	% Prev Meta	% Realizado Gerencial
FUNDAÇÃO	Meta	01/06/11	146	12/01/12			
	Gerencial	01/06/11	146	12/01/12	0,0%	0	100,0%
ESTRUTURA	Meta	01/12/11	204	21/09/12			
	Gerencial	01/12/11	229	30/10/12	-12,3%	0	100,0%
FACHADA	Meta	24/09/12	178	19/06/13			
	Gerencial	10/10/12	166	19/06/13	6,7%	-12	50,4%
ELEVAÇÃO	Meta	16/05/12	132	26/11/12			
	Gerencial	16/05/12	143	12/12/12	-8,6%	-11	100,0%
CONTRAPISO	Meta	22/06/12	126	26/12/12			
	Gerencial	22/06/12	151	01/02/13	-19,8%	0	100,0%
EMBOÇO BNH/COZ	Meta	19/07/12	126	24/01/13			
	Gerencial	19/07/12	137	08/02/13	-8,7%	-11	100,0%
ESTUQUE	Meta	17/08/12	126	27/02/13			
	Gerencial	27/07/12	120	25/01/13	4,4%	15	99,2%
AZULEJOS/CER. PAREDES	Meta	18/09/12	126	28/03/13			
	Gerencial	20/09/12	113	13/03/13	10,3%	-2	82,5%
REBAIXO DE GESSO	Meta	08/10/12	126	18/04/13			
	Gerencial	31/10/12	133	21/05/13	-5,6%	-15	71,4%
CERÂMICA DE PISO	Meta	30/10/12	126	09/05/13			
	Gerencial	21/11/12	145	25/06/13	-15,1%	-32	60,3%
EMASSAMENTO	Meta	09/11/12	126	20/05/13			
	Gerencial	14/12/12	140	12/07/13	-11,3%	-24	54,8%
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO	Meta	23/04/13	108	23/09/13			
	Gerencial	23/04/13	108	23/09/13	0,0%	0	0,0%
PORTAS	Meta	02/05/13	108	01/10/13			
	Gerencial	02/05/13	108	01/10/13	0,0%	0	0,0%
2ª DEMÃO	Meta	20/05/13	108	17/10/13			
	Gerencial	20/05/13	108	17/10/13	0,0%	0	0,0%

Tabela 4 – Análise gerencial da obra, contendo duração do serviço de alvenaria (Fonte: Análise gerencial da obra).

É possível notar que o serviço de alvenaria sofreu um atraso em relação ao planejado. Era para ter sido executado em 132 dias, mas teve a duração de 143. Para tentar entender melhor estes números, abaixo segue uma breve descrição das condições de execução da alvenaria e comentários a respeito dos resultados.

3.2. Descrição dos serviços de alvenaria

Ainda na fase de planejamento, foi decidido que seria utilizado o conceito de racionalização construtiva para executar a vedação dos edifícios.

Após esta etapa, iniciou-se a prospecção de todos os projetos, para então conseguir compatibilizá-los. Os projetos executivos do subsistema de vedação vertical estão diretamente interligados a vários outros subsistemas construtivos, como arquitetura, estrutura, instalações, revestimento, entre outros.

Para executar a vedação do empreendimento, realizou-se a contratação de uma empresa especializada em executar alvenaria racionalizada, a fim de obter maior produtividade neste processo construtivo.

A empresa contratada recebeu os projetos relacionados às suas funções e, a partir destes, realizaram projetos próprios de marcação e de elevação, respeitando as características dos projetos recebidos, mas acrescentando detalhes, a fim de atingir a racionalização do processo.

