

VANTAGENS DA PADRONIZAÇÃO APLICADA AOS PROCESSOS EXECUTIVOS DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES

Mário Victor de Mattos Richa Ribeiro

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Jorge dos Santos

Rio de Janeiro

Fevereiro, 2014

VANTAGENS DA PADRONIZAÇÃO APLICADA AOS PROCESSOS EXECUTIVOS DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES

Mário Victor de Mattos Richa Ribeiro

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.

Examinada por:

Prof. Jorge dos Santos, D.Sc.(Orientador)

Prof. Eduardo Linhares Qualharini, D.Sc

Prof. Isabeth da Silva Mello, M.Sc

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

FEVEREIRO de 2014

Mário Victor de Mattos Richa Ribeiro

Vantagens da padronização aplicada aos processos executivos de obras de edificações / Mário Victor de Mattos Richa Ribeiro. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

X, 75 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jorge dos Santos

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 70-72.

Referências Eletrônicas: p. 73-75.

1. Introdução. 2. Contextualização 3. Aplicação da Padronização nas Etapas da Obra 4. Padronização da Mão-de-Obra 5. Aplicações dos Sistemas Construtivos em Obras 6. Considerações Finais. Santos, Jorge II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Vantagens da padronização aplicada aos processos executivos de obras de edificações

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelas oportunidades que me deu ao longo de toda minha vida e pelo privilégio de conviver e aprender com pessoas maravilhosas durante todos esses anos.

Sou grato à minha família. Aos meus irmãos pela cumplicidade, aos meus avós pelo exemplo, e especialmente aos meus pais, Mário e Beatriz que me deram boa base e me proporcionaram todos os meios possíveis para chegar até aqui, sem medir esforços para tal.

Gostaria de agradecer à minha namorada Cintia, que com seu otimismo inabalável, esteve ao meu lado em todas as etapas deste caminho, me dando força e sempre acreditando em mim, às vezes mais do que eu mesmo.

Aos meus amigos de longa data que me deram apoio nos momentos difíceis e que compartilharam comigo momentos inesquecíveis. Aos amigos que fiz nesta universidade e que contribuíram para esta conquista.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro que desempenharam papel fundamental na minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Jorge dos Santos, que me auxiliou com sabedoria nesta empreitada, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também pela compreensão e paciência demonstrados nos momentos em 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

Vantagens da padronização aplicada aos processos executivos de obras de edificações

Mário Victor de Mattos Richa Ribeiro

Fevereiro/2014

Orientador: Jorge Santos

Curso: Engenharia Civil

O aquecimento econômico do setor da construção, aliado à escassez de mão de obra na qualificada, provocou nos últimos anos uma queda da qualidade das edificações. Espelhando-se no sucesso de outras indústrias, como a automobilística, a construção civil deve aplicar os conceitos da padronização nos seus métodos executivos com a finalidade de diminuir desperdícios e falhas no sistema produtivo, aumentando naturalmente a qualidade de seus produtos.

A maneira mais rápida e eficiente de se implantar um sistema padronizado de construção é a adoção de soluções industrializadas nas etapas críticas da obra. Apesar da construção brasileira culturalmente se basear na moldagem “in loco”, é possível observar um aumento da utilização de sistemas pré-fabricados nas obras do país, com a função de aumentar a produtividade e ao mesmo tempo garantir a qualidade das edificações.

Serão apresentadas algumas técnicas construtivas baseadas na padronização e seus principais benefícios. Este trabalho também irá mostrar alguns exemplos de obras, no Brasil e no mundo, que se utilizaram destas técnicas, apontando as principais vantagens obtidas.

Palavras-chave: padronização, industrialização, qualidade.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer

Benefits of standardization applied to the executive process of buildings

Mário Victor de Mattos Richa Ribeiro

February/2014

Advisor: Jorge Santos

Course: Civil Engineering

The upturning of the construction sector's economy, allied to the shortage of manpower quality, led to the lack of quality of buildings in the past years. Inspired by other industries success, like automobile's, the construction industry must apply standardization's concepts in it's executive methods with the goal of reducing wasting and flaws in the line of production, naturally increasing the quality of the products.

The fastest and most efficient way of implanting a standard system in a construction is to adopt industrialized solutions in every critical stage of the building process. Despite the brazilian culture towards local casting systems, is possible to observe and increment in the use of prefabricated systems in the country's construction, if the objective to enlarge productivity and at the same time assure the building quality.

Will be presented some constructive techniques based on the standardization and it's benefits. This paper will also show some practical examples, from Brazil and from around the world, that implemented these techniques, pointing out the main advantages.

Keywords: standardization, industrialization, quality

Sumário

1.0.	Introdução	1
1.1.	O Tema e sua Relevância	1
1.2.	Objetivo.....	1
1.3.	Metodologia	2
1.4.	Estrutura da Monografia.....	2
2.	Contextualização	3
2.1.	Definições e Conceitos.....	3
2.1.1.	Padrão e Padronização.....	3
2.1.2.	Qualidade.....	4
2.2.	Aspectos Históricos	6
2.3.	Normalização	8
2.3.1.	A ISO e o Processo de Padronização	8
2.3.2.	ABNT e INMETRO	11
2.4.	A Padronização na Indústria Moderna	15
2.5.	A Padronização na Gestão de Projetos.....	21
2.5.1.	Gestão da Integração	21
2.5.2.	Gestão do Escopo	22
2.5.3.	Gestão do Tempo.....	22
2.5.4.	Gestão do Pessoal.....	22
2.5.5.	Gestão do Risco.....	23
2.5.6.	Gestão do Suprimento	24
2.6.	A Padronização na Indústria da Construção Civil	25
2.7.	A Industrialização da Construção Civil.....	26
3.	Aplicação da Padronização nas Etapas da Obra	28

3.1.	Concepção e Projeto	28
3.2.	Implantação do Canteiro	30
3.3.	Fundação e Estrutura.....	33
3.4.	Vedações/Esquadrias	41
4.	Padronização da Mão-de-Obra.....	51
5.	Aplicações dos Sistemas Construtivos em Obras	54
5.1.	Estrutura de Concreto Pré-Fabricado.....	54
5.2.	Paredes Pré-Fabricadas	57
5.3.	Broad Sustainable Building (BSB)	58
6.	Considerações Finais	68
	Referências Bibliográficas	70
	Referências Eletrônicas	73

Lista de Figuras

Figura 1 – Modelo de um sistema de gestão da qualidade baseado em processo	5
Figura 2 – Gráfico “Casa” do Sistema Toyota de Produção	16
Figura 3 – Fluxograma da ordem de execução dos serviços.....	27
Figura 4 – Barracão de Obra	31
Figura 5 – Exemplo de Arranjo de containers	32
Figura 6 – Casa container.....	32
Figura 7 – Bicheira – falha de concretagem que deixa exposta a armadura e os componentes do concreto.....	34
Figura 8 – Fissuras devido à falha de cura	35
Figura 9 – Montagem de estrutura de concreto pré-moldado.....	36
Figura 10 – Içamento de laje alveolar para posicionamento na estrutura.....	37
Figura 11 - Detalhe de solidarização das lajes.....	37
Figura 12 – Montagem da estrutura metálica.....	39
Figura 13 – Detalhes de ligações entre perfis de aço.....	39
Figura 14 – Estrutura metálica montada.....	40
Figura 15 – Esquema de cravação de estacas mega.....	40
Figura 16 – Família de blocos de concreto... ..	42
Figura 17 - Indicação das flechas da estrutura.....	43
Figura 18 – Indicação dos pontos de instalações elétricas e hidrossanitárias.....	43
Figura 19 – Estrutura da parede montada.....	45
Figura 20 – Instalações elétricas.....	45
Figura 21 – Instalações hidráulicas.....	45
Figura 22 – Reforço de madeira na estrutura de aço galvanizado.....	46
Figura 23 – Parede de drywall com acabamento das juntas... ..	46
Figura 24 – Placa cimentícia impermeabilizada, utilizada externamente.....	47
Figura 25 – Consumo de drywall no Brasil em milhões de m ²	48

Figura 26 – Detalhe da fixação do vidro na subestrutura.....	49
Figura 27 – Fachada ventilada.....	50
Figura 28 – Montagem dos painéis modulares.....	51
Figura 29 – Dexia Tower Building	55
Figura 30 – Linha de produção dos pré-moldados na Bélgica.....	55
Figura 31 – Tecnologia mista em Florianópolis	56
Figura 32 – Montagem de uma parede pré-fabricada	57
Figura 33 – Hotel Ark em Changsha, construído em menos de uma semana.....	59
Figura 34 – Estrutura da “main board”	59
Figura 35 – Posicionamento da “main board” sobre os pilares.....	60
Figura 36 – Padrão de transporte da “main board” e demais sistemas... ..	60
Figura 37 – As vedações, instalações e colunas acima da “main board”	60
Figura 38 – Içamento de uma “main board”	61
Figura 39 – Sky City One.....	62
Figura 40 – Modulação da planta de arquitetura do Sky City One.....	62
Figura 41 – Edifício-garagem do shopping Praia de Belas.....	64
Figura 42 – Montagem de fachada pré-fabricada.....	64
Figura 43 – Shopping Ponta Negra, em Manaus	65
Figura 44 – Esquema de uma laje steel deck com conectores de cisalhamento, apoiada sobre viga metálica... ..	65
Figura 45 – Detalhe de encaixe de um painel termoisolante.....	66
Figura 46 – Shopping Bela Vista, em Salvador	67

1. Introdução

1.1. O Tema e sua Relevância

A indústria da construção civil, apesar de sua importância econômica, sendo um dos maiores propulsores do desenvolvimento do país, é tradicionalmente uma das mais conservadoras dentre todas. As mudanças e evoluções costumam ser lentas, o que reflete em um produto cuja qualidade não consegue acompanhar a demanda do mercado, e em uma das indústrias que mais geram resíduos e causam impactos ao meio ambiente.

Observando o panorama da engenharia civil brasileira atualmente, pode-se ver um aumento significativo do volume de obras em andamento, seja pela necessidade de se criar infra-estrutura para eventos de grande porte no país ou pelo crescimento econômico evidente nos últimos anos. Esse aumento repentino, associado à uma indústria despreparada e à um déficit de mão-de-obra qualificada acarreta a queda do padrão da qualidade desses empreendimentos.

Além disso, as atuais preocupações mundiais com os impactos causados por essa expressiva atividade, o desenvolvimento de temas como sustentabilidade e o surgimento de normas mais rígidas no setor, tornam iminente a necessidade de mudanças nas práticas adotadas pela construção brasileira. Redução da geração de resíduos, desempenho mínimo dos sistemas construtivos, otimização do consumo de energia e ciclo de vida dos materiais, são exemplos de algumas diretrizes que passam a ter grande influência no planejamento e gestão de uma obra.

Para que seja capaz de atender a estes requisitos, bem como aos requisitos de qualidade exigidos pelo cliente no produto final, faz-se necessário o estabelecimento de padrões na construção moderna. A padronização da construção é benéfica não apenas para o consumidor final e para o meio-ambiente, mas também para o construtor, como veremos ao longo deste trabalho.

1.2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo principal, mostrar como os conceitos da produção padronizada aplicados aos processos construtivos estão diretamente associados à melhoria da qualidade e aos princípios da sustentabilidade, apresentando os benefícios gerados para todas as partes envolvidas em uma obra de edificação.

1.3. Metodologia

Para a realização da pesquisa bibliográfica foi desenvolvido um planejamento, avançando desde a identificação do escopo, revisão bibliográfica, apresentação da realidade atual, desenvolvimento de conceitos, aplicação dos conceitos desenvolvidos, apresentação de estudos, conclusões e recomendações finais.

A abrangência a todo o escopo do trabalho foi obtida com divisão dos capítulos principais e essenciais para a se atingir o objetivo do trabalho. Simultaneamente, foi realizada a revisão bibliográfica, com as devidas referências e dados necessários para a exposição dos temas centrais de cada capítulo.

Para o estudo de caso, foram apresentados dados obtidos em outras monografias citadas como referência e foram expostos os resultados obtidos a partir dessa metodologia.

1.4. Estrutura da Monografia

O trabalho monográfico foi dividido em cinco capítulos, sendo este o primeiro deles. O capítulo seguinte irá abordar além de algumas definições e conceitos de grande importância para a compreensão do tema, aspectos históricos da padronização e como ela é utilizada pelo homem nos dias de hoje, de modo geral.

O capítulo 3 trata da padronização aplicada à indústria da construção civil, abordando aspectos históricos, culturais e sua evolução ao longo dos anos, dando uma visão geral sobre o assunto. Serão apresentadas também algumas tendências e inovações tecnológicas nesta área.

O capítulo 4 aborda cada etapa do ciclo produtivo das edificações individualmente, apontando as dificuldades encontradas na utilização de métodos empregados atualmente e as vantagens da padronização dessas atividades. Neste capítulo serão apresentados alguns casos onde a padronização foi implantada com sucesso.

Finalmente, o capítulo 5 analisa o tema abordado no trabalho, realizando uma visão crítica sobre o assunto.

2. Contextualização

2.1. Definições e Conceitos

2.1.1. Padrão e Padronização

Inicialmente, faz-se necessário apresentar a conceituação utilizada para os termos padrão e padronização. É interessante notar, que irônicamente, a própria definição de padrão varia de autor para autor:

Segundo o dicionário Aurélio (<http://www.dicionariodoaurelio.com/>):

Padrão: “tipo que serve para definir uma unidade. / Modelo-tipo legal dos pesos e das medidas. / Tipo, modelo.”

Padronização: “Ação ou efeito de padronizar; sistematização. / Processo de formação de padrões sociais; standardização. / Indústria Uniformização dos tipos de fabricação em série, pela adoção de um único modelo”.

Segundo GERMON (1986, apud TASSEY, 1999):

Padrão: “(...) uma construção que resulta de escolhas coletivas e fundamentadas e que permite acordo acerca de soluções para problemas recorrentes. Visto dessa forma, um padrão pode ser encarado como um equilíbrio entre os requisitos dos usuários, as possibilidades tecnológicas e os custos dos produtores, e restrições impostas pelo governo para o benefício geral da sociedade” (tradução (Taynah Lopez de Souza, UFRJ, 2012)

Segundo ROSSO (1966), a padronização é definida como “a aplicação de normas a um ciclo de produção ou a um setor industrial completo com objetivo de estabilizar o produto ou o processo de produção”.

Pode-se ainda citar HOPP e SPEARMAN (1996) para os quais a definição do padrão refletia a busca pela melhor forma de executar cada tarefa, eliminando movimentos lentos ou desnecessários e preconizava a utilização de mão de obra pouco qualificada, a qual competia simplesmente o cumprimento daquilo que estava prescrito.

Com base nesses quatro autores, é possível resumir o conceito de padrão de forma simplificada:

- Modelo definido conforme os requisitos dos seus usuários e segundo especificações técnicas (normas) estabelecidas por uma entidade governamental ou

não, com o objetivo de executar uma determinada tarefa ou atender a uma determinada demanda da melhor forma possível, eliminando erros e perdas.

Assim, chamaremos de padronização o processo de estabelecimento de um padrão conforme descrito acima.

2.1.2. Qualidade

O conceito de qualidade é difícil de ser definido, mas pode-se dizer que está presente no subconsciente de qualquer ser humano. Desde os tempos mais remotos, o homem busca avaliar se um determinado produto ou serviço atende às suas necessidades ou não, antes de adquirí-lo.

No entanto, para que se seja capaz de garantir a qualidade de um determinado produto ou serviço, é necessário que haja um planejamento e controle dos processos necessários para a execução deste produto ou serviço. Esta garantia é obtida através da implantação de um sistema de gestão da qualidade.

A norma da ABNT, NBR ISO 9000, descreve os fundamentos de sistemas de gestão da qualidade e estabelece a terminologia para estes sistemas.

“O sistema de gestão da qualidade representa a parte do sistema de gestão da organização cujo enfoque é alcançar resultados em relação aos objetivos da qualidade, para satisfazer às necessidades, expectativas e requisitos das partes interessadas, conforme apropriado. (...) As várias partes de um sistema de gestão da organização podem ser integradas, juntamente com o sistema de gestão da qualidade, dentro de um sistema de gestão único, utilizando-se elementos comuns. Isto pode facilitar o planejamento, a alocação de recursos, definição de objetivos complementares e avaliação da eficácia global da organização.” (NBR ISO 9000)

Os sistemas de gestão da qualidade podem ajudar as organizações a aumentar a satisfação dos clientes. Segundo a NBR ISO 9000, a abordagem do sistema de gestão da qualidade incentiva as organizações a analisar os requisitos do cliente e definir os processos que contribuem para a obtenção de um produto que é aceitável para o cliente e manter os processos sobre controle. Um sistema de gestão da qualidade pode fornecer a estrutura para melhoria contínua com o objetivo de aumentar a probabilidade de ampliar a satisfação do cliente e de outras partes interessadas. Ele fornece confiança à organização e a seus clientes de que ela é capaz de fornecer produtos que atendam aos requisitos de forma consistente.

Os requisitos para sistemas de gestão da qualidade são especificados na ABNT NBR 9001. Estes requisitos são genéricos e aplicáveis às organizações de qualquer setor da indústria ou econômico, independentemente da categoria do produto ofertado.

Dentre as diversas etapas necessárias para a implementação de um sistema de gestão da qualidade, é interessante dar destaque a uma em especial, do ponto de vista da padronização.

- determinação dos processos e responsabilidades necessários para atingir os objetivos da qualidade.

“Qualquer atividade, ou conjunto de atividades, que usa recursos para transformar insumos (entradas) em produtos (saídas) pode ser considerado como um processo. Para que organizações funcionem de forma eficaz, elas têm que identificar e gerenciar processos inter-relacionados e interativos. Frequentemente, a saída de um processo resultará diretamente na entrada do processo seguinte. A identificação sistemática e a gestão dos processos empregados na organização e, particularmente, as interações entre tais processos são conhecidas como “abordagem de processos”.

A intenção desta Norma é encorajar a adoção da abordagem de processo, para a agerência de uma organização”. (NBR ISO 9000)

O estabelecimento de um processo pode ser compreendido como a padronização de uma determinada atividade. Quanto melhor estiver definido este padrão, menor será a probabilidade de obtenção de resultados divergentes, evitando falhas e custos indesejados.

