



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TOCANTINS  
CAMPUS PALMAS  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**CAMILA PÔSSAS PAGLIONI VIANA**

**PAREDES DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS VERTICAIS**

**PALMAS**

**2018**

**CAMILA PÔSSAS PAGLIONI VIANA**

**PAREDES DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS VERTICAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

**PALMAS**

**2018**

Viana, C. P. P.

Paredes de concreto armado para edifícios verticais. / Camila Pôssas Paglioni  
Viana – Palmas, 2018. 85 f.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

1. Parede de Concreto. 2. Subsistemas. 3. Desempenho. I. Paredes de concreto  
armado para edifícios verticais.

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**CAMILA PÔSSAS PAGLIONI VIANA**

### **PAREDES DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS VERTICAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### **BANCA AVALIADORA**

---

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso  
Orientador

---

Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva  
IFTO - Campus Palmas

---

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto  
IFTO - Campus Palmas

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar força, coragem e determinação para alcançar meus objetivos. Sempre intercedendo por mim e guiando minhas escolhas.

Ao meu professor-orientador, Dr. Gilson Marafiga, pela dedicação, atenção e ensinamentos compartilhados com tamanha eficiência e empenho para que eu pudesse concluir mais uma etapa da graduação.

Aos membros da banca avaliadora, Dr. Thiago Dias e Dr. Moacyr, por terem contribuído de forma grandiosa para conclusão do TCC.

A minha mãe, por todos os sacrifícios feitos por mim, por nunca medir esforços para me ajudar a alcançar este sonho e por sempre estar ao meu lado me apoiando, dando força e amor. Só foi possível chegar até aqui porque a senhora sempre esteve ao meu lado, obrigada por tudo.

A minha irmã e Herick, por sempre estarem ao meu lado, acompanhando todas as etapas e comemorando cada conquista junto comigo.

A Amanda, por todo apoio nessa etapa final, aguentando todo o desespero, ansiedade, choros, desabaços e me dando forças para continuar sempre.

A todos os meus amigos, que fizeram com que essa fosse a melhor época da minha vida. A vocês que compartilharam tantos momentos de desespero, choros, angústia, ansiedade, insegurança, conquistas, comemorações, congressos, festas, calouradas, Guaraí Fest, churrascos e tudo mais que poderíamos aproveitar. Sou eternamente grata pelos momentos que vivemos, sem vocês eu não teria chegado até aqui.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”*

*(Charles Chaplin)*

## RESUMO

Viana, C. P. P. Paredes de concreto armado para edifícios verticais. 2018. 85 p. Palmas, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2018.

O mercado da construção civil na última década passou por incentivos governamentais, através da facilidade de acesso ao crédito, diminuindo assim o déficit habitacional no país. Para este novo mercado, a alvenaria estrutural já não era mais economicamente viável. Desta forma, surgiu o sistema de Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, que alavancou a industrialização da construção habitacional. A vedação e a estrutura neste sistema são compostas por um único elemento, baseado na montagem de fôrmas, que depois são preenchidos com concreto, sendo que as instalações elétricas e hidráulicas são embutidas. A parede de concreto moldada *in loco* foi fundamentada pela Associação Brasileira de Normas Técnica a NBR:16055 que normatiza o dimensionamento e a execução do sistema. Com isso, a utilização desse método construtivo facilita a execução da estrutura, produz uma baixa variabilidade construtiva, minimizando os ciclos operacionais (elétrico, revestimento, desaprumo) e consequentemente o desperdício, promovendo assim, um maior controle sobre o custo operacional da obra. Este trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica, na qual foi evidenciado a importância e eficácia das paredes de concreto moldadas *in loco*, assim como os seus subsistemas, no aumento da produtividade, na redução de custos em longo prazo para volumes elevados de unidades habitacionais.

**Palavras-chave:** Parede de Concreto. Subsistemas. Desempenho.

## ABSTRACT

Viana, C. P. P. *Reinforced concrete walls for vertical buildings*. 2018. 85 p. Palmas, 2018. Final Paper – Bachelor of Civil Engineering – Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins. Palmas, 2018.

The construction market in the last decade has gone through government incentives, through easy access to credit, reducing the housing deficit in the country. For this new market, structural masonry was no longer economically viable. In this way, the system of Concrete Walls Manufactured *in Loco* emerged, which leveraged the industrialization of housing construction. The fence and structure in this system are composed of a single element, based on the assembly of forms, which are then filled with concrete, and the electrical and hydraulic installations are built-in. The wall of molded concrete *in loco* was founded by the Brazilian Association of Technical Standards to NBR: 16055 that rules the sizing and execution of the system. With this, the use of this constructive method facilitates the execution of the structure, produces a low constructive variability, minimizing the operational cycles (electrical, coating, scouring) and consequently the waste, promoting a greater control over the operational cost of the work. This work consisted of a bibliographical review, which showed the importance and effectiveness of molded concrete walls in situ and as well as its subsystems, in increasing productivity, in the reduction of long-term costs for high volumes of housing units.

**Keywords:** Concrete wall. Subsystems. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Conjuntos Habitacionais produzidos pelo BNH em Minas Gerais e Espírito Santo, 1979 .....                                  | 19 |
| Figura 2 - Orientação para montagem do sistema de fôrmas sobre o térreo .....                                                        | 22 |
| Figura 3 - Tipologias estruturais construídas com o sistema paredes de concreto ...                                                  | 29 |
| Figura 4 - Fundação em Radier .....                                                                                                  | 33 |
| Figura 5 - Execução de calçada e laje na fundação do tipo radier .....                                                               | 33 |
| Figura 6 - Representação das camadas do radier .....                                                                                 | 34 |
| Figura 7 - Fundação em radier .....                                                                                                  | 34 |
| Figura 8 - Ancoragem da armação em paredes de concreto .....                                                                         | 35 |
| Figura 9 - Posicionamento da armação para as paredes de concreto .....                                                               | 36 |
| Figura 10 - Armadura posicionada na parede de concreto .....                                                                         | 36 |
| Figura 11 - Detalhe dos espaçadores e das armaduras, neste caso tela eletro soldada .....                                            | 36 |
| Figura 12 - Posicionamento da armação da laje .....                                                                                  | 37 |
| Figura 13 - Armadura de reforço (vergalhões) .....                                                                                   | 38 |
| Figura 14 - Posicionamento da armadura .....                                                                                         | 39 |
| Figura 15 - Posicionamento da armadura .....                                                                                         | 39 |
| Figura 16 - Transpasse das malhas de armadura .....                                                                                  | 40 |
| Figura 17 - Ancoragem da armadura na laje .....                                                                                      | 40 |
| Figura 18 - Montagem da rede elétrica no sistema Paredes de Concreto .....                                                           | 42 |
| Figura 19 - INPAR - Edifício multipavimentos, escoramento e posicionamento das fôrmas .....                                          | 46 |
| Figura 20 - INPAR - Edifício multipavimentos, após a retirada das fôrmas .....                                                       | 46 |
| Figura 21 - Visão geral das fôrmas das vedações montadas. Analândia-SP .....                                                         | 46 |
| Figura 22 - Fôrmas dos painéis de uma edificação térrea posicionadas, detalhe das instalações elétricas embutidas Analândia-SP ..... | 46 |
| Figura 23 - Execução de parede de concreto com fôrmas metálicas de alumínio ....                                                     | 47 |
| Figura 24 - Fôrma em madeira para execução de parede de concreto .....                                                               | 48 |
| Figura 25 - Fôrma plástica para execução de paredes de concreto .....                                                                | 49 |
| Figura 26 - Modulação das fôrmas .....                                                                                               | 50 |
| Figura 27 - Sistema de fôrmas trepantes .....                                                                                        | 51 |
| Figura 28 - Numeração dos painéis .....                                                                                              | 52 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29 - Colocação dos elementos de costura .....                                              | 53 |
| Figura 30 - Posicionamento das escoras prumadoras .....                                           | 53 |
| Figura 31 - Aplicação de desmoldante .....                                                        | 54 |
| Figura 32 - Pannel com esquadrias fixadas. Analândia-SP .....                                     | 55 |
| Figura 33 - Detalhe de esquadria após desforma. Analândia-SP .....                                | 55 |
| Figura 34 - Concreto com agregados leves .....                                                    | 58 |
| Figura 35 - Concreto leve celular .....                                                           | 58 |
| Figura 36 - Concreto sem finos .....                                                              | 58 |
| Figura 37 - Sequência de concretagem .....                                                        | 61 |
| Figura 38 - Sistema de cobertura em estrutura metálica .....                                      | 64 |
| Figura 39 - Impermeabilização com argamassa polimérica em Paredes de Concreto .....               | 65 |
| Figura 40 - Comparação entre as etapas construtivas que sucedem o acabamento .....                | 66 |
| Figura 41 - Revestimento feito diretamente sobre as Paredes de Concreto .....                     | 67 |
| Figura 42 - Vedações após a desforma. Santa Maria da Serra-SP .....                               | 67 |
| Figura 43 - Habitação em Monte Mor-SP .....                                                       | 67 |
| Figura 44 - Interatividade entre cobertura, fachada e piso para melhor desempenho térmico .....   | 69 |
| Figura 45 - Espessura mínima das paredes .....                                                    | 70 |
| Figura 46 - Desplacamento de revestimento de argamassa aplicado sobre substrato de concreto ..... | 71 |
| Figura 47 - Concreto com problemas patológicos .....                                              | 72 |
| Figura 48 - Concreto com problemas patológicos .....                                              | 72 |
| Figura 49 - Fissura no radier .....                                                               | 73 |
| Figura 50 - Infiltração na ligação parede/radier .....                                            | 73 |
| Figura 51 - Fissuras nas proximidades de aberturas .....                                          | 73 |

