

Monografia

“A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL ATRAVÉS DO SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO FABRICADAS *IN LOCO*”

Autora: Michelle Cristina de Freitas Costa

Orientador: Prof. Dr. Roberto Braga Figueiredo

Dezembro/2013

MICHELLE CRISTINA DE FREITAS COSTA

**“A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL ATRAVÉS DO
SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO FABRICADAS *IN LOCO*”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia da UFMG

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Roberto Braga Figueiredo

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

“O homem se torna muitas vezes o que ele próprio acredita que é. Se insisto em repetir para mim mesmo que não posso fazer uma determinada coisa, é possível que acabe me tornando realmente incapaz de fazê-la. Ao contrário, se tenho a convicção de que posso fazê-la, certamente adquirirei a capacidade de realizá-la, mesmo que não a tenha no começo.” (Mahatma Gandhi)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e pelo privilégio de ter por perto fontes de ensinamentos.

Aos meus pais, pela educação e formação do caráter.

A Universidade Federal de Minas Gerais por ser transformadora de pessoas, por abrir portas, mostrar caminhos e realizar sonhos.

Aos professores do curso de especialização em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais, pela transmissão do saber e por serem fontes de inspiração.

Ao Professor, Dr. Roberto Braga Figueiredo, meu orientador, pela atenção, paciência, auxílio e incentivo.

À Ivonete, Ariela e Gilmar, funcionários tão prestativos, por contribuírem mesmo que de forma indireta, para que esse trabalho se viabilizasse.

Aos colegas de classe por compartilhar experiências e conhecimentos.

Ao engenheiro Diêgo Guerra Lopes, meu grande companheiro, pela compreensão, apoio e carinho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
LISTA DE SÍMBOLOS E ANOTAÇÕES.....	xi
RESUMO	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações Gerais.....	1
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objetivo	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. A Industrialização da Construção Habitacional no Brasil.....	4
2.2. Contextualização da Alvenaria Estrutural	8
2.3. As Paredes de Concreto Fabricadas <i>in Loco</i>	19
2.4. A NBR 16.055:2012.....	20
2.5. O Sistema Construtivo Paredes de Concreto	22
2.5.1. Fundação.....	27
2.5.2. Armaduras	29
2.5.3. Instalações Hidráulicas e Elétricas	32
2.5.4. Sistema de Fôrmas.....	34
2.5.5. Concretagem	41
2.5.6. Acabamento	46
2.6. Desempenho Térmico e Acústico do Sistema Paredes de Concreto.....	48
2.7. Viabilidades do Sistema Construtivo Paredes de Concreto.....	51
3. ANÁLISE CRÍTICA.....	55

4. CONCLUSÃO	60
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Conjunto habitacional Vila Kennedy na década de 60	6
Figura 2.2: Catedral de Chartres, construída na idade média	9
Figura 2.3: Casa feita de pau a pique.....	11
Figura 2.4: Edifício Martinelli inaugurado em 1929 em São Paulo.....	12
Figura 2.5: Conjunto habitacional Cidade Alta no Rio de Janeiro, década de 70	13
Figura 2.6: Alvenaria estrutural em blocos de concreto	14
Figura 2.7: Alvenaria estrutural em blocos de cerâmica	15
Figura 2.8: Alvenaria estrutural em blocos sílico-calcário	15
Figura 2.9: Tubulações elétricas sendo embutidas no sistema de alvenaria estrutural ..	17
Figura 2.10: Conjunto habitacional sendo construído com o sistema Paredes de Concreto	23
Figura 2.11: Tipologias estruturais construídas com o sistema Paredes de Concreto	24
Figura 2.12: Etapas de execução do sistema Paredes de Concreto	26
Figura 2.13: Fundação tipo <i>Radier</i>	27
Figura 2.14: Fundação tipo sapata corrida	28
Figura 2.15: Execução das armaduras no sistema Parede de Concreto	30
Figura 2.16: Procedimentos gerais para montagem das armaduras	31
Figura 2.17: Uso de espaçador plástico para ligação de eletroduto na armadura	32
Figura 2.18: Uso de distanciador plástico na armadura	32
Figura 2.19: Montagem da rede elétrica no sistema Paredes de Concreto	34
Figura 2.20: Fôrma de alumínio monoportáveis.....	35
Figura 2.21: Fôrma metálica e compensado.....	35
Figura 2.22: Fôrma plástica	36
Figura 2.23: Montagem de fôrmas no sistema Paredes de Concreto	39

Figura 2.24: Utilização de desmoldante	40
Figura 2.25: Desfôrma	40
Figura 2.26: Limpeza das formas	41
Figura 2.27: Pontos de concretagem no sistema Paredes de Concreto	44
Figura 2.28: Aplicação de concreto no sistema Paredes de Concreto	45
Figura 2.29: Superfície do sistema Paredes de Concreto após a retirada das fôrmas ...	46
Figura 2.30: Revestimento feito diretamente sobre as Paredes de Concreto.....	47
Figura 2.31: Acabamento em alvenaria estrutural e em Paredes de Concreto.....	48
Figura 2.32: Interação entre elementos característicos de ambientes construtivos	49
Figura 2.33: Espessuras mínimas das paredes necessárias ao isolamento acústico	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Tipos de concreto usado no sistema construtivo Paredes de Concreto	43
Tabela 2.2: Comparativo entre prazos de execução	52
Tabela 2.3: Comparativo entre custos de materiais e mão de obra	53

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC: Associação Brasileira de Serviços de Concretagem

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNH: Banco Nacional de Habitação

FDS: Conselho Curador de Desenvolvimento Social

IBTS: Instituto Brasileiro de Telas Soldadas

IPT: Instituto de Pesquisas Técnicas

NEPAE: Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural

NBR: Norma Brasileira Registrada

SFH: Sistema Financeiro da Habitação

SINAT: Sistema Nacional de Aprovações Técnicas

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNESP: Universidade Estadual Paulista

LISTA DE SÍMBOLOS E ANOTAÇÕES

hh/m² = Homem hora por metro quadrado

Kg/m² = Quilograma por metro quadrado

MPa = Mega Pascal

tf/m³ = Tonelada força por metro cúbico

RESUMO

As alterações nas políticas públicas Brasileiras ocorridas nas últimas duas décadas, atrelado à mudança de comportamento do governo federal em relação à construção habitacional e as estratégias de investimentos anunciadas para a infraestrutura e serviços no país, têm feito o setor de edificações sofrer alterações bastante profundas principalmente no que diz respeito à tecnologia empregada. Para suprir as atuais demandas da construção brasileira, especificamente as do setor da construção habitacional, tem-se feito necessário utilizar de uma construção mais industrializada que contemple métodos construtivos mais eficazes, com características de produção em escala, velocidade de execução e melhor custo benefício. O sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, possui essas características e por isso tem se apresentado como solução a tais necessidades. A revisão bibliográfica feita neste trabalho apresenta o processo de industrialização da construção habitacional no Brasil e ainda o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, bem como seu processo de execução, comparando esse sistema com a tradicional alvenaria estrutural. Ao final do estudo, através de uma análise crítica, é mostrado que o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, não só é um sistema construtivo vantajoso para as empresas construtoras que visam à produção em escala, como também pode ser um agente capaz de alavancar a industrialização da construção habitacional no Brasil.

Palavras-chave: construção habitacional, industrialização da construção, paredes de concreto.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

A industrialização da construção habitacional no Brasil se deu em 1966 com a criação do Banco Nacional de Habitação (BNH) (BONDUKI, 2007). O programa criado para atender o déficit habitacional da época, fez com que o mercado da construção introduzisse no país a industrialização e a pré-fabricação, evidenciando o uso de mecanização intensiva e novos processos construtivos (BARROS, 1998). Nesse período, a alvenaria estrutural como conhecemos hoje, que havia sido desenvolvida a pouco mais de uma década e estava sendo disseminada por todo o mundo, chegou ao Brasil e foi largamente utilizada no programa (KALIL, 2004).

Também foi na década de 60 que surgiu pela primeira vez no Brasil, o uso das Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* (LORDSLEEM JUNIOR, 1998). A tecnologia foi utilizada em construções do BNH como processo construtivo inovador. Com a extinção do BNH na década de 80, o processo de industrialização da construção habitacional brasileira desacelerou e o uso das Paredes de Concreto na construção civil não se desenvolveu.

Atualmente, após décadas de baixo investimento em infraestrutura e habitação, o setor da construção civil no Brasil tem recebido grandes investimentos por parte do governo com eventos como Copa do Mundo, Copa das Confederações, Olimpíadas e Paraolimpíadas e ainda com a criação do Programa Minha Casa, Minha Vida, que pretende entregar para famílias de baixa e média renda, milhões de unidades habitacionais. Nesse sentido, surgiu a exigência de uma resposta rápida das construtoras para a execução e entrega das edificações e uma grande demanda pela construção de moradias, para sanar o déficit habitacional brasileiro (MOREIRA, 2009).

Com esses grandes investimentos em infraestrutura e principalmente diante da retomada dos programas de habitação popular, com uma demanda habitacional nunca tida antes no país, para ser entregue em tão curto prazo, as construtoras se deram conta de que a alvenaria estrutural como conhecemos hoje, processo construtivo mais usado no Brasil atualmente, não tem conseguido mais atender as necessidades do mercado da construção habitacional. Esse fator tem feito diversas empresas construtoras investirem na modernização dos meios de produção acarretando uma crescente industrialização nos canteiros de obras evidenciando assim, uma retomada do processo de industrialização da construção habitacional no país (MARTINS E BARROS, 2005).

Nesse contexto foi retomado também o uso do sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*. De um modo geral esse sistema usa fôrmas do tamanho de casas, que são montadas no local da obra e depois “recheadas” com concreto, já com as instalações hidráulicas e elétricas embutidas. A inserção das Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, como processo construtivo industrializado, na execução de edifícios e casas, tem se apresentado como uma possibilidade de solução para a problemática habitacional e dando notáveis contribuições para o processo de industrialização da construção (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

1.2. Justificativa

A construção civil é o único setor da economia nacional que não se industrializou de forma notável. Especialmente no setor da construção habitacional, a intensificação dessa industrialização tem se feito necessária para suprir a demanda atual do governo federal, por construção de moradias.

Para potencializar esse processo de industrialização da construção habitacional e conseqüentemente atender a demanda posta, surge à necessidade de uma

prática construtiva mais eficaz que a construção convencional, que tenha rapidez de execução, fabricação em série, redução de perdas de materiais e custos baixos, sem deixar de ser racionalizada.

A alvenaria estrutural como conhecemos hoje, apesar de ser um processo racionalizado, não tem conseguido atender as necessidades do mercado, por não possuir todos os requisitos construtivos necessários ao atendimento da demanda habitacional. Ela não tem se mostrado mais economicamente viável para esse novo mercado. Todavia, o sistema Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* possui as características de processo industrializado e atende aos requisitos citados, podendo ser uma alternativa tecnológica capaz de alavancar a industrialização da construção habitacional.

1.3. Objetivo

Este trabalho tem por objetivo evidenciar o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* como um agente potencializador no processo de industrialização da construção habitacional no Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados levantamentos realizados em artigos técnicos e científicos, dissertações, teses, anais, periódicos e livros.

2.1. A Industrialização da Construção Habitacional no Brasil

O termo “industrialização”, por si só, pode ser entendido como um processo que visa o aperfeiçoamento do desempenho de uma determinada atividade industrial. Para Sabbatini (1989) o processo de industrialização visa aperfeiçoar a atividade construtiva buscando o desempenho ótimo. Desta forma, o desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos é uma atividade integralmente incorporada ao processo de industrialização.

Com relação à “industrialização da construção”, há pelo menos 40 anos atrás já se falava em conceituar tal termo e, vários autores já estudavam sobre o assunto. Não havia um entendimento consensual entre o meio técnico a respeito de um conceito para industrialização da construção. Vários conceitos foram estabelecidos e em sua maioria estava implícito a noção de que o processo de industrialização constituía-se em um modelo abstrato para o desenvolvimento racional da indústria da construção civil (SABBATINI, 1989).

Ao falar da industrialização da construção habitacional, Sabbatini (1989, p. 52) propôs e adotou a seguinte definição de industrialização:

"INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva."