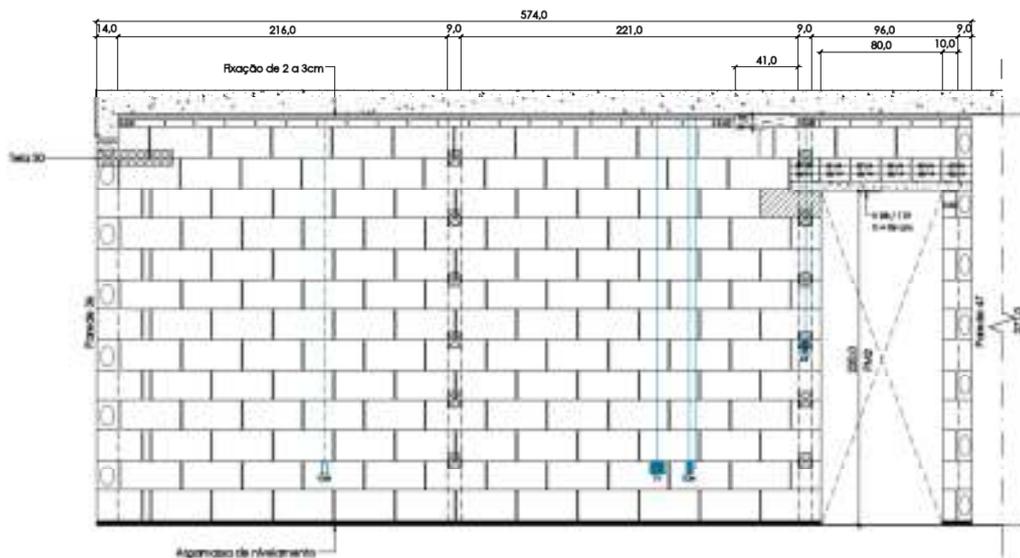


Figura 24 – Planta de elevação de parede, com detalhes construtivos (Fonte: Tecnologys, 2012).

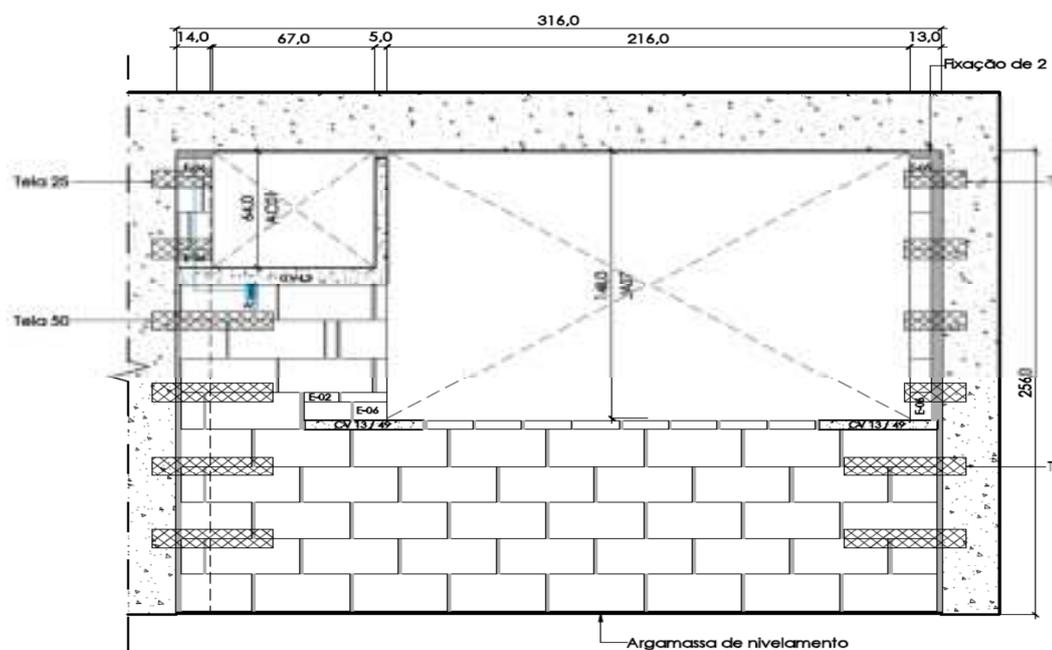


Figura 25 – Planta de elevação de parede, com detalhes construtivos (Fonte: Tecnologys, 2012).

Com todos os projetos em mãos, é possível começar a executar o processo construtivo, desde que o andamento dos serviços predecessores esteja dentro do planejado e, desta forma, não atrapalhe a execução da vedação do edifício.

Os serviços que interferem diretamente no início da execução da vedação são a execução da estrutura, realizada em concreto armado, a limpeza do pavimento e andamento das instalações.

A estrutura em concreto armado foi feita no tradicional sistema de formas, com escoramento em até três pavimentos abaixo da laje, que era concretada. O pavimento imediatamente abaixo da laje possuía 100% do escoramento de projeto. O pavimento seguinte possuía 50% do escoramento e o pavimento mais abaixo possuía 25% do escoramento de projeto.