## LISTA DE TABELAS

|          |   |                                                                                                                          |    |
|----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 | - | Influência da $D_{nT,w}$ sobre a inteligibilidade da fala para ruído no ambiente interno em torno de 35 dB a 40 dB ..... | 24 |
| Tabela 2 | - | Instituições e laboratórios onde foram realizados testes nos quatro tipos de concreto .....                              | 57 |
| Tabela 3 | - | Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão .....                                                | 69 |

## **LISTA DE SIGLAS**

|              |                                                               |
|--------------|---------------------------------------------------------------|
| ABCP         | Associação Brasileira de Cimento Portland                     |
| ABECE        | Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural  |
| ABNT         | Associação Brasileira de Normas Técnicas                      |
| ASTM         | American Society for Testing Materials                        |
| BNH          | Banco Nacional de Habitação                                   |
| COHAB        | Companhia de Habitações                                       |
| EM           | Norma Europeia                                                |
| ISSO         | International Organization of Standardization                 |
| NBR          | Norma Brasileira Registrada                                   |
| PEX          | Polietileno reticulado                                        |
| PPD          | Índice de percentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente |
| PVC          | Policloreto de polivinila                                     |
| SINAT        | Sistema Nacional de Avaliações Técnicas                       |
| SindusCon SP | Sindicato da Indústria da Construção Civil Paulista           |
| SVVIE        | Sistema de Vedações Verticais Internas e Externas             |

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

|                 |                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------|
| $D_{2m,nT,w}$   | Diferença padronizada de nível ponderada a 2m      |
| Db              | Decibels                                           |
| $D_{nT,w}$      | Diferença padronizada de nível ponderada           |
| $F_{ck}$        | Resistência característica do concreto aos 28 dias |
| $R_w$           | Índice de redução sonora ponderado                 |
| $\text{Kg/m}^3$ | Quilograma por metro ao cubo                       |
| MPa             | Mega Pascal                                        |

## SUMÁRIO

|            |                                                             |           |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                     | <b>15</b> |
| <b>2</b>   | <b>PROBLEMA DE PESQUISA.....</b>                            | <b>16</b> |
| <b>3</b>   | <b>JUSTIFICATIVA .....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>4</b>   | <b>OBJETIVO .....</b>                                       | <b>17</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Objetivo geral.....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Objetivo específico.....</b>                             | <b>18</b> |
| <b>5</b>   | <b>METODOLOGIA.....</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>6</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                           | <b>18</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Histórico .....</b>                                      | <b>18</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Abordagem da NBR 15575 (2013b) .....</b>                 | <b>20</b> |
| 6.2.1      | Critérios relativos ao desempenho .....                     | 20        |
| <b>6.3</b> | <b>Abordagem da NBR 16055 (ABNT, 2012).....</b>             | <b>30</b> |
| <b>7</b>   | <b>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....</b>                    | <b>32</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Fundações para o sistema em paredes de concreto.....</b> | <b>32</b> |
| <b>7.2</b> | <b>Armadura.....</b>                                        | <b>35</b> |
| <b>7.3</b> | <b>Instalações .....</b>                                    | <b>41</b> |
| 7.3.1      | Instalação elétrica.....                                    | 41        |
| 7.3.2      | Instalação hidráulica e utilização de shafts.....           | 43        |
| <b>7.4</b> | <b>Fôrmas.....</b>                                          | <b>46</b> |
| 7.4.1      | Fôrmas Metálicas .....                                      | 47        |
| 7.4.2      | Fôrmas de Madeira.....                                      | 47        |
| 7.4.3      | Fôrmas de Plástico .....                                    | 48        |
| 7.4.4      | Informações Gerais .....                                    | 49        |
| <b>7.5</b> | <b>Desmoldantes .....</b>                                   | <b>53</b> |
| <b>7.6</b> | <b>Esquadrias .....</b>                                     | <b>55</b> |

|             |                                                                                    |           |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7.7</b>  | <b>Concreto e concretagem.....</b>                                                 | <b>56</b> |
| 7.7.1       | Concreto Celular – L1.....                                                         | 57        |
| 7.7.2       | Concreto com Alto Teor de Ar Incorporado - M.....                                  | 58        |
| 7.7.3       | Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica - L2.....               | 58        |
| 7.7.4       | Concreto auto adensável - N.....                                                   | 59        |
| 7.7.5       | Concreto Convencional - N.....                                                     | 59        |
| 7.7.6       | Concretagem.....                                                                   | 59        |
| <b>7.8</b>  | <b>Juntas de dilatação .....</b>                                                   | <b>61</b> |
| <b>7.9</b>  | <b>Desforma.....</b>                                                               | <b>62</b> |
| <b>7.10</b> | <b>Preenchimento de furos, espaços vazios e regularização .....</b>                | <b>63</b> |
| <b>7.11</b> | <b>Cobertura .....</b>                                                             | <b>63</b> |
| <b>7.12</b> | <b>Impermeabilização.....</b>                                                      | <b>64</b> |
| <b>7.13</b> | <b>Revestimento e pinturas .....</b>                                               | <b>65</b> |
| <b>7.14</b> | <b>Desempenho térmico .....</b>                                                    | <b>67</b> |
| <b>7.15</b> | <b>Desempenho acústico.....</b>                                                    | <b>69</b> |
| <b>7.16</b> | <b>Patologias .....</b>                                                            | <b>71</b> |
| <b>8</b>    | <b>ANÁLISE CRÍTICA DA AVALIAÇÃO DO SISTEMA SUAS VANTAGENS E DESVANTAGENS .....</b> | <b>73</b> |
| <b>9</b>    | <b>CONCLUSÃO.....</b>                                                              | <b>76</b> |
| <b>10</b>   | <b>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>                                  | <b>78</b> |
| <b>11</b>   | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                            | <b>79</b> |
|             | <b>ANEXO A - Comparativo entre Sistemas Construtivos .....</b>                     | <b>85</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil na última década passou por incentivos governamentais, através da facilidade de acesso ao crédito, diminuindo assim o déficit habitacional no país (PACHECO, 2012).