Atualmente o conceito para industrialização da construção ainda permanece variável de acordo com a visão de cada autor, sobre o que é o processo de industrialização. Seja qual for o conceito utilizado nos dias atuais para designar industrialização da construção, esses conceitos ainda se fundamentam nos mesmos princípios dos conceitos estabelecidos por Sabbatini (1989) e seus contemporâneos, ou seja, de que a industrialização da construção é um processo que se remete ao desenvolvimento, a evolução dos modos de se construir.

Conforme posto por Farah (1996), verifica-se que desde os anos 20 já se constituía ideia de transformação dos métodos de trabalho na construção civil, onde se buscava produção em escala e moradias padronizadas, ou seja, já se idealizava a industrialização da construção. Nesta década Le Corbusier (1923) propunha que a industrialização da construção habitacional, deveria espelhar-se no modelo Fordista de produção:

“... impossível esperar pela lenta colaboração dos sucessivos esforços do escavador, do pedreiro, do carpinteiro, do marceneiro, do colocador de ladrilhos, do encanador... as casas devem ser erguidas de uma só vez, feitas por máquinas em uma fábrica, montadas como Ford monta os carros, sobre esteiras rolantes.”

Nos anos 50, em todo o mundo, a alvenaria convencional, processo de construção usado de forma empírica e predominante até então, começou a dar espaço à alvenaria estrutural, um processo construtivo industrializado, dimensionado segundo métodos de cálculo racionais e de confiabilidade determinável, que possibilitava um alto nível de organização na construção, ou seja, racionalização (SABBATINI, 2003).

No Brasil, a industrialização da construção habitacional se deu por volta de 1966, com a criação do BNH, um programa criado para atender o déficit habitacional da época. Se tratou da primeira vez em que o Brasil teve uma política a nível nacional voltada para a questão da habitação. Essa política buscava a produção

em massa de unidades habitacionais. Surgiu então à necessidade de buscar novas tecnologias construtivas para atender tamanha demanda (BONDUKI, 2007). Segundo Barros (1998), nessa época, o mercado, voltado para a industrialização e a pré-fabricação, começou a fazer uso de mecanização intensiva e novos processos construtivos. Foi nesse período que a alvenaria estrutural foi introduzida no Brasil como nova técnica construtiva e se tornou sinônimo de industrialização na construção civil (KALIL, 2004). Nos vinte e dois anos de funcionamento do BNH, o Sistema Financeiro da Habitação (SFH), financiou a construção de 4,3 milhões de unidades novas, números bem expressivos para a época. Com o fim do regime militar em 1985, por conveniência política do novo governo, o BNH foi extinto em 1986 e toda a estrutura de caráter nacional, referente à industrialização da construção habitacional começou a desacelerar-se (BONDUKI, 2007). A figura 2.1 evidencia a construção em escala de conjuntos habitacionais na década de 60.



Figura 2.1: Conjunto habitacional Vila Kennedy na década de 60
Fonte: Catherine Osborn, 2013

Em 1990, aconteceu o processo de abertura econômica do Brasil, quando foi iniciada a abertura do mercado brasileiro às importações, sob o argumento de preparar as empresas brasileiras para o processo de competição mundial. Na

mesma década, em 1994, foi implementado o Plano Real visando à estabilização econômica. Segundo Martins e Barros (2005), essa abertura de mercado contribuiu para a evolução do setor da construção, na medida em que permitiu as construtoras à importação de produtos e tecnologias. No início da década de 90 começou-se a observar uma crescente industrialização nos canteiros de obras, devido ao investimento na modernização dos meios de produção, por parte das construtoras. No entanto, conforme observado por Amorim (1999), no final da década de 90, apesar do aperfeiçoamento organizacional das construtoras ter revelado alguns avanços importantes, naquela época, o apoio governamental era bastante tímido e de um esforço de pesquisa também diminuto e ainda, a má formação básica de mão de obra, inexperiência por parte dos profissionais, acabou impedindo um progresso mais rápido do setor da construção. Em outras palavras podemos dizer que a industrialização da construção, especialmente o segmento habitacional, nesse período começou a desacelerar.

Em 2008, o Brasil foi atingido pela maior crise do capitalismo nos últimos 80 anos, uma crise econômica mundial desencadeada pelos Estados Unidos por causa de especulações imobiliárias. O governo brasileiro na tentativa de reparar os danos provocados pela crise, como o desemprego e a desaceleração do crescimento econômico do país, adotou algumas medidas de combate à crise. Dentre essas medidas estava o investimento no setor da construção civil. Assim em Março de 2009, foi anunciado pelo governo federal o grande carro chefe da economia brasileira, o programa Minha Casa, Minha Vida, um plano habitacional voltado para a população de baixa renda e para a classe média (MANTEGA, 2009).

Em 2010, na primeira fase do programa, foram contratadas mais de 1 milhão de moradias. No final de 2013, o programa alcançou 3 milhões e 240 mil unidades contratadas desde o seu lançamento. Bilhões de reais já foram aplicados pelo governo federal no Minha Casa, Minha Vida (ROUSSEFF, 2013). De acordo com Aliski (2013), para a segunda fase, pretende-se construir cerca de 2,750 milhões

de casas e apartamentos até o final de 2014. O Conselho Curador de Desenvolvimento Social (FDS) anunciou que, em 2014 o Governo Federal destinará mais R\$ 1,168 bilhão ao Programa Minha Casa, Minha Vida. Trata-se de uma iniciativa ousada, uma vez que nunca foram levantadas tantas moradias em tão pouco tempo no país. Nesse contexto surgiu à necessidade de se utilizar de novas técnicas construtivas, mais rápidas e eficientes e, desta forma a industrialização da construção habitacional no Brasil, começou a ser retomada.

O governo federal investiu ainda recursos públicos e privados no valor atual de 28,1 bilhões no setor chamado de “grandes eventos”, que compreendem Copa do Mundo, Copa das Confederações, Olimpíadas e Paraolimpíadas, competições que estão sendo realizadas no Brasil desde 2013 e perdurarão até 2016 (PORTAL BRASIL, 2013). Isso inclui obras de desenvolvimento da infraestrutura nacional.

Atualmente o Brasil vive um momento onde a industrialização da construção civil tem sido determinante para atender as necessidades de obras habitacionais e de infraestrutura. Principalmente no que tange ao déficit habitacional, podemos dizer que industrializar a construção civil é o modo que as construtoras estão encontrando para executar a elevada demanda de moradias (MOREIRA, 2009).

2.2. Contextualização da Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é o mais antigo sistema construtivo usado pela humanidade. Desde os tempos bíblicos já se construía com tijolos feitos de barro ao sol. Os egípcios usavam alvenaria de pedra e, na idade média, pontes e catedrais construídas com alvenaria estrutural perduram até hoje (CAMPOS, 2006). A alvenaria estrutural daqueles tempos não era como a alvenaria estrutural como conhecemos hoje. Inicialmente o sistema desenvolveu-se através do simples empilhamento de unidades como tijolos ou blocos. Vãos eram

executados com peças auxiliares, como vigas de madeira ou pedra. As teorias e cálculos eram utilizados de forma empírica, sem pesquisas e estudos e, por isso, esse tipo de alvenaria ficou conhecido como alvenaria convencional (KALIL, 2004).

Com o passar do tempo, as técnicas usadas na alvenaria convencional foram se aperfeiçoando. Alternativas para a execução de vãos por exemplo, foram descobertas possibilitando obras de grande beleza principalmente em países Europeus (KALIL, 2004). Todavia na alvenaria convencional, não se tinha conhecimento de técnicas de racionalização. A alvenaria predominava como material estrutural e essas estruturas eram superdimensionadas não tendo nenhuma garantia de segurança estrutural (KALIL, 2004). Na figura 2.2 vemos a imagem de um dos ícones da arquitetura da idade média, a catedral de Chartres, construída entre os anos de 1145 e 1194.



Figura 2.2: Catedral de Chartres, construída na idade média
Fonte: Espaço Cultural Santo Graal, 2013

A alvenaria convencional foi substituída pela alvenaria estrutural tal qual a conhecemos hoje somente em 1950. Ainda segundo Kalil (2004), nessa época surgiram códigos de obras e normas com procedimentos de cálculo na Europa e América do Norte, o que acarretou em um crescimento marcante da alvenaria estrutural em todo mundo.

A alvenaria estrutural se diferencia em vários aspectos da alvenaria convencional, mas certamente a diferença maior esteja na ausência de pilares e vigas (Ramos, 2008). Sabbatini (2003) coloca que a diferença fundamental entre a alvenaria convencional e a alvenaria estrutural, é que nesta última há dimensionamento e construção racional, enquanto que na alvenaria convencional a estrutura é dimensionada e construída empiricamente.

No Brasil, desde a sua descoberta até o início do século XIX, as técnicas utilizadas nas construções eram adaptações das técnicas trazidas pelos Europeus. As técnicas utilizadas não envolviam nenhum conhecimento teórico ou de pesquisa devido à ausência de qualquer ciência aplicada (forma empírica), em outras palavras utilizava-se a alvenaria convencional. Várias casas eram feitas artesanalmente pelos próprios moradores ou com a ajuda da vizinhança. Foi muito comum nesse período construções feitas de barro, adobe, taipa de pilão, pau a pique, pedra e cal e às vezes tijolo e cal (BARROS, 1998). A figura 2.3 nos mostra um exemplo de casa construída em pau a pique.



Figura 2.3: Casa feita de pau a pique
Fonte: Jornal da USP, 2007

De acordo com Barros (1998), no final do século XIX já se utilizava tijolos maciços nas paredes de alvenaria. Com a criação de escolas militares e de engenharia pela corte portuguesa surgiu a aplicação de teorias e métodos científicos às técnicas já estabelecidas. Segundo Vargas (1994) as obras eram esboçadas e construídas por mestres portugueses ou por militares, “oficiais de engenharia”. Nessa época, a Europa empregava largamente o uso de sistemas de estruturas de aço e, com a facilidade de importação da época, esse sistema acabou sendo trazido para o Brasil e utilizado em grandes obras nacionais, como Viaduto Santa Efigênia e a Estação da Luz, em São Paulo, até os anos 20 (CAVALHEIRO, 2013).

Apesar de mundialmente o uso do concreto armado ter se iniciado após a patente do cimento Portland por John Aspdin em 1824, no Brasil o concreto armado só começou a ser utilizado em 1904, conforme coloca Vasconcelos e Carrieri Junior (2005). Com a instalação da indústria de cimento Portland no Brasil, logo após a primeira guerra mundial, o uso de estruturas em concreto armado pode ser consagrado principalmente em prédios de grande altura, como o Edifício Martinelli em São Paulo, com 30 andares, conforme pode ser visto na figura 2.4.

Naquela época as unidades de alvenaria produzidas no Brasil, limitavam-se ao emprego em alvenarias de vedação (CAVALHEIRO, 2013).



Figura 2.4: Edifício Martinelli inaugurado em 1929 em São Paulo
Fonte: Intacta Engenharia, 2013

A alvenaria estrutural como conhecemos hoje, foi difundida no Brasil em 1966, com a criação do BNH (BARROS, 1998). Foram construídos os primeiros prédios em alvenaria estrutural armada de blocos de concreto, com quatro pavimentos, o Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa. Na década de 70 já era possível encontrar conjuntos habitacionais com maior número de pavimentos, como o conjunto habitacional Cidade Alta, construído através do BNH, conforme ilustrado na figura 2.5. No Brasil na década de 80 a alvenaria estrutural encontrava-se no seu auge, devido à disseminação dos conjuntos habitacionais.



Figura 2.5: Conjunto habitacional Cidade Alta no Rio de Janeiro, década de 70
Fonte: Ação Comunitária do Brasil, 2005

Vários conceitos são postos para definir alvenaria estrutural. Para Kalil (2004), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo que utiliza peças industrializadas, de dimensões e peso que as fazem manuseáveis. Essas peças, industrializadas, são ligadas por argamassa de forma a tornar o conjunto monolítico e podem ser moldadas em: cerâmica, concreto ou sílico-calcário. O Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural (NEPAE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) (2000) definiu a alvenaria estrutural como sendo um sistema construtivo racionalizado, onde elementos que desempenham função estrutural (tijolos, blocos, pedras, armaduras, dentre outros) são de alvenaria e projetados segundo modelos matemáticos preestabelecidos.

No método construtivo de alvenaria estrutural, as paredes funcionam como elementos estruturais à edificação. As paredes são autoportantes, ou seja, são capazes de suportar o peso da obra sem a necessidade de vigas e pilares, influenciando desta forma, na redução de custo final da obra e tempo de execução. O sistema em alvenaria estrutural não possibilita a passagem de grandes vãos, fazendo com que o sistema se limite à plasticidade do projeto, ou seja, as paredes não podem sofrer alterações sem que a estrutura seja afetada (SCHMID, 2013). Até mesmo pequenas reformas devem ser previamente analisadas e aprovadas por um especialista.