Portanto, o primeiro pavimento só foi liberado para entrada da marcação da primeira fiada, quando se iniciou o ciclo de concretagem do teto do quarto pavimento. Neste caso, o teto do 4º pavimento recebeu 100% do escoramento, o teto do 3º recebeu 50% e o teto do 2º recebeu 25%. Desta forma, o primeiro pavimento ficou livre e foi limpo para que se iniciasse a marcação da primeira fiada.

3.2.1. Marcação

Para executar a marcação da alvenaria, a empresa contratada disponibilizou dois funcionários treinados e capacitados.

A construtora ofereceu para os clientes a opção de realizar alterações na planta. Eram três opções de planta, sendo que havia uma opção padrão, uma opção com um quarto a menos e a sala ampliada e outra opção com um quarto a menos, transformando-o em closet para uma suíte.

A partir daí, percebe-se a necessidade de marcadores qualificados e capacitados para realizarem a marcação adequada da primeira fiada.

Em primeiro lugar, foi realizada a marcação dos eixos, de acordo com o projeto, utilizando um riscador de fórmica.

Foi realizado o mapeamento de nível da laje, utilizando um nível laser. Utilizando o nível de referência definido pela equipe de formas, durante a concretagem, conferiu-se o nível dos pontos mais críticos onde seriam assentados os blocos (baseando-se em uma planta de arquitetura) para então definir o nível de referência.

Dividiu-se a laje em quatro partes (cada uma com um apartamento), pegou-se o ponto mais alto da laje em cada uma das partes e a partir dele, utilizando espessura de assentamento igual a um centímetro, nivelou-se toda a primeira fiada de cada uma das partes. Este procedimento de divisão foi realizado, pois é normal que a laje possua pontos bastante desnivelados e o consumo de argamassa dessa forma seria muito grande, além da qualidade não ser garantida.

Imediatamente antes do assentamento dos blocos, foi aplicado chapisco rolado, para garantir maior aderência da argamassa com a estrutura.

Foi assentado o primeiro bloco no ponto mais alto de cada parte, com argamassa com espessura de um centímetro. Este bloco foi definido como bloco de referência para nivelamento da primeira fiada.

Posteriormente ao assentamento dos blocos de referência, foram assentados os blocos de extremidade, colocando argamassa em toda a superfície lateral do bloco, que entrava em contato com os pilares.

Entre os blocos de extremidade, foi colocada uma linha de náilon, para ajudar o nivelamento de toda a fiada.

Enfim começaram a ser assentados os blocos, sempre sendo realizado o preenchimento adequado das juntas verticais.

A execução completa da marcação do pavimento durava cerca de dois dias e meio, mas chegou a ser realizada em dois dias, quando todas as condições (liberação das escoras e da limpeza do pavimento) ajudaram.

O início da marcação da alvenaria dependia diretamente do ciclo estrutural e a liberação das escoras do pavimento.

Como o ciclo da estrutura durava entre cinco e seis dias e a marcação era realizada em dois dias e meio, a mesma equipe de marcadores alternava a marcação entre os blocos 1 e 2, para evitar que a equipe ficasse parada.

A argamassa utilizada para o assentamento dos blocos foi produzida em uma masseira elétrica e dosada por um operador certificado pela empresa. O transporte da massa da masseira até os locais de assentamento foi realizado por carrinho de mão.

Os blocos foram transportados em páletes desde o estoque no térreo do bloco, até o pavimento, subindo na cremalheira. Ainda durante a marcação, começava-se a subir blocos, já pensando na execução da elevação da alvenaria.

Com o conceito de racionalização construtiva, uma equipe responsável pelas instalações ficava encarregada de chumbar caixinhas elétricas nos blocos sempre antes que se iniciasse a elevação da alvenaria do pavimento. Estes blocos com caixinhas elétricas chumbadas eram chamados de blocos elétricos.

Na figura 26, é possível ver a primeira fiada já assentada, com blocos modulares e as juntas verticais preenchidas. Também é possível ver a bisnaga, equipamento utilizado para assentar os blocos, com o objetivo de ganhar tempo e reduzir perdas com desperdício de argamassa.



Figura26 – Execução da marcação da 1ª fiada (Foto tirada pelo autor).