Conforme Bernardes (2017), o mercado precisou investir em sistemas inovadores que apresentam racionalização nos processos construtivos, buscando desta forma redução da mão de obra, otimizando o tempo de execução, com o aumento do uso de processos industrializados.

Na década de 60 surgiu pela primeira vez no Brasil, o uso das Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco* (LORDSLEEM JUNIOR et al., 1998). Este sistema foi utilizado no país nas décadas de 70 e 80 em experiências bem-sucedidas do sistema Gethal (concreto celular) e sistema Outinor (concreto convencional), mas com à falta de continuidade de obras e de escala nesses padrões além da escassez de financiamentos e programas habitacionais, essas tecnologias acabaram não se consolidando no mercado brasileiro (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2017a).

Em 1966, foi criado o Banco Nacional de Habitação (BNH) mesmo período em que ocorreu a industrialização da construção habitacional no Brasil, conforme Bonduki (2017). Desta forma, chegou ao país à alvenaria estrutural como conhecemos hoje, que tinha sido desenvolvida a pouco mais de uma década e estava ocorrendo à disseminação por todo o mundo.

As construtoras da época perceberam que para entregarem em curto prazo, a alvenaria estrutural, processo construtivo mais usado no Brasil nos dias de hoje, não conseguia atender as necessidades do mercado da construção habitacional. Conforme Martins e Barros (2017), esse fator tem incentivado diversas empresas a investirem na melhoria dos meios de produção, ocasionando uma crescente industrialização nos canteiros de obras, evidenciando desta forma uma retomada do processo de crescimento na construção civil.

Para este novo mercado, a alvenaria estrutural já não era mais economicamente viável. Desta forma, surgiu o sistema de Paredes de Concreto Fabricadas *in Loco*, que alavancou a industrialização da construção habitacional. A vedação e a estrutura neste sistema são compostas por um único elemento, baseado na montagem de fôrmas, que depois são preenchidos com concreto, sendo que as

instalações elétricas e hidráulicas são embutidas (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2017a).

A norma para paredes de concreto moldadas *in loco*, que foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), passou a vigorar no dia 10 de maio de 2012. A NBR 16055 (ABNT, 1012) normatiza o dimensionamento e a execução do sistema (CORSINI, 2011).

Sendo assim, para que a mudança cultural ocorra, precisa-se mostrar que o sistema construtivo paredes de concreto possui vantagens pela rapidez de execução e melhora no custo benefício e possuem também outras vantagens, como qualidade, conforto, diversificação e resistência (BONDUKI, 2017).

Com isso, a utilização desse método construtivo facilita a execução da estrutura, produz uma baixa variabilidade construtiva, minimizando os ciclos operacionais (elétrico, revestimento, desaprumo) e consequentemente o desperdício, promovendo assim, um maior controle sobre o custo operacional da obra.

Desta forma, este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica, na qual será mostrada a importância e eficácia das paredes de concreto moldadas *in loco* e análises de seus subsistemas, no aumento da produtividade, na redução de custos em longo prazo.

## **2 PROBLEMA DE PESQUISA**

Soluções para a problemática do déficit habitacional do Brasil são implementadas pelo menos desde 2009, quando o governo federal resolveu tomar uma medida de solução como a criação do Programa Minha Casa Minha Vida. Sendo assim, o mercado da construção civil no Brasil começou a passar por mudanças.

Tendo em vista que o Programa Minha Casa Minha Vida estabelece prazos de entrega, às construtoras perceberam de que o sistema construtivo em alvenaria estrutural tem se mostrado defasado e inviável para atender um número muito grande de construções de habitações em curto prazo.

Como se trata de um sistema novo existem poucos trabalhos realizados nesta área. Sendo assim, surgem algumas problemáticas sobre a eficiência e eficácia do sistema, o atendimento aos parâmetros estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013a) sobre a garantia do conforto térmico e acústico e se a produtividade elevada garantida pela repetitividade do sistema está alinhada ao planejamento.

### 3 JUSTIFICATIVA

O setor de habitações tem sofrido alterações profundas no que diz respeito à tecnologia empregada, visto que o governo federal tem sofrido mudanças em relação à construção habitacional e aos investimentos para a infraestrutura e serviços no país. As necessidades do mercado não vinham sendo atendidas pela alvenaria estrutural, por não possuir todos os requisitos construtivos necessários ao atendimento da demanda habitacional. Desta forma, foi preciso utilizar uma construção mais industrializada que possa contemplar métodos construtivos mais eficazes com melhor custo benefício.

Segundo um estudo da FGV Projetos, elaborado para o SindusCon SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil paulista) [...] o Brasil vai precisar de 27,7 milhões de novas moradias até 2020 para dar conta de atender o crescimento das famílias, zerar o atual déficit habitacional e acabar com cortiços e favelas [...]. (FERNANDES; ROLLI, 2008 apud NASCIMENTO; BRAGA, 2017, p. 107).

As vantagens deste sistema só poderão ser mostradas se intensificarem os estudos a respeito do sistema construtivo em questão, e sendo assim, se faz necessário um estudo a fundo de todas as suas etapas construtivas, baseando-se este trabalho na NBR 16055 (ABNT, 2012). Portanto, é imprescindível a concentração de esforços para criar um conjunto de pesquisas que possa auxiliar no desenvolvimento do sistema Parede de Concreto.

### 4 OBJETIVO

#### 4.1 Objetivo geral

Evidenciar a importância do sistema construtivo em paredes de concreto moldadas *in loco*, no cenário atual da indústria da construção civil brasileira.

## **4.2 Objetivo específico**

Descrever sob o âmbito do sistema construtivo de parede de concreto e especificidades relacionadas aos seus subsistemas.

## **5 METODOLOGIA**

A metodologia do trabalho consiste numa revisão bibliográfica sobre o sistema de parede de concreto moldados no local, baseado em publicações acadêmicas como teses, dissertações e artigos científicos em publicações de organizações como Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), conjuntamente com as diretrizes normativas da ABNT. Em seguida serão analisados os subsistemas componentes da construção, em conformidade com os níveis de desempenho estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013a).

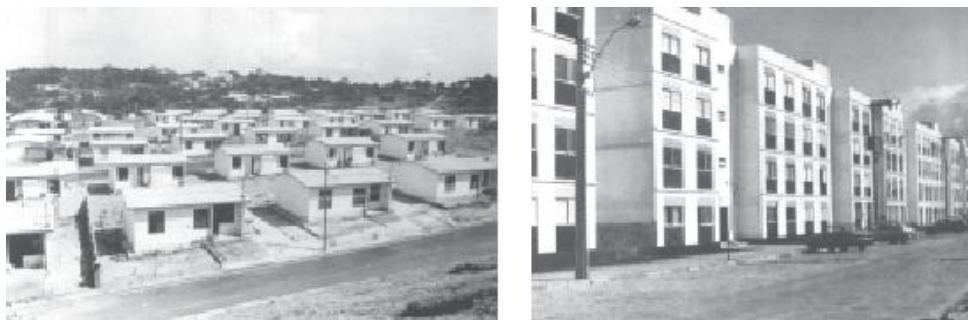
## **6 REVISÃO DE LITERATURA**

### **6.1 Histórico**

Segundo Vasconcelos (1992), no século XIX iniciou-se no Brasil a história do concreto armado. No começo da sua utilização haviam muitos questionamentos sobre a maneira de dimensionar as paredes de concreto, com a publicação da NBR 16055 (ABNT, 2012) foram solucionadas várias questões.