Na mesma referência feita pelo NEPAE/UNESP para conceituar alvenaria estrutural, é posta a seguinte classificação para a alvenaria estrutural:

- ✓ Em função ou não da presença de armaduras:
 - Armada;
 - Parcialmente armada;
 - Não armada.

- ✓ Em função do tipo de material empregado (blocos ou tijolos):
 - Concreto;
 - Cerâmica;
 - Sílico-calcária.

A figura 2.6 ilustra o processo construtivo em alvenaria estrutural do tipo concreto.



Figura 2.6: Alvenaria estrutural em blocos de concreto
Fonte: Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância - UFRGS, 2011

A figura 2.7 ilustra o processo construtivo em alvenaria estrutural do tipo cerâmica.



Figura 2.7: Alvenaria estrutural em blocos de cerâmica
Fonte: Paula Magrini - Revista Casa & Construção, 2008

A figura 2.8 ilustra o processo construtivo em alvenaria estrutural do tipo sílico-calcária.

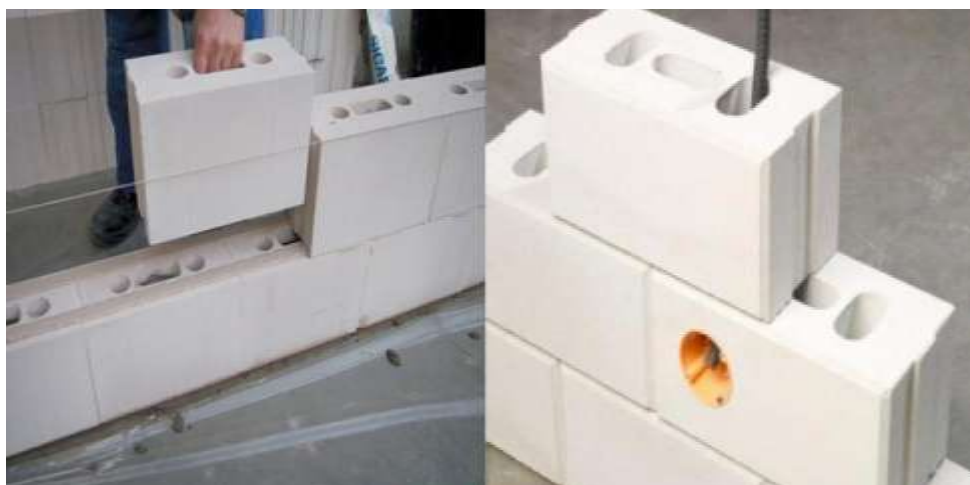


Figura 2.8: Alvenaria estrutural em blocos sílico-calcário
Fonte: Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância - UFRGS, 2011

As definições postas por Camacho (2006), para as classificações de alvenaria estrutural são as seguintes:

- ✓ Alvenaria estrutural armada: é aquela em que, por necessidade estrutural, os elementos resistentes, possuem uma armadura passiva de aço, suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração;
- ✓ Alvenaria estrutural não armada: é aquela que emprega como estrutura suporte, paredes de alvenaria sem armação. Reforços metálicos são colocados apenas com finalidades construtivas, como por exemplo em cintas, vergas, contravergas e na amarração entre paredes, a fim de prevenir problemas patológicos como fissuras e concentração de tensões;
- ✓ Alvenaria estrutural parcialmente armada: é aquela que utiliza como estrutura suporte, paredes de alvenaria sem armação e paredes com armação. As paredes com armação se caracterizam por terem os vazados verticais dos blocos preenchidos com graute (micro concreto) e envolvendo barras e fios de aço. De uma forma geral essa definição é empregada somente no Brasil.

Há ainda a alvenaria estrutural protendida que, conforme Camacho (2006) descreve, é uma alvenaria reforçada por uma armadura ativa que submete a alvenaria a esforços de compressão.

De acordo com Schmid (2013), na alvenaria estrutural a passagem de ferros, fiações, conduítes ou canos é feita através dos furos de encaixe dos blocos. As esquadrias devem ter medidas padronizadas e compatíveis com as medidas dos blocos a serem utilizados. As fundações são similares às especificadas nas construções convencionais e definidas a partir do estudo do solo e os revestimentos são de menor espessura. A execução das instalações hidráulicas e elétricas é realizada juntamente com a etapa de alvenaria. Como essas

instalações ficam embutidas nas paredes, conforme vemos na figura 2.9, há dificuldades de alterações posteriores, sendo necessário quebrar boa parte do bloco.



Figura 2.9: Tubulações elétricas sendo embutidas no sistema de alvenaria estrutural
Fonte: Paula Magrini - Revista Casa & Construção, 2008

Ramos (2008) ressalta que a mão de obra deve ser qualificada, uma vez que a alvenaria estrutural mal feita poderá implicar em trincas, desnivelamento de portas, vidros de janelas, entre outros. Na alvenaria estrutural não há necessidade de se rebocar internamente, geralmente as paredes internas são revestidas com uma camada fina de gesso, gerando grande redução de custo. Já as paredes externas, por estarem expostas a intempéries, há a necessidade de um revestimento mais resistente, fazendo-se necessário a utilização do chapisco e reboco. Se a mão de obra não for qualificada os custos com revestimentos podem aumentar consideravelmente.

Camacho (2006) descreve que a alvenaria estrutural pode trazer as seguintes vantagens técnicas e econômicas:

- ✓ Menor diversidade de materiais empregados;
- ✓ Redução da mão de obra especializada, como armadores e carpinteiros;
- ✓ Simplificação das técnicas de execução;
- ✓ Maior rapidez de execução;
- ✓ Economia de fôrmas;
- ✓ Eliminação de interferências no cronograma executivo.

Ainda segundo Camacho (2006), a redução de custos gerada pela utilização da alvenaria estrutural pode chegar até 30% devido à simplificação das técnicas de execução e economia de fôrmas e escoramentos. Para o autor, o sistema de alvenaria estrutural apresenta também algumas desvantagens como por exemplo:

- ✓ Limitação do projeto arquitetônico pela concepção estrutural, que não permite a construção de obras arrojadas;
- ✓ Impossibilidade de adaptação da arquitetura para um novo uso;
- ✓ Mão de obra qualificada e bem treinada e sob constante fiscalização;
- ✓ Requer área considerável para armazenar e dispor os materiais.

Para a ABCP (2010), a alvenaria estrutural é bastante utilizada na construção de conjuntos habitacionais no Brasil. No entanto esse sistema é marcado pelo tempo de execução lento, com atividades artesanais, demanda alta de mão de obra e grande geração de resíduos.

Segundo Franco (1992), a alvenaria estrutural, devido a sua simplicidade, é capaz de permitir uma diminuição de custos imediata além de facilitar as operações de execução do edifício. Nesse tipo de sistema há uma redução dos investimentos fixos, como por exemplo compra de equipamentos. Com isso tem-se uma maior flexibilidade quanto definição de cronogramas e fluxos de caixa. Nos últimos anos, segundo o autor, muitas soluções foram tentadas na busca pela eficiência e produtividade. Os processos em alvenaria estrutural estão entre

as poucas experiências de sucesso e se tornaram predominantes na construção habitacional de interesse social.

2.3. As Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*

Os primeiros registros da utilização do sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* datam da década de 70. Nesta mesma época, com os grandes programas habitacionais desenvolvidos pelo BNH, verificou-se a importação de novas tecnologias e o interesse crescente de construtoras e fabricantes de materiais pelos processos construtivos não convencionais. Dentre esses processos estava a alvenaria estrutural e a produção de paredes maciças de concreto produzidas no local nos seguintes sistemas: Outinord de fôrmas metálicas; e os sistemas de fôrmas metálicas e de madeiras Geo-sistem e Preford. Somente a alvenaria estrutural e o sistema Outinord é que se consolidaram como tecnologia viável e persistiram durante a década de 80, mostrando bom potencial de avanço (LORDSLEEM JUNIOR, 1998).

Contudo, naquela época no Brasil, principalmente com as limitações financeiras da época, não houve continuidade de obras nesses padrões e, a falta de escala não permitiu que esse tipo de processo construtivo se consolidasse no mercado da construção civil (LORDSLEEM JUNIOR, 1998). Há pouco mais de dez anos, segundo Robusti (2007), o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* começou a ser amplamente utilizado no México em um modelo adotado por esse país para erradicar seu déficit habitacional, numa meta de 6,5 milhões de moradias em seis anos. Países como Colômbia e Chile já adotam largamente esse sistema construtivo.

Pelo menos desde 2007, a indústria da construção começou a ser beneficiada pela grande demanda por edificações e pelo crescente acesso da população ao crédito. Desta forma, assim como ocorreu na época do BNH, o Brasil encontrou-

se mais uma vez diante da imperativa necessidade de aumentar a produtividade da construção habitacional através da industrialização. O país atentou ser necessário executar projetos cada vez mais rápidos, utilizando sistemas construtivos econômicos sem comprometer a qualidade e o desempenho das edificações. O Brasil passou então a se basear no modelo de construção habitacional adotado pelo México e, o método construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* voltou a ser utilizado pelas construtoras brasileiras (MOREIRA, 2009).

Para estudar melhor essa “nova” tecnologia que deu base à chamada construção industrializada, ainda em 2007, algumas instituições de grande respeito no meio técnico, como a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a Associação Brasileira de Serviços de Concretagem (ABESC) e o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) se reuniram e introduziram o debate sobre as edificações feitas com Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, sistema construtivo que ficou conhecido popularmente como “Paredes de Concreto”. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008). Desde então a ABCP, ABESC e o IBTS desenvolvem ações de pesquisa sobre edificações feitas com Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*.

Hoje o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* encontra-se em expansão no Brasil principalmente por oferecer condições técnicas e econômicas capazes de ajudar a cumprir a meta de moradias do programa Minha Casa, Minha Vida (MOREIRA, 2009).

2.4. A NBR 16.055:2012

Os trabalhos iniciados em 2007 pelo “Grupo Parede de Concreto”, formados pela ABCP, ABESC, IBTS, institutos de pesquisa e empresas privadas, segundo a Revista *Téchne* (2012), resultaram em uma norma específica no âmbito ABNT

(Associação Brasileira de Normas Técnicas). Em 10 de Maio de 2012 entrou em vigor a NBR 16.055 – Parede de Concreto Moldada no Local Para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos, elaborada pela Comissão de Estudos CE-02:123.05, do CB-2, coordenada pelo engenheiro Arnaldo Wendler.

De acordo com a Comunidade da Construção (2008), o sistema construtivo Paredes de Concreto demandou das empresas e instituições interessadas em seu desenvolvimento, um intenso trabalho de pesquisa, para que seu modelo de cálculo estrutural pudesse se transformar em uma nova norma técnica.

Antes da publicação desta norma os cálculos estruturais para as Paredes de Concreto eram baseados na NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento (antiga NB-1), no entanto se trata de um sistema estrutural diferente. Paredes de concreto não são a mesma coisa que pilares com paredes. Há alguns atenuantes, mas por outro lado, é preciso se preocupar com algumas questões de contorno não detalhadas na NBR 6118 (CORSINI, 2012). Desta forma para a criação da NBR 16.055 – Parede de Concreto Moldada no Local Para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos, foram aproveitados conceitos da ABNT como a NBR 6118 entre outras, além de referências normativas buscadas fora do Brasil.

A NBR 16.055:2012 vale para edificações de qualquer planta, altura e número de pavimentos, desde que feitas com paredes de concreto moldadas no local com fôrmas removíveis. Dessa maneira, os projetos executados pelo sistema construtivo Paredes de Concreto não têm mais a característica de “tecnologia inovadora” e ficam dispensados de atender às diretrizes do Sistema Nacional de Aprovações Técnicas (SINAT), para obter financiamento da Caixa Econômica Federal e do Banco do Brasil (ABESC – IBTS, 2013). A normalização técnica é uma grande aliada de empresas e consumidores porque garante que produtos e serviços atendam a critérios reconhecidos e aceitos de segurança e qualidade.