3.2.2. Elevação

A elevação da alvenaria do pavimento foi executada por equipe de quatro pedreiros e dois ajudantes.

Cada pedreiro era responsável basicamente por um apartamento. Os dois serventes eram os responsáveis por dosar a massa na masseira elétrica e transportá-la em carrinho de mão até os locais onde os pedreiros estavam executando a parede.

Simultaneamente a execução da elevação da alvenaria, as instalações elétricas, com instalação dos conduítes, precisavam ser executadas. Ainda na concretagem da laje, os eletrodutos foram colocados na posição correta para que os conduítes fossem instalados do teto até a posição da caixinha elétrica.

A execução de todas as instalações da obra era realizada por outra empreiteira que, portanto, deveria deixar sempre um eletricista acompanhando o serviço dos pedreiros, para conferir se os conduítes eram colocados, adequadamente, passando pela modulação dos blocos desde o teto até a caixinha elétrica e se os blocos elétricos eram colocados na posição correta.

Além das instalações elétricas, outros serviços estavam ligados diretamente com a execução da elevação, como por exemplo, os dutos de exaustão e as prumadas hidrosanitárias.

Antes de se iniciar a execução da elevação, a marcação era conferida, todo encontro de estrutura com alvenaria estava chapiscado e as telas soldadas deveriam ser fixadas na estrutura a cada duas fiadas, a partir do encontro da segunda e terceira fiadas.

Para iniciar a execução da elevação das paredes, eram instalados os escantilhões nas extremidades, nos encontros dos pilares e na interseção das paredes, de modo que todas as paredes pudessem ser executadas a partir dos escantilhões.

Entre os escantilhões, eram esticadas as linhas de náilon para servir de guia para o assentamento dos blocos.

Os blocos assentados junto aos pilares receberam argamassa em toda superfície lateral e eram comprimidos contra a estrutura.

Para assentar a segunda fiada, utilizando a bisnaga, foi aplicada uma linha de massa sobre cada lado dos blocos da primeira fiada. E o mesmo procedimento ocorria para as demais fiadas.

Os blocos elétricos foram assentados na posição determinada pelo caderno de elevações, seguindo o projeto executivo de cada parede. Os conduítes foram passados desde o teto até a caixinha chumbada.

As juntas verticais só eram preenchidas após a conclusão da elevação, utilizando a bisnaga, para aumentar a produtividade do serviço.

Para executar os vãos de portas e janelas adequadamente, eram usados pré-moldados de vergas e contravergas. A empreiteira contratada possuía uma central de moldagem destas peças, de forma a agilizar o processo. As dimensões das peças seguiam informações do projeto.

A última fiada da elevação era realizada com blocos compensadores. Isto era feito, com o objetivo de facilitar a execução da fixação. Se fossem colocados blocos vazados na última fiada, seria complicado realizar o aperto das paredes, pois a argamassa cairia entre os blocos.

Na figura 27 é possível perceber diversos fatores ligados à racionalização do processo construtivo da vedação vertical.

A utilização de escantilhão nas duas extremidades da parede garante o alinhamento das fiadas e juntas.

É possível perceber a modulação dos blocos, com espaço suficiente para a passagem dos conduítes, presos no teto, até as tomadas e interruptores.

Carrinhos de mão com argamassa estão à disposição dos pedreiros para movimentação da argamassa para onde for necessário, evitando perda de tempo.

Junto a uma parede já elevada e, com suas juntas verticais devidamente preenchidas, está um andaime, que fora utilizado para assentar as últimas fiadas.

Já na figura 28, é destacado o uso da bisnaga para espalhar a argamassa, utilizada para assentar a fiada superior. Também vale destacar o uso dos escantilhões e a linha de náilon para garantir o nivelamento das fiadas.



Figura 27 – Elevação da alvenaria com passagem dos condutes entre os blocos (Foto tirada pelo autor).



Figura 28 – Elevação da alvenaria com utilização do escantilhão e da bisnaga para assentamento dos blocos (Foto tirada pelo autor).

3.2.3. Fixação

A fixação consiste basicamente em realizar o aperto da alvenaria em contato com a estrutura. É realizado com argamassa e sua espessura não pode ser superior a três centímetros. Quando havia a necessidade de realizar a fixação entre o compensador e a estrutura com espessura superior a três centímetros, este serviço era executado em duas etapas, com intervalo de um dia entre elas.