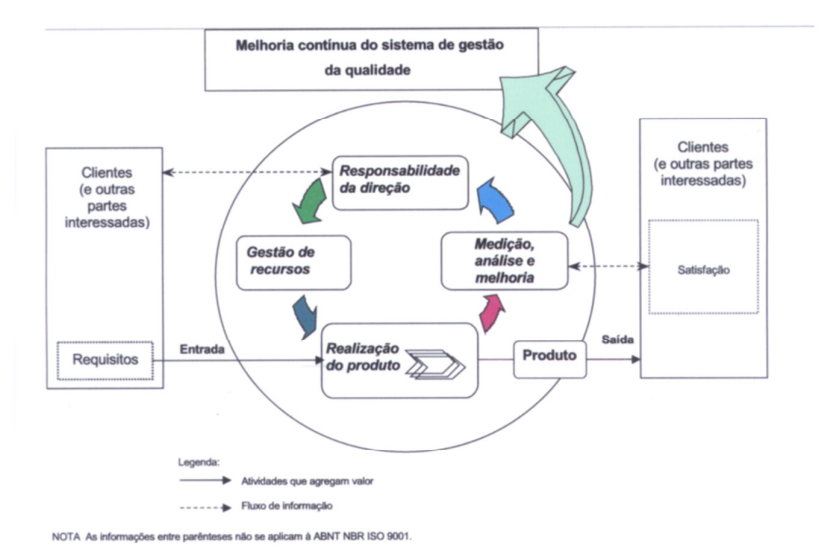


Figura 1 - Modelo de um sistema de gestão da qualidade baseado em processo.(ISO 9001)

2.2. Aspectos Históricos

A padronização está presente na vida do homem desde os tempos mais remotos. A sobrevivência humana depende há milhares de anos da padronização, claro que originalmente não era necessário registrar os processos padronizados, pois as pessoas aprendiam observando e gravando na memória.

“As sociedades humanas sempre dispuseram de instrumentos e instituições capazes de atender a essa exigência. Tão naturais e corriqueiros eram, contudo, os veículos da transmissão desse conhecimento, que raramente seus registros foram salvos da passagem do tempo. Outras vezes, eles eram tão preciosos que pereceram, silenciosamente, cercados pelo segredo da profissão, guardados nos arquivos do Rei. Em determinado momento, contudo, na história do Ocidente, certos procedimentos produtivos, antes rotineiros ou triviais, limitados a uma atividade econômica ou a uma determinada região geográfica, alcançaram um novo patamar. A escala social dos empreendimentos humanos, no campo da batalha e na economia, tornou evidentes os ganhos em eficiência oferecidos pela melhor organização do “saber fazer”. O que antes era regulado pelo hábito ou costume começou a ser impresso em livros e transmitido a outro anônimo”. (DIAS, 2011)

É possível encontrar relatos antigos de padrões registrados. Segundo ALGARTE e QUINTANILHA (2000), já na China antiga era possível perceber a preocupação com o atendimento de padrões técnicos, com determinações específicas, no intuito de evitar a confecção de produtos cujas dimensões ou requisitos de qualidade não atendessem às exigências:

“já havia um certo padrão de qualidade para produtos, (...) [e] os decretos eram promulgados para banir do mercado produtos inferiores, bem como para consolidar o controle da qualidade sobre eles”.

O desenvolvimento deste conceito, no entanto, está diretamente associado à Revolução Industrial, no século XVIII, quando se tornou necessária a adoção de práticas que tornassem o processo produtivo mais eficiente, com menor custo e prazo.

Até o fim do século XVIII grande parte da população europeia vivia no campo e produzia o que consumia. Na forma artesanal o produtor dominava todo o processo produtivo e os produtos eram personalizados, atendendo as demandas individuais de cada cliente

O advento das máquinas movidas à vapor, tornou-se possível o aumento da produção, fazendo com que o trabalhador deixasse de dominar todas as etapas do processo

produtivo, surgindo desta forma o conceito de linha de produção. (<http://www.sohistoria.com.br>, 2014).

Uma linha de produção consiste num conjunto de postos de trabalho cuja posição é fixa e cuja sequência é ditada pela lógica das sucessivas operações a realizar e descritas na gama operatória. (<http://www.nepet.ufsc.br>, 2014)

Com a concepção da linha de montagem, a padronização foi direcionada para as características do produto e para as peças e componentes utilizados na fabricação. A adoção de peças padronizadas e intercambiáveis está relacionada à simplificação das mesmas e à utilização de máquinas especializadas (MAXIMIANO, 2000).

A partir deste conceito de produção, novas formas de produzir baseadas em padrões surgiram em diversas partes do mundo, dentre elas pode-se citar o Fordismo como uma das mais expressivas. Segundo CORREA e CORREA (2007), Ford o primeiro a eliminar desperdícios de tempo e movimentação através da produção em massa, seguindo dois princípios fundamentais:

- Peças padronizadas, onde temos máquinas especializadas, um sistema universal de fabricação e calibragem e a simplificação do processo produtivo.
- Trabalhador especializado, o qual possui uma única tarefa ou um pequeno número delas, uma posição fixa dentro de uma sequência de tarefas e o fato de que as peças vêm até o trabalhador.

Segundo SHAPIRO e VARIAN (1999) um momento histórico que traçou a importância econômica da padronização técnica ocorre no século XIX, quando os EUA introduzem nova forma de produzir, baseada na ampla utilização de peças intercambiáveis.

Pode-se citar um caso ocorrido no início do século XIX, quando, durante o processo inovador de introdução do transporte ferroviário nos EUA, foram empregadas linhas férreas de diversas larguras (bitolas), causando custos adicionais ao transporte. A padronização das bitolas, a princípio, enfrentava três obstáculos principais:

- alto custo para alterar a largura das linhas existentes,
- inexistência de grupo interessado em arcar com os altos custos referentes à alteração necessária,
- resistência dos trabalhadores às mudanças propostas por temerem a perda de seus empregos, associados à carga, descarga e levantamento de vagões para mudar suas rodas.

Mais tarde, entretanto, entre 1860 e 1890, o movimento conhecido como 'Marcha para o Oeste', aliado a interesses comerciais, propiciou o processo de padronização das bitolas.

O sistema americano, segundo LANDES (1998), fixou normas e padrões de produtividade para o resto do mundo industrial. A partir de então, não demorou muito para o entendimento da importância das normas técnicas e o início de movimento rumo ao estabelecimento formal de padrões, que inaugurou a utilização de tecnologias sistêmicas e intensificou a importância da padronização.

2.3. Normalização

2.3.1. A ISO e o Processo de Padronização

O capítulo anterior demonstrou que a definição de um modelo ou padrão deve atender aos requisitos de seus usuários, representados pelas indústrias e seus consumidores, mas também seguem especificações técnicas estabelecidas por uma entidade governamental ou não.

Dessa forma, além do mercado, onde padrões de fato seriam desenvolvidos, outro ambiente emergiu para o estabelecimento de padrões técnicos, responsáveis pela elaboração do que na literatura denomina-se padrões institucionais, sejam de âmbito nacional ou internacional (SWANN, TEMPLE e SHURMER, 1996). Inicialmente, esse movimento assumiu caráter setorial – a primeira organização a ser estabelecida foi a “International Telecommunication Union” (ITU), em 1865, seguida pela “International Electrotechnical Commission” (IEC), em 1906. Posteriormente, iniciam-se discussões acerca do estabelecimento de organização de escopo mais ampliado, sem apelo setorial, tendo, então, sido criada a “International Standardization Organization” (ISO), ao final da Segunda Guerra Mundial, em 1947.

O site da ISO, conta um pouco da história da organização:

“A história da ISO teve início em 1946, quando representantes de 25 países se encontraram no Instituto de Engenharia Civil de Londres e decidiram criar uma nova organização internacional com o objetivo de facilitar a coordenação e unificação de padrões industriais. Em fevereiro de 1947 a nova organização, ISO, iniciou oficialmente suas operações. Desde então, ISO já publicou mais de 19500 padrões internacionais, abordando quase todos os aspectos da tecnologia e dos negócios. Desde segurança de alimentos até computadores e de agricultura à saúde, os padrões internacionais ISO impactam as vidas de todos nós.

Atualmente, a organização tem membros de 164 países e 3368 colaboradores no corpo técnico para tomar conta do desenvolvimento dos padrões. Mais de 150 pessoas trabalham 24 horas no escritório central da ISO, em Geneva, Suíça”.(tradução do autor)

A fundação da ISO e a criação de padrões internacionais representaram um grande passo para a atividade industrial mundial, permitindo a otimização das transações comerciais entre os países. O site da ISO explica de forma sucinta a importância dos padrões internacionais para o mundo atual:

“Os padrões internacionais asseguram que produtos e serviços serão seguros, confiáveis e de boa qualidade. Para os negócios, eles são ferramentas estratégicas que reduzem os custos, minimizam desperdícios e erros e aumentam a produtividade. Ajudam as companhias à acessar novos mercados, nivelam os parâmetros do mercado de países em desenvolvimento e facilitam um comércio internacional mais livre e justo”.(tradução do autor)

Atualmente a ISO é a principal entidade no que diz respeito ao estabelecimento de padrões internacionais e serve como base para as entidades de cada país, no desenvolvimento das normas nacionais, como é o caso da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

“A ISO é a maior organização de desenvolvimento de padrões internacionais do mundo. A padronização internacional se refere à especificação de produtos, serviços e boas práticas, ajudando à construir uma indústria mais eficiente e eficaz. Desenvolvidos através do consenso global, os padrões internacionais ajudam a quebrar barreiras para transações internacionais”. (www.iso.org/iso/home/about, 2014, tradução do autor)

A ISO deixa bem claro que seu sistema de padronização leva em consideração as necessidades dos clientes e fabricantes, buscando sempre um consenso entre os interesses dos envolvidos.

“Nossos padrões são desenvolvidos pelas pessoas que deles necessitam, através de um processo consensual. Especialistas do mundo inteiro desenvolvem os padrões que são necessários para seus setores. Isso significa que refletem a abundância da experiência e conhecimento internacional”.

Este processo formal de padronização é encarado como indispensável para o lançamento de novas tecnologias, envolvendo aspectos cooperativos, de suma importância para a concorrência de mercado.

Recentemente, o processo formal de elaboração de normas técnicas vem sendo considerado o método mais transparente de promover a padronização em âmbito internacional, com base na alegação de que, por contar com a participação dos diversos países, tais documentos refletiriam consenso entre as partes.

Vale ressaltar, no entanto, que na prática, este ponto é bastante controverso já que este processo desenvolve-se, em geral, de forma extremamente lenta, podendo não resultar na escolha da 'melhor' tecnologia como base, ainda que estimule o consenso e seja aberto a toda a sociedade. Neste sentido, o termo 'padrão' tende a ser utilizado para denotar aquele que delinea o sistema dominante quando este emerge, não havendo razão que garanta que o padrão emergente e que, efetivamente, 'aprisiona' o sistema, seja ótimo (SHAPIRO e VARIAN, 1999).

Outra questão que deve ser abordada é a participação de países em desenvolvimento neste processo, que segundo estudo realizado pelo International Trade Centre (ITC) ainda é escassa, o que podem refletir em uma dificuldade na hora de cumprir as exigências impostas pelos mercados compradores, no caso, os países desenvolvidos. Segundo dados fornecidos pelo estudo, cerca de 90% dos comitês técnicos das principais organizações responsáveis pela elaboração de normas internacionais (ISO, IEC e Codex Alimentarius Commission-CAC) são presididos por países desenvolvidos, o que lhes concede significativa influência no processo de elaboração de cerca de 85% do total de normas técnicas.

A despeito das críticas colocadas, é de vital importância que os países participem ativamente do processo formal de padronização técnica em âmbito internacional.

2.3.2.ABNT e INMETRO

Como visto anteriormente, a normalização é um passo fundamental no processo de padronização e é através dela que se estabelece a base para o desenvolvimento tecnológico de uma nação. Para que uma empresa consiga evoluir a nível de qualidade e produtividade é necessário que se entenda o conceito de normalização e que se busque seu desenvolvimento.

A normalização é o processo de estabelecer e aplicar regras a fim de abordar ordenadamente uma atividade específica, para o benefício e com a participação de todos os interessados e, em particular, de promover a otimização da economia levando em consideração as condições funcionais e as exigências de segurança. (SANTOS, 2012)

Segundo a apostila “A importância da normalização”, o sistema brasileiro de normalização é composto pelas seguintes entidades:

SINMETRO – Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

Criado em 1973, para formular e executar a política nacional de metrologia, normalização e qualidade industrial.

CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

Órgão normativo do SINMETRO. Entidade que institucionaliza as questões relativas a metrologia, normalização e qualidade industrial.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

Órgão executivo do SINMETRO. As atividades do INMETRO abrangem:

- Metrologia: O Brasil adota o sistema de internacional de unidades (SI) recomendado pela Conferência Geral de Pesos e Medidas. Está filiado e segue as recomendações da Organização Internacional de Metrologia Legal. No âmbito da metrologia científica, o Brasil está associado ao Bureau Internacional de Pesos e Medidas.

O INMETRO tem a responsabilidade de manter as unidades fundamentais de medida (padrões primários) no Brasil, rastreando-as a padrões internacionais.

- Normalização: a normalização técnica compõe-se de dois campos. O campo das normas compulsórias denominadas Regulamentos Técnicos, e o das normas consensuais.

No caso dos Regulamentos Técnicos, cabe ao INMETRO a função de articular-se com o órgão do governo para a edição dos mesmos aplicáveis as áreas da saúde, segurança, meio ambiente e de proteção ao consumidor.

Na área de normalização consensual cabe ao INMETRO, o papel de promover as normas brasileiras e de supervisionar o processo de geração das mesmas.

-Certificação: INMETRO é o órgão gestor do Sistema Brasileiro de Certificação. A certificação de conformidade consiste em atestar que produtos, processos e serviços atendam os requisitos de uma norma técnica. A certificação técnica é feita pelo INMETRO e por entidades credenciadas para tal, denominadas Organismos de Certificação.

A certificação dos Sistemas da Qualidade em empresas, tendo como referência as normas ISO-9000, é realizada no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação. Os Organismos de Certificação credenciados são entidades sem fins lucrativos com capacidade gerencial e técnica para a realização da certificação de produtos, processos e serviços.

-Metrologia Legal: O INMETRO exerce o controle e fiscalização das unidades de medida, dos métodos de medição dos instrumentos de medir e das medidas materializadas.

A entidade vinculada ao SINMETRO, responsável pela normalização técnica do Brasil é a ABNT. Fundada em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro.

É uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como único Foro Nacional de Normalização através da Resolução n.º 07 do CONMETRO, de 24.08.1992. É membro fundador da ISO (International Organization for Standardization), da COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas) e da AMN (Associação Mercosul de Normalização).

A ABNT é a representante oficial no Brasil das seguintes entidades internacionais: ISO (International Organization for Standardization), IEC (International Electrotechnical Commission); e das entidades de normalização regional COPANT (Comissão

Panamericana de Normas Técnicas) e a AMN (Associação Mercosul de Normalização).

A criação da ABNT tem grande ligação com indústria da construção civil, já que foram os engenheiros civis os primeiros a enxergar os benefícios da padronização para o mercado.

“ No Brasil, a criação de uma organização nacional de normalização terminou ligada ao desenvolvimento da construção civil e a um domínio técnico bem específico - o uso do concreto armado. De maneira até surpreendente, os engenheiros civis brasileiros tiveram condições de avançar de modo pioneiro em termos mundiais e puderam perceber, de forma imediata e relativamente autônoma, as necessidades e o potencial da normalização”. (DIAS, 2011)

Mais especificamente foi o uso do concreto armado, material cuja produção não demandava tecnologia requintada, tão pouco uma mão-de-obra qualificada, e que portanto se tornou muito interessante para uma engenharia extremamente carente desses artifícios, o que alavancou a idéia de se estabelecer entidades normalizadoras no país.

O trecho abaixo, retirado de uma edição comemorativa dos 70 anos da ABNT, retrata bem esta situação:

“Do ponto de vista brasileiro, o emprego do concreto armado tinha grande atração econômica: ele reduzia o uso de materiais siderúrgicos na construção em um país que mal produzia ferro ou aço. Em termos acadêmicos, a engenharia nacional tinha ligações mais densas com a Europa, onde a tecnologia do concreto armado desenvolvia-se com mais rapidez. Por fim, a experimentação com o concreto revelou, desde sua origem, a importância das condições ambientais e da natureza dos materiais empregados. Nas condições tropicais brasileiras, essa realidade criava exigências novas para os meios técnicos. Assim, foi possível, no Capítulo 2, descrever como o uso crescente do concreto armado no Brasil conduziu diretamente à criação, em 1926, do Gabinete de Ensaio de Materiais da Escola Politécnica de São Paulo. Deste ponto em diante, é a história do Gabinete, sob a direção do engenheiro Ary Frederico Torres, que conduzirá à criação da ABNT”. (DIAS, 2011)

No entanto, ao longo dos anos, este panorama sofreu significativa modificação e atualmente o Brasil apresenta uma indústria bem desenvolvida capaz inclusive de competir com tecnologias internacionais. Isto só é possível devido às normas e especificações estabelecidas por organizações como a ABNT, que permitem

adequação dos produtos brasileiros às necessidades dos clientes nacionais e internacionais.

Segundo o site da ABNT (www.abnt.org.br, 2014), numa economia onde a competitividade é acirrada e onde as exigências são cada vez mais crescentes, as empresas dependem de sua capacidade de incorporação de novas tecnologias de produtos, processos e serviços. A competição internacional entre as empresas eliminou as tradicionais vantagens baseadas no uso de fatores abundantes e de baixo custo. A normalização é utilizada cada vez mais como um meio para se alcançar a redução de custo da produção e do produto final, mantendo ou melhorando sua qualidade.

É possível escalar alguns desses benefícios da Normalização da seguinte forma:

Qualitativos:

- A utilização adequada dos recursos (equipamentos, materiais e mão-de-obra);
- A uniformização da produção;
- A facilitação do treinamento da mão-de-obra, melhorando seu nível técnico;
- A possibilidade de registro do conhecimento tecnológico;
- Melhorar o processo de contratação e venda de tecnologia;

Quantitativos:

- Redução do consumo de materiais e do desperdício;
- Padronização de equipamentos e componentes;
- Redução da variedade de produtos (melhorar);
- Fornecimento de procedimentos para cálculos e projetos;
- Aumento de produtividade;
- Melhoria da qualidade;
- Controle de processos;

É ainda um excelente argumento para vendas ao mercado internacional como, também, para regular a importação de produtos que não estejam em conformidade com as normas do país importador.