2.5. O Sistema Construtivo Paredes de Concreto

Segundo Lordsleem Junior et al. (1998), o sistema construtivo Paredes de Concreto é um sistema racionalizado de painéis monolíticos de concreto, moldado no local, e que apresenta inovações na execução da vedação, dos sistemas prediais e no assentamento das esquadrias. São utilizadas fôrmas duplas para moldar no local as vedações de concreto armado. Estas vedações, além de possuir função estrutural, pois nesse sistema não se usa colunas nem vigas, ainda podem incorporar, durante o processo de produção, as instalações elétricas, hidráulicas e as esquadrias.

Para a Comunidade da Construção (2008), Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, é um sistema construtivo racionalizado, o qual permite fazer um planejamento completo e detalhado da obra. Tal sistema reduz as atividades artesanais e improvisações, contribuindo dentre alguns fatores, para a diminuição do número de operários no canteiro.

Basicamente o sistema emprega um jogo de fôrmas, tela de aço e o concreto que irá constituir a parede. A moldagem de paredes no local utilizando fôrmas preenchidas com concreto é uma tecnologia que oferece as condições desejáveis de escala e velocidade para a construção de grandes e médios conjuntos habitacionais. O sistema de Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* beneficia-se da padronização e da repetitividade das estruturas, desta forma, quanto mais estruturas e pavimentos iguais, mais rápidos e regulares serão os ciclos de concretagem. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2010). A figura 2.10 nos mostra um conjunto habitacional sendo construído pelo sistema Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*.



Figura 2.10: Conjunto habitacional sendo construído com o sistema Paredes de Concreto
Fonte: Ecopore, 2013

Misurelli e Massuda (2009) colocam que uma das características principais desse sistema construtivo é a moldagem *in loco* dos elementos estruturais, tais como vedação e estrutura. Em apenas uma única etapa de concretagem as paredes são moldadas permitindo que, após a retirada das fôrmas, as paredes já contenham em seu interior todos os elementos embutidos, como por exemplo tubulações elétricas e hidráulicas, elementos de fixação, caixilhos de portas e janelas, entre outros.

Ainda segundo Misurelli e Massuda (2009), o sistema possibilita a construção de casas térreas, assobradadas, edifícios de até cinco pavimentos padrão, edifícios de oito pavimentos padrão com esforços de compressão, de até 30 pavimentos padrão e com mais de 30 pavimentos, considerados casos especiais e específicos. A figura 2.11 mostra as tipologias possíveis no sistema Paredes de Concreto.

Tipologias Possíveis no Sistema Paredes de Concreto

Casa térrea



Sobrado



Edifícios com até 5 pavimentos



Edifícios com mais de 5 pavimentos

Figura 2.11: Tipologias estruturais construídas com o sistema Paredes de Concreto
Fonte: Adaptação feita pela autora, 2013

É importante salientar que embora o sistema seja usado, sobretudo em obras habitacionais, não é limitado a elas. O sistema é recomendado para empreendimentos que tenha alta repetitividade podendo ser utilizado em obras de pequeno, médio e alto padrão devido a sua grande versatilidade (ABCP, 2010).

Ainda para os autores Misurelli e Massuda (2009), os principais benefícios do uso das Paredes de Concreto são:

- ✓ Velocidade de execução;
- ✓ Prazos de entrega e custos programados;

- ✓ Industrialização do processo;
- ✓ Maior qualidade e desempenho técnico;
- ✓ Economia de materiais;
- ✓ Mão de obra não especializada.

A espessura de parede mais usada no sistema Paredes de Concreto é de 10 cm. A NBR 16.055:2012 especifica que a espessura mínima das paredes com altura até 3 m deve ser de 10 cm. É permitida espessura de 8 cm apenas em paredes internas de edificações de até dois pavimentos. Em paredes com altura maiores, a espessura mínima deve ser 1/30 do menor valor entre a altura e metade do comprimento equivalente da parede (CORSINI, 2012).

Assim como em toda atividade industrial o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* se divide em etapas de execução:

- ✓ Execução da fundação;
- ✓ Colocação das armaduras;
- ✓ Montagem das fôrmas;
- ✓ Concretagem;
- ✓ Retirada das fôrmas;
- ✓ Acabamento.

A figura 2.12 apresenta as principais etapas de execução do sistema Paredes de Concreto. A seguir será apresentada uma breve descrição dessas etapas.

Principais Etapas de Execução do Sistema Parede de Concreto



1 - Fundação



4 - Concretagem



2 - Armaduras e Instalações



5 - Retirada das Fôrmas



3 - Montagem das Fôrmas



6 - Acabamento

Figura 2.12: Etapas de execução do sistema Paredes de Concreto
Fonte: Adaptação feita pela autora, 2013

Segundo a ABCP (2010), o sistema construtivo Paredes de Concreto é totalmente sistematizado uma vez que se baseia inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos. São características desse sistema a mecanização, a modulação, o controle tecnológico e a multifuncionalidade, o que permite que a obra se assemelhe a uma linha de montagem como na indústria automobilística.

2.5.1. Fundação

A escolha do tipo de fundação depende do local do empreendimento, de acordo com o clima, solo e geografia. No sistema Paredes de Concreto não existem restrições quanto ao tipo de fundação a ser adotado. Podem ser empregados os sistemas de fundações em sapata corrida, conforme mostra a figura 2.13, *radier* (laje de apoio), conforme figura 2.14 e blocos de travamento para estacas ou tubulões conforme especificações de projeto. Todavia a seleção do tipo de fundação deve contemplar parâmetros de ordem geral como aspectos de segurança, estabilidade, durabilidade da fundação, alinhamento e nivelamentos (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008).



Figura 2.13: Fundação tipo *Radier*
Fonte: Gethal Sistemas Construtivos, 2013



Figura 2.14: Fundação tipo sapata corrida
Fonte: Clube do Concreto, 2013

Independentemente da tipologia da fundação, esta deverá ser executada com alinhamento e nivelamento rigoroso, permitindo a correta montagem do sistema de fôrmas. Diferenças de níveis acarretará descontinuidade no alinhamento superior das paredes. Recomenda-se que seja executada uma laje/piso na cota do terreno, de forma a constituir um apoio ao sistema de fôrmas e eliminar a possibilidade de se trabalhar no terreno bruto. É interessante que essa laje/piso seja construída excedendo a dimensão igual à espessura dos painéis externos das fôrmas, para permitir o apoio e facilitar a montagem dos moldes. A fundação com laje tipo *radier* é mais utilizada em casas com Paredes de Concreto. Se a opção for por este tipo de fundação, recomenda-se construir a calçada externa na mesma concretagem. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO 2008).

Linhas de *nylon* e *spray* ou pó colorido são utilizados para marcação de linhas nas lajes. Essas linhas são usadas no piso de apoio e nas lajes para marcar a espessura da parede e os pontos de prumadas. É importante ressaltar que as fundações são construídas contendo embutidas às tubulações hidrossanitárias (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008).

2.5.2. Armaduras

De acordo com Misurelli e Massuda (2009), a armação no sistema Paredes de Concreto além de atuar como estrutura, serve de suporte para as instalações elétricas e hidráulicas durante a concretagem e a cura. As armaduras devem atender a três requisitos básicos:

- ✓ Resistir a esforços nas paredes;
- ✓ Controlar a retração do concreto;
- ✓ Estruturar e fixar as tubulações elétricas, hidráulicas e de gás.

A armação mais usual adotada no sistema Paredes de Concreto é a tela eletrossoldada, posicionada no eixo vertical da parede. No entanto a NBR 16.005:2012 não proíbe o uso de barra ou treliça para a armação de lajes e paredes. Geralmente as barras são utilizadas como reforços em regiões de maior tensão, como as bordas e vãos de portas e janelas, e como auxílio na fixação e sustentação dos painéis de tela. Em edifícios mais altos as paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e reforços verticais nas extremidades das paredes (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

A figura 2.15 nos mostra um exemplo de armadura utilizada no sistema Paredes de Concreto. Na mesma figura 2.15 é possível observar a fundação tipo *radier* contendo as tubulações hidrossanitárias.



Figura 2.15: Execução das armaduras no sistema Parede de Concreto
Fonte: Gethal Sistemas Construtivos, 2013

A NBR 16.055:2012 estabelece que em paredes de até 15 cm pode-se utilizar uma tela centrada, no entanto paredes com mais de 15 cm ou qualquer parede sujeita a esforços horizontais ou momentos fletores aplicados, deve-se utilizar armação com duas telas (CORSINI, 2012).

Abaixo a figura 2.16 ilustra os procedimentos gerais para montagem das armaduras no sistema Paredes de Concreto.

Procedimentos :

- ❖ Posicionar as telas soldadas em toda a parede, sem interrupções;
- ❖ Montar um dos lados da fôrma;
- ❖ Cortar a tela soldada nos locais de vãos de esquadrias e portas;
- ❖ Utilizar os pedaços de telas cortados para reforços de cantos e como armadura para peças menores.

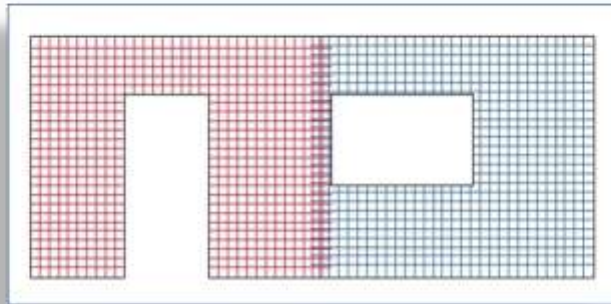


Figura 2.16: Procedimentos gerais para montagem das armaduras
Fonte: Adaptado da Comunidade do Concreto, 2010

Segundo a Comunidade da Construção (2010), nas paredes que apresentarem vãos de porta e janelas, as telas deverão ser posicionadas sem consideração daquelas aberturas. Os cortes deverão ser feitos após o posicionamento de uma face dos painéis das fôrmas. O material que sobrar poderá ser utilizado nos pontos necessitados de reforços. Ainda segundo Misurelli e Massuda (2009), os tubos e eletrodutos são fixados às armaduras, evitando-se que desloquem durante o adensamento e lançamento do concreto. É imprescindível a colocação de distanciadores e espaçadores plásticos para garantir o posicionamento das telas e a geometria dos painéis.

A figura 2.17 ilustra o uso de espaçadores e a figura 2.18 ilustra o uso de distanciadores, ambos utilizados no sistema Paredes de Concreto.



Figura 2.17: Uso de espaçador plástico para ligação de eletroduto na armadura
Fonte: ABCP, 2010



Figura 2.18: Uso de distanciador plástico na armadura
Fonte: Núcleo Parede de Concreto, 2012

2.5.3. Instalações Hidráulicas e Elétricas

Para as instalações hidráulicas a NBR 16.055:2012 coloca que as tubulações verticais podem ser embutidas nas Paredes de Concreto, desde que atendidas simultaneamente às seguintes condições:

- ✓ Quando tubos metálicos não encostarem nas armaduras, de forma a evitar corrosão galvânica;
- ✓ Quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15°C;
- ✓ Quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- ✓ Quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- ✓ Quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da espessura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado

e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro de até 66% da espessura da parede e com cobrimentos mínimos, desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado.

Devido à dificuldade de atender a todos esses critérios e principalmente pelo fato da norma não permitir a passagem de tubos de grandes diâmetros dentro do sistema Paredes de Concreto, o mais comum nos empreendimentos é passar as tubulações verticais por fora das paredes através de *shafts*, de forma que essas tubulações permaneçam aparentes. Esteticamente pode não ser o ideal, mas esse procedimento facilita reformas e a manutenção caso ocorra problemas, como por exemplo obstruções ou infiltrações e ainda evita paredes com espessuras diferentes. As tubulações horizontais, quando existentes, são embutidas no sistema de rebaixamento das lajes (NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO, 2012).

Vale ressaltar que a NBR 16.055:2012 não admite tubulações horizontais, a não ser trechos de até 1/3 do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, e desde que esse trecho não seja considerado estrutural. A norma também não permite tubulações verticais e horizontais nos encontros de paredes (CORSINI, 2012).

Com relação às instalações elétricas, as caixas de passagem, interruptores e tomadas, são fixadas nos painéis das fôrmas das Paredes de Concreto, por meio de gabaritos, conforme posição indicada em cada projeto. Um exemplo dessa aplicação pode ser vista na figura 2.19. Preenchimento com papel ou pó de serra se faz necessário nas caixas que apresentarem orifícios, de forma a evitar que o concreto penetre nas mesmas e obstrua a passagem dos eletrodutos (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2010).