Para que se iniciasse a fixação das paredes, eram respeitadas as seguintes condições:

- a) A elevação da alvenaria deveria estar concluída há no mínimo um mês;
- b) Haver no mínimo três andares com alvenaria acima do pavimento a ser apertado;
- c) O pavimento acima ter o contrapiso concluído.

As paredes internas eram apertadas, com o uso da bisnaga pelos dois lados da parede, enquanto que as paredes externas eram apertadas com o uso da bisnaga na face de dentro e a face externa só recebia a fixação durante a execução do revestimento de fachada.

3.2.4. Problemas encontrados

Considerando todo o conceito da racionalização do processo construtivo de vedação vertical e a realidade observada na sua aplicação, de fato, na obra, foi possível observar alguns problemas, que afetaram o resultado final obtido.

Dentre estes problemas, cita-se:

- a) Atrasos no ciclo estrutural, gerando dificuldade de entregar o pavimento limpo e liberado do escoramento para início da marcação, nas datas combinadas;
- b) Algumas lajes apresentaram grande desnivelamento entre alguns pontos;
- c) Ausência do nível da forma no poço do elevador, dificultando o início de trabalho da marcação;

- d) Dificuldade de executar a marcação dos apartamentos flex, pois houve momentos de conflito de informação entre a opção de planta de determinado apartamento, sendo obrigado a refazer a marcação do mesmo;
- e) Problemas com o abastecimento de blocos ao pavimento, por conta de problemas mecânicos na cremalheira;
- f) Ausência de água nos prédios por várias vezes fizeram com que pedreiros fossem embora sem executar nada;
- g) Eventuais atrasos na entrega de materiais, como cimento e blocos afetaram a produtividade em alguns pavimentos;
- h) A falta de pedreiros comprometia a produtividade da equipe, visto que cada um era responsável por um apartamento;
- i) Dificuldade enorme de contar com a colaboração da instaladora, em relação a deixar um eletricista acompanhando a elevação das paredes. Isto acarretava em quebradeira das paredes para passar conduítes;
- j) Problemas de compatibilização de projeto de ar condicionado com os projetos de elevação geraram quebradeira e retrabalho;
- k) Apesar de saberem da necessidade, em algumas oportunidades, as telas soldadas não foram fixadas no encontro da estrutura com a alvenaria. Por isto, foi possível observar rachaduras no revestimento;
- l) Por problema de projeto de algumas paredes, a última fiada não era executada com compensadores, mas sim com blocos vazados, o que dificultava a realização do encunhamento da alvenaria.

Na figura 29, é possível perceber uma rachadura no revestimento em argamassa (emboço). Esta rachadura ocorre bem no encontro da estrutura com o pilar e ocorreu devido a não utilização de telas metálicas, a fim de absorver a trabalhabilidade da estrutura.

Na figura 30, o que ocorre é um retrabalho. Devido a incompatibilidade de projetos flex e a falha na comunicação entre a construtora e a empresa contratada para executar a alvenaria, foi deixado um vão de ar condicionado, em apartamento que não era previsto. Desta forma, o vão ficou para trás, o emboço passou pela varanda, o gesso pela sala e um pedreiro da construtora teve que parar o que estava fazendo para resolver esta questão, gerando perdas financeiras e de tempo.

Na figura 31, chama atenção a destruição da parede para passagem dos conduítes. Isto ocorreu devido ao fato da instaladora não ter acompanhado a elevação da parede e não ter deixado seu conduíte preparado para ser passado entre o espaço dos blocos modulares. A racionalização da execução da alvenaria busca eliminar exatamente casos como este, a fim de evitar a geração de sujeira no ambiente e evitar retrabalhos para fechar os buracos.

Na figura 32, pode-se visualizar um problema gerado pela falta da compatibilização de projetos. O projeto de instalação de ar condicionado “split” esbarra com o projeto de instalações elétricas. O local de instalação da caixa polar coincide com a passagem do conduíte. Este problema gerou uma grande quebraadeira da parede.



Figura 29: rachadura no encontro da alvenaria com estrutura (Foto tirada pelo autor).



Figura 30: retrabalho – incompatibilidade de projetos flex (Foto tirada pelo autor).



Figura 31: Problemas para passagem dos conduites (Foto tirada pelo autor).