Segundo Lordsleen Junior et al. (1998), a criação do BNH possibilitou o surgimento dos programas habitacionais na década seguinte, a Figura 1 exemplifica esses conjuntos da época. O sistema de paredes de concreto foi utilizado pela primeira vez no Brasil em 1979, na cidade de Santa Luzia em Minas Gerais, onde a Companhia de Habitação (COHAB) construiu 46 casas. Na ocasião a empresa observou haver pouco desperdício de materiais com o uso do sistema (SACHT, 2008).

**Figura 1** - Conjuntos Habitacionais produzidos pelo BNH em Minas Gerais e Espírito Santo, 1979



Fonte: FOLZ, (2003).

Sabe-se que ventos e abalos sísmicos provocam esforços horizontais nas paredes de concreto, tanto quanto em estruturas em pórtico, mas a literatura indica que em regiões de risco destes abalos não é factível projetar uma parede de concreto para permanecer elástica durante um terremoto, sendo assim, deformações inelásticas podem ocorrer, principalmente na base (TAYLOR; COTE; WALLACE, 1998).

Devido a existência de poucos registros de abalos sísmicos no Brasil, a NBR 16055 (ABNT, 2012) não indica esta ação, mas orienta que as paredes de concreto precisam resistir a todas as ações que possam ocorrer, e explica que a partir da teoria das estruturas o cálculo dos esforços solicitantes deve ser realizado. Essa norma considera a existência de esforços devido a ação de cargas verticais, tanto concentradas quanto distribuídas.

EN 1992-1-1 (CEN, 1992), CEB-FIB Bulletin nº 52 (FIB, 1999) e CEB-FIB Bulletin nº 213/214 (FIB, 1990), relatam que as paredes devem suportar carregamento axial e um possível momento causado por este carregamento, já que a orientação dessas normas é que as paredes sejam dimensionadas como pilares.

O ACI 533R-11 (ACI, 2012), que é direcionada para o projeto de paredes de concreto pré-moldadas, especifica, claramente, os esforços que as paredes devem resistir. Sendo que estas ações são decorrentes de: construção, estocagem e transporte; manuseio; pressão hidrostática instalação e impacto; cargas de gravidade e carregamento lateral; vento e ação sísmica. Ainda conforme o ACI 533R-11 (ACI, 2012), as paredes de concreto pré-moldadas devem também ser projetadas de forma que resistam aos esforços causados por: diferentes fixações de suporte; variação de temperatura; movimento térmico; deformações ocasionadas por fluência e retração;

variação volumétrica; restrição estrutural; e concentração de tensão perto de conexões e carregamento aplicados.

O aumento expressivo de possíveis esforços ocorre pelo fato do ACI 533R-11 (ACI, 2012) tratar apenas de paredes pré-moldadas, enquanto o ACI 318M (ACI, 2011) trata de paredes de concreto em um contexto geral e a NBR 16055 (ABNT, 2012) examina as paredes de concreto armado moldadas no local.

## **6.2 Abordagem da NBR 15575 (2013b)**

Conforme a ABNT NBR 15575:4 (ABNT, 2013b), os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas (SVVIE) limitam verticalmente a edificação e os seus ambientes. O mesmo documento estabelece os requisitos, critérios e métodos para a avaliação do desempenho de edificações habitacionais ou de seus elementos.

A norma determina alguns critérios relativos ao desempenho estrutural, de segurança contra incêndio, uso e operação, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, durabilidade e manutenibilidade que precisam ser atendidos nos critérios de medições.

Nas próximas seções serão apresentados os critérios relativos ao desempenho estrutural de segurança.

### **6.2.1 Critérios relativos ao desempenho**

#### **6.2.1.1 Incêndio**

De acordo com a Diretriz SINAT nº 001 (SINAT, 2011), a sequência de desenvolvimento de um incêndio, a segurança dos usuários referentes a segurança contra incêndios e a edificação como um todo, deve oferecer os seguintes requisitos de desempenho:

- Dificultar a ocorrência do princípio de incêndio;
- Dificultar a ocorrência de inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio;

- Dispor de meios adequados para permitir a extinção do incêndio antes da ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio;
- Dificultar a propagação do incêndio no pavimento de origem do incêndio e entre pavimentos;
- Dispor de meio que facilitem a fuga dos usuários em situação de incêndio;
- Dificultar a propagação de incêndio para edifícios adjacentes;
- Não sofrer ruína parcial ou total dentro do prazo estabelecido de 30 minutos;
- Apresentar condições que facilitem as operações de combate ao incêndio e resgate as vítimas.

Conforme os requisitos em situações de incêndio, a Diretriz SINAT nº 001 (SINAT, 2011), diz que para a análise de elementos e sistemas construtivos, os requisitos necessários estabelecidos pela NBR 15575:1 (ABNT, 2013a) são os referentes a reação ao fogo dos materiais de acabamento de pisos, tetos e paredes e a resistência ao fogo dos elementos construtivos, particularmente dos elementos estruturais e de compartimentação.

#### 6.2.1.2 Uso e operação

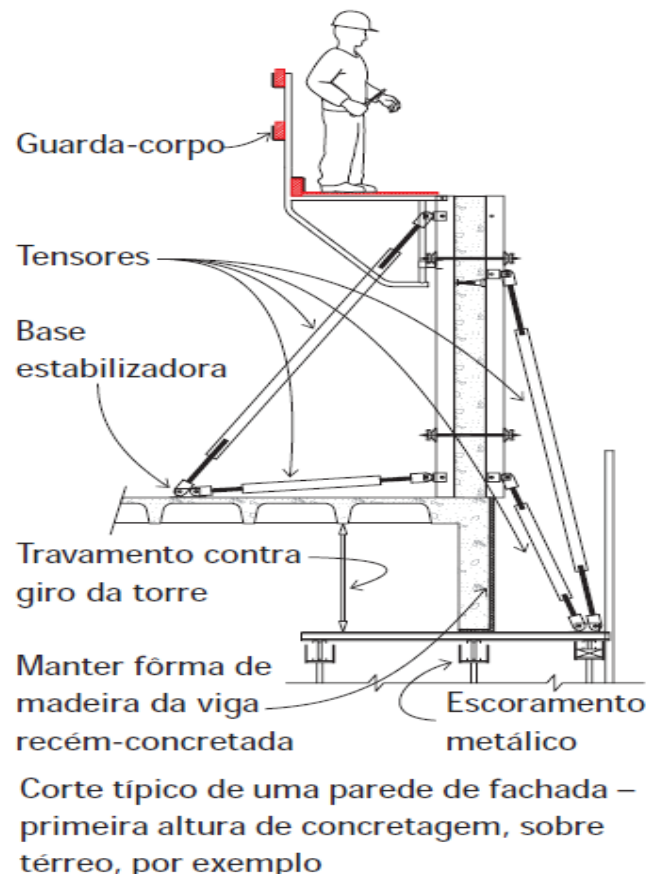
No que se refere aos componentes da habitação, a segurança na operação e uso, especialmente em relação à presença de agentes agressivos deve ser considerada um projeto (BERNARDES, 2017). De acordo com a Diretriz SINAT nº 001 (SINAT, 2011), as exigências para o desempenho devem prever a segurança dos usuários na utilização da construção com o sistema de paredes de concreto moldadas no local, avaliando-se:

- Possibilidades de ocorrência de falhas que possam colocar em risco a integridade física do usuário do edifício e eventualmente de terceiros;

- Existência de partes expostas cortantes ou perfurantes que possam colocar em risco a integridade física dos usuários da habitação, e eventualmente de terceiros;
- Possibilidade de ocorrência de falhas que possam comprometer o aspecto psicológico do usuário;
- Possibilidades de deformações e defeitos das paredes de concreto acima dos limites especificados nas referências normativas.