Figura 2.19: Montagem da rede elétrica no sistema Paredes de Concreto
Fonte: Metro Modular, 2013

No caso de lajes, os eletrodutos devem ser posicionados logo após a montagem das fôrmas de laje e antes da concretagem (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2010).

2.5.4. Sistema de Fôrmas

Para Misurelli e Massuda (2009), as fôrmas são estruturas provisórias que irão moldar o concreto fresco, de forma a compor a parede estrutural. De acordo com a Comunidade da Construção (2008), os tipos de fôrmas mais comum no sistema Paredes de Concreto são:

- ✓ Fôrmas Metálicas: Utilizam quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada. A figura 2.20 mostra um exemplo de utilização de fôrma de alumínio;



Figura 2.20: Fôrma de alumínio monoportáveis
Fonte: Comunidade da Construção – Produtos e Serviços, 2013

- ✓ Fôrmas Metálicas e Compensado: São compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento na peça concretada. A figura 2.21 mostra um exemplo de utilização de fôrma metálica e compensado;



Figura 2.21: Fôrma metálica e compensado
Fonte: Comunidade da Construção, 2013

- ✓ Fôrmas Plásticas: Utilizam quadros e chapas feitas em plástico reciclável, tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, sendo contraventadas por estruturas metálicas. A figura 2.22 mostra um exemplo de utilização de fôrma plástica.



Figura 2.22: Fôrma plástica
Fonte: Metro Modular, 2013

Seja qual for o tipo de fôrma utilizada, todas devem resistir a todas as pressões do lançamento do concreto até que este adquira resistência suficiente para a desfôrma. As fôrmas também devem ser estanques e manter rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

A fôrma de alumínio é o tipo mais empregado nas edificações que utilizam o sistema Paredes de Concreto. Esse tipo de fôrma tem um custo elevado, devido ao seu material de fabricação, mas esse custo equilibra-se com o custo benefício uma vez que as fôrmas de alumínio podem ser utilizadas até 2.000 vezes, permitindo que o custo das mesmas seja absorvido e o custo do metro quadrado caia consideravelmente (CORSINI, 2012). Além disso, as fôrmas de alumínio possuem leveza e flexibilidade, possibilitando ganhos de produtividade e

diferentes combinações geométricas. A fôrma de alumínio, aplicada à execução do molde das Paredes de Concreto, é constituída por um sistema de painéis fabricados com chapas e perfis metálicos estruturados (SILVA, 2009).

Em geral os painéis da fôrma de alumínio possuem largura máxima de 60 cm, porém podem ser construídos módulos maiores. A espessura das fôrmas variam entre 5 e 7 mm. A altura é limitada pelo pé direito da edificação, podendo variar entre 2,60 m e 3,00 m. O sistema possui placas de fechamento para os vãos de portas e janelas, como gabaritos. O índice de produtividade na montagem das fôrmas de alumínio é de 0,30 hh/m². Em uma casa com 36 m² de área, com área de fôrma de 200 m², considerando as duas faces da parede, a montagem das fôrmas pode ser concluída em um dia, de 10 horas, com uma equipe de sete homens. Os painéis da fôrma de alumínio são montados manualmente e cada painel pesa menos de 18 kg/m², já com os vãos para as portas e janelas. O sistema de fôrmas pode ser empregado para diversos tipos de concreto e não possui restrições quanto ao uso de vibrador (SILVA, 2009).

Segundo Misurelli e Massuda (2009), o projeto de fôrma deve abordar o detalhamento dos seguintes itens:

- ✓ Posicionamento dos painéis;
- ✓ Equipamentos auxiliares;
- ✓ Peças de travamento e prumo;
- ✓ Escoramento;
- ✓ Sequencia de montagem e desmontagem.

Ainda para os autores Misurelli e Massuda (2009), a montagem das fôrmas deve começar assim que as seguintes etapas estejam concluídas:

- ✓ Nivelamento da laje de piso (construção da fundação);
- ✓ Marcação de linhas de paredes no piso de apoio;
- ✓ Montagem das armaduras;
- ✓ Montagem das redes hidráulica e elétrica.

A montagem do sistema de fôrmas segue a sequência do projeto original, que geralmente atende a sequência padrão:

- ✓ Posicionamento dos painéis de fôrma;
- ✓ Montagem dos painéis internos primeiro e painéis externos em seguida ou a opção de montagem pareada;
- ✓ Colocação de caixilhos nas portas e janelas;
- ✓ Colocação de grampos ou pinos de fixação para conectar os painéis (interno e externo);
- ✓ Posicionamento de escoras de prumo, para manter os painéis em pé e permitir o ajuste milimétrico do prumo das paredes posteriormente;
- ✓ Colocação de ancoragens para absorver as pressões que o concreto, ainda no estado plástico, deverá exercer sobre as fôrmas;
- ✓ Fechamento das fôrmas.

Em média o tempo de montagem das formas até a concretagem é de um dia. Na figura 2.23 pode ser visto o processo de montagem das fôrmas.



Figura 2.23: Montagem de fôrmas no sistema Paredes de Concreto
Fonte: Gethal, 2013

Venturini (2011) faz uma observação importante, antes da montagem da fôrma é necessário à aplicação de desmoldante em todos os painéis que compõem a fôrma. O desmoldante tem a função de garantir a retirada da fôrma sem danificações, após a concretagem, possibilitando a reutilização da mesma. A ABCP (2010) diz que cada tipo de fôrma requer um tipo de agente desmoldante. Em fôrmas de alumínio, o desmoldante ideal é aquele a base de parafina líquida e água. A figura 2.24 ilustra o processo de utilização de desmoldante no sistema de fôrmas.



Figura 2.24: Utilização de desmoldante
Fonte: Projeto de Casas, 2011

Para a Comunidade da Construção (2008), a desfôrma deve ser feita quando o concreto atingir a resistência e a elasticidade prevista no projeto. A retirada das fôrmas deve ser feita sem choques, evitando assim o aparecimento de fissuras. A figura 2.25 mostra o processo de retirada das fôrmas.



Figura 2.25: Desfôrma
Fonte: Metro Modular, 2013

Misurelli e Massuda (2009) colocam que após a retirada das fôrmas, estas devem passar por uma limpeza de forma a remover a película de argamassa (cimento + água + areia) aderida nas superfícies dos painéis. Essa limpeza deve ser feita de maneira minuciosa, podendo ser executada com espátula, conforme podemos visualizar na figura 2.26 ou ainda com jato de água.



Figura 2.26: Limpeza das formas
Fonte: Revista Equipe de Obras, 2011

2.5.5. Concretagem

Antes da NBR 16.055:2012 entrar em vigor, segundo a Comunidade da Construção (2008) era recomendado o uso de quatro tipos de concreto para o sistema Paredes de Concreto:

- ✓ Tipo L1 - Concreto Celular: Esse tipo de concreto é uma mistura composta por areia, brita, cimento Portland, água e minúsculas bolhas de ar. A adição dessas bolhas de ar permite a esse material adquirir a propriedade de concreto leve, com massa específica menor que a dos concretos convencionais (1.500 a 1.600 kg/m³), e bom desempenho térmico e acústico. Concreto recomendado para estruturas de Paredes de Concreto

com até dois pavimentos desde que a resistência especificada seja igual à resistência mínima de 4 MPa;

- ✓ Tipo M - Concreto com alto teor de ar incorporado (até 9%): Esse tipo de concreto possui características mecânicas, térmicas e acústicas similares às do concreto celular, mas recomendado para o sistema Paredes de Concreto de residências térreas e assobradadas com a resistência mínima igual a 6 MPa;
- ✓ Tipo L2 - Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica: Esse tipo de concreto é preparado com agregados leves e possui bom desempenho térmico e acústico, mas possui desempenho inferior ao do concreto tipo L1 e M. Recomendado para o sistema Paredes de Concreto que necessite de resistência de até 25 MPa;
- ✓ Tipo N - Concreto convencional ou auto adensável: Esse tipo de concreto possui maior fluidez e plasticidade, eliminando a necessidade de vibração e, sua alta viscosidade evita a segregação dos materiais. Além disso, sua aplicação é muito rápida se feita por bombeamento. Recomendado como a melhor alternativa para o sistema Paredes de Concreto é o mais utilizado pelas construtoras. A resistência mínima a compressão é de 20 MPa.

A tabela 2.1 apresenta os tipos de concretos recomendados no sistema Paredes de Concreto, antes de entrar em vigor a NBR 16.055:2012.

Tabela 2.1: Tipos de concreto usado no sistema construtivo Paredes de Concreto
 Fonte: Comunidade da Construção, 2008

Tipo	Descrição	Massa específica kg/m ³	Resistência à compressão mínima MPa
L1	Concreto celular	1 500 a 1 600	4
L2	Concreto com agregado leve	1 500 a 1 800	20
M	Concreto com ar incorporado	1 900 a 2 000	6
N	Concreto normal	2 000 a 2 800	20

Atualmente a NBR 16.055:2012 estabelece o uso de concreto comum ou autoadensável, com densidade normal de 2,0 tf/m³ a 2,8 tf/m³, com resistência característica à compressão aos 28 dias entre 20 MPa e 40 MPa. Desta forma a norma vale para projetos que especifiquem concreto comum ou autoadensável que atendam a parâmetros específicos. Todavia, a norma não se limita a esses dois tipos de concreto. É notado que alguns empreendimentos ainda utilizam outros tipos de concreto como o L1, no entanto sistemas que utilizarem concreto celular por exemplo, ou qualquer outro sistema que não se enquadre nos requisitos da norma, devem obter um documento de avaliação técnica no âmbito do SINAT (CORSINI, 2012). Para o autor, no sistema Paredes de Concreto, o ideal é usar concreto autoadensável uma vez que não se pode lançar um concreto pouco plástico porque não se conseguirá vibrá-lo.

No sistema Paredes de Concreto a etapa de adensamento consiste em utilizar concreto com alta fluidez para preencher os vazios das fôrmas, à semelhança de um líquido enchendo um recipiente. A massa fluida deve caminhar homoganeamente pela fôrma e preencher todos os vazios sem nenhuma dificuldade (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2010). Desta forma o lançamento do concreto deve ser bem planejado. A Comunidade da Construção

(2008, p. 87) escreve em Parede de Concreto - Coletânea de Ativos 2007/2008, um critério de escolha de pontos para lançamento do concreto:

“O lançamento deve ser iniciado por um dos cantos da edificação, até que uma significativa parcela das paredes próximas ao ponto esteja totalmente cheia. Em seguida, muda-se a posição em direção ao canto oposto, até que se complete o rodízio dos quatro cantos opostos da estrutura. Finaliza-se a concretagem com o lançamento na linha mais elevada das fôrmas e dos oitões, para o caso de habitações térreas.”

A figura 2.27 nos mostra o esquema de pontos de concretagem a serem utilizados no sistema Paredes de Concreto.

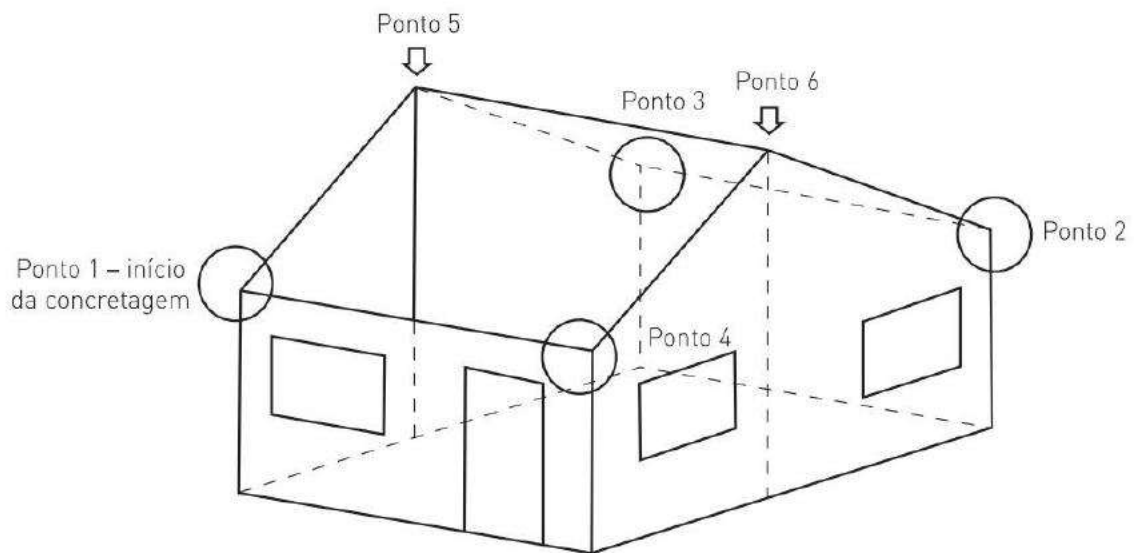


Figura 2.27: Pontos de concretagem no sistema Paredes de Concreto
Fonte: Comunidade da Construção, 2008

Para Misurelli e Massuda (2009), a aplicação do concreto nas fôrmas deve obedecer a um planejamento detalhado, levando em consideração as características do concreto que será utilizado, a geometria das fôrmas, o layout do canteiro e as características do empreendimento. O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição final. A utilização de bomba para lançamento do concreto reduz a probabilidade de falhas de concretagem. Um

exemplo desse procedimento pode ser visto na figura 2.28. Não deve haver interrupções com duração superior a 30 minutos, no lançamento do concreto. A NBR 16.055:2012 recomenda que em estruturas inclinadas, como por exemplo escadas, a concretagem seja feita de forma ascendente, ou seja, da menor cota para a maior. A concretagem da laje só é realizada após a concretagem de todas as paredes.