2.4. A Padronização na Indústria Moderna

Pode-se notar que, historicamente, a indústria automobilística sempre estabeleceu parâmetros de produtividade para as demais. Pode-se citar sistemas produtivos que revolucionaram o mercado em suas épocas, ditando os rumos e diretrizes do mercado. O Fordismo é um exemplo claro disso.

Ao longo dos anos, as mudanças de mercado levaram a busca por novos sistemas de produção, capazes de atender a estas novas necessidades. A crise do petróleo de 1973 configurou um novo cenário mundial, caracterizado por uma inversão na relação oferta/demanda, ou seja, as capacidades instaladas passaram a ser maiores que a demanda, necessitando-se assim de novos princípios de produção (CORIAT, 1988).

Neste contexto se desenvolveu, com grande sucesso, o Sistema Toyota de Produção (STP), considerado o modelo moderno de manufatura.

O Sistema Toyota de Produção é uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização.

O objetivo principal da Toyota passou a ser a produção de muitos modelos de automóveis em pequenas quantidades e somente quando solicitados, pois assim seriam evitados gastos antecipados e, também, a produção de produtos que os consumidores talvez nem quisessem. Para tanto, foi preciso aumentar a eficiência da produção e, conseqüentemente, eliminar todo tipo de desperdício.

A Estrutura de funcionamento do STP pode ser observada com clareza através do gráfico “Casa” apresentado na figura 2.

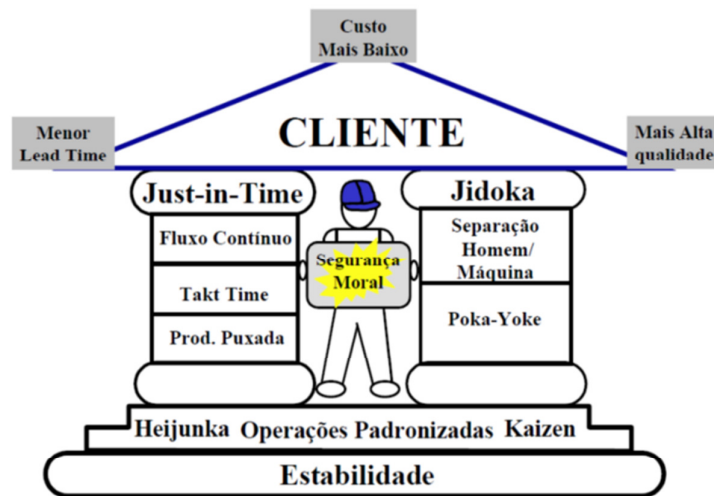


Figura 2 – Gráfico “Casa”do Sistema Toyota de Produção (www.ebah.com.br)

Além de ser parte do embasamento da Casa do STP, a padronização está presente em todas as etapas deste processo produtivo.

Os pilares da casa são o sistema just-in-time (JIT) e a automação(Jidoka).

Segundo OHNO (1997),o conceito JIT surgiu da idéia de Kiichiro Toyoda de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização. O conceito se expande para as entregas aos clientes, no tempo certo e quantidades pedidas, sem gerar estoques ou atrasos. O JIT só é possível se existirem atividades e peças padronizadas, capazes de garantir total concordância entre as partes envolvidas no sistema, caso contrário atrasos são inevitáveis e com isso a geração de estoque e desperdício.

A idéia de Automação (Jidoka) proporcionou um aumento na produtividade dos trabalhadores, associando a máquina fazendo com que um trabalhador, que antes era necessário para operar apenas uma máquina, passasse a operar várias máquinas ao mesmo tempo, tendo que destinar mais atenção somente àquelas que acusavam algum problema. OHNO (1997) afirma que a idéia de parar a produção quando surge algum problema é extremamente importante para a efetiva solução do problema, de modo que não haja reincidência. Conhecendo-se não somente o problema, mas o seu motivo é possível solucioná-lo, efetivamente, e estabelecer padrões para que não volte a ocorrer.

O entablamento da Casa, traz o cliente como foco principal do sistema, propiciando como resultado final um produto de alta qualidade, custo mais baixo e menor lead time

(período para conclusão de um ciclo produtivo). Novamente, esses três conceitos estão diretamente associados à padronização.

Segundo SHINGO (1996), o ponto central promovido pelo sistema é a redução dos desperdícios que podem ocorrer em diversas etapas do processo produtivo.

Desperdício por tempo de espera: relacionadas com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Podem envolver tanto perdas de mão de obra quanto de equipamentos. É o tempo que materiais ou produtos em processo ou processados aguardam para seguir adiante no fluxo que os levam do fornecedor ao cliente, seja interno ou externo. A redução das esperas no tempo de produção é um dos fundamentos básicos do STP, uma vez que as esperas naturalmente significam a formação de estoques que são radicalmente evitados neste sistema de produção.

A relação das esperas com a formação de estoque em excesso é expressa por SHINGO (1996) pela maneira como esse estoque se forma que, segundo o autor, pode ser de duas maneiras:

- por esperas quantitativas, geradas através da superestimação da taxa de defeitos que provoca produção maior que a necessária;
- por esperas provocadas pela falta de sincronismo no sequenciamento da produção, ou seja, quando ocorre a antecipação da produção em relação à programação.

Essas duas formas de espera que afetam a formação de estoques são basicamente geradas por problemas de balanceamento e sincronismo da produção.

Ocorre também a espera para formação de um lote que, ainda segundo SHINGO (1996), acontece durante a inspeção e o transporte e só pode ser eliminada pela diminuição do tamanho do lote. As filas de espera em frente aos recursos podem ocorrer ainda por diversas outras razões, como a capacidade produtiva desproporcional à do fornecedor; esperas para setups; processamento de lotes com foco no recurso; problemas em alguma etapa do sistema produtivo.

- **Desperdício com transportes desnecessários:** O transporte é uma atividade que não agrega valor, e como tal, pode ser encarado como perda que deve ser minimizada. A otimização do transporte é, no limite, a sua completa eliminação. A eliminação ou redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução de custos, pois, em geral, o transporte ocupa 45% do tempo total da fabricação de um item. As melhorias mais significativas em termos de redução das

perdas por transporte são aquelas aplicadas ao processo de transporte, obtidas através de alterações de layouts que dispensem ou eliminem as movimentações de material.

Somente depois de esgotadas as possibilidades de melhorias no processo é que, então, melhorias nas operações de transporte são introduzidas.

- **Desperdício do processo resultante de procedimentos desnecessários na cadeia de valor:** decorrem a falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão de obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos.

SHINGO (1996), que junta ao processamento a inspeção, o transporte e a estocagem como elementos formadores do processo, afirma que somente o primeiro fenômeno, ou seja, o processamento aumenta o valor agregado ao produto, enquanto os demais apenas elevam os custos. Segundo o autor, o processamento está entre as operações essenciais, ou seja, aquelas que realmente executam a operação principal, que é a ação praticada sobre o material por homens ou máquinas. Cita a mudança de forma (corte, dobramento etc.), alteração de propriedades (recozimento, têmpera etc.), montagem e desmontagem como exemplos de processamento.

As operações formam o fluxo de trabalho que OHNO (1997) classifica em dois tipos: com e sem valor adicionado. Todos os elementos de produção que aumentam custos sem adicionar valor devem ser eliminados. Excesso de pessoas, estoques e equipamentos devem ser evitados.

Para que um sistema produtivo seja instalado deve-se, pelas palavras de NOREEN et al (1996), estabilizar as operações. Para tanto, devem-se identificar as normas contraproducentes e eliminá-las.

O excesso de operários, equipamentos e produtos, segundo OHNO (1997), aumentam os custos e causa desperdício por ele chamado de desperdício secundário. O autor completa dizendo que operários demais acabam inventando trabalho desnecessário, salientando que diminuir o efetivo significa aumentar o percentual de trabalho com valor agregado, sendo o ideal chegar a 100%.

A “fábrica mínima” citada por CORIAT(1994) é aquela que com um efetivo reduzido é capaz de assimilar variações na demanda, ou seja, é “flexível” condição necessária para ter sucesso na atual economia globalizada.

- **Desperdício por estoques:** estão associadas à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros na

orçamentação, podendo gerar situações de falta de locais adequados para a deposição dos mesmos. Também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital. Quando falamos em estoque no universo do STP, estamos falando sobre um dos principais alvos de combate desse sistema. Relembrando, o STP tem como um de seus pilares o princípio do estoque zero, ou seja, visa eliminar qualquer tipo de estoque, pois o considera gerador de desperdício.

A possibilidade de eliminar perda na produção é desenvolvida, segundo SHINGO (1996), a partir do momento em que se deixa de acreditar que não há outra maneira de fazer algo.

O sistema de produção puxada tem como uma de suas conseqüências a eliminação de estoques, que é possível através do balanceamento da produção que é programada tendo por ponto inicial de raciocínio o antigo ponto final, ou seja, o cliente, mais especificamente a quantidade desejada pelo cliente ou clientes. Em outras palavras, a produção programada de acordo com a demanda, produzindo just-in-time.

Os estoques normalmente são usados para evitar interrupções na produção, diante de problemas no sistema, classificados por CORREA e GIANEZ (1997) nos seguintes tipos: problemas de qualidade, problemas de quebra de máquinas e problemas de preparação de máquinas.

A eliminação implacável do estoque é citada por SHINGO (1996) como uma característica fundamental do STP, tendo como alvo real à redução de custos. Ohno (1997) mostra uma forma interessante de descobrir desperdício: fazer uma análise a partir dos estoques, alegando que essa análise pode indicar a existência de excesso de pessoal. O excesso de pessoas, equipamentos e estoques são considerados pelo autor como exemplo de desperdício que o autor define como sendo todos os elementos que só aumentam os custos sem agregar valor.

- **Desperdício de movimentos:** decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades e podem ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, falta de estudo de layout do canteiro e do posto de trabalho, falta de equipamentos adequados, etc. OHNO (1997) diz que é possível separar os movimentos dos trabalhadores em desperdício e em trabalho, e completa definindo desperdício com sendo “o movimento repetido e desnecessário que deve ser imediatamente eliminado”. O autor classifica o trabalho naquele com ou sem valor adicionado. Diz ainda que os operários estarem se movendo não significa que estão trabalhando.

O trabalho sem valor adicionado são os movimentos que devem ser feitos para possibilitar que o trabalho que agrega valor seja feito. São atividades como buscar algum elemento, acionar uma máquina etc. Essa forma de trabalho acontece devido às condições existentes no processo para que seja possível a produção. O objetivo do STP é evoluir os processos de forma que não seja necessário realizar esse tipo de trabalho, evitando que o operário precise executar os movimentos que o compõem. Os movimentos que os trabalhadores fazem que não são nenhuma forma de trabalho são inteiramente desperdícios e ocorrem na forma de transportes desnecessários, descanso não previsto, mudança não programada no modo de fazer uma ação, atos próprios dos trabalhadores etc.

- **Desperdício de produtos com defeitos** (OHNO, 1997): de nada adianta eliminar incansavelmente as perdas no processo se este gerar um produto defeituoso. Todo esforço de produção transforma-se instantaneamente em perda. Não há cliente para produtos defeituosos. O STP visa à redução de perdas, objetivo perseguido pela filosofia da produção com estoque zero e também pelo princípio da produção com zero defeitos.

A qualidade máxima também é visada pelo Sistema Toyota de Produção que se vale dos princípios do Total Quality Control (TQC) para associar a esse sistema de produção os benefícios de tal prática.

No STP é clara a idéia de que não adianta apenas fiscalizar a qualidade dos produtos acabados. Se um produto for produzido com algum problema, o desperdício já aconteceu. Portanto, verificar a ocorrência de defeitos no final da linha não é a tônica desse sistema. A fiscalização está delegada a todos em todos os instantes da produção. Foram criados dispositivos para detectar automaticamente os problemas.

Percebe-se que, a partir de então, desperdícios passam a ser entendidos como qualquer atividade que absorve recursos, mas não agrega valor ao produto final.

Com o objetivo de eliminar os desperdícios do processo produtivo para aumentar a sua eficiência começam a ser desenvolvidas, por meio de “tentativas e erros”, uma série de técnicas e ferramentas que, ao longo de 30 anos, resultaram no Sistema Toyota de Produção. Para se conseguir a melhor qualidade, com o menor custo e no menor tempo, ou seja, para chegar ao “topo”, o Sistema Toyota de Produção sustenta-se em dois “pilares”: O Just in Time (JIT) e a Autonomia ou Jidoka.

Devido à sua proposta de redução de desperdícios em todas as etapas do processo de produção, este sistema ficou conhecido como Produção Enxuta.

2.5. A Padronização na Gestão de Projetos

Para que se possa compreender a abrangência dos conceitos do STP e, conseqüentemente, da padronização na gestão dos processos da construção civil, é interessante que a construção de uma determinada edificação, seja tratada como um projeto, que pode ser definido como:

“Processo único, consistindo de um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos”. (ISO 10006)

Segundo Renato Ramos (2006), para o PMI (Project Management Institute) e para a norma ISO 10006, o processo de gerenciamento de um projeto pode ser dividido em dez gestões específicas e interdependentes:

- Gestão da Integração
- Gestão do Escopo
- Gestão do Tempo
- Gestão dos Recursos
- Gestão dos Custos
- Gestão da Qualidade
- Gestão do Pessoal
- Gestão das Comunicações
- Gestão do Risco
- Gestão do Suprimento

Dentro de algumas dessas subdivisões, é possível observar com clareza as influências do STP e do processo de padronização, como será apresentado a seguir.

2.5.1. Gestão da Integração

Responsável por estabelecer os elos entre os demais processos e harmonizar a operacionalização das demais gestões visando alcançar os objetivos definidos para todo o projeto.

Como visto anteriormente, esta é a “alma” do STP, já que as atividades são interdependentes e a falta de sincronização entre elas acarreta desperdícios para o sistema de produção.

2.5.2. Gestão do Escopo

Segundo RAMOS (2006), a gestão do escopo visa garantir que todos os meios necessários estejam previstos, definidos e documentados para atingir o objetivo do projeto.

2.5.3. Gestão do Tempo

RAMOS (2006) descreve o processo de gestão do tempo como sendo a confecção e controle rigoroso do cronograma, que pode ser subdividido em cronogramas parciais ou de recursos caso haja necessidade de gerenciamento mais específico de alguma das partes.

A abordagem do STP neste processo foi revolucionária, pois foi implementado o sistema “just in time”.

O JIT criado pelo STP é formado por três elementos operacionais básicos: o sistema puxado, o tempo takt e o fluxo contínuo.

O sistema puxado, segundo NAZARENO (2003), é aquele em que a produção visa atender o consumo do cliente a partir da demanda de mercado. Os produtos vão produzidos à medida que estão sendo consumidos. No sistema de produção em massa, as montadoras produziam veículos muitas vezes em excesso, novamente gerando desperdícios.

De acordo com CHAVES (2010), o tempo takt é o ritmo que determina como a fábrica deve produzir para atender a demanda dos clientes. Devem ser realizados estudos para determinar quantos produtos devem ser expedidos por minuto para atender a demanda. Esse valor é obtido com a divisão do tempo disponível para a produção pela quantidade de produtos demandados nesse mesmo intervalo de tempo.

O fluxo contínuo de produção representa uma modificação no *layout* da empresa para que não ocorram perdas de tempo na movimentação interna do produto que está sendo trabalhado.

2.5.4. Gestão do Pessoal

O processo de gestão de pessoal visa criar um ambiente no qual a equipe envolvida com o projeto possa contribuir de forma eficiente para o sucesso do mesmo, atuando, sobretudo, nas questões relativas à motivação e integração (ISO 100006, 2000).

Este processo recebe grande contribuição do STP, pois OHNO(1997) percebeu que o sistema Ford era cheio de desperdícios. Ohno decidiu então modificar a política de recursos humanos, e o primeiro passo para isso foi a criação de equipes de trabalho.

As equipes de trabalho eram responsáveis por um trecho da linha de produção. Eles tinham um líder no lugar do supervisor. O líder conhecia várias funções, e inclusive substituía funcionários da linha de montagem caso fosse necessário. A equipe se tornou responsável também pela limpeza da área no fim do dia, controle de qualidade do que era produzido e por realizar pequenos consertos das ferramentas.

Quando a equipe já estava adaptada à nova forma de trabalho, eles passaram a convocar as equipes periodicamente para que fossem dadas sugestões de melhoria, criaram assim um sistema de melhoria gradual e constante.

O sistema Toyota de produção também ajudou a reduzir os retrabalhos. O sistema Toyota incentivava que todos os funcionários interrompessem a linha de produção quando encontrassem um problema, todos os integrantes da equipe focavam na resolução do problema e era aplicado o método dos 5 porquês¹, na tentativa de entender o problema ocorrido e evitar que ele se repetisse.

No início da implementação desse sistema a linha de produção parava constantemente, porém, à medida que os problemas foram sendo identificados mais facilmente pelos trabalhadores, o trabalho começou a fluir muito bem, com uma redução enorme no número de carros defeituosos no fim da produção e também nas horas paradas da linha de montagem. O resultado foi que os carros chegavam com muito mais qualidade ao consumidor, já que os defeitos de montagem eram quase nulos, e a Toyota conseguiu reduzir significativamente seu pátio de consertos e seus custos com retrabalho.

2.5.5. Gestão do Risco

A gestão de riscos lida com as incertezas que permeiam todo o projeto, requerendo uma abordagem estruturada. Tem como principais metas a minimização dos impactos de eventos potencialmente negativos e a obtenção de vantagens nas oportunidades de melhoria (ISO 10006, 2000).

As incertezas são diretamente proporcionais à variabilidade de um determinado projeto e seus componentes, o que é fortemente combatido com a implantação de padrões bem definidos, base do STP.

2.5.6. Gestão do Suprimento

Trata da compra, aquisição ou suprimento de produtos necessários ao projeto (ISO 10006, 2000). Essencialmente, o processo planeja, especifica e controla os itens de contrato estabelecendo uma forte vinculação com os fornecedores.