Na Figura 2 a seguir, mostra a montagem de sistema de fôrmas sobre o térreo.

**Figura 2** - Orientação para montagem do sistema de fôrmas sobre o térreo



Fonte: Pandolfo (2007).

Desta forma, na etapa de construção, o sistema de fôrmas e acessórios devem prever dispositivos que minimizem os riscos de acidentes, acessos sem controle a locais com riscos de ferimentos e quedas e outros provocados por negligência na execução do sistema.

### 6.2.1.3 Estanqueidade

O sistema considera as paredes como peças portantes e de vedação, portanto à água deve ser verificada, em áreas molháveis e as sujeitas à ação da água de uso e lavagem dos ambientes, quanto para elementos externos, que sofrem à ação da água de chuva e outras fontes. Sendo assim, são consideradas para a análise do sistema as seguintes fontes de umidade, (SINAT, 2011):

- Externas: Ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva pelas fachadas, lajes expostas e coberturas;
- Internas: Água decorrente dos processos de uso e limpeza dos ambientes, vapor de água gerado nas atividades normais de uso, condensação de vapor de água e vazamentos de instalações.

Desta forma, deve ser considerada em projeto a exposição a fontes de umidade, contemplando os detalhes construtivos que atendam aos requisitos estabelecidos na NBR 15575 (ABNT, 2013), seguindo as orientações dos sistemas de vedação, lajes e cobertura. Considerando a existência da possibilidade de ocorrência de problemas de estanqueidade nas juntas das paredes, fissuras generalizadas, entre outros que possam comprometer a integridade do sistema de forma geral (SINAT, 2011).

### 6.2.1.4 Desempenho Térmico

Existem várias normas técnicas que possuem as diretrizes a serem seguidas para avaliar o desempenho térmico das edificações.

A norma ISO 7730 (International Organization for Standardization) "Moderate thermal environment-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort", publicada em 1984 e revista em 2005, se aplica a avaliação de ambientes térmicos moderados. Tem como base a formulação de uma equação que relaciona sensação térmica com a atividade metabólica do corpo humano, desenvolvida por Fanger. (CARVALHO, 2012, p.31).

De acordo com Lamberts e Xavier (2002), a ISO 7730 apresenta um método de determinação do grau de desconforto das pessoas expostas a um

ambiente térmico moderado, o cálculo da sensação térmica e específica e as condições de aceitabilidade de conforto térmica de um ambiente.

Esta norma indica ainda como se deve calcular o Índice de Percentagem de Pessoas Insatisfeitas com o Ambiente (PPD), correspondente ao percentual de pessoas que gostariam que o ambiente estivesse mais frio ou mais quente.

O conforto térmico depende de um conjunto de parâmetros relacionados aos processos de troca de calor entre a edificação e o ambiente externo. Deve ser inserido nem sempre de forma sistemática porque os fenômenos envolvidos são complexos tais como as propriedades higrotérmicas e inércia térmica dos materiais e componentes; a insolação; a ventilação e deve ser considerada, ainda, as condições climáticas da região, o entorno e as atividades previstas (CARDOSO, 2002).

Segundo Sacht (2008), o uso de painéis com massa específica  $2400 \text{ kg/m}^3$  e espessura de 12 cm apresentam melhores resultados de desempenho térmico juntamente com a viabilidade econômica e técnica. E a espessura das paredes é o fator determinante para o seu desempenho térmico.

#### 6.2.1.5 Desempenho acústico

A NBR 15575:4 (ABNT, 2013b), cita os critérios para a verificação entre unidades autônomas e entre unidades autônomas e áreas comuns e isolamento acústico entre os meios externo e interno. O desempenho deve estar de acordo com a proteção da privacidade, contra a intrusão de ruído de atividades nos ambientes adjacentes. A Tabela 1 a seguir apresenta uma estimativa de inteligibilidade simplificada em função do isolamento acústico e do nível de ruído no ambiente.

**Tabela 1** - Influência da  $D_{nT,w}$  sobre a inteligibilidade da fala para ruído no ambiente interno em torno de 35 dB a 40 dB

| <b>Inteligibilidade de fala alta no recinto adjacente</b> | <b>Isolamento sonoro, <math>D_{nT,w}</math> (dB)</b> |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Claramente audível: ouve e entende                        | 35                                                   |
| Audível: ouve, entende com dificuldade                    | 40                                                   |
| Audível: não entende                                      | 45                                                   |
| Não audível                                               | $\geq 50$                                            |

Fonte: Adaptado de NBR 15575-4 (ABNT, 2013b).

A NBR 15575:4 (ABNT, 2013b) apresenta três métodos disponíveis para a verificação do isolamento acústico:

- Método de precisão realizado em laboratório: Método que determina a isolação sonora de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo cálculo de valores de referência para projetos, cujo método de ensaio é descrito na ISO 10140-2. Para avaliar o desempenho da habitação é imprescindível analisar cada um dos componentes e depois fazer o cálculo do isolamento global do conjunto. Os resultados são expressos em dB, adotando-se um índice de redução sonora ponderado ( $R_w$ );
- Método simplificado de campo: Este método facilita obter de uma estimativa do isolamento global das vedações externas (conjunto fachada e cobertura para unidades térreas e sobrados, e somente fachada para edifícios múltiplos pavimentos), estimativa do isolamento entre recintos internos, em algumas situações em que não se dispõe de instrumentação para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não contribuem para obter este parâmetro. Este método é especificado na ISO 10052, e seus resultados restringem-se as medições efetuadas em campo. Os resultados obtidos são expressos em função da diferença padronizada de nível ponderada a 2m ( $D_{2m,nT,w}$ ), expressa em dB, sendo medida tomadas a 2 metros do elemento analisado (ABNT, 2013b);
- Método de engenharia realizado em campo: Este é o método que é realizado em campo sendo determinando de forma rigorosa o isolamento sonoro global caracterizando o comportamento acústico do sistema, tanto de forma externa (conjunto fachada e cobertura em unidades térreas e sobrados, e somente fachada para edifícios multipavimentos), e de forma interna para avaliar o isolamento entre unidades comuns e autônomas. Este método é descrito na ISO 140-4 cuja avaliação é a mais precisa, e seus resultados restringem-se as medições efetuadas em campo, assim como no método simplificado. A obtenção dos resultados ocorre pela diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), medida em dB (ABNT, 2013b).

#### 6.2.1.6 Desempenho lumínico

Durante o período diurno, as dependências da habitação devem receber iluminação conveniente, diretamente ou indiretamente do exterior, através de outros recintos. Para o período noturno, a iluminação artificial deve proporcionar boas condições oferecendo conforto para ocupação e segurança com a circulação entre os ambientes.

Os projetos para os ambientes com iluminação natural devem considerar:

- Disposição de cômodos;
- Orientação geográfica da edificação;
- Dimensionamento e posição das aberturas;
- Tipo de janela e de envidraçamento;
- Rugosidade e cor de paredes, tetos e pisos;
- Poços de ventilação e iluminação;
- Influência de interferências externas.