Figura 2.28: Aplicação de concreto no sistema Paredes de Concreto
Fonte: Ecopore, 2013

A etapa de adensamento do concreto deve ser muito cuidadosa. A NBR 16.055:2012 coloca que deve se ter maiores cuidados quanto maiores forem a densidade de armadura e a altura de lançamento do concreto, como por exemplo quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar os 2 m. É imprescindível a utilização de uma técnica de lançamento significativa que garanta que todo o concreto preencha todos os espaços das fôrmas, inclusive nos pés das paredes, e evite a formação de ninhos ou segregações de materiais. Após o lançamento o concreto deve ser vibrado de forma a evitar a ocorrência de falhas por ar aprisionado e, deve-se evitar ainda a vibração da armadura.

2.5.6. Acabamento

De acordo com Misurelli e Massuda (2009) não existem restrições quanto ao uso de qualquer tipo de revestimento no sistema construtivo Paredes de Concreto, sendo exigido apenas o cumprimento das especificações do fornecedor do material. Os painéis das fôrmas de alumínio não possuem rebites, emendas ou marcas na face que faz contato com o concreto, o que proporciona um acabamento liso da superfície concretada. Algumas rebarbas, decorrentes da junção dos painéis, são removidas com auxílio de espátula, logo após a desfôrma. Os furos decorrentes dos pinos de travamento dos painéis são preenchidos com argamassa cimentícia. Quando necessário, é utilizado uma feltragem para retirar os sinais superficiais e então é feita a impermeabilização e posteriormente a pintura. Na figura 2.29 tem-se um exemplo de superfície lisa após a retirada das fôrmas.

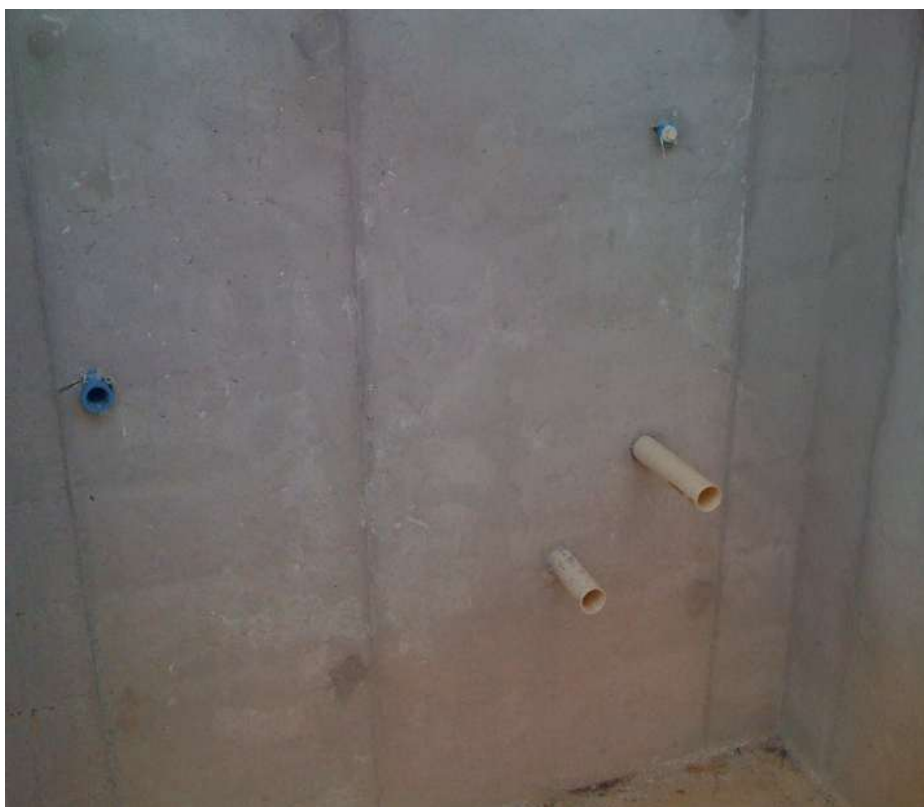


Figura 2.29: Superfície do sistema Paredes de Concreto após a retirada das fôrmas
Fonte: Gethal Sistemas Construtivos, 2013

Geralmente utiliza-se nas áreas secas, um fundo de gesso e posteriormente uma textura rolada, apenas com a finalidade de regularizar porosidade das paredes e dar uma melhoria estética. Nas áreas molhadas a aplicação do revestimento é feita diretamente sobre as paredes conforme ilustrado na figura 2.30 (ABCP, 2010).



Figura 2.30: Revestimento feito diretamente sobre as Paredes de Concreto
Fonte: Gethal Sistemas Construtivos, 2013

Uma das características marcantes que compõem o sistema construtivo Paredes de Concreto é a grande redução da espessura das camadas de revestimento. Não há necessidade de chapisco ou reboco como acontece por exemplo no sistema de alvenaria estrutural de blocos, como se nota na figura 2.31. É recomendado que o acabamento seja iniciado após a cura úmida da parede (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008).

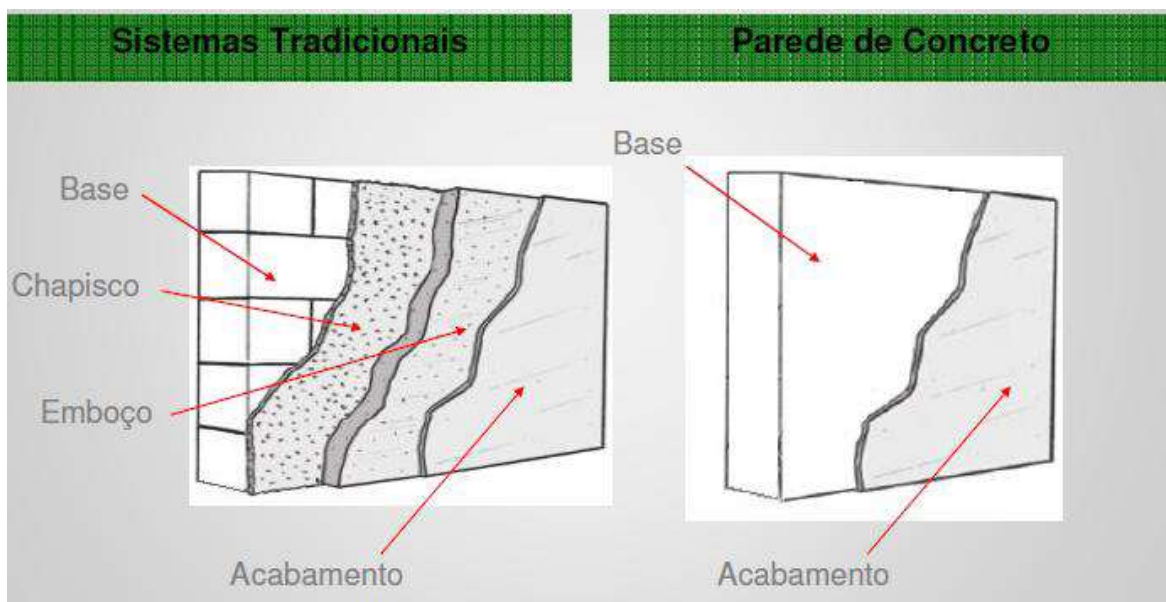


Figura 2.31: Acabamento em alvenaria estrutural e em Paredes de Concreto
 Fonte: HESKETH, 2009

2.6. Desempenho Térmico e Acústico do Sistema Paredes de Concreto

Segundo Borges (2008) a palavra desempenho é utilizada de forma coloquial por toda a sociedade e possui um significado um tanto amplo. Ao falar de desempenho aplicado à indústria da construção, o autor coloca que:

“O edifício é um produto que deve apresentar determinadas características que o capacitem a cumprir objetivos e funções para os quais foi projetado, quando submetidos a determinadas condições de exposição e uso; assim, ele é considerado um “bem comportado” quando atende aos requisitos para o qual foi projetado.”

Na NBR 16.055:2012 não é mencionado o desempenho térmico e acústico das paredes que compõem o sistema construtivo Paredes de Concreto. Para Borges (2008) a explicitação do desempenho desejado de uma construção, através de requisitos, critérios e métodos de avaliação, não se constitui tarefa fácil. As necessidades dos usuários são subjetivas, crescentes, variáveis com o tempo e por região, além de serem baseadas em expectativas que os próprios usuários

têm em relação ao produto e à empresa que lhes fornece esse produto. Todavia, Wendler (2009) expõe algumas considerações sobre o desempenho térmico e acústico do sistema construtivo Paredes de Concreto.

Wendler (2009) coloca que o desempenho térmico depende das características de todo o ambiente construído, como por exemplo fachada, cobertura, piso, aberturas para ventilação, tipologia da edificação, etc. e não só do material das paredes. Segundo a NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho, a edificação deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se as zonas bioclimáticas definidas na NBR 15.220 - Desempenho Térmico de Edificações.

De acordo com Wendler (2009), o desempenho térmico dos tipos de concretos M, L2, N, L1, citados no item 2.5.5 – Concretagem, deste trabalho, foi testado de acordo com as oito zonas bioclimáticas definidas para o Brasil e de acordo com a característica do ambiente construído, representado na figura 2.32. Segundo avaliação do Instituto de Pesquisas Técnicas (IPT), o desempenho foi considerado satisfatório para todas as regiões brasileiras.

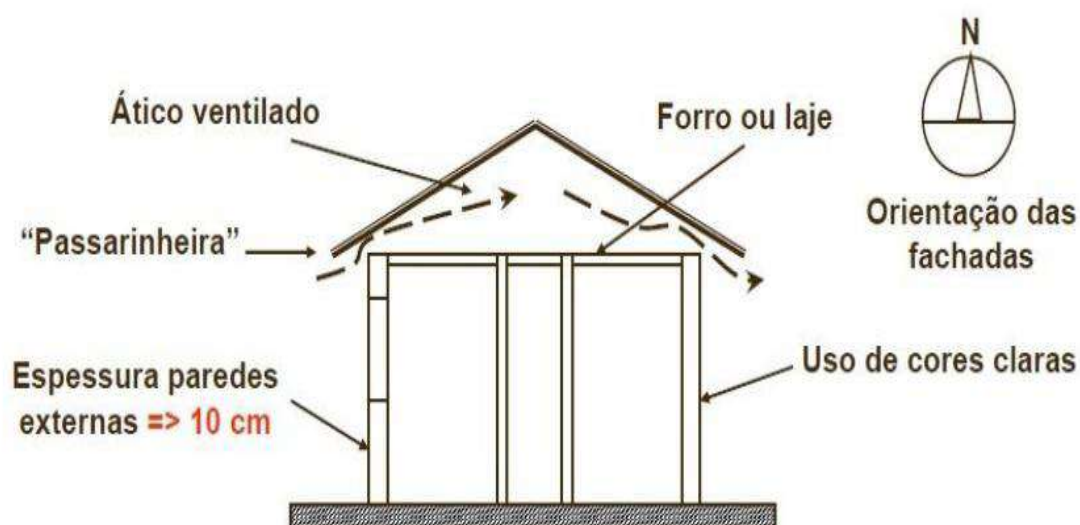


Figura 2.32: Interação entre elementos característicos de ambientes construtivos
Fonte: Wendler, 2009

Com relação ao desempenho acústico Wendler (2009) coloca o seguinte:

“Os níveis de ruído admitidos na habitação devem proporcionar isolamento acústico entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas, além de proporcionar, completamente, isolamento acústico entre dependências de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual.”