Figura 32: Incompatibilidade de projetos – quebra-deira da parede (Foto tirada pelo autor)

3.3. Análise dos resultados

Considerando todos os problemas encontrados, se torna compreensível o fato da execução do subsistema ter extrapolado o prazo de execução planejado.

O processo racionalizado contribuiu para evitar perdas maiores em relação aos prazos, visto que, como poderá ser analisado a seguir, em nenhum dos pavimentos, o tempo efetivo de duração da execução dos serviços de alvenaria foi maior do que o tempo previsto.

Mesmo encontrando problemas, como a não adequada liberação do pavimento, eventual ausência de material, dificuldade de abastecimento dos blocos, quando a cremalheira apresentava problemas, falta de água, dentre outros, a execução do serviço aconteceu dentro daquilo previamente estabelecido.

Na tabela 5 é possível conferir as datas de início e término de marcação e elevação de boas partes dos pavimentos, sendo possível analisar a duração prevista e efetiva dos serviços.

ORDEM DE SERVIÇO		Período de		31/5/2012 a 25/9/2012			
Bloco 02				Mestre			
Local	Serviço	Início		Duração		Término	
		Previs.	Efetiva	Previs.	Abt.	Previsão	Efetiva
15ª	PRUMADAS	12/09/12	27/08/12	7	3	20/09/12	11/09/12
17ª	PRUMADAS	21/09/12		7		01/10/12	
6ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	01/06/12	01/06/12	7	7	12/06/12	12/06/12
7ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	13/06/12	13/06/12	7	7	21/06/12	21/06/12
8ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	22/06/12	22/06/12	7	7	02/07/12	02/07/12
9ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	03/07/12	03/07/12	7	7	11/07/12	11/07/12
10ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	12/07/12	12/07/12	7	4	20/07/12	17/07/12
11ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	23/07/12	18/07/12	7	7	31/07/12	30/07/12
12ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	01/08/12	27/07/12	7	1	09/08/12	31/07/12
13ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	10/08/12	01/08/12	7	6	20/08/12	31/08/12
14ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	21/08/12	03/08/12	7	0	29/08/12	03/09/12
15ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	30/08/12	04/09/12	7	7	10/09/12	13/09/12
16ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	11/09/12	11/09/12	7	6	19/09/12	25/09/12
17ª	EXAUSTÃO MECÂNICA	20/09/12	25/09/12	7	0	28/09/12	25/09/12
4ª	MARCAÇÃO	30/05/12	30/05/12	4	4	04/06/12	04/06/12
5ª	MARCAÇÃO	05/06/12	05/06/12	5	5	12/06/12	12/06/12
6ª	MARCAÇÃO	13/06/12	13/06/12	7	7	21/06/12	21/06/12
7ª	MARCAÇÃO	22/06/12	22/06/12	7	7	02/07/12	02/07/12
8ª	MARCAÇÃO	03/07/12	03/07/12	7	7	11/07/12	11/07/12
9ª	MARCAÇÃO	12/07/12	12/07/12	7	7	20/07/12	20/07/12
10ª	MARCAÇÃO	23/07/12	23/07/12	7	7	31/07/12	31/07/12
11ª	MARCAÇÃO	01/08/12	01/08/12	7	5	09/08/12	07/08/12
12ª	MARCAÇÃO	10/08/12	08/08/12	7	5	20/08/12	14/08/12
13ª	MARCAÇÃO	21/08/12	21/08/12	7	4	29/08/12	27/08/12
14ª	MARCAÇÃO	30/08/12	29/08/12	7	3	10/09/12	31/08/12
15ª	MARCAÇÃO	11/09/12	31/08/12	7	3	19/09/12	04/09/12
16ª	MARCAÇÃO	20/09/12	05/09/12	7	7	28/09/12	14/09/12
1ª	ELEVAÇÃO	16/05/12	16/05/12	13	13	01/06/12	01/06/12
2ª	ELEVAÇÃO	04/06/12	04/06/12	7	7	13/06/12	13/06/12
3ª	ELEVAÇÃO	14/06/12	14/06/12	7	7	22/06/12	22/06/12
4ª	ELEVAÇÃO	25/06/12	25/06/12	7	7	03/07/12	03/07/12
5ª	ELEVAÇÃO	04/07/12	04/07/12	7	7	12/07/12	12/07/12
6ª	ELEVAÇÃO	13/07/12	13/07/12	7	6	23/07/12	20/07/12
7ª	ELEVAÇÃO	24/07/12	23/07/12	7	7	01/08/12	31/07/12
8ª	ELEVAÇÃO	02/08/12	01/08/12	7	4	10/08/12	06/08/12
9ª	ELEVAÇÃO	13/08/12	03/08/12	7	7	21/08/12	13/08/12
10ª	ELEVAÇÃO	22/08/12	22/08/12	7	4	30/08/12	27/08/12
11ª	ELEVAÇÃO	31/08/12	22/08/12	7	0	11/09/12	27/08/12
12ª	ELEVAÇÃO	12/09/12	27/08/12	7	6	20/09/12	04/09/12
13ª	ELEVAÇÃO	21/09/12	05/09/12	7	7	01/10/12	14/09/12
1ª	ELÉTRICA ALVENARIA	16/05/12	16/05/12	13	13	01/06/12	01/06/12
2ª	ELÉTRICA ALVENARIA	04/06/12	04/06/12	7	7	13/06/12	13/06/12
3ª	ELÉTRICA ALVENARIA	14/06/12	14/06/12	7	7	22/06/12	22/06/12
4ª	ELÉTRICA ALVENARIA	25/06/12	25/06/12	7	7	03/07/12	03/07/12
5ª	ELÉTRICA ALVENARIA	04/07/12	04/07/12	7	7	12/07/12	12/07/12
6ª	ELÉTRICA ALVENARIA	13/07/12	13/07/12	7	6	23/07/12	20/07/12