O sistema de gerenciamento dos fornecedores também foi modificado por OHNO (1997) que observou nas fábricas de produção em massa, um relacionamento pouco interativo entre a montadora e seus fornecedores. Os fornecedores recebiam os desenhos prontos e davam o seu orçamento. Aquele que possuísse o menor preço e atendesse aos critérios de prazo e qualidade era o escolhido para produzir a peça. No entanto, não tinham abertura para propor melhorias já que recebiam os desenhos prontos e sem informações complementares. Além disso, tratavam sua relação como de curto prazo, sabendo que a qualquer momento poderiam ser trocados por um concorrente ou passar a produzir para outra montadora.

Aproveitando a experiência dos fornecedores, a Toyota criou (WOMACK *et al.*, 1990) então um sistema de cooperação entre fornecedores e montadora, criando um ambiente de trabalho mais eficiente e confortável. Isso permitiu o compartilhamento de informações entre fornecedores, já que cada um se especializou em um item de fornecimento.

Surgiu também nesse momento, o famoso sistema de fornecimento e distribuição '*just-in-time*' (JIT). Segundo CHAVES (2010), o sistema visa atender a demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios. Produz apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária.

Para adequar a essa filosofia, as entregas dos fornecedores deveriam ser realizadas aos poucos, os produtos ficavam em containers, e quando esses containers ficavam vazios, eles eram enviados para os fornecedores sinalizando a necessidade de uma nova entrega. Logicamente, caso um dos integrantes da cadeia de suprimentos falhasse, toda a linha de produção pararia, mas Ohno considerava isso vantajoso na medida em que os próprios fornecedores estavam sempre atentos para prever problemas e evitar que eles acontecessem.

O mesmo princípio regia a produção dos veículos. Eles eram produzidos sob demanda, e a empresa respondia bem às variações de demanda do mercado.

Todo esse sistema de fornecimento, segundo WOMACK *et al.* (1990), demorou mais de 20 anos para ser implementado com perfeição. A Toyota reduziu as suas áreas de

estoque, garantiu um melhor funcionamento das suas peças e uma melhor relação com seus fornecedores.

2.6. A Padronização na Indústria da Construção Civil

É comum que o sucesso obtido por uma determinada técnica ou metodologia seja observado e aplicado a outras atividades similares.

Tendo em vista que a construção civil consiste em um processo industrial, apesar de suas particularidades, não foi muito difícil compreender que a definição de padrões de materiais, serviços e atividades, traria uma série de benefícios para o setor. Além do que, os conceitos de maximização de eficiência e principalmente de eliminação de desperdícios se encaixam perfeitamente nas diretrizes atuais dos processos construtivos da engenharia civil.

Dentre os maiores benefícios oriundos da padronização da construção civil é a possibilidade de se estabelecer algo similar a uma linha de montagem dentro do canteiro de obras. Isso se torna viável à partir do momento em que se utiliza sistemas construtivos industrializados, reduzindo o processo construtivo a simples repetição de tarefas de montagem. Estudos sobre aumento de produtividade concluem que um trabalho executado repetidas vezes, sem interrupções e em grandes quantidades resulta na experiência da mão-de-obra e conseqüentemente na melhoria do seu desempenho. No entanto, é importante que além dos sistemas construtivos, os projetos, procedimentos e até mesmo mão-de-obra sejam padronizados, de forma a evitar desperdícios no processo produtivo.

Segundo HEINECK (1994), “não basta que o canteiro seja repetitivo, há necessidade de que os operários desloquem-se sem interrupção de uma tarefa para outra; ainda mais, dentro da própria tarefa, não pode haver paradas devido à falta de materiais, falta de detalhamento construtivo, interferência com outras tarefas, desbalanceamento e falta de elementos na equipe de trabalho, ou ingerência de causas naturais como chuvas, etc”.

Com base nesta idéia nasceu a chamada construção enxuta ou “lean construction”. A construção enxuta, basicamente, consiste no emprego dos princípios da produção enxuta utilizada em outras indústrias, como a automobilística, para otimizar a gestão dos processos da construção civil, reduzindo perdas e aumentando a produtividade.

Este capítulo apresenta o cenário atual da construção civil, do ponto de vista da padronização, e os benefícios originados da aplicação de sistemas construtivos padronizados em edificações em geral.

2.7. A Industrialização da Construção Civil

A padronização pode ser implantada em um determinado projeto em diversas etapas e de diversas formas. No que diz respeito aos sistemas construtivos, a maneira mais simples e segura de se garantir um padrão é a utilização de sistemas industrializados.

Históricamente a indústria da construção civil brasileira utiliza métodos construtivos baseados na moldagem “in loco”, devido à abundância de mão-de-obra barata e a ausência de uma atividade industrial capaz de suprir a demanda do mercado.

No entanto, esse panorama vem sendo modificado através dos últimos anos. Com o aquecimento do setor e o conseqüente aumento da demanda de serviços, o país vivencia um período de escassez de mão-de-obra qualificada, o que reflete em uma visível queda na qualidade dos empreendimentos. Por outro lado, as indústrias de pré-moldados vêm conquistando seu espaço, se tornando uma opção viável e muitas vezes mais vantajosa.

A fabricação de componentes em um ambiente industrial, com mão-de-obra qualificada e sob um controle mais rigoroso de produção durante todo o processo, garante maior precisão e reduz sensivelmente o desperdício de material. A aplicação destes sistemas permite ainda prescindir ou reduzir ao mínimo o consumo de água no canteiro, que é um fator de grande relevância atualmente.

Sendo sistemas de fabricação industrial, há alguns fatores, contudo, que não podem ser negligenciados na concepção dos projetos que adotem estes sistemas. A padronização dos componentes utilizados é de extrema importância, pois isto se reflete diretamente nos custos de produção. Dessa forma, é imprescindível que o projeto seja concebido respeitando a relação de modularidade estabelecida a partir da definição e dimensionamento dos componentes do sistema.

A definição dos módulos sobre os quais será concebido o projeto, devem ser considerados alguns parâmetros, como por exemplo: a definição de dimensões adequadas à compartimentação dos espaços internos da edificação, as dimensões do lote e as especificações e dimensões comerciais disponíveis dos componentes adotados.

Outro fator que pode ser decisivo na escolha por um sistema pré-fabricado, é a agilidade do processo construtivo, já que muitas etapas que deveriam ser cumpridas no caso de uma moldagem “in loco” se tornam desnecessárias. Isso pode se tornar uma grande vantagem no caso de empreendimentos comerciais como shoppings e

hotéis, por exemplo, que podem antecipar significativamente o início de sua atividade comercial, gerando receita em menos tempo.

O fluxograma na figura 3, mostra de maneira generalista, a ordem de execução dos serviços presentes no caminho crítico de uma edificação, desde a etapa de projeto até a última etapa construtiva.

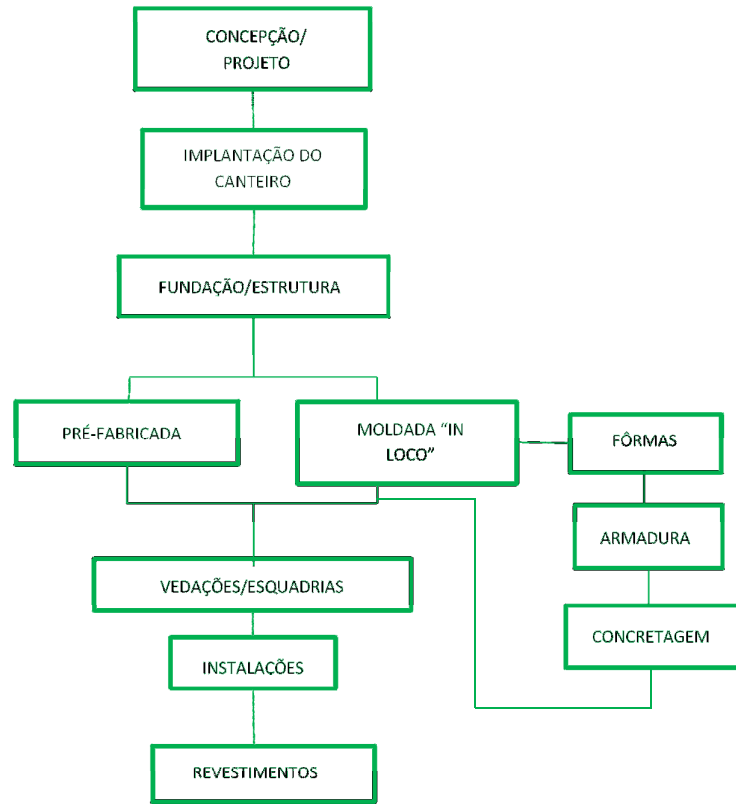


Figura 3 - Fluxograma da ordem de execução dos serviços (criado pelo autor)

A implementação da padronização nessas diversas etapas da execução de uma edificação, pode trazer grandes benefícios tanto para o construtor como para o cliente final. Em cada uma dessas etapas, pode-se optar por um sistema industrializado (pré-fabricado) ou moldado “in loco”. É possível observar no fluxograma acima, que um sistema estrutural moldado “in loco”, por exemplo, necessita de mais etapas: execução das formas, execução da armação, execução da concretagem. Cada uma dessas etapas, pode ainda ser subdividida em atividades menores, como por exemplo: lançamento do concreto, adensamento do concreto e cura do concreto.

Essas atividades “extras” representam um aumento considerável não só de tempo, como de mão-de-obra e dificultam o controle e a garantia da qualidade do serviço executado. Como foi visto anteriormente no STP, toda e qualquer etapa dispensável do processo produtivo é considerada um desperdício e deve ser eliminada sempre que possível.

Portanto, a padronização deve ser aplicada não só no sistema estrutural da edificação, mas também nos demais serviços apresentados acima. Este trabalho irá apresentar alguns sistemas construtivos baseados na padronização, aplicados nas etapas mais críticas em termos de prazo, custo e redução de desperdícios: Projeto, implantação do canteiro, fundações/estruturas e vedações/esquadrias.

3. Aplicação da Padronização nas Etapas da Obra

3.1. Concepção e Projeto

A primeira etapa da construção de um determinado empreendimento, se inicia dentro do escritório, com a elaboração do conceito e dos projetos que serão responsáveis por criar as diretrizes e especificações necessárias para o sucesso da etapa construtiva.

Esta etapa será fundamental para a definição dos padrões e dos sistemas construtivos que serão adotados futuramente durante a construção e não deve, em hipótese alguma, ser negligenciada. O ponto de partida para o desenvolvimento destes padrões é a concordância dos objetivos desejados com as especificações das normas, sejam elas, normas obrigatórias ou do próprio cliente. A representação destes padrões, de maneira geral, se dá através de desenhos detalhados e memoriais de cálculo e descritivos que determinam as características e propriedades dos materiais e técnicas que serão empregados na obra.

No entanto, é muito comum, principalmente no Brasil, que as obras se iniciem antes do amadurecimento dos projetos ou até mesmo sem eles. Isso ocorre devido a uma falsa sensação de que um menor investimento em projetos, irá trazer uma redução dos custos e adiantamento dos serviços. Essa ilusão só será verificada no decorrer da obra, com os desperdícios e retrabalhos causados por falhas e incoerências de projeto.

Segundo MUTTEU e CNUDE (1989) quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra repletos de erros e de lacunas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução. Isso é comprovado pelo grande número de problemas patológicos dos edifícios atribuídos às falhas de projeto.

Estes projetos devem ser desenvolvidos em um ambiente multidisciplinar, onde serão analisados em conjunto e com a cooperação dos diversos profissionais envolvidos, tornando-os coerentes e concordantes entre si, possibilitando a eliminação de interferências ainda na fase inicial. Esse processo é chamado de compatibilização permite detectar e eliminar problemas em uma fase em que as decisões estratégicas do empreendimento são menos onerosas.

A padronização é uma ferramenta fundamental para facilitar o processo de compatibilização dos projetos, já que todas as disciplinas envolvidas no projeto, tendo conhecimento do padrão adotado, estarão focadas em atender à uma determinada especificação pré-estabelecida, evitando soluções incompatíveis.

DUARTE e SALGADO (2002) afirmam que o projeto executivo pode ser um eficaz instrumento, capaz de otimizar o uso dos materiais, levando em conta suas dimensões, diminuindo desperdícios na hora de sua colocação e de orientar/ estudar as melhores soluções de integração dos sistemas construtivos utilizados evitando, assim, incompatibilidades entre os mesmos.

A opção por um sistema industrializado, portanto, torna o processo de compatibilização mais simples, porém implica em algumas mudanças na concepção do projeto, já que este deve ser pensado de uma forma diferente do que no caso de um processo “artesanal”.

O projeto arquitetônico deve levar em conta os padrões disponíveis no mercado e adotar de acordo com suas necessidade as peças que servirão como módulo base para a edificação. Os compartimentos então terão dimensões padronizadas, obtidas através da repetição dos módulos base. A repetição do módulo base é crucial para a

viabilidade econômica do projeto, portanto, a forma da edificação deve ser cuidadosamente pensada. A indústria produz peças com determinadas dimensões, podendo fabricar peças especiais por encomenda, o que acarreta um custo maior.

Vale ressaltar que o uso da ferramenta a modulação não deve ficar restrito somente aos elementos estruturais, mas deve englobar todos os componentes construtivos presentes na arquitetura.

3.2. Implantação do Canteiro

A primeira etapa construtiva de uma determinada obra é a implantação do canteiro de obras. Apesar de parecer elementar, a implantação do canteiro deve levar em conta alguns aspectos de grande importância para o sucesso do empreendimento, além de atender à normas e especificações que variam conforme o tamanho da obra e o número de colaboradores.

O canteiro é composto de uma série de compartimentos para diversar funções: escritórios, almoxarifados, banheiros, alojamentos, refeitórios, dentre outros.

O layout do canteiro deve ser planejado para que se obtenha a melhor utilização do espaço disponível para a obra, locando materiais, equipamentos e a mão de obra de forma que sejam criadas condições propícias para a realização das tarefas com eficiência, através de mudanças no seqüenciamento de atividades, da redução de distâncias e tempo de deslocamentos e da melhor preparação dos postos de trabalho. (ALVES, 2012)

Segundo VIEIRA NETTO (1993) o ganho de produtividade nos canteiros de obras está diretamente ligado a redução dos desperdícios. Ainda de acordo com o autor, no Brasil há um índice de desperdício de material na ordem de 25% para erros cometidos dentro do canteiro e de projetos mal elaborados, de 50% advindos de vários fatores de improdutividade, e de 85% no uso inadequado de equipamentos.

O canteiro de obras, tem caráter temporário e em alguns casos, em que se faz necessária a mudança de posição de alguns elementos, seu layout sofre transformação no decorrer da obra.

No Brasil, é comum que estes compartimentos sejam construídos com madeira compensada ou OSB, sendo popularmente conhecidos como barracões de obra. Neste caso, é interessante que as peças tenham dimensões padronizadas para

facilitar a montagem, desmontagem e manutenção dos compartimentos, possibilitando também um maior reaproveitamento dessas peças.



Figura 4 – Barracão de obra (www.lpbrasil.com.br, 2014)

No entanto, com relação à padronização e modularidade, os containers são atualmente a opção de maior destaque. O fato de serem uma peça monolítica e com dimensões padronizadas confere aos containers a oportunidade de reduzir os desperdícios em diversos aspectos o que se torna uma grande vantagem em relação aos outros sistemas:

- Agilidade e rapidez no transporte, montagem e desmontagem;
- Não gera resíduos no seu processo de montagem e desmontagem;
- Peso relativamente baixo, não havendo necessidade de fundações;
- Versatilidade devido à sua natureza modular, possibilitando diversos arranjos.

Como desvantagens, ocorre, principalmente o desconforto térmico e acústico, que pode ser resolvido com a utilização de revestimentos adequados, porém com aumento significativo de custo (QUINTAIROS, UFRJ, 2013).

É necessário ainda que os containers estejam adaptados para atender às exigências da norma NR-18. Containers originalmente usados no transporte e/ou acondicionamento de cargas devem ter um atestado de salubridade relativo a riscos químicos, biológicos e radioativos, com o nome e CNPJ da empresa responsável pela adaptação (SAURIN e FORMOSO, 2006).



Figura 5 – Exemplo de Arranjo de containers (<http://sp.quebarato.com.br>, 2014)

É interessante ressaltar que devido à grande praticidade e bom desempenho apresentados por containers em obras, muitos arquitetos têm lançado mão destes elementos para inovar em projetos de casas. As “casas container” são uma opção de imóvel sustentável, pois sua construção quase não gera resíduos e apresenta custo baixo. Outro atrativo deste sistema é a velocidade de execução, já que o processo construtivo consiste basicamente no empilhamento dos containers, como é possível observar nas figuras abaixo.



Figura 6 – Casa container (www.campograndenews.com.br, 2014)

3.3. Fundação e Estrutura

Segundo CASCÃO (2009) uma estrutura é um conjunto capaz de receber solicitações externas, denominadas ativas, absorvê-las internamente e transmiti-las até seus apoios ou vínculos, onde encontram um sistema de forças externas equilibrantes, denominadas forças reativas.

Em uma edificação a estrutura pode ser dividida em supraestrutura e infraestrutura, onde a supra estrutura são a parte que está acima do nível do solo, e a infraestrutura é composta basicamente pelas fundações da edificação. Aqui será abordado o uso de elementos estruturais pré-fabricados, tanto na infraestrutura quanto na supraestrutura de edificações em geral.

Segundo ORDONEZ (1974), a pré-fabricação pode ser compreendida como “uma fabricação fora do canteiro, de partes da construção, capazes de serem utilizadas mediante ações posteriores de montagem”. (BRUMATTI, 2008)

Atualmente, com a busca pela racionalização dos processos construtivos, visando ao aumento da produtividade e à redução dos custos de construção, a indústria de pré-fabricados vem crescendo bastante no Brasil.