O desempenho acústico depende da massa específica e espessura das paredes e, ainda interfere nesse desempenho fugas de som como portas, janelas, caixas de passagem, entre outros. As espessuras mínimas das paredes, necessárias ao isolamento acústico, podem ser vistas na figura 2.34 (WENDLER, 2009).

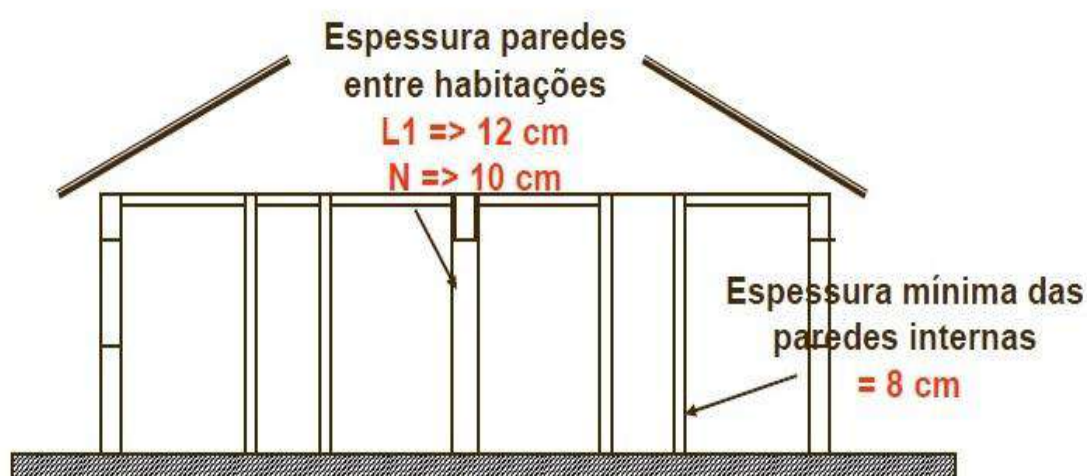


Figura 2.33: Espessuras mínimas das paredes necessárias ao isolamento acústico
Fonte: Wendler, 2009

A espessura mínima empregada no sistema Paredes de Concreto tem 10 cm. Segundo o Wendler (2009), todos os tipos de concretos citados neste trabalho anteriormente, foram testados e aprovados no requisito desempenho acústico.

Vale ressaltar que NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho atrela o desempenho acústico ao nível de ruído externo existente no momento da realização do projeto. Foram criados parâmetros distintos, por exemplo para áreas mais silenciosas e para ruas muito barulhentas, com grande circulação de

veículos. Para a norma em questão, a edificação deve atender ao limite mínimo de desempenho estabelecido nas partes 3, 4 e 5 da NBR 15.575:2013.

Constitui ainda observação importante, atentar que a literatura fala dos testes de desempenho térmico e acústico feitos nos tipos de concretos utilizados no sistema Paredes de Concreto e não no elemento unidade habitacional como um todo, depois de pronto.

2.7. Viabilidades do Sistema Construtivo Paredes de Concreto

Para Sampaio (2009), o sistema de fôrmas para Paredes de Concreto é um passo importante na modernização da construção civil, devido à agilidade que proporciona à obra, a economia e a melhor precisão nos dimensionamentos e geometrias.

O custo de um jogo de fôrma pode variar muito, dependendo do seu material de fabricação, mas em média esse custo varia entre R\$ 500 mil e R\$ 600 mil. O sistema construtivo Paredes de Concreto que utiliza fôrmas de alumínio tem um custo mais alto se comparado a outros tipos de fôrmas, mas esse valor é amortizado uma vez que as fôrmas de alumínio, como já citado no item 2.5.4 – Sistema de Fôrmas, podem ser utilizadas até 2.000 vezes (JUSTUS, 2009).

Segundo Justus (2009), com apenas um jogo de fôrma, é capaz de se construir quatro casas por semana. Desta forma, o tempo de construção de uma casa utilizando o sistema de alvenaria estrutural, que é em média setenta dias, no sistema Paredes de Concreto esse número cai para vinte dias.

Referente aos prazos de execução, cálculos feitos pela Bairro Novo, marca da Odebrecht Realizações Imobiliárias, empresa da Organização Odebrecht, constatou que no sistema de alvenaria estrutural, a construção de uma unidade

composta por duas casas de três quartos, levaria no mínimo quatro dias para ser concluída se vinte homens estivessem trabalhando para executá-la, já considerando a elevação da alvenaria e o revestimento das paredes. Se o tempo de cura da alvenaria para posterior aplicação do revestimento for levado em conta, esse prazo poderia se estender ainda mais. Em contra partida, com a utilização do sistema Paredes de Concreto, para construir a mesma unidade habitacional, utilizando da mão de obra dos mesmos 20 homens, gastaria se um dia, usando um segundo dia para estucagem (correção de falhas). Esse comparativo pode ser visto na tabela 2.2 (PINI, 2010).

Tabela 2.2: Comparativo entre prazos de execução
 Fonte: Criado pela autora, 2013

Paredes de Concreto x Alvenaria Estrutural		
Comparativo Entre Prazos de Execução		
	Paredes de Concreto	Alvenaria Estrutural
Qtd. de operários	20	20
Qtd. de unidades construídas	2	2
Qtd. de dias de execução	1	4

Com relação aos custos de material e mão de obra gastos na alvenaria estrutural e no sistema Paredes de Concreto, nota-se que a proporção entre esses custos inverte de um sistema para outro, conforme podemos verificar na tabela 2.3. Ainda segundo constatações da Bairro Novo, na alvenaria estrutural são gastos R\$ 4,3 mil com materiais e R\$ 12,1 mil com mão de obra enquanto que no sistema Paredes de Concreto são gastos R\$ 12,4 mil com materiais e R\$ 5,6 mil com mão de obra (PINI, 2010).

Tabela 2.3: Comparativo entre custos de materiais e mão de obra
Fonte: Criado pela autora, 2013

Paredes de Concreto x Alvenaria Estrutural		
Comparativo Entre Custos		
	Paredes de Concreto	Alvenaria Estrutural
Valor gasto com materiais	R\$ 12,4 mil	R\$ 4,3 mil
Valor gasto com mão de obra	R\$ 5,6 mil	R\$ 12,1 mil

Nota-se neste comparativo que o custo do sistema Paredes de Concreto em relação à alvenaria estrutural é de aproximadamente 9%. Em termos econômicos, o que justifica o uso do sistema construtivo Paredes de Concreto é o ganho em escala. Apesar de mais caro o sistema aumenta a velocidade e a produtividade da obra (PINI, 2010).

No sistema construtivo Paredes de Concreto, como se necessita de um menor número de operários se comparado com a alvenaria estrutural, é considerável também a redução com custos indiretos como refeições, vale transporte e encargos sociais. Além disso, o treinamento de mão de obra pode ser simplificado no sistema Paredes de Concreto, o que minimiza a escassez de operários qualificados (PINI, 2010). O processo construtivo industrializado pode reduzir em até 70% o uso de mão de obra (JUSTUS, 2009).

Além da velocidade e da economia de custos, o sistema construtivo Paredes de Concreto reduz em 20% a geração de resíduos, inclusive por não ter etapas de quebras de paredes para embutir instalações e por não utilizar fôrmas de madeira (JUSTUS, 2009).

A eliminação de etapas construtivas e a padronização são outras vantagens do sistema construtivo Paredes de Concreto. No método tradicional de construção um mesmo projeto pode ter diferenças, dependendo de fatores regionais como a qualidade dos tijolos e a qualificação da mão de obra. Para Justus (2009), o

custo benefício no sistema Paredes de Concreto pode chegar até 10% em relação à alvenaria estrutural. Segundo o autor, a Votorantim Cimentos prevê que 70% do mercado total de habitação popular no Brasil será construído pelo sistema construtivo Paredes de Concreto, já a ABCP, com uma projeção mais conservadora, considera que seja 50% apenas. Todavia são números bem significativos.

3. ANÁLISE CRÍTICA

A problemática do déficit habitacional no Brasil é fato notável que vem tentando ser resolvida pelo menos desde 2009, quando o governo federal atentou-se para o problema e resolveu tomar medidas de solução como a criação do programa Minha Casa, Minha Vida. Nesse mesmo período o país já sabia, ou pelo menos começava a saber, dos investimentos em infraestrutura que estavam para acontecer, em decorrência de grandes eventos como Copa do Mundo, Olimpíadas e outros mais. Nota-se que nesse instante o mercado da construção civil no Brasil começou a passar de desacelerado, principalmente devido aos reflexos da crise econômica ocorrida em 2008, para superaquecido. O programa Minha Casa, Minha Vida, por sua magnitude, fez com que diversas construtoras se voltassem para o mercado da construção habitacional.

Tendo em vista que o programa habitacional Minha Casa, Minha Vida, estabelece prazos de entregas, um tanto curtos frente a inúmeras habitações a serem construídas, as construtoras se deram conta de que a alvenaria estrutural na forma como conhecemos hoje - com tempo de execução lento, atividades em quase sua totalidade artesanais, que demandam índices elevados de mão de obra e onde se predomina o desperdício - tem se mostrado como um processo construtivo defasado, inviável para atender um número muito elevado de construções de habitações, em um prazo acirrado. Desta forma, a solução encontrada foi buscar novas tecnologias construtivas que produzissem em escala, com velocidade e a custos baixos, ou seja, tecnologias que industrializassem a construção habitacional.

É necessário fazer uma ressalva para salientar que, se industrializar a construção significa implementar inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, de forma a incrementar a produtividade e o nível de produção além de aprimorar o desempenho da atividade construtiva, como colocado por alguns autores, o processo de industrialização da construção no

Brasil ocorre então desde que a alvenaria estrutural foi introduzida no país. A alvenaria estrutural se diferencia do método de construção convencional, utilizado no Brasil desde a descoberta do país, pelo fato de ser racionalizada e, racionalização é indispensável na industrialização, podendo dizer até que são sinônimos.

Então a questão não é exatamente buscar uma tecnologia que industrialize a construção habitacional, até porque se somente assim o fosse, a alvenaria estrutural, que já possui característica de ser industrializada, poderia atender perfeitamente. A questão é buscar uma tecnologia que potencialize a industrialização da construção habitacional. Em outras palavras, que acelere essa industrialização. Desde que a alvenaria estrutural surgiu e foi difundida pelo mundo como sendo um processo racional, a industrialização da construção ocorre, porém a passos lentos. Somente nos anos 60, com a criação do BNH é que se notou uma intensificação dessa industrialização, mas duas décadas depois ela se desacelerou. Com isso o setor da construção civil, pelo menos no Brasil, tem sido conhecido como o setor que menos se industrializou. Nessa era de superaquecimento do mercado da construção, principalmente frente á essa demanda habitacional, tem-se sentido a falta dessa industrialização intensificada.

Felizmente, com o avanço da tecnologia, as construtoras têm encontrado no mercado diversos sistemas construtivos capazes de fazer com que a construção civil no Brasil consiga sair desse patamar de menos industrializada e ao mesmo tempo atenda a demanda habitacional.

Um desses sistemas é o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, popularmente conhecido como Paredes de Concreto. Trata-se de um sistema muito viável para fabricação em alta escala, capaz de construir mais de uma unidade habitacional por dia, utilizando de pouca mão de obra, não necessariamente especializada, e com bom custo benefício. Vale ressaltar que o sistema Paredes de Concreto não é uma tecnologia recente, contudo é uma

tecnologia que ultimamente tem recebido intenso investimento por parte de empresas do setor da construção civil justamente por atender as premissas necessárias ao atendimento da demanda habitacional atual.

O sistema construtivo Paredes de Concreto tem um custo mais elevado que a alvenaria estrutural, podendo chegar a 10%. Mas de uma forma geral a produção em escala, ao final do processo, permite que o sistema Paredes de Concreto tenha um custo benefício maior. Como no sistema Paredes de Concreto se constrói em média o dobro de casas que na alvenaria estrutural, mesmo que o custo de produção desse sistema seja 10% maior, o lucro que a empresa terá por vender um número maior de unidades habitacionais, será praticamente o dobro do lucro que teria se tivesse utilizado o processo de alvenaria estrutural.