Tabela 5 – Duração efetiva dos serviços de alvenaria (Fonte: Ordem de serviço da obra).

Pode-se indicar que a marcação do 14º e 15º pavimentos ocorreu efetivamente em três dias. Este era o tempo de duração do serviço, quando ocorriam poucos problemas que interferissem direta ou indiretamente na execução.

Já a elevação do 8º e 10º pavimentos ocorreu efetivamente em quatro dias, apesar dos quase rotineiros problemas encontrados.

Como pode ser denotado, se mais processos construtivos da obra ocorressem de maneira racionalizada, menos interferências seriam causadas no subsistema de vedação e melhores resultados seriam obtidos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho permitiu dissertar sobre um tema, um conceito, que vem ganhando cada vez mais força entre as empresas do mercado da construção civil que, mesmo ainda sendo bastante artesanal, tem que buscar por inovações tecnológicas, novas ideias e novos conceitos, para conseguir atingir melhores resultados.

Foram apresentados os principais pontos necessários para implantar com sucesso o conceito de racionalização no processo construtivo de vedação em alvenaria.

Constata-se, que a evolução tecnológica dos materiais, equipamentos e ferramentas, aliado ao treinamento da mão-de-obra, a fim de especializá-la para executar um serviço com qualidade e, juntamente, com o investimento em projetos mais completos, mais ricos em detalhes, são fundamentais para a implementação do conceito no processo construtivo em questão.

A aplicação deste conceito na prática, de fato, pôde ser analisada em uma obra e as condições de aplicação e os resultados obtidos chamaram a atenção. Para execução da alvenaria, de forma racionalizada, foi contratada uma empresa especializada neste tipo de construção.

Apesar de a empresa contratada utilizar materiais, equipamentos e ferramentas de qualidade, possuir uma mão-de-obra treinada e especializada, e possuir todos os projetos ricos em detalhes, houve diversos problemas em outros processos construtivos, que dificultaram consideravelmente a execução da vedação em alvenaria, de forma racionalizada. Ainda sim, foi possível constatar que os resultados da execução de alvenaria racionalizada foram positivos para a obra.

Diante do exposto, conclui-se, que apesar de na teoria a aplicação do conceito de racionalização construtiva no subsistema de vedação vertical aparentar ser simples, na prática ocorrem inúmeros contratemplos, nem sempre relacionados diretamente ao processo construtivo de vedação, que tem de ser superados, de forma que os investimentos iniciais em materiais, equipamentos, ferramentas, mão-de-obra e projetos, para possibilitar a aplicação da racionalização, ainda sim gerem resultados positivos para a construção, como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. M. S. B. Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

CAMACHO, J. S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.