3.3.1. Estrutura pré- fabricada de concreto armado

Pode -se dizer que o concreto armado é o material de construção mais popular do mundo. No Brasil, tem sido o material mais empregado em estruturas desde meados de 1900. Segundo matéria do site da revista Técnica (<http://techne.pini.com.br/>, 2008), a história do concreto armado no Brasil começou em 1904, no Rio de Janeiro, com a construção de um conjunto de seis prédios pela Empresa de Construções Civis, sob responsabilidade do engenheiro Carlos Poma. À época, conforme descrito no livro "A Escola Brasileira do Concreto Armado", de Augusto Carlos de Vasconcelos e Renato Carrieri Júnior, o material era denominado cimento armado.

Um dos principais motivos para a popularização deste material, é sua facilidade de execução, já que pode ser moldado no próprio local sem necessidade de um ambiente industrial, o que o torna acessível à empreendimentos de orçamento reduzido.

O processo de moldagem, no entanto, depende de uma série de etapas complexas que devem ser acompanhadas com rigor, para evitar desperdícios, impactos ambientais e até mesmo riscos à segurança dos usuários. Essas etapas podem ser explicadas de maneira simplificada, da seguinte forma:

Após o preparo das formas, é posicionada a armadura, seguida do lançamento do concreto. O concreto deve então ser adensado para evitar vazios que comprometem sua resistência e durabilidade. Por fim, serão aplicadas técnicas de cura para evitar a retração do concreto, o que pode gerar fissuras nocivas ao material. Vale ressaltar que, após o lançamento do concreto nas formas, é necessário aguardar até que o material tenha resistência suficiente para resistir aos esforços solicitantes. Durante este período, é necessário que se mantenha o escoramento dos elementos concretados o que implica em custos e prazos adicionais.

Por muitas vezes, a importância dessas etapas é menosprezada, o que traz conseqüências muito ruins para o produto final. Uma série de problemas e patologias estão associadas à uma concretagem deficiente:

- vazamento da nata de cimento, devido à não estaqueidade das formas;
- mau adensamento do concreto, gerando diversas patologias como segregação da mistura e “bicheira”;
- cura mal feita, causando fissuração do concreto e diminuindo sua durabilidade e resistência;
- retirada prematura do escoramento, causando deformações excessivas e fissuras.



Figura 7 - Bicheira - falha de concretagem que deixa exposta a armadura e os componentes do concreto
(<http://equipedeobra.pini.com.br>, 2009)



Figura 8 - Fissuras devido à falha de cura (www.basf-cc.com.br, 2014)

É com a proposta de evitar estes transtornos que surge a indústria de pré-moldados de concreto. A grande vantagem de uma estrutura feita em concreto pré-moldado em relação ao sistema tradicional é que os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes, estacas e outros, são moldados e adquirem certo grau de resistência dentro da indústria, e só então são transportadas para o canteiro de obras. Desta forma, além de evitar os desperdícios inerentes às etapas citadas acima, aumenta-se significativamente a produtividade no canteiro, já que o trabalho se resume à montagem da estrutura.

Esse aumento de produtividade, sem perder a qualidade se torna viável devido à um processo de fabricação baseado na padronização. A aplicação de soluções padronizadas sempre que possível é fundamental no processo de pré-fabricação, já que gera experiência, alta produtividade, maior qualidade e confiabilidade, assim como uma execução mais rápida.

Além disso a padronização tem um grande impacto econômico no processo de pré-fabricação, pois quanto maior for a repetição, maior é o reaproveitamento e conseqüente menor é o custo das fôrmas. Segundo a empresa Leonardi Construção Industrializada (www.leonardi.eng.br, 2014), especialista em sistemas construtivos industrializados, a padronização é aplicável nas seguintes áreas:

- modulação de projeto;
- padronização de produtos entre fabricantes;
- padronização interna para detalhes construtivos e padronização de procedimentos para produção e ou montagem.

Geralmente, a padronização se limita a detalhes, dimensões e geometria das seções transversais, mas raramente ao comprimento das unidades. O comprimento das peças, na maioria das vezes é limitado pelo transporte até o local da obra, já que

peças muito compridas podem ter dificuldade para transitar em algumas vias ou regiões. O projetista pode selecionar o comprimento, dimensões e capacidade de carga dentro de certos limites, baseando-se em informações disponíveis em catálogos dos fabricantes.

Ainda segundo o site da empresa (www.leonardi.eng.br, 2014), a padronização de sistemas construtivos não significa apenas a industrialização da produção de componentes, mas a repetição de tarefas também significa evitar erros e experiências negativas.

Nas figuras apresentadas abaixo é possível observar o esquema de montagem de uma estrutura pré-moldada de concreto armado.



Figura 9 – Montagem de estrutura de concreto pré-moldado (www.mwguindastes.com.br, 2014)

Atualmente vêm sendo amplamente empregadas, principalmente em construções de shoppings centers, as chamadas lajes alveolares, que são painéis pré-fabricados de lajes em concreto protendido, que permitem vencer grandes vãos e altas sobrecargas, e propiciam redução no cronograma da obra.

Segundo a Cassol Pré-fabricados (www.galpoesprefabricados.com.br, 2014), as lajes alveolares permitem uma significativa redução no prazo de execução da obra, pois além de oferecerem maior agilidade no processo produtivo, permitem que sejam realizadas outras atividades juntamente com a montagem da estrutura, como por exemplo, as instalações hidráulicas, elétricas, revestimentos entre outros. Outra vantagem citada pela empresa, é a garantia da qualidade já que o processo de fabricação das lajes permite um controle muito mais rigoroso que os apresentados nos processos tradicionais, garantindo um padrão de qualidade superior e atendendo plenamente as expectativas do cliente.

A foto abaixo mostra a montagem de uma laje alveolar sobre uma estrutura composta de vigas e pilares pré-moldados.



Figura 10 – Içamento de laje alveolar para posicionamento na estrutura (www.adove.com.br, 2014)

Após a montagem as lajes devem ser solidarizadas entre si através de uma concretagem “in loco”. A Cassol afirma que o ciclo completo, que compreende o preparo da pista, a concretagem, a cura do concreto e a liberação da laje para o transporte é de 24 horas (www.galpoesprefabricados.com.br, 2014).

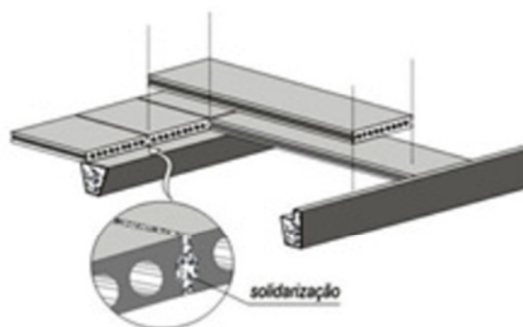


Figura 11 - Detalhe de solidarização das lajes (www.galpoesprefabricados.com.br, 2014).

3.3.2. Estrutura Metálica

A estrutura metálica, assim como as estruturas pré-fabricadas de concreto apresentadas anteriormente, representam um grande passo para a padronização das atividades da construção civil, pois substituem o processo de moldagem “in loco” por um processo de montagem, que é muito mais limpo, rápido e confiável.

O primeiro material siderúrgico empregado na construção foi o ferro fundido. Entre 1780 e 1820 construíram-se pontes em arco ou treliçadas, com elementos em ferro fundido trabalhando em compressão. O ferro fundido comercial tem boa resistência à compressão (mínimo de 500MPa), porém a resistência à tração é apenas cerca de

30% da primeira. Sob efeito de choques, mostra-se quebradiço (frágil). Em meados do século XIX declinou o uso do ferro fundido em favor do ferro forjado, que oferecia maior segurança. Entretanto, o grande número de acidentes com estas obras tornou patente a necessidade de estudos mais aprofundados e de material de melhores características. (PFEIL e PFEIL, 2008)

O metal mais utilizado atualmente para fins estruturais é o aço, por possuir características bem interessantes para esta função. Tanto o aço quanto o ferro fundido são ligas de ferro e carbono, com outros elementos. O carbono aumenta a resistência do aço, porém o torna mais frágil. Segundo (CHIAVERINI, 1996), o aço é a liga ferro-carbono em que o teor de carbono varia desde 0,008% a 2,11%.

Os aços empregados em estruturas requerem boa ductilidade, homogeneidade e soldabilidade, além de elevada relação entre a tensão resistente e a tensão de escoamento. A resistência à corrosão é também importante só sendo, entretanto, alcançada com pequenas adições de cobre. (PFEIL e PFEIL, 2008)

Além de se tratar de um material altamente resistente, o aço apresenta alta ductilidade, ou seja, quando sujeito à tensões elevadas, é capaz de sofrer deformações plásticas, redistribuindo assim as tensões. Esse comportamento é de grande importância, pois conduz a mecanismos de ruptura acompanhados de grandes deformações que fornecem avisos da atuação de cargas elevadas.

A norma responsável por estabelecer os padrões dos aços utilizados nas construções, de acordo com seu limite de escoamento é a NBR 7007 – Aços para perfis laminados para uso estrutural da ABNT.

Segundo CASTRO (UFMG, 2008), a estrutura de aço possui particularidades que devem ser conhecidas desde a concepção formal do projeto. Podem-se citar algumas características que influenciam a escolha desse processo construtivo:

- Possibilidade de vencer grandes vãos, com peças mais leves, portanto, mais esbeltas;
- Dimensões menores de vigas e pilares (a resistência é obtida através da variação de espessura das chapas), acarretando um maior aproveitamento dos espaços;
- Alívio das cargas nas fundações, ideais para determinados tipos de terrenos;
- Construção por montagem, industrializada, o que exige uma maior precisão no projeto e maior rapidez e racionalização da execução.

A montagem do sistema é feita com o auxílio de guias ou guindastes que possibilitam o içamento das vigas e pilares até suas posições, onde serão conectadas às demais através de parafusos ou soldas. As lajes podem ser de concreto armado moldadas “in loco” ou pré-moldadas, alveolares ou steel deck.



Figura 12 - Montagem de estrutura metálica. (www.ufsm.br, 2013)

Abaixo é possível observar o detalhe de ligações típica entre vigas e pilares metálicos.

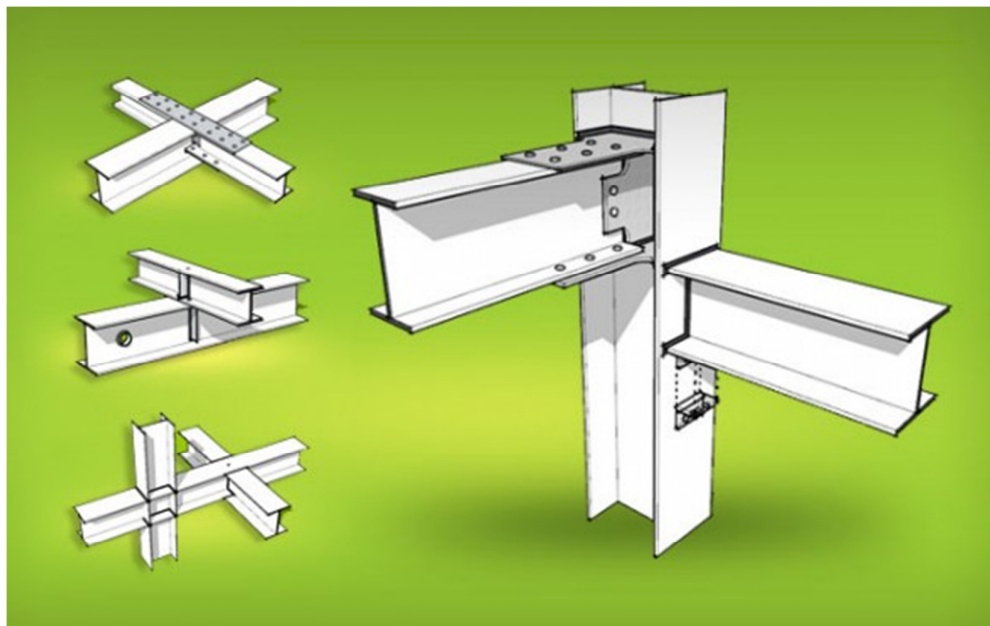


Figura 13 – Detalhes de ligações entre perfis de aço. (http://steinluz.arq.br/blog/index.php, 2014)



Figura 14 - Estrutura metálica montada. (<http://www.cbca-acobrasil.org.br/>, 2013)

Assim como no concreto pré-moldado, as estruturas metálicas podem ser empregadas também nas fundações. As estacas mega, por exemplo, são estacas metálicas comumente empregadas em reforços de fundações. Este tipo de estaca é executado com o auxílio de um macaco hidráulico, através de um processo de cravação estática. As estacas são segmentadas em módulos padronizados, que são soldados uns aos outros, conforme a evolução da cravação.

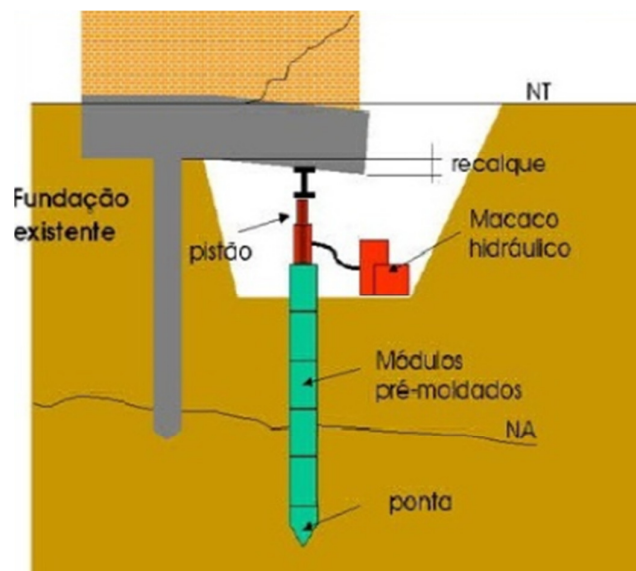


Figura 15 - Esquema de cravação de estacas mega (<http://www.bateforteestacasbauru.com.br/>, 2014)

3.4. Vedações/Esquadrias

3.4.1. Alvenaria de Vedação

A alvenaria de tijolos de barro, conhecido como tijolo “baiano” é a forma de vedação mais popular no Brasil, e apesar de não ser um sistema construtivo industrializado, é possível se implementar conceitos de padronização, desde que se faça algumas adequações no sistema.

Em geral, esta técnica traz desperdícios e grande quantidade de resíduos nas obras, o que torna o ambiente do canteiro mais sujo e aumenta os custos com o material e seu descarte. Além disso, os tijolos empregados neste tipo de alvenaria costumam ser de baixa qualidade, apresentando imprecisão dimensional, heterogeneidade e deformações.

A adoção de um bloco com características geométricas e mecânicas adequadas, no entanto, pode viabilizar a padronização deste sistema, racionalizando esta etapa tão significativa da obra. Com esta finalidade, muitas construtoras vêm se utilizando de blocos de concreto para vedações em suas obras.

Segundo a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), o bloco de concreto oferece algumas vantagens em relação a outros sistemas, como: modularidade (facilidade de execução), precisão dimensional, execução racional, maior economia final da edificação, elevada resistência e durabilidade.

Entretanto, para que a padronização da alvenaria seja implantada com sucesso é necessário que haja a modulação dos compartimentos ainda na fase de projetos, como foi mostrado no item 3.1. Além disso, é fundamental a elaboração de um projeto de alvenaria de vedação e sua compatibilização com os projetos dos demais sistemas.

A figura abaixo apresenta alguns módulos de bloco de concreto disponíveis no mercado, nos quais o projeto deve se basear para a definição do padrão desejado.

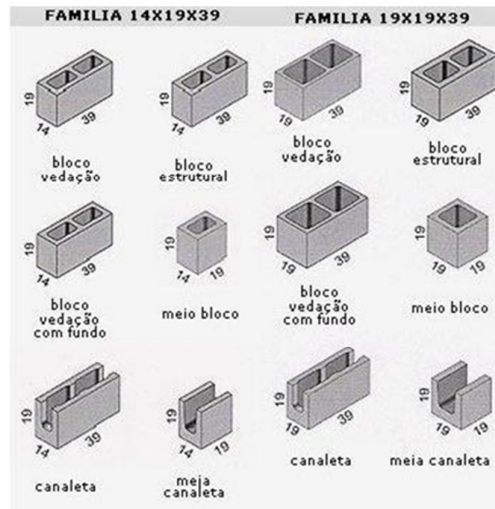


Figura 16 – Família de blocos de concreto (<http://qualiblocos.blogspot.com.br>, 2014)

O projeto de alvenaria tem a função de coordenar e compatibilizar todos os sistemas envolvidos. Além disso, permite ajustes e detalhes técnicos que beneficiam a produtividade da obra. Assume papel importante por definir parâmetros como:

- Escolha dos materiais e componentes que deverão ser empregados
- Geometria das paredes evitando desperdícios e retrabalho
- Reforços e detalhes adequados para o bom desempenho da alvenaria
- Execução adequada aos padrões escolhidos
- Compatibilidade da alvenaria às estruturas e instalações
- Planejamento logístico
- Tecnologias de produção mais adequadas – incluindo equipamentos
- Controle de qualidade também para serviços
- Integração das soluções de todos os subsistemas

Um estudo da Comunidade da Construção de Campinas (www.comunidadeconstrucao.com.br, 2014), estabelece as melhores práticas construtivas utilizadas atualmente e como representá-las em um Projeto de Alvenaria de Vedação (PAV).

O primeiro projeto a ser observado é o arquitetônico, onde consta a locação das alvenarias com suas espessuras e posicionamento em relação aos pilares. Outra informação obtida na arquitetura é em relação às aberturas para as esquadrias, cuja localização deve ser bem detalhada. A posição deve ser definida em relação às duas

extremidades da parede e tendo a sua medida bem determinada. No caso de portas devemos ter a altura total e espessuras de batentes, de preferência com um desenho de detalhe. No caso de janelas, definir as dimensões e material e espessura do parapeito.

O projeto estrutural contém informações quanto aos deslocamentos da estrutura, que são de extrema importância para o projeto de alvenaria. Para que se possa adotar as folgas necessárias entre a alvenaria e a estrutura, é preciso saber em quanto as peças vão deformar, no início da colocação da alvenaria e depois da execução da mesma.