O sistema construtivo Paredes de Concreto tem se difundido de forma tão eficaz e relativamente rápida que estudos se voltaram para esse processo tecnológico com o intuito de estudar melhor a tecnologia e, o resultado colhido foi a criação da NBR 16.055:2012 – Parede de Concreto Moldada no Local Para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos, que normatizou o sistema trazendo mais segurança e qualidade. Tal fato representa uma consequência característica de processos industrializados. A industrialização trás consigo oportunidade de desenvolvimento para os nichos de mercado que estão ao redor do setor onde ela está acontecendo. Podemos comparar como um efeito dominó.

A utilização intensificada do sistema Paredes de Concreto acaba mudando a projeção de outros setores da construção, por exemplo o setor cimentício, que provavelmente necessitará produzir muito mais cimento para suprir a demanda de concreto em função do uso do sistema construtivo. Vejamos ainda os fabricantes de fôrmas para as Paredes de Concreto. Com a intensificação desse sistema construtivo, surge uma demanda maior por fôrmas, o que faz com que esse mercado invista em novas tecnologias, possibilitando fôrmas mais eficazes, de diferentes tipos de materiais, que atenda a vários tipos de projetos, etc. Toda

a cadeia produtiva que envolve os processos de construção de um determinado sistema, como por exemplo o sistema Paredes de Concreto, tende a ser transformada a partir do momento que esse sistema for se desenvolvendo.

Desta forma, o sistema Paredes de Concreto está se tornando uma grande oportunidade de evolução do mercado da construção civil brasileira, especialmente da construção habitacional. Isso implica dizer que ele tem sido um potencializador, um acelerador do processo de industrialização da construção habitacional. É notável que esse sistema construtivo tem contribuído fortemente para isso.

O que não se deve fazer é deixar que esse momento de desenvolvimento da industrialização da construção, principalmente da construção habitacional, defina como ocorreu no período de extinção do BNH. Por isso é imprescindível que diferentes competências como governo, empresas, universidades, institutos de pesquisa e entidades do setor, se reúnam visando à promoção de ações inovadoras na construção civil brasileira. Outra medida a ser tomada para fazer com que a construção industrializada tenha um desenvolvimento consistente e duradouro e não entre em estagnação, é buscar desfazer ou ao menos reduzir, a barreira cultural de que, as edificações que não sejam de alvenaria estrutural, ou seja, que não utilizem de blocos, e ainda são feitas em escala, são habitações de arquitetura repetitiva, desagradáveis esteticamente e frágeis.

Para que essa mudança cultural ocorra, um possível caminho é mostrar que o sistema construtivo Paredes de Concreto não possui somente vantagens de velocidade de execução e melhor custo benefício, mas que também possui outras vantagens, como por exemplo conforto, qualidade, praticidade, diversificação e resistência. Essas vantagens só poderão ser mostradas se elas existirem de fato e, para verificar se elas existem, é necessário intensificar os estudos a respeito do sistema construtivo em questão. Ao decorrer deste trabalho foram apresentadas diversas vantagens, características positivas e viabilidades a

respeito do sistema Paredes de Concreto. Entretanto, em sua maioria são características de desempenho econômico-financeiro, de prazos, de racionalização do sistema, que muito interessa às empresas construtoras. Deve haver uma preocupação também em mostrar e discorrer sobre os requisitos de desempenho e as necessidades de interesse do usuário do sistema construtivo, aquele que vai morar na habitação, mas pouco se encontra na literatura a respeito. Há muitos estudos e um marketing muito grande em cima do sistema construtivo Paredes de Concreto salientando, e com toda a razão, as viabilidades e vantagens de se utilizar desse sistema. Todavia essa visão precisa mudar a ponto de se estudar e ressaltar também um outro lado do sistema Paredes de Concreto.

Os requisitos carentes de estudos seriam os requisitos já especificados na NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho, como conforto térmico e acústico, resistência a estanqueidade, segurança estrutural, e outros mais, porém específicos para o ambiente construído de Paredes de Concreto. As necessidades seriam por exemplo, boa estética, diversificação, facilidade de reparos, durabilidade, qualidade, etc. Não foi encontrada na literatura uma abordagem sistemática e aprofundada desses assuntos, específicas do sistema Paredes de Concreto. Se o sistema construtivo Paredes de Concreto resolver apenas o problema da demanda habitacional e atender somente aos requisitos econômico-financeiros das construtoras, em termos de viabilidade do negócio, e não atender ao público alvo, de nada esse sistema estará contribuindo para potencializar a industrialização da construção habitacional, pois poderá ser rejeitado pelo mercado consumidor.

4. CONCLUSÃO

Salientou-se neste trabalho a necessidade de se buscar uma tecnologia que potencialize a industrialização da construção habitacional no Brasil e, ressaltou-se que o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* tem se apresentado como uma tecnologia capaz de atender a tal requisito.

Capaz de construir mais de uma unidade habitacional por dia, utilizando de pouca mão de obra, não necessariamente especializada e, com bom custo benefício, o sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* é um sistema construtivo muito viável para fabricação em alta escala.

O sistema construtivo Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* é um sistema mais caro, mas que possui maior velocidade e produtividade, apresentando um ganho na produção em escala. Desta forma, a economia dos custos no sistema Paredes de Concreto, ao final do processo, é de cerca de 10% em relação ao sistema de alvenaria estrutural.

Observou-se que toda cadeia produtiva que envolve os processos de construção de um determinado sistema, como por exemplo o sistema Paredes de Concreto, tende a ser transformada a partir do momento que esse sistema for se desenvolvendo.

Por fim, este estudo abordou sobre a importância de averiguar e difundir o estudo sobre as necessidades e os requisitos de desempenho de interesse do usuário do sistema construtivo Paredes de Concreto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. *Paredes de Concreto – Apresentações Diversas*. ABCP, 2010. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download/>> Acesso em: 20 Nov. 2013.

ABESC – IBTS. Boletim Tecnologia do Concreto Armado em Notícias. **Artigo Técnico**. São Paulo, 16 p., Mar / 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 16.055: Parede de Concreto Moldada no Local Para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos*. 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho*. 2013.

ALISKI, A. *Dilma anuncia mais 700 mil unidades para o Minha Casa*. Caderno Política. Jornal Estadão. 2013. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br>> Acesso em: 10 Dez. 2013.

AMORIM, S. R. L. Inovações tecnológicas nas edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores. **Artigo Técnico**. Niterói, 18 p., 1999.

BARROS, M. M. B. O Processo de Produção das Alvenarias Racionalizadas. In: **Seminário de Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios**. São Paulo, p. 21-48, 1998.

BONDUKI, N. Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula. **Artigo Técnico**. p. 70-104, 2007.

BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. Dissertação (mestrado em construção civil) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo: 2008. 263 p.

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

CAMPOS, I. M. *O que é alvenaria estrutural?* Fórum da Construção, 2006. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br>> Acesso em: 11 Dez. 2013.

CAVALHEIRO, O. P. *Alvenaria Estrutural: Um Competitivo Sistema Racionalizado de Construção*. GPDAE / UFSM, 2013. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/gpdae/alvenariaestrutural.html>> Acesso em: 10 Dez. 2013.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. *Parede de Concreto - Coletânea de Ativos 2007/2008*. Comunidade da Construção, 2008. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br>> Acesso em: 18 Nov. 2013.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. *Parede de Concreto - Coletânea de Ativos 2009/2010*. Comunidade da Construção, 2010. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br>> Acesso em: 18 Nov. 2013.

CORSINI, R. Paredes Normatizadas. **Revista Techné**. ed. 183, ano 20, p. 40-45, Jun. 2012.

FARAH, M. F. S. **Processo de Trabalho na Construção Habitacional: Tradição e Mudança**. São Paulo: ANNABLUME, 1996. 1v. 293 p.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo: 1992.

KALIL, S. M. B. *Alvenaria Estrutural*. Apostila de Aula. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS. Rio Grande do Sul, 2004.

JUSTUS, P. *Construção de casa entra na fôrma*. *Caderno Economia & Negócios*. Estadão, 2009. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br>> Acesso em: 27 Out. 2013.

LE CORBUSIER. **Vers une architecture**. Éditions Crès, Collection de “L'Esprit Nouveau”. Paris, 1923. Traduzido por Ubirajara Rebouças em “Por Uma Arquitetura”. 5 ed. São Paulo: Editora PERSPECTIVA, 1998.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. et al. Estágio atual do uso de paredes maciças moldadas no local em São Paulo. In: **Congresso Latino-Americano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Soluções Para o Terceiro Milênio**. São Paulo, p. 151-158, 1998.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. O processo de produção das paredes maciças. In: **Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios Vedações Verticais – Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios**. São Paulo, Jul. 1998.

MANTEGA, G. O Brasil se preparou para enfrentar a crise mundial. **Revista Brasil Economia Sustentável**. Ministério da Fazenda, nº 4, p. 3-23, Abr. 2009.

MARTINS, MARCELO G.; BARROS, MERCIA M. S. B. A formação de parcerias como alternativa para impulsionar a inovação na produção de edifícios. **Boletim Técnico 391**. Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2005.

MISURELLI, H., MASSUDA, C. Como Construir Paredes de Concreto. **Revista Técnica**. ed.147, ano 1, p. 74-80, Jun. 2009.

MOREIRA, M. A. *Novas obras atraem construção pesada*. Diário do Nordeste, 2009. Disponível em: <<http://www.diariodonordeste.globo.com>> Acesso em: 30 Out. 2013.

NEPAE/UNESP. *Alvenaria Estrutural*. NEPAE, 2000. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br>> Acesso em: 22 Out. 2013.

NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO. *Orientações básicas para quem quer construir com paredes de concreto*. Núcleo Parede de Concreto, 2012. Disponível em: <<http://www.nucleoparededeconcreto.com.br>> Acesso em: 20 Out. 2013.

PINI. *Parede de concreto x Alvenaria de blocos cerâmicos*. PINI Web, 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br>> Acesso em: 20 Out. 2013.

PORTAL BRASIL. *Divulgadas estimativas para Copa do Mundo 2014*. Governo Federal, 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br>> Acesso em: 23 de Nov. 2013.

RAMOS, R. Sem Pilares e Vigas. **Revista Casa & Construção**. ed. 37, 2008.

ROBUSTI, J. C. *Política habitacional mexicana pode ser modelo para o Brasil*. Secovi-SP, 2007. Disponível em: <<http://www.secovi.com.br/noticias/politica-habitacional-mexicana-pode-ser-modelo-para-o-brasil/1958/>> Acesso em: 20 Out. 2013.

ROUSSEFF, D. *Minha Casa Minha Vida já contratou mais de 2 milhões de moradias no governo Dilma*. Café com a Presidenta, 2013. Disponível em: <<http://cafe.ebc.com.br/cafe/arquivo/mcmv-1>> Acesso em: 09 Dez. 2013.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo: 1989.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Requisitos e Critérios Mínimos a Serem Atendidos para Solicitação de Financiamento de Edifícios em Alvenaria Estrutural Junto a Caixa Econômica Federal. Brasília, 2003. 36 p.

SAMPAIO, J. C. A. Encontro Técnico Com Fornecedores de Fôrmas. *Parede de Concreto - Coletânea de Ativos 2008/2009*. Comunidade da Construção, 2009. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br>> Acesso em: 18 Nov. 2013

SILVA, F. B. Fôrma de alumínio para paredes estruturais de concreto armado moldadas no local. **Revista Técnica**. ed. 153. Dez. 2009.

SCHMID, A. S. *Estrutura: Qual escolher?*. Associação das Cerâmicas Vermelhas de Itu e Região, 2013. Disponível em: <<http://www.acervir.com.br>> Acesso em: 22 Out. 2013.

VARGAS, M. **Para uma filosofia da tecnologia**. São Paulo: ALFA-ÔMEGA, 1994. 288 p.

VASCONCELOS, A. C.; CARRIERI JUNIOR, R. **A Escola Brasileira do Concreto Armado**. São Paulo: AXIS MVNDI, 2005. 210 p.

VENTURINI, J. Casas com Paredes de Concreto. **Revista Equipe de Obras**. v. 37, n. VII, p. 38-43, 2011.

WENDLER A. Sistema Construtivo Parede de Concreto: Um sistema com bom desempenho. In: **Concrete Show**. São Paulo, 2009.