As simulações para o plano horizontal, períodos da manhã (09h30minh) e da tarde (15h30minh), respectivamente para os dias 23 de abril e 23 de outubro e sua avaliação deve ser realizada com emprego do algoritmo apresentado na NBR 15215-3 (ABNT, 2005), atendendo as seguintes condições:

- Considerar a latitude e a longitude do local da obra, supor dias com nebulosidade média (índice de nuvens 50 %);
- Supor desativada a iluminação artificial, sem a presença de obstruções opacas (janelas e cortinas abertas, portas internas abertas, sem roupas estendidas nos varais, e outros);
- Simulações para o centro dos ambientes, na altura de 0,75m acima do nível do piso;
- Simulações nos pontos centrais de corredores internos ou externos à unidade, a 0,75m do nível do piso;

- Para escadarias, simulações nos pontos centrais dos patamares e a meia-largura do degrau central de cada lance, a 0,75m acima do nível do piso;
- Para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por casas ou sobrados, considerar todas as orientações típicas das diferentes unidades;
- Para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por edifícios multipiso considerar, além das orientações típicas, os diferentes pavimentos e as diferentes posições dos apartamentos nos andares;
- Em qualquer circunstância, considerar os eventuais sombreamentos resultantes de edificações vizinhas, taludes, muros e outros possíveis anteparos, desde que se conheçam o local e as condições de implantação da obra.

#### 6.2.1.7 Durabilidade

Segundo a NBR 15575-4 (ABNT, 2013b), a capacidade funcional das paredes deve ser mantida tanto quanto suas características estéticas, para que sejam compatíveis com o envelhecimento natural dos materiais no período da Vida Útil de Projeto (VUP).

Os SVVIE tem que apresentar VUP igual ou superior aos períodos especificados na NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), com a realização de manutenções preventivas (sistemáticas) e as manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de uso, operação e manutenção (ABNT, 2013b). Para determinar a VUP mínima podem-se ser adotadas várias metodologias. De acordo com as NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) a NBR 15575-6 (ABNT, 2013c) apresentam três conceitos essenciais:

- O efeito que uma falha no desempenho do sistema ou elemento acarreta;
- A maior facilidade ou dificuldade de manutenção e reparação em caso de falha de desempenho;

- O custo correção da falha, considerando-se inclusive o custo de correção de outros subsistemas ou elementos afetados (por exemplo, a reparação de uma impermeabilização de piscina pode implicar a substituição de todo o revestimento de piso e paredes, e o custo resultante é muito superior ao custo da própria impermeabilização).

Fundamentado nesses conceitos, para determinação da VUP, utilizaram-se também conhecimentos já consolidados internacionalmente, como o da BS 7453 (ABNT, 2013a).

#### 6.2.1.8 Manutenibilidade

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), para facilitar a manutenção o projetista deve realizar um projeto que proporcione condições de acesso a inspeção predial. Além de desenvolver um manual contemplando uso, operação e manutenção.

Em relação à manutenibilidade do sistema construtivo que compõe a edificação, devem ser previstas e realizadas manutenções preventivas e, sempre que necessárias manutenções com caráter corretivo, com a finalidade de atender a durabilidade da estrutura. Devem ser realizadas logo que o problema se manifestar, para que pequenas falhas não progridam para maiores patologias. As manutenções devem ser feitas de acordo como manual de operação, uso e manutenção. Condições especiais de manutenção também devem estar previstas no manual do proprietário e de áreas comuns (SINAT, 2011).

A NBR 15575:1 (ABNT, 2013a), expõe que o fabricante do produto, o incorporador público ou privado, o construtor deve especificar todas condições de uso, operação e manutenção dos SVVIE, especialmente com relação a:

- Caixilhos, esquadrias e demais componentes;
- Recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada;
- Periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;
- Periodicidade, forma de realização e forma de registro das manutenções;

- Técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão de materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção;
- Menção às normas aplicáveis.

Faz-se necessário preocupar com o menor custo, favorecendo as inspeções prediais e as manutenções previstas no manual de operação, uso e manutenção. Os projetos devem ser desenvolvidos visando a facilidade de acesso a inspeção predial, com suportes para fixação de andaimes, balancins e outros meios (SINAT, 2011).

A NBR 14037 (ABNT, 2014) informa as características técnicas da habitação, descrevendo os procedimentos para alcançar o melhor aproveitamento, orientando as atividades para a manutenção, prevenindo as falhas e acidentes proveniente do uso inadequado, e finalmente contribuindo para a durabilidade da edificação.

Com os critérios estabelecidos é possível avaliar o atendimento do sistema de forma que possibilite a manutenção em especial das tubulações. Como o sistema possui as instalações embutidas nas paredes, sugere-se a utilização de shafts, para passagem destas tubulações entre pavimentos e quando possível utilização de paredes hidráulicas sem finalidades portantes devido as limitações de passagem das tubulações e desta forma, favorecendo a manutenção destas. A Figura 3 exemplifica uma construção com o sistema construtivo em questão.

**Figura 3** - Tipologias estruturais construídas com o sistema paredes de concreto



Fonte: Rocha (2017).

### 6.3 Abordagem da NBR 16055 (ABNT, 2012)

A NBR 16055 (ABNT, 2012) mostra o dimensionamento e os procedimentos construtivos do sistema parede de concreto moldado *in loco*. Este fato ocorre por existirem várias soluções para painéis pré-moldados, como os painéis (alveolares de fechamento e estruturais), os painéis autoportantes, os painéis arquitetônicos (de fachada) e os painéis sanduíche (FREITAS, 2012), tais elementos apresentam considerações bem diferentes que exigem normas específicas, como no caso de painéis alveolares protendidos.

Esta norma se aplica a paredes de concreto moldadas *in loco* e com fôrmas removíveis. Tais paredes são como um “elemento estrutural autoportante moldado *in loco*, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede” (ABNT, 2012, p. 3). Para construções com até 3 m, é necessária uma espessura da parede igual ou maior que 10 cm, exceto em situações especificadas no item 13.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012).

Apesar das paredes de concreto serem utilizadas no Brasil há algumas décadas, somente em 2012 foi publicada a norma que regulamenta os projetos, a NBR 16055 (ABNT, 2012) “é uma ratificação das práticas utilizadas e corretamente comprovadas” (CORSINI, 2011, p. 42).

Mesmo sendo uma estrutura de concreto armado, uma parede de concreto se comporta de maneira diferente dos elementos demonstrados na NBR 6118: 2014. De acordo com Freitas (2012), vice-presidente de tecnologia e qualidade da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE),

A NBR 16055:2012 foi criada devido ao fato de que paredes de concreto não são a mesma estrutura que pilares com paredes. As considerações são diferentes: há atenuantes em alguns pontos de armação, por exemplo, por ser um elemento de superfície. Apesar de que, é preciso se preocupar com algumas questões de contorno não detalhadas na NBR 6118:2007, por não estar voltada para esse tipo de estrutura. (FREITAS, 2012, p. 12).

Destaca-se que conforme a faixa de parede de concreto analisada, esta pode ser dimensionada como pilar, procedimento descrito na NBR 6118 (ABNT, 2007).

A NBR 16055 (ABNT, 2012), refere-se a edifícios simplificados os que contenham até 5 pavimentos, pé-direito máximo de 3 m e dimensões em planta de no

mínimo 8 m. Podendo possuir lajes com vão livre máximo de 4 m, não podendo ser pré-moldadas e com sobrecarga máxima de 300 kgf/m<sup>2</sup>.

A principal concepção do sistema estrutural parede de concreto é que esta se comporta como um sistema monolítico, paredes em um conjunto com a laje. De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), as paredes podem estar submetidas à carga axial, com ou sem flexão, concretadas em qualquer elemento que fará parte da construção. Sendo assim, a concretagem das paredes de um determinado trecho é realizada de uma só vez, sendo que já estão contendo as tubulações e eletrodutos, vãos das portas e janelas. Não são permitidas tubulações no encontro das paredes e tubulações horizontais, salvo em pontos especificados pela norma.

Os requisitos que se referem à qualidade e durabilidade da estrutura são iguais aos de outras estruturas de concreto armado, sendo assim, deve-se seguir as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2007), o mesmo se aplica para a forma de preparar, caracterizar e analisar o concreto. Não há especificação em relação ao tipo de concreto a ser utilizado nas paredes de concreto, a única observação é que ele tenha uma Resistência característica do concreto aos 28 dias ( $f_{ck}$ ) deve atender ao especificado no projeto. Em relação ao aço só existe a restrição para que ele tenha a mesma qualidade em toda a extensão da parede, mas podem ser usadas telas soldadas, treliças ou barras.

Conforme a Comunidade da Construção (2017b), o sistema construtivo paredes de Concreto demandou várias pesquisas das empresas e instituições interessadas em seu desenvolvimento, para que seu modelo de cálculo estrutural pudesse se tornar uma nova norma técnica. Antes da publicação desta norma os cálculos estruturais para as Paredes de Concreto eram baseados na NBR 6118 (ABNT, 2007), mas se trata de um sistema estrutural diferente. Paredes de concreto são diferentes de pilares com paredes, precisando levar em consideração as questões de contorno não detalhadas na NBR 6118 (ABNT, 2007) (CORSINI, 2011).

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), as edificações de qualquer planta, altura e número de pavimentos, devem ser feitas com paredes de concreto moldadas no local com fôrmas removíveis. Sendo assim, 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 SINAT, para obter financiamento da Caixa Econômica Federal e do Banco do Brasil (NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO, 2017a). A normalização técnica é uma

grande aliada de empresas e consumidores porque garante que produtos e serviços atendam a parâmetros reconhecidos de segurança e qualidade.

O sistema é recomendado para empreendimentos com alta repetitividade podendo ser utilizado em obras de pequeno, médio e alto padrão devido a sua grande versatilidade (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2017b).

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.

## **7 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

### **7.1 Fundações para o sistema em paredes de concreto**

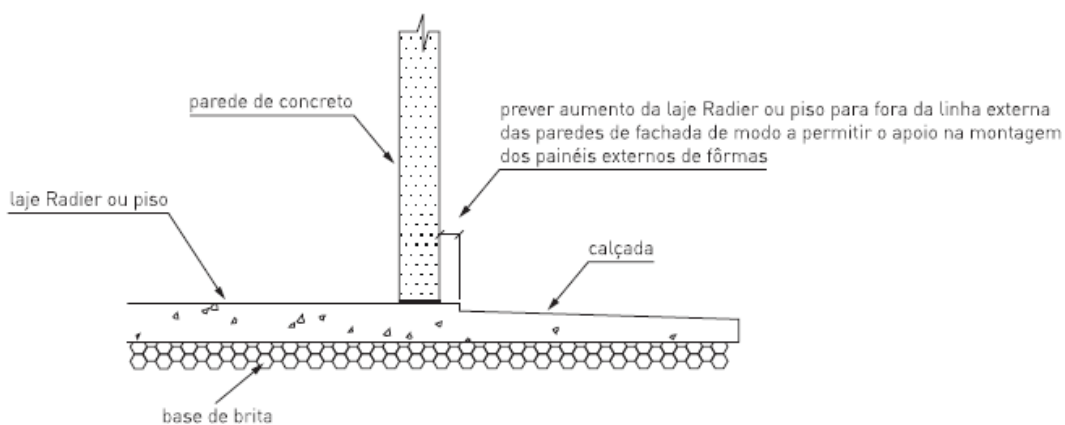
Em relação ao projeto das fundações, este contempla as cargas aplicadas pela estrutura e a resposta do solo a estas solicitações. Os solos são muito diferentes entre si e respondem de forma variável às cargas aplicadas, sendo assim, a infraestrutura de uma edificação precisa ser executada e dimensionada. O cálculo da tensão admissível do solo é utilizado para determinar o limite de carga que o solo pode suportar sem sofrer deformações exageradas e nem se romper.

Não existem restrições para o tipo de fundação adotada para esse sistema, independentemente do tipo é necessário um rigoroso nivelamento, para posteriormente a correta montagem de fôrmas. Esta podem ser em *radier*, blocos de travamento para estacas, sapata corrida. Sendo o *radier* o mais utilizado, a Figura 4 a seguir ilustra esse sistema.

**Figura 4 - Fundação em Radier**

Fonte: Site Ecopore.

A Coletânea de Ativos 2007/2008 recomenda que o apoio das fôrmas não seja feito no terreno bruto, devendo executar na cota do terreno uma laje ou piso, esta deve exceder a dimensão dos painéis externos das fôrmas para facilitar a montagem dos moldes. Quando o tipo de fundação escolhida for *radier* recomenda-se que a calçada externa seja feita na mesma concretagem conforme ilustrado na Figura 5 a baixo.

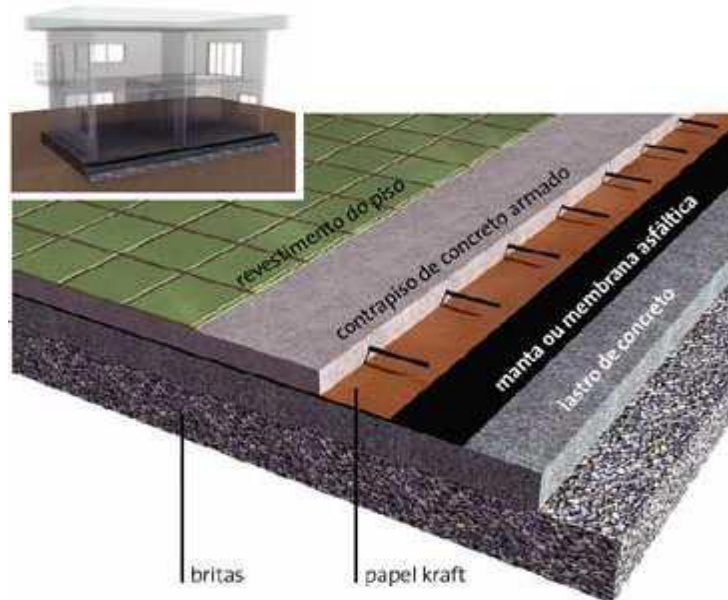
**Figura 5 - Execução de calçada e laje na fundação do tipo *radier***

Fonte: Coletânea ativos (2007/2008).

De acordo com a NBR 15575:4 (ABNT, 2013b), a seleção do tipo de fundação deve contemplar os aspectos de segurança, estabilidade, durabilidade e visando o alinhamento e nivelamento necessários para a execução das paredes. Esta escolha vai depender da resistência mecânica do solo do local.

As fundações são construídas de forma que as tubulações de águas sejam embutidas assim como outros pontos de conexão. Na Figura 6 são representadas as etapas construtivas.

**Figura 6** - Representação das camadas do *radier*

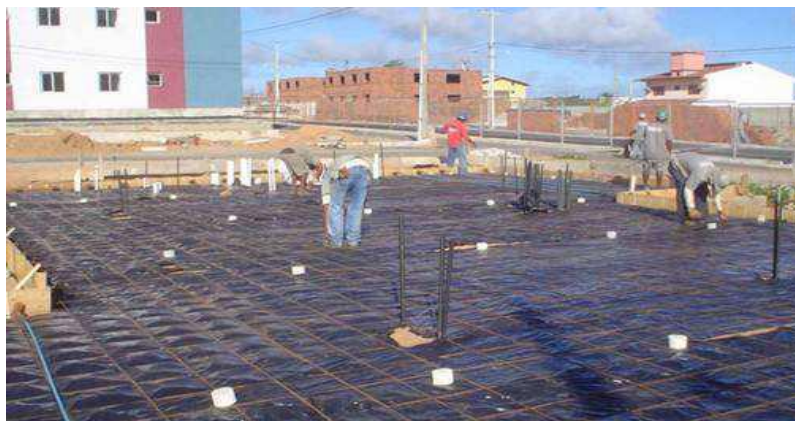


Fonte: Carvalho (2012).