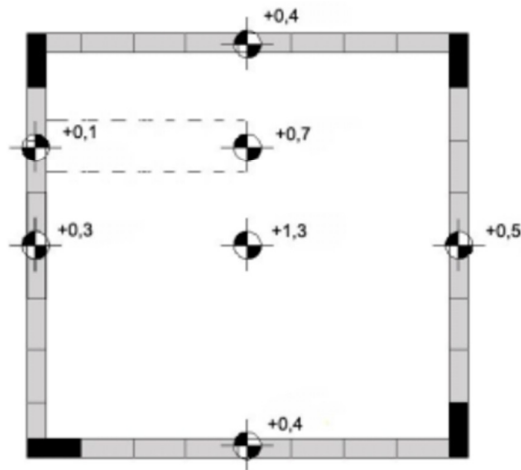


Figura 17: Indicação das flechas da estrutura (www.comunidadeconstrucao.com.br, 2014)

É necessário ainda que todos os elementos existentes na parede sejam identificados, com indicação da locação em planta e altura de posicionamento. Essas informações são obtidas nos projetos de instalações. Esses elementos deverão ser ajustados para se adequar à modulação estabelecida.

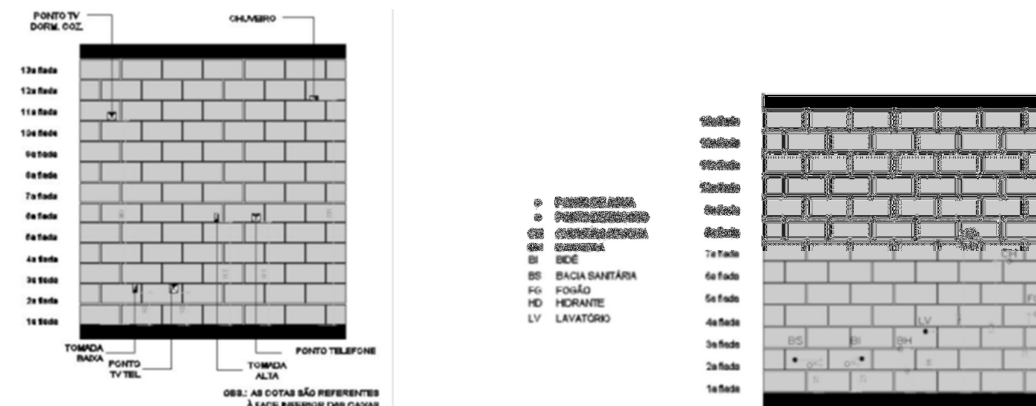


Figura 18 - Indicação dos pontos de instalações elétricas e hidrossanitárias

(www.comunidadeconstrucao.com.br, 2014)

A ABCP (<http://www.abcp.org.br>, 2014) diz que, com um planejamento bem estruturado de alvenaria é possível prever a quantidade exata de blocos a serem utilizados. O bloco de concreto possibilita ainda que a construção abrigue as instalações elétricas nos seus vazados, eliminando a etapa de rasgos nas paredes, processo comum na construção convencional, que conduz ao desperdício, ao retrabalho e ainda polui o planeta. Considerando todas estas vantagens, o metro quadrado de parede pronta de blocos de concreto chega a ser 25% mais barata que as demais alternativas.

3.4.2. Drywall

Basicamente, o drywall consiste em uma divisória formada por um sistema de placas pré-fabricadas de gesso acartonado montadas sobre uma estrutura de aço galvanizado. O nome drywall, pode ser traduzido como “parede seca”, já que o processo de montagem da parede praticamente não utiliza água, a não ser para fazer os arremates das juntas entre as placas. A construção a seco dispensa os métodos convencionais de alvenaria, onde a sujeira e lamaceiro estão sempre presentes.

As paredes em drywall são como um sanduíche, onde existe uma estrutura interna de aço galvanizado perfilado em “U”, envolvido por chapas de gesso acartonado aparafusados na estrutura, enrijecendo totalmente o produto final.

A primeira etapa é a montagem dos perfis de aço galvanizado que irão suportar as placas, as instalações elétricas e hidrossanitárias e os materiais isolantes termo-acústicos, caso necessários. Estes perfis dobrados em “U” são na sua maioria fabricados e utilizados nas dimensões de base como 48mm, 70mm ou 90mm, mas podem variar dependendo da exigência de resistência mecânica da parede. Existem dois tipos básicos de perfis “U”, as guias e os montantes. As guias, normalmente são instaladas na horizontal, onde uma é afixada na parte superior do pé-direito e a outra no piso, atuando assim como guia da estrutura, ou seja, servindo como ponto de encaixe dos montantes para assegurar alinhamento e prumo estruturais. Os montantes são normalmente instalados na vertical, encaixados dentro das guias e espaçados modularmente com o máximo de 60 cm entre os mesmos. (www.portaldrywall.com.br, 2014)



Figura 19 - Estrutura da parede montada (www.facilitieservicos.com.br, 2013)

Com a estrutura pronta, os cabos e tubulações são então instalados conforme projeto, evitando que a parede tenha que ser aberta, como é de prática na alvenaria comum. Reforços de madeira auto-clavada e tratada contra cupim podem ser colocados conforme necessidade.



Figura 20 - Instalações elétricas
(www.facilitieservicos.com.br, 2013)



Figura 21 - Instalações Hidráulicas
(www.facilitieservicos.com.br, 2013)



Figura 22 - Reforço de madeira na estrutura de aço galvanizado (www.portaldrywall.com.br, 2014)

Após a execução das instalações, as chapas de gesso acartonado são fixadas com parafusos especiais sobre cada um dos dois lados da parede. Normalmente, as chapas são fabricadas com 1,20 m de largura, 3,00 m de comprimento e 12,5 mm de espessura, conferindo rigidez a parede, além de alta qualidade aparente.

O acabamento, também chamado de tratamento de juntas, consiste na aplicação de uma fita de papel embebida em uma massa específica nas juntas das chapas, evitando o desenvolvimento de fissuras. Após a secagem do enfitamento deverá ser feito o lixamento da superfície, alternado entre demãos de massa de acabamento. (www.portaldrywall.com.br, 2014)



Figura 23 - Parede de drywall com acabamento das juntas (www.lojaskd.com.br, 2014)

Geralmente, as paredes de drywall são utilizadas como divisórias internas, no entanto, existem placas especialmente desenvolvidas para resistir à umidade e outros agentes e que podem ser utilizadas como vedação externa.

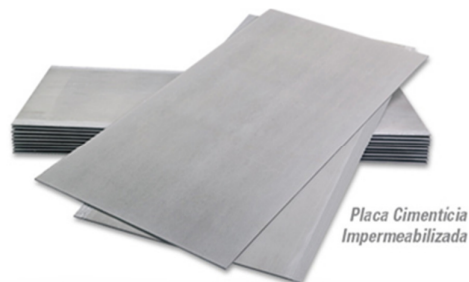


Figura 24 - Placa cimentícia impermeabilizada, utilizada externamente. (<http://www.brasilit.com.br>, 2013)

O drywall pode trazer grandes benefícios para a obra, quando executado com o planejamento adequado. Dentre as principais vantagens deste sistemas estão (www.placocenteruberlandia.com.br, 2013):

- facilidade nas instalações hidráulicas e elétricas, devido aos vazios entre as placas, evitando quebras e proporcionando o mínimo de desperdício e retrabalho;
- menor espessura de paredes, o que proporciona ganhos de área útil;
- redução do peso da construção, ocasionando menores cargas atuantes na estrutura e na fundação;
- redução do cronograma da obra;
- facilidade de manutenção e reparos nas instalações.

Apesar da barreira cultural encontrada por novas tecnologias no Brasil, o drywall vem conquistando seu espaço entre as tecnologias mais tradicionais de vedação. Um estudo da Associação Brasileira de Drywall mostra a evolução Anual do Consumo de Chapas para Drywall no país.

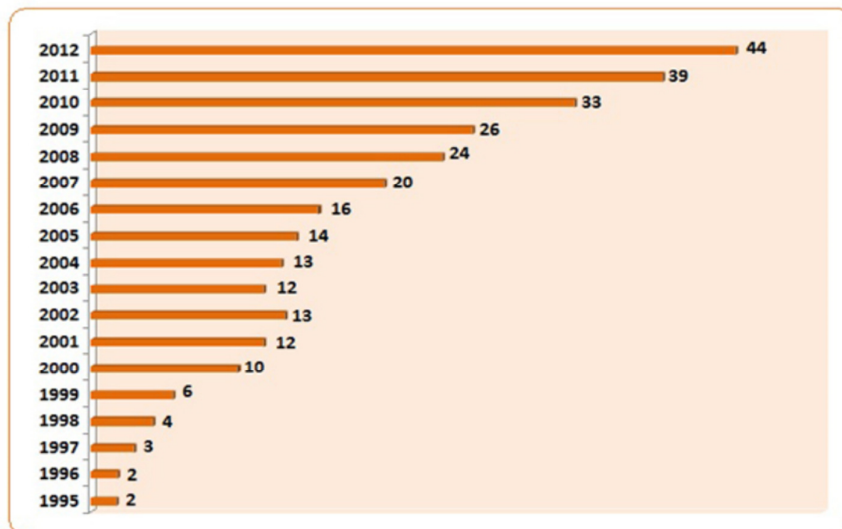


Figura 25 - Consumo de drywall no Brasil em milhões de m² (www.drywall.org.br, 2014)

3.4.3. Fachadas Pré-Fabricadas

Frente à atual conjuntura de escassez de mão de obra, ao mesmo tempo em que o mercado requer mais velocidade nas execuções das obras, as fachadas pré-fabricadas ganham cada vez mais espaço nas construções industrializadas. As fachadas pré-fabricadas consistem em painéis pré-moldados, que podem ser feitos de materiais diversos, e atuam como vedação e revestimento de fachadas de edificações. (www.perville.com.br, 2014)

Existem diversos sistemas de fachadas pré-fabricadas que devem ser escolhidos conforme a necessidade do projeto. Dentre os critérios mais influentes na escolha pelo sistema estão o índice de luminosidade interno e o conforto ambiental em diferentes épocas do ano. (www.metlica.com.br, 2014)

Uma solução que costuma agradar do ponto de vista arquitetônico e funcional é a chamada fachada-cortina. Segundo Amaury Antunes de Siqueira Júnior (USP, 2003), a fachada cortina consiste em um sistema formado por placas ou painéis fixados externamente à base suporte do edifício por uma subestrutura auxiliar constituindo-se no revestimento externo ou na vedação vertical exterior de uma edificação. Este sistema é tratado pela normalização brasileira através da TB-354 (1989) que o define como “caixilhos interligados e estruturados com função de vedação que formam um sistema contínuo, desenvolvendo-se no sentido da altura da fachada da edificação, sem interrupção por pelo menos dois pavimentos”.

A fachada-cortina pode ser de vidro, cerâmica, alumínio e granito. (www.revistatechne.com.br, 2013).

No caso das fachadas pele de vidro, por exemplo, os painéis são fixados a uma estrutura metálica leve, quase imperceptível pelo lado externo.

A fachada sempre foi um empecilho no cronograma das obras. Além de demorada, em alguns casos a aplicação impede que os revestimentos internos sejam executados antes de sua montagem. Para contornar esse problema, foram desenvolvidos sistemas com ancoragens, perfis metálicos e placas de vidro, que não interferem nos trabalhos internos. As espessuras dos perfis foram diminuindo até surgir o structural glassing, onde o vidro é colado no alumínio com silicone estrutural.

A solução pode reduzir as cargas sobre a estrutura, mas é preciso estar atento à transmissão de calor, ação do vento, qualidade dos produtos e conhecimento técnico na hora da aplicação.



Figura 26 - Detalhe da fixação do vidro na subestrutura. (<http://caixiconfort.pt>, 2014)

Este tipo de sistema pode ser ventilado ou estanque. As fachadas ventiladas possuem uma câmara entre a estrutura e o paramento externo que varia em geral de 5 a 15 cm. O sol incide na face externa e o ar dessa camada é aquecido e sobe. Existem aberturas tanto no topo quanto na base da fachada. Há transferência de calor por convecção, desenvolvendo-se um fluxo contínuo de substituição do ar quente por ar frio aspirado pelas aberturas inferiores, explica SIQUEIRA JÚNIOR (2003). O movimento de ascensão do ar quente dependerá das dimensões das aberturas inferiores e superiores e da própria altura do edifício. (www.metallica.com.br, 2014)

As correntes convectivas de ar atuam como isolante térmico, o que reduz o consumo de energia e os efeitos da dilatação térmica. Além disso, removem a umidade, minimizando os problemas de condensação entre as duas peles de revestimento e

diminuem a possibilidade de infiltrações de água. Quando a água da chuva escorre no paramento da fachada, mesmo que ocorra pequena infiltração, a água será recolhida na base da câmara ventilada, diz Jonas Silvestre Medeiros, pesquisador da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. (www.metalica.com.br, 2014)

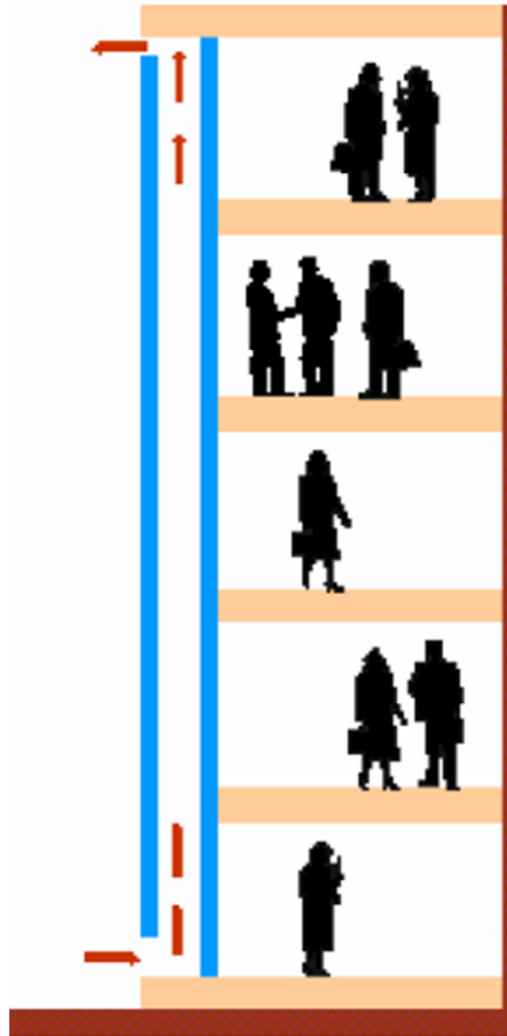


Figura 27 - Fachada ventilada (Siqueira Júnior, 2003)

Existem normas específicas para a execução de fachadas-cortina no Brasil. Essas normas têm como objetivo garantir a estabilidade e segurança estrutural do sistema, bem como sua estanqueidade e isolamento termo-acústico.

É importante também que a modulação dos painéis da fachada seja compatível com as dimensões dos módulos básicos da estrutura do edifício (pilares e vigas) para que não surjam dificuldades na interface entre estes dois sistemas durante a montagem. Isto deve ser verificado ainda na fase de compatibilização de projetos, durante a definição dos módulos e sistemas que serão adotados.



Figura 28 - Montagem dos painéis modulares. (www.arcoweb.com.br, 2014)

4. Padronização da Mão-de-Obra

Este item irá abordar a importância de uma mão-de-obra padronizada para a evolução da construção civil. A gestão da qualidade está intimamente associada a gestão de seus recursos humanos, portanto, a implantação da padronização nos processos construtivos de uma edificação deve abranger também a padronização da mão-de-obra envolvida nestes processos. É de grande importância ressaltar que quando se fala em padronizar a mão-de-obra, não é com o objetivo de coibir a individualidade de cada trabalhador ou extinguir a diversidade de pensamento, mas sim com a finalidade de homogeneizar os conhecimentos e as tarefas desenvolvidas por estes colaboradores.

Desta forma, será possível estimar com maior precisão a produtividade de uma determinada equipe, diminuindo as incertezas, variabilidades e riscos inerentes a

qualquer projeto. Isto se reflete em uma diminuição dos retrabalhos e em um aumento da qualidade das diversas etapas do processo produtivo e conseqüentemente do produto final.

A variabilidade é reduzida quando um determinado produto se torna capaz de ser produzido com as mesmas características por qualquer equipe, a qualquer hora e em qualquer lugar. Para que isso seja possível, se faz necessária a padronização das técnicas e conhecimentos implementados pelos diversos colaboradores envolvidos na execução deste produto.

José Luciano Dias, em um texto comemorativo dos 70 da ABNT, retrata este conceito de maneira simplificada:

“Como é possível produzir um objeto? Como sabemos fazer algo, seja um machado ou uma faca de sílex, um avião ou um tecido, um tijolo ou um circuito para um computador? Seja para uso pessoal, seja para uma troca econômica, não basta, para começar, que apenas um homem saiba produzir tais objetos. Também não adianta que ele seja capaz de fazê-lo apenas uma vez. O produto do trabalho humano é o produto da sociedade humana, e saber fazer alguma coisa significa que muitos homens, no presente e no futuro, em qualquer lugar, em qualquer tempo, também precisam ser capazes de fazer”. (“História da Normalização Brasileira”, 2011)

Vale ressaltar que quando se fala em estabelecer um padrão de mão-de-obra, o pensamento não deve ficar restrito apenas ao operário, mas deve se estender a todos os colaboradores presentes no processo produtivo da obra, desde seu planejamento até sua execução em campo. Uma tendência forte em gestão da construção civil é a padronização e integração das atividades desde a concepção até a entrega, melhorando a qualidade do produto final.

Os próprios sistemas construtivos industrializados, por adotarem peças e processos de montagem padronizados, contribuem diretamente para que a mão-de-obra de uma maneira geral também chegue à um padrão, pois o processo repetitivo acaba conduzindo de maneira natural o aprendizado do trabalhador.

No entanto, é imprescindível que os procedimentos envolvidos em todos os métodos executivos sejam formalizados, de maneira a garantir a padronização das tarefas. A formalização dos procedimentos é feita através da elaboração de documentos que expliquem de forma detalhada como deve ser executada determinada atividade. A participação de colaboradores com experiência na atividade em questão é de grande importância para a eficácia e eficiência deste procedimento, atentando para a concordância com as normas técnicas vigentes.

Depois de pronto, este documento deve ser divulgado e submetido às críticas de todas às partes interessadas, com o objetivo de estabelecer um mecanismo de melhoria contínua.