CICHINELLI G. C. Como comprar e utilizar fôrmas metálicas, 2009.

CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT. The performance concept and its terminology. Paris, Centre Scientifique et Technique du Batiment, 1975.

DRYSDALE, R.G., HAMID A.A., BAKER, L.R., Masonry structures, behavior and design, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. NJ, 1994.

DUEÑAS PEÑA, M. Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

FRANCO, L.S. Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos em alvenaria estrutural não armada. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

FRANCO, L. S.; DUEÑAS PEÑA, M. Método para elaboração de projetos pra produção de vedações verticais em alvenaria. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

FRUET, G. M. Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte. Seminário Qualidade na Construção Civil, 1-51, Porto Alegre, 1993.

GOVONI FILHO, O. Reportagem dos Custos da Qualidade, 1º Congresso de Sistemas da Qualidade, IBP. Rio de Janeiro, 1989.

MACHADO J.P. Estudo comparativo entre sistemas construtivos para habitações de interesse social: Alvenaria convencional versus steel frame. São Paulo, 2008.

MARDER, S. T. A produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria no município de Ijuí. Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2001.

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MESEGUER, A. G. Garantia de calidad em construction, 1991.

- MORIKAWA, D.C.L. Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2006.
- O'CONNOR, J.T., DAVIES, V.S. Constructability improvement during field operations. *Journal of Construction Engineering and Management*, Dec., 1988.
- O'CONNOR, J.T., TUCKER, R.L. Industrial project constructability improvement. *Journal of Construction Engineering and Management*, Mar., 1986.
- PIRES SOBRINHO, C.W.A- Desenvolvimento de uma referência técnica para casas térreas em alvenaria de blocos de gesso. Relatório ITEP N°21574/21977, Recife, 2007.
- PIRES SOBRINHO, C.W.A, OLIVEIRA, R.A, SILVA, F.A.N, ANDRADE, S.T- Influência do revestimento, simples e armado, no comportamento de paredinhas em alvenaria de blocos cerâmicos de vedação. 5º Congresso Internacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, Curitiba, 2009.
- SABBATINI, F. H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- TESTA, C. The industrialization of building. s.l., Van Nostrand, 1972.
- TOWNSEND, P.L. Compromisso com a qualidade. Rio de Janeiro, 1991.
- TRIGO, J.A.T. Tecnologias da construção de habitação. *Revista técnica*, v.39, n.448, p.53, mar. 1978.
- VALLAGE, T. L'action de la qualité et la creation du club construction et qualité. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.171-80.

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

Tecnologia de vedações verticais <http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18_cap1_revisado.pdf> Acesso em 05 de dezembro de 2012.

Características de desempenho das paredes

<<http://pcc2515.pcc.usp.br/aulas/AULA%207%20-%20PCC%202515%20-%20Caracteristicas%20de%20Desempenho%20das%20paredes.pdf>>
Acesso em 19 de dezembro de 2012.

PINI. Parede de concreto X Alvenaria de blocos cerâmicos, 2009.

<<http://revista.construcaomercado.com.br/guia/habitacao-financiamento-imobiliario/108/parede-de-concreto-x-alvenaria-de-blocos-ceramicos-industrializacao177432-1.asp>> Acesso em 15 de janeiro de 2013.

Documento técnico 001-09/LTH/ITEP – Vedações verticais em alvenaria de blocos de gesso

<<http://www.exitusconstruction.com.br/resources/pt-br/noticias/2011-04-laudo-tecnico-bloco-de-gesso-de-itep.pdf>> –
Acesso em 26 de fevereiro de 2013.

Paredes de madeira

<http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Paredes_de_Madeira.pdf>
Acesso em 27 de fevereiro de 2013.

Revista da Madeira – Edição nº 71 – Maio de 2003

<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_capa.php?edicao=71>
Acesso em 27 de fevereiro de 2013.

Paluzzi

<<http://www.pauluzzi.com.br/vedacao.php?PHPSESSID=b33e8455726b2ffd00d57065dcac71f7>> Acesso em 06 de março de 2013.

Selecta Blocos

<http://www.selectablocos.com.br/av_produtos.html>
Acesso em: 06 de março de 2013.

Inovar equipamentos

<http://www.inovarequipamentos.com.br/?pg=lista_produto&c=7&i=todos>
Acesso em 07 de março de 2013.