A NBR 15575:4 (ABNT, 2013b) cita cuidados a serem tomados, para que a locação siga o projeto de fôrmas e arquitetônico. Da mesma forma em casos de fundação direta, é necessário cautelas para a umidade (água) do solo não entre na edificação ou nas paredes.

A Figura 7 mostra a execução da laje de apoio radier com as suas devidas esperas.

**Figura 7** - Fundação em *radier*



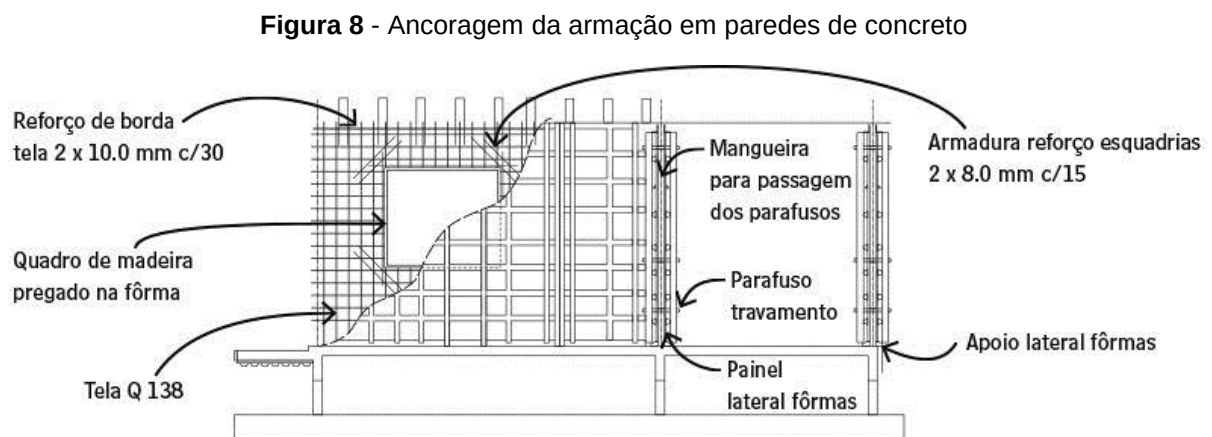
Fonte: Carvalho (2012).

É recomendado também que se realize nas concretagens a cura úmida por no mínimo de 7 dias para as fundações tipo *radier*, sendo esta realizada de forma convencional, sobre uma lona plástica que está cobrindo uma camada (espessura mínima de 3 cm) nivelada de brita 1.

## 7.2 Armadura

Em paredes de concreto a armadura utilizada é uma tela soldada colocada no eixo vertical da parede. São utilizados também reforços de telas ou barras de armadura convencional em bordas, vãos de portas e janelas.

O tipo de armadura no projeto deve ser corretamente especificado (designação, largura e comprimento) a fim de evitar erros durante a locação das telas nas paredes de concreto. A Figura 8 exemplifica o uso da tela soldada em parede de concreto.



Fonte: Site Construnormas.

De acordo com Massuda e Misurelli (2009), as armaduras devem atender a requisitos básicos: controlar a retração do concreto e estruturas e resistir a esforços de flexotorção nas paredes.

Recomenda-se que as instalações que não sejam secas estejam dispostas em shafts horizontais ou verticais de modo a desonerar as estruturais de possíveis manutenções, já que estas constituem as partes estruturais das habitações.

A seguir, a Figura 9 e a Figura 10 exemplificam o posicionamento da armadura no sistema paredes de concreto.

**Figura 9** - Posicionamento da armação para as paredes de concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

**Figura 10** - Armadura posicionada na parede de concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Nesta fase é importante a colocação de espaçadores para não permitir o contato da armadura com as fôrmas, assim como evitar a exposição da ferragem e sua corrosão, além do aparecimento de manchas nas paredes posteriormente.

A colocação de espaçadores garantirá a utilização de uma armadura de forma adequada com um bom desempenho da estrutura, como ilustra a Figura 11.

Para as barras de aço, ensaio da resistência à tração, segundo a NBR 8548 (ABNT, 1984) e para as telas soldadas, ensaios de resistência ao cisalhamento segundo a NBR 5916 (ABNT, 1990).

**Figura 11** - Detalhe dos espaçadores e das armaduras, neste caso tela eletro soldada



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

A armadura deve absorver e distribuir os esforços, apresentar elevada resistência a tração e integração ao concreto. Nas paredes de concreto é disposta em telas colocadas no meio das paredes e nas lajes. Existem vários tipos de telas e são designadas através da letra que define seu tipo (Q, L, M, R, T) acompanhada da área de aço da armadura principal. As telas do tipo Q possuem a mesma área de seção de aço no sentido transversal e longitudinal, enquanto as telas do tipo L, M e R possuem a área de seção do aço longitudinal maior do que a transversal. Já as do tipo T possuem a área transversal maior do que a longitudinal. A Figura 12 a seguir mostra o posicionamento da armação de laje.

**Figura 12** - Posicionamento da armação da laje



Fonte: Site Comunidade da Construção.

Nas armaduras verticais a seção mínima de aço exigida deve corresponder a no mínimo 0,09% da seção do concreto. Para os dois últimos pavimentos de um edifício ou para os dois primeiros permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 66% destes valores. Os vergalhões são utilizados para reforço estrutural, em determinadas áreas que tem concentração de tensões de tração, como aberturas de portas e janelas.

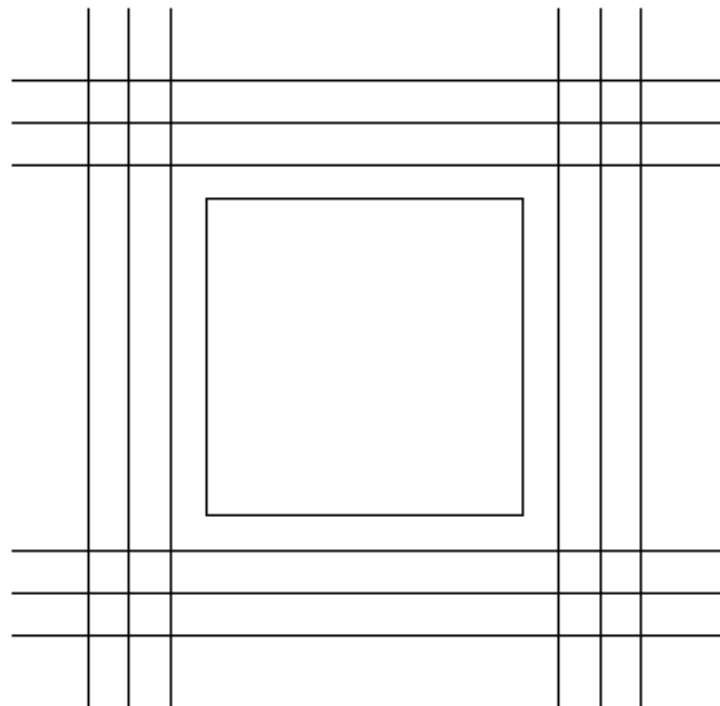
Nas armaduras horizontais a seção mínima de aço deve corresponder a 0,15% da seção de concreto. No caso de paredes com até 6 m de comprimento horizontal, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a, no mínimo, 60%

destes valores, desde que se