Os procedimentos devem estar presentes em todas as etapas do empreendimento, desde a fase de projetos até a entrega da edificação ao cliente final.

Outro fator fundamental para se atingir a homogeneidade da mão-de-obra é o treinamento contínuo das equipes. Segundo SANTOS (2012) a educação e o treinamento são o meio para o crescimento do ser humano e deve ser utilizado tendo como grande objetivo o crescimento da organização, através do desenvolvimento das habilidades e desejo de trabalhar. De uma forma geral, nas empresas, a educação e treinamento são ministradas em três modalidades:

On the job: onde a educação e treinamento são conduzidos pelos próprios superiores hierárquicos, diretamente nos locais de trabalho. Aplica-se de forma bastante eficaz para o treinamento de procedimentos e rotinas do dia-a-dia, transferindo para equipes o conhecimento e a experiência para utilização prática. Possibilita também, uma maior aproximação da chefia com os subordinados, promovendo maior integração e possibilitando a realização de planejamento das atividades a curto e médio prazo.

Autodesenvolvimento: este treinamento é decorrente do próprio interesse do profissional em se aperfeiçoar visando o seu crescimento profissional. Pode ser feito dentro da empresa, por exemplo através de estágios supervisionados em áreas de interesse, ou fora, em entidades especializadas.

Treinamento por objetivos: treinamento corporativo que abrange toda a organização. Esta modalidade é normalmente utilizada em comum acordo com as recomendações estratégicas da empresa. Como envolve a totalidade do contingente humano da empresa, é comum adotar-se a técnica da utilização de multiplicadores internos. Trata-se da seleção de alguns funcionários que tenham aptidão para ministrar treinamentos e capacitá-los no assunto específico a ser transmitido para toda empresa.

5. Aplicações dos Sistemas Construtivos em Obras

Como foi falado anteriormente, a implantação da padronização em uma obra tem início na etapa de projeto com o estabelecimento e a repetição do módulo base como diretrizes para o projeto arquitetônico. Este conceito vem se desenvolvendo bastante ao redor do mundo, onde algumas empresas conseguiram aplicar sistemas construtivos baseados em um padrão em diversas etapas da obra, com o objetivo de reduzir ainda mais seus cronogramas e custos.

Este capítulo irá apresentar a aplicação de algumas práticas construtivas, evidenciando suas dificuldades e seus benefícios. É interessante observar a abrangência da padronização na construção civil, isto é, sua implantação é viável em diversos tipos de edificações. Desde shoppings, supermercados e hotéis, até casas populares edifícios residenciais. As vantagens obtidas à partir de sua aplicação aos métodos executivos também fica clara nos exemplos apresentados a seguir.

5.1. Estrutura de Concreto Pré-Fabricado

Segundo matéria publicada pela *téchne* (<http://techne.pini.com.br>, 2014), sistemas em concreto pré-moldado têm viabilizado a construção de edifícios com mais de 80 m de altura na Europa. Nos últimos anos, a Europa tem sido palco da proliferação de arrojados arranha-céus executados inteiramente com componentes industrializados. Torres residenciais e comerciais de até 40 andares são erguidas com sistemas pré-fabricados de concreto.

É importante, no entanto, que o projeto estrutural utilize artifícios para garantir a estabilidade global da estrutura. Nestes casos, é comum que o contraventamento seja obtido por meio dos painéis-parede ou por núcleos moldados "in loco" com fôrmas deslizantes ou trepantes.

A figura abaixo mostra o edifício Dexia Tower Building, em Buxelas, com 37 pavimentos, soma 591 colunas pré-moldadas de concreto de 80 MPa a 95 MPa e até 600 mm de diâmetro.



Figura 29 - Dexia Tower Building (<http://techne.pini.com.br>, 2014)

Produzidos em fábricas, com fôrmas metálicas, os pré-moldados passam por um controle da qualidade rigoroso, que permite produzir peças de concreto de 90 MPa, de alta precisão geométrica.



Figura 30 - Linha de produção dos pré-moldados na Bélgica (<http://techne.pini.com.br>, 2014)

São muitas as vantagens propiciadas pelo sistema pré-fabricado na construção de edifícios altos. Obras limpas e rápidas, redução do desperdício de materiais, maior controle da qualidade e previsibilidade de resultados são algumas delas. Outro ganho diz respeito à pré-fixação dos preços de compra dos insumos da construção, já que os contratos são fechados a preços fixos, sem os aditivos contratuais que normalmente estão presentes nos contratos das obras convencionais, como as de concreto moldado "in loco". (<http://techne.pini.com.br>, 2014)

Normalmente, no Brasil, são construídos edifícios de até dez andares com estruturas integralmente pré-fabricadas de concreto. Com resistência mecânica que pode chegar até 50 MPa.

Lançado pela Kobrassol, do grupo Cassol, o edifício comercial São José da Terra Firme tem 14 andares e estrutura híbrida. O sistema consiste num edifício em "L" com modulação entre pilares, aproveitando a região central de escadas e elevadores para a criação de núcleos rígidos de contraventamento. Os pilares foram moldados no local, com concreto fck 30 MPa, mesma resistência especificada para as vigas e lajes alveolares protendidas (ambas com cordoalhas aderentes). Para a execução dos pilares foram utilizadas fôrmas de madeira compensada e escoramento metálico. As vigas e lajes pré-moldadas foram transportadas até a obra em caminhões trucados, sem necessidade de adaptações.

Na montagem do edifício foi utilizado um guindaste tipo grua com capacidade para 3,0 tf e lança de 30 m. Os pré-moldados foram apoiados nos pilares por armaduras de esperas, dispensando escoramento. Numa segunda etapa foram montadas as fôrmas e concretadas as ligações. Lajes alveolares foram transportadas por dispositivos especiais (balancim e garras) que evitam fissuras longitudinais decorrentes de um esforço de flexão transversal não previsto. Posteriormente, foram colocadas as armaduras complementares para as vigas e lajes e feita a última etapa de concretagem.



Figura 31 - Tecnologia mista em Florianópolis (<http://techne.pini.com.br>, 2014)

5.2. Paredes Pré-Fabricadas

Este sistema consiste em paredes pré-fabricadas de concreto armado, que chegam prontas ao canteiro e são apenas montadas, assim como acontece com uma estrutura de vigas e pilares de concreto pré-moldado.



Figura 32 - Montagem de uma parede pré-fabricada (<http://comunidade.maiscomunidade.com>, 2014)

Atualmente, este método vêm se empregando na execução de imóveis destinados ao segmento econômico, como as casas do Programa Minha Casa, Minha Vida.

Maior indústria de pré-fabricados de Minas Gerais, onde tem a sua sede, a Premo Construções e Empreendimentos S.A. utiliza esse método de construção em todo o Brasil com o objetivo de reduzir o custo e inovar tecnológica e logisticamente.

A parede pré-fabricada é uma solução construtiva industrializada que amplia a capacidade produtiva e, por conseguinte, reduz os prazos. A velocidade é impressionante: um prédio de dez andares leva em média seis meses para ser construído. Uma casa demora apenas três horas para ser montada e fica pronta em uma semana. Outra vantagem é a eliminação dos resíduos e desperdícios de um canteiro de obras convencional.

A empresa afirma que a qualidade do imóvel não diminui e que inclusive, é superior à dos sistemas convencionais, pois se trata de painéis portantes em concreto armado. O sistema é largamente utilizado no Brasil desde a década de 80. Já é aprovado e

comercializado com financiamento pelos programas de habitação do governo e que envolvem os bancos privados.

5.3. Broad Sustainable Building (BSB)

Os sistemas construtivos modulares representam um tipo bem particular e talvez sejam a máxima expressão da padronização da construção civil atualmente. A utilização de grandes módulos prontos vem ganhando grande notoriedade ao redor do mundo, devido à sua velocidade de execução e redução de desperdícios.

Anteriormente foram apresentados sistemas que atendem às etapas construtiva da edificação individualmente, como estrutura, instalações, vedações ou outras. Os módulos aqui citados são mais complexos pois são capazes de englobar mais de uma etapa em apenas um sistema construtivo. O que ocorre na realidade é que a montagem da interface entre os diversos sistemas da edificação (estruturas, instalações e revestimentos) passa a ser feita dentro da indústria, multiplicando as vantagens obtidas com a produção industrial.

O sistema modular da empresa chinesa Broad Group, fundada em 1988, foi desenvolvido em 2009 e se destaca por apresentar resultados realmente impressionantes.

Dentre suas principais façanhas está a construção do Ark Hotel em Changsha, na China. O edifício de quinze pavimentos foi construído em apenas seis dias à partir das fundações que já estavam prontas. A estrutura, que possui nível 9 de segurança contra terremotos, foi montada em 48 horas, sendo o restante do tempo destinado ao acabamento da obra. (www.cimentoitambe.com.br, 2014)



Figura 33 - Hotel Ark em Changsha construído em menos de uma semana. (zigimoveis.blogspot.com.br, 2012)

O prazo reduzido pode ser explicado pelo fato do prédio ser composto por módulos padronizados fabricados em grandes galpões e transportados para o canteiro, onde são simplesmente içados e posicionados conforme o projeto. Segundo o site da empresa (www.broad.com, 2010) 93% da construção é realizada na fábrica.

O sistema se baseia na “main board”, que consiste em espécie de laje dividida em três camadas. A camada superior da “placa é o piso já acabado, a camada inferior é o teto também com acabamento. Entre essas duas camadas, separadas por uma estrutura metálica treliçada, estão as instalações de água, esgoto e elétrica. A “main board” se apoia em pilares e diagonais, que assim como as paredes, portas e janelas são enviadas no mesmo caminhão com sua respectiva “main board”.

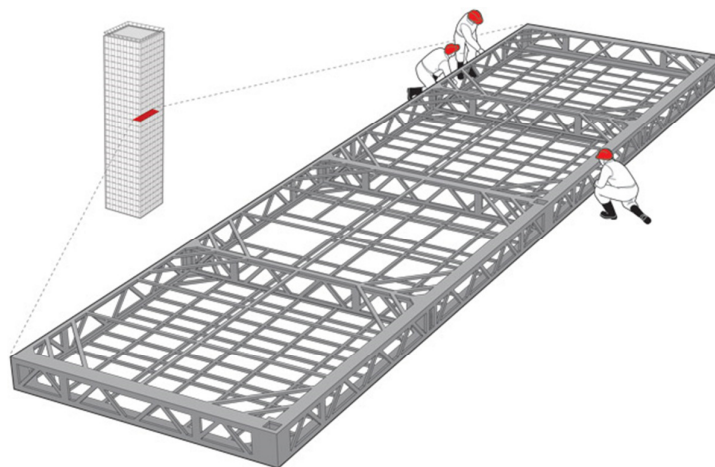


Figura 34 - Estrutura da “main board” (http://nextbigfuture.com, 2014)



Figura 35 - Posicionamento da "main board" sobre os pilares. (www.broad.com, 2014)

É interessante observar que não só as peças e elementos estruturais são padronizados, mas também a forma como são transportados em conjuntos ou módulos.



Figura 36 - Padrão de transporte da "main board" e demais sistemas. (www.broad.com, 2014)

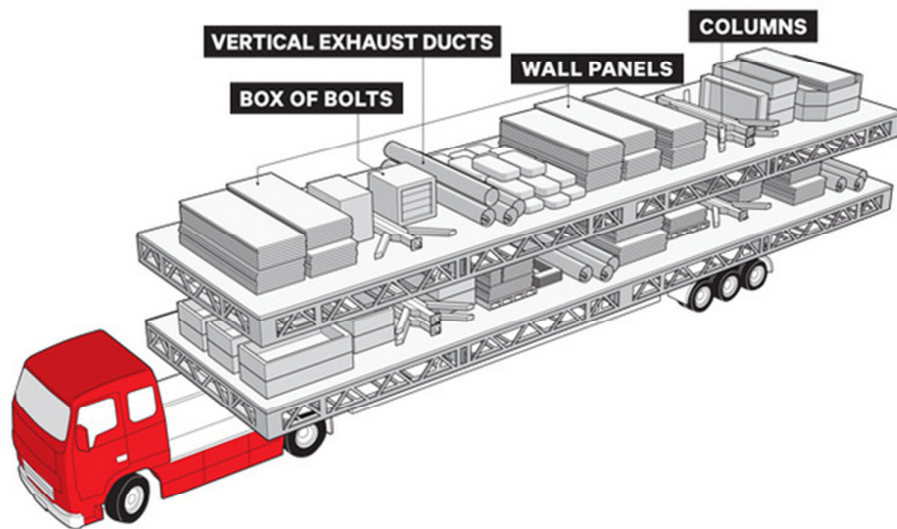


Figura 37 - As vedações, instalações e colunas acima da "main board" (www.gizmodo.com, 2014)

No canteiro de obras, as “main boards” serão içadas e apoiadas sobre os pilares e diagonais do pavimento anterior, os operários deverão então efetuar a montagem das paredes, portas e janelas, além de conectar tubulações e cablagem entre os pavimentos.

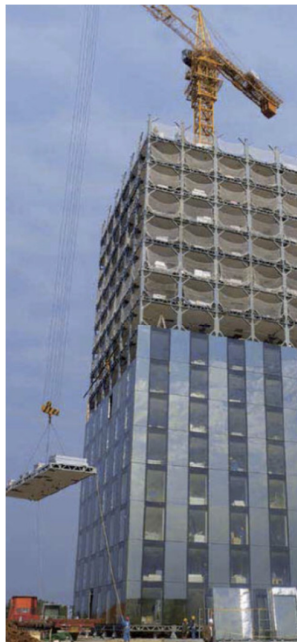


Figura 38 - Içamento de uma “main board” (www.broad.com, 2014)

A vedação externa é composta por painéis pré-fabricados, o que também influencia na redução dos prazos de execução da edificação. Segundo dados da Broad, este processo produtivo gera uma economia de material de no mínimo 600kg/m², além de reduzir significativamente os riscos com qualidade, orçamento e prazo. (www.broad.com).

Em 2012, a empresa anunciou o plano de construir o prédio mais alto do mundo em apenas três meses (sete meses se foi considerado o tempo de fabricação dos módulos). O Sky City One, segundo a empresa, será construído à uma velocidade de cinco pavimentos por dia. (www.gizmodo.com, 2014)

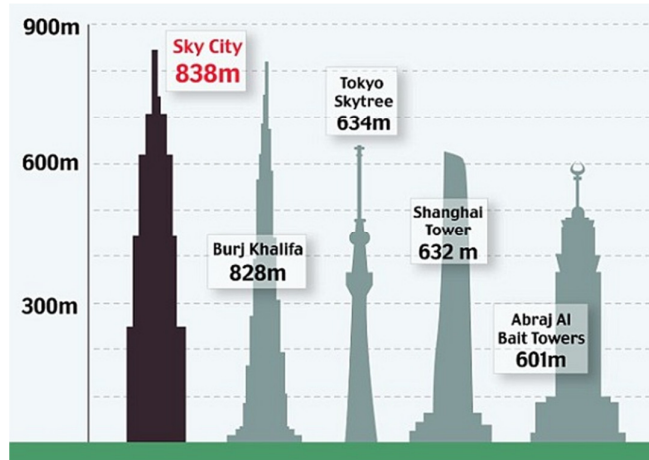


Figura - 39 - Sky City One (<http://www.engenhariacivil.com>, 2014)

A figura abaixo apresenta a modulação das plantas do Sky City One em diferentes elevações. A arquitetura é criada à partir da repetição do módulo base (main board). É interessante observar que mesmo com a adoção de um sistema padronizado, a planta pode ganhar certa versatilidade com a modificação dos arranjos.

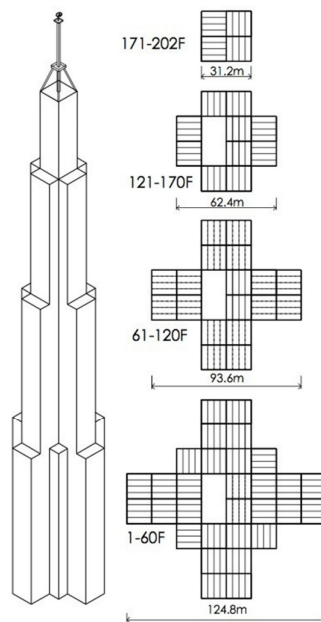


Figura 40 - Modulação da planta de arquitetura do Sky City One (<http://weekly.securityfrontline.org>, 2014)

5.4. Shoppings Centers

A modulação dos projetos de arquitetura e estruturas de empreendimentos de grande porte pode ser muito vantajoso, já que a repetição dos módulos agiliza o processo construtivo e reduz os custos de produção das peças padronizadas.

A redução do tempo de execução para estabelecimentos comerciais, representa a antecipação do início de suas operações, fazendo com que comece gerar renda em um período mais curto. Por este motivo, shoppings e hotéis, por exemplo, vêm lançando de sistemas construtivos industrializados.

Segundo a revista *Téchne* (Outubro, 2013), com o crescimento da renda e do consumo da população brasileira na última década os investimentos em shoppings centers se multiplicaram em diversas capitais e cidades do país. Aliado a isto, escassez de mão-de-obra e a necessidade de rapidez na obra impulsionou o emprego de tecnologias rápidas, sobretudo nas fases críticas da construção.

Para atender a esta demanda, estes empreendimentos têm recorrido à soluções industrializadas: estruturas pré-moldadas de concreto, estruturas metálicas, lajes em steel deck, painéis e fachadas com chapas cimentícias.

A concepção da estrutura é estratégica e decisiva para o sucesso do empreendimento no caso de shoppings e centros de compra. Velocidade de execução e custos competitivos são exigências inerentes a esse tipo de construção. Da mesma forma, amplos vãos livres e pés-direitos elevados, além da possibilidade de flexibilização de layout e do melhor aproveitamento da área possível (que resulta em circulações mais fluidas), são demandas que precisam ser compatibilizadas pela arquitetura e pelo projeto estrutural. Muitas vezes espera-se que a estrutura seja erguida em um período de seis a oito meses. (Revista *Téchne*, Outubro/2013)

Outros fatores como a indisponibilidade ou alto custo do transporte de alguns materiais, e a necessidade de reduzir cargas, em função das características do terreno, também impactam a definição do sistema estrutural em determinadas regiões.

Algumas obras que utilizaram estes artifícios são apresentadas abaixo.

Edifício-garagem do shopping Praia de Belas, em Porto Alegre, concluído em 2013.



Figura 41 - Edifício-garagem do shopping Praia de Belas (<http://portoimagem.wordpress.com>, 2014)

O curto prazo disponível para conclusão do empreendimento foi determinante para a escolha dos pré-moldados de concreto. Erguido em apenas sete meses (período que conta desde o início do projeto até o final da montagem), o prédio tem mais de 38 mil m² de área construída e conta com dez pavimentos, além de uma torre de reservatório de água. (Revista Técnica, Outubro/2013)

Foram utilizados pilares, vigas, lajes, escadas, painéis alveolares e placas de acabamento, tudo pré-moldado.



Figura 42 - Montagem de fachada pré-fabricada. (<http://www.perville.com.br>, 2014)

Shopping Ponta Negra, em Manaus, conclusão 2013.



Figura 43 - Shopping Ponta Negra, em Manaus (<http://g1.globo.com>, 2014)

Inicialmente o plano era erguer um edifício com concreto armado moldado “in loco”. Contudo, diante das exigências do projeto, a opção por soluções construtivas industrializadas mostrou-se mais adequada. A estrutura do shopping, com 91 mil m² de área construída distribuídos entre três pavimentos, foi então construída partindo de um sistema misto, com pilares pré-moldados em concreto, vigas de aço e lajes tipo steel deck, integradas às vigas por meio de conectores de cisalhamento stud bolts. (Revista Técnica, Outubro/2013)

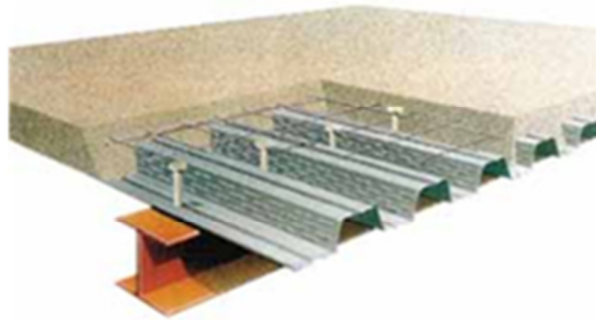


Figura 44 - Esquema de uma laje steel deck com conectores de cisalhamento, apoiada sobre viga metálica (<http://www.arq.ufsc.br>, 2014)

As soluções rápidas também nortearam a escolha do sistema de fechamento. Cerca de 80% da fachada foi executada com painéis termoisolantes metálicos com núcleo de poliuretano rígido. (Revista Técnica, Outubro/2013)

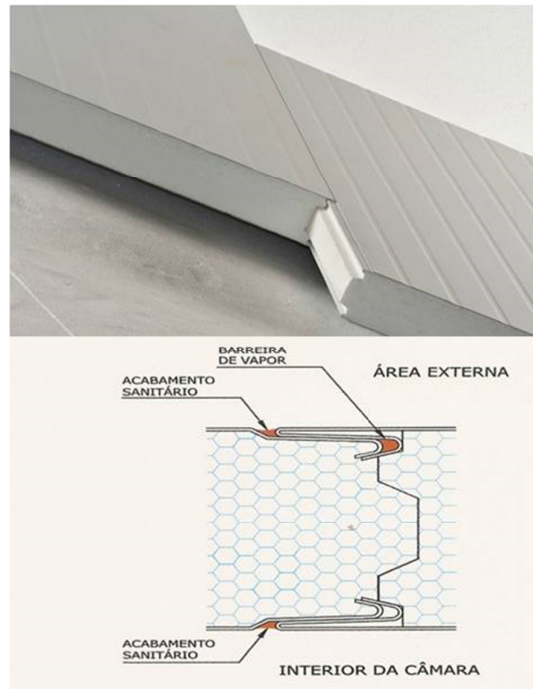


Figura 45 - Detalhe de encaixe de um painél termoisolante. (<http://www.isolmarc.com.br>, 2014)

Shopping Bela Vista, em Salvador, concluído em 2012.

Os projetistas especificaram um sistema de fechamento composto por chapas cimentícias, barreira de vapor, perfis metálicos e acessórios, e sistema de drywall na parte interna. A tecnologia permitiu executar grandes panos de fachada com rapidez, a seco e com o benefício, segundo os construtores, da facilidade de manutenção posterior. (Revista Técnica, Outubro, 2013)



Figura 46 - Shopping Bela Vista, em Salvador (<http://www.correio24horas.com.br>, 2014)

6. Considerações Finais

O crescimento repentino da construção civil brasileira, nos últimos anos e a escassez de uma mão-de-obra qualificada capaz de atender a esta demanda trouxe problemas à qualidade das edificações. Observando os resultados obtidos na indústria automobilística, com a implantação do Sistema Toyota de Produção, conclui-se que a aplicação dos conceitos de padronização nas diversas etapas construtivas pode ser a resposta para este problema. A implantação do padrão pode ser feita de forma eficiente através da adoção de sistemas construtivos industrializados, que vêm ganhando espaço no mercado brasileiro.

A grande vantagem da padronização é a diminuição da variabilidade tanto dos materiais, quanto da mão-de-obra e dos métodos executivos. Desta forma aumenta-se o grau de confiabilidade dos sistemas utilizados, reduzindo as incertezas e riscos inerentes a qualquer projeto.

Ao longo deste trabalho foram apresentados conceitos e sistemas aplicados à diversas etapas de uma obra de edificação e os benefícios obtidos em cada um deles. Foram apresentados no item 5 deste trabalho, casos de obras como da Broad Sustainable Building, onde estes sistemas foram implementados com sucesso, comprovando os benefícios gerados pela padronização.

O projeto é talvez a fase mais importante para a viabilização da padronização em um empreendimento construtivo. Como foi explicado no item 3.1, será nesta etapa que os padrões serão estabelecidos e compatibilizados de acordo com as necessidades de todos os sistemas de uma edificação (arquitetura, estrutura, instalações, vedações, etc).

Durante a definição dos padrões, os projetos devem levar em conta a normalização vigente de forma a atender às exigências de desempenho estabelecidas pela entidade competente. O item 2.3 deste trabalho demonstra a importância da normalização na especificação dos padrões nacionais e internacionais. A adequação do projeto às normas técnicas confere segurança, compatibilidade entre sistemas e facilita manutenções e eventuais intervenções ao longo da vida útil da edificação.

A partir dos padrões determinados pelo projeto, a etapa executiva deverá se basear em processos e procedimentos bem definidos para garantir que a qualidade desejada seja atingida. Os métodos apresentados nos itens 3.2, 3.3 e 3.4, demonstram que a padronização, na maioria das vezes representada por sistemas construtivos industrializados, é a maneira mais eficiente para atingir esta qualidade. A utilização

destes sistemas diminui significativamente a geração de resíduos, o tempo de execução e falhas que acarretariam retrabalho e má qualidade, o que implica em um aumento na produtividade do canteiro e redução dos custos e prazos do empreendimento.

Para isso, no entanto, é necessário que a mão-de-obra (item 4) seja o mais homogêna possível, de forma que o padrão de qualidade dos serviços realizados seja sempre atingido, independente da equipe envolvida na tarefa. A busca por este objetivo se dá através de treinamentos para capacitação dos funcionários e processos produtivos baseados na repetição.

Tendo conseguido implantar os conceitos da padronização nestes três fatores principais, o construtor se depara com a redução dos desperdícios e o aumento da qualidade observados em sistemas produtivos baseados no padrão, como o Sistema Toyota de Produção (item 2.4).

Referências Bibliográficas

ABNT- **Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 9000: Sistemas de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário**, 2005.

ABNT- **Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 9001: Sistemas de Gestão da Qualidade: Requisitos**, 2008.

ALGARTE, W.; QUINTANILHA, D. **A História da Qualidade e o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade**. Rio de Janeiro, INMETRO/SENAI, 2000

ALMEIDA, Maria Cascão Ferreira, **Estruturas Isostáticas**, Rio de Janeiro, Oficina de Textos, 2009

ALVES, André Luis Lins, **Organização do Canteiro de Obras: um Estudo Aplicativo na Construção do Centro de Convenções de João Pessoa – PB, João Pessoa, UFPB**, 2012

ÁVILA, Vinícius Martins, **Compatibilização de Projetos na Construção Civil**, Belo Horizonte, UFMG, 2011

BANDEIRA, Adriana Almeida de Castro - **Análise do Uso de Estruturas de Aço em Edificações Habitacionais de Interesse Social** , Belo Horizonte, UFMG, 2008

BARROS, Laura Monteiro de Castro, **Estudo de Técnicas para Melhoria dos Resultados de Obras de Infraestrutura Mediante a Adaptação e Aplicação do Sistema Toyota de Produção (Lean Production)**, Rio de Janeiro, UFRJ, 2013.

BRUMATTI, D., **Uso de Pré-Moldados: Estudo e Viabilidade**, Belo Horizonte, UFMG, 2008.

CHAVES FILHO, José Geraldo Batista Chaves, **Aplicação da Padronização do Método de Trabalho segundo uma Metodologia Baseada na Produção Enxuta: um Estudo de Caso**, São Carlos, UFSC, 2007.

CHAVES, J., **Melhores Práticas para Garantia de Sustentabilidade de Melhoria Obtidas Através de Eventos Kaizen**, Tese de M.Sc, Escola de Engenharia, São Carlos, USP, 2010

CHIAVERINI, V., **Aço e Ferros Fundidos** 7ª ed., São Paulo, Associação Brasileira de Metais, 1996.

CORIAT, B., **Automação Programável: Novas Formas e Conceitos de Organização da Produção**, São Paulo, Editora Hucitec, 1988.

- CORIAT, B., **Pensar pelo Averso: o Modelo Japonês de Trabalho e Organização**, Rio de Janeiro, Editora da UFRJ/Reavan, 1994
- CORREA, H.L., CORREA, C.A., **Administração de Produção e Operações**, São Paulo, Atlas, 2007.
- DIAS, José Luciano, **A História da Normalização Brasileira**, São Paulo, ABNT, 2011
- DUARTE, T.M.P, SALGADO, M.S., **O Projeto Executivo de Arquitetura como Ferramenta para o Controle da Qualidade na Obra**, Foz do Iguaçu, 2002.
- FAZINGA, Wanessa Roberta, **Particularidades da Construção Civil para Implantação do Trabalho Padronizado**, Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 2012
- HEINECK, L.F.M.; ANDRADE, V.A. (1994). **A Racionalização da Execução de Alvenarias do tipo Convencional e Estrutural Através de Inovações Tecnológicas Simples**. In: 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Florianópolis, UFSC, 1994
- HOPP, W., SPEARMAN, M. **Factory Physics: Foundation of Manufacturing Management**. Boston: McGraw-Hill, 1996
- ISO – International Organization for Standardization , **Friendship Among Equals**, Geneve, Switzerland, 1997
- LANDES, D. Prometeu **Desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa desde 1750 até a nossa época**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1994.
- MAXIMIANO, A.C.A., **Escola Científica à Competitividade na Economia Globalizada**, 2ed. São Paulo, Atlas, 2000.
- MOTTEU; CNUdde, **La gestion de la qualité durant la construction: action menée en Belgique par le comité "Qualité dans la Construction"**, Paris, 1989.
- NAZARENO, R.R., **Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta**, Tese de M.Sc., São Carlos, Escola de Engenharia-USP, 2003
- OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PFEIL, Walter e Michele, **Estruturas de Aço: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008**, Rio de Janeiro, LTC, 2009

QUINTAIROS JORGE, Felipe Mignone Quintairos, **Práticas Construtivas Capazes de Reduzir o Tempo de Execução da Obra**, Rio de Janeiro, UFRJ, 2013.

RAMOS, Renato, **Gerenciamento de Projetos: ênfase na indústria de petróleo**, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2006

ROSSO, Teodoro, **Pré-fabricação, a Coordenação Modular: Teoria e Prática**, São Paulo, Instituto de Engenharia, 1966.

SANTOS, Jorge, **A Importância da Normalização**, Rio de Janeiro, UFRJ, 2012

SANTOS, Jorge, **Gerência de Recursos Humanos**, Rio de Janeiro, UFRJ, 2012

SAURIN, T.A., FORMOSO, C.T., 2006, **Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos, Recomendações Técnicas HABITARE** Volume 3.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**, 2ed. Porto Alegre: Bookman, 1996

SIQUEIRA JÚNIOR, Amaury Antunes, **Tecnologia de Fachada-Cortina com Placas de Grês Porcelanato**. Dissertação de M.Sc., São Paulo, Poli/USP, 2003

SOUTO, Rodrigo Silveira, **Aplicação dos Princípios do Sistema Toyota de Produção em uma Etapa Construtiva de uma Empresa de Construção Civil**, Porto Alegre, UFRGS, 2000

SOUZA, Taynah Lopes, **Metrologia e Padronização Técnica como Ferramentas para a Competitividade e Inovatividade Industrial: uma Análise a Partir da Indústria Brasileira de Etanol Combustível**, Rio de Janeiro, UFRJ, 2008.

SWANN, P., TEMPLE, P. e SHURMER, M., **Standards and Trade Performance: The UK Experience**. The Economic Journal 106 (September), Oxford and Cambridge, p. 1297-1313, 1996

TASSEY, G., **Standardization in Technology-Based Markets**, Research Policy, vol. 29, nº4, 2000.

VIEIRA NETTO, Antônio. **Construção Civil e Produtividade: ganhe pontos contra o desperdício**. São Paulo: Pini, 1993.

WOMACK, James, Jones, Danie, Ross, Daniel, **A Máquina que o Mudou o Mundo**, 10 ed. Massachusetts, Elsevier, 1990.

Revista Equipe de Obra, PINI, Março, 2009

Revista Técnica, PINI, Outubro, 2013, pág.42

Referências Eletrônicas

- <http://www.dicionariodoaurelio.com/Padrao.html> (07/02/2014)
- <http://www.iso.org/iso/home/about.htm> (07/02/2014)
- <http://www.sohistoria.com.br> (07/02/2014)
- http://www.nepet.ufsc.br/introducao/seminarios/2011_1/producao.pdf (07/02/2014)
- www.abnt.org.br (07/02/2014)
- www.ebah.com.br (07/02/2014)
- <http://www.lpbrasil.com.br/produtos/lp-canteiro.html> (07/02/2014)
- http://sp.quebarato.com.br/taboa-da-serra/aluguel-e-venda-de-container-fla-con-11-7738-0543-reinaldo-rodrigues__C1B7B.html (07/02/2014)
- <http://www.campograndenews.com.br/lado-b/arquitetura-23-08-2011-08/casa-por-rs-80-mil-entregue-em-45-dias-usa-estrutura-de-container> (07/02/2014)
- <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/sinonimo-de-construcao-como-o-brasil-tornou-se-referencia-mundial-287574-1.aspx> (07/02/2014)
- <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/22/artigo129449-1.aspx> (07/02/2014)
- www.basf-cc.com.br (07/02/2014)
- <http://www.leonardi.com.br/aspectos-pre-moldado.html> (07/02/2014)
- <http://www.galpoesprefabricados.com.br/lajes-alveolar.html> (07/02/2014)
- <http://www.adove.com.br/blog/investimentos-em-tecnologia-ampliam-producao-na-pre-fabricar/> (07/02/2014)
- www.mwguindastes.com.br (07/02/2014)
- www.ufsm.br (07/02/2014)
- <http://steinluz.arq.br/blog/index.php/2010/08/19/estrutura-metalica-em-3d/> (07/02/2014)
- <http://www.cbca-acobrasil.org.br/> (07/02/2014)
- <http://www.bateforteestacasbauru.com.br/> (07/02/2014)
- <http://qualiblocos.blogspot.com.br> (07/02/2014)

<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/95/anexo/mprojved.pdf>
(07/02/2014)

<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/projeto-aumenta-o-desempenho-da-alvenaria-de-vedacao> (07/02/2014)

http://www.portaldrywall.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=17:o-que-e-drywall&catid=5:o-que-e-drywall&Itemid=36 (07/02/2014)

www.facilitieservicos.com.br (07/02/2014)

<http://www.lojaskd.com.br/blog/2013/03/20/e-possivel-aplicar-ceramica-no-drywall/#.UvPmHk2Yapo> (07/02/2014)

<http://www.brasilit.com.br/produtos/paineis/placacimenticia.php> (07/02/2014)

http://www.placocenteruberlandia.com.br/saibamais_construtivos.php (07/02/2014)

www.drywall.org.br (07/02/2014)

www.perville.com.br (07/02/2014)

<http://www.metallica.com.br/fachadas-cortina> (07/02/2014)

<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/140/alto-e-pronto-287601-1.aspx>
(07/02/2014)

<http://caixiconfort.pt> (07/02/2014)

<http://arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/ruy-ohtake-edificio-conde-04-04-2007>
(07/02/2014)

<http://comunidade.maiscomunidade.com/conteudo/2011-02-12/imoveis/2307/PRACTICIDADE-E-MENOR-CUSTO.pnhtml> (07/02/2014)

www.broad.com (07/02/2014)

www.cimentoitambe.com.br (07/02/2014)

<http://zigimoveis.blogspot.com.br/2012/01/predio-de-15-andares-e-construido-em.html>
(07/02/2014)

<http://nextbigfuture.com/2012/09/broad-group-and-their-factory-mass.html>
(07/02/2014)

<http://gizmodo.com/chinas-radical-plan-to-build-the-worlds-tallest-build-510487766>
(07/02/2014)

<http://www.engenhariacivil.com/construcao-edificio-mais-alto-mundo> (07/02/2014)

<http://weekly.securityfrontline.org/386239.html> (07/02/2014)

<http://portoimagem.wordpress.com/2012/03/17/novo-estacionamento-de-10-andares-do-praia-de-belas-fica-pronto-antes-do-natal/> (07/02/2014)

<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2013/01/obra-do-shopping-da-ponta-negra-e-embargada-pelo-implurb-em-manaus.html> (07/02/2014)

http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2001-2/estruturas_metalicas/construcoes.htm
(07/02/2014)

<http://www.isolmarc.com.br/?s=pain%C3%A9> (07/02/2014)

<http://www.correio24horas.com.br/detalhe/noticia/shopping-novo-na-area-bela-vista-abre-as-portas-na-sexta-e-espera-40-mil-pessoas-por-dia/> (07/02/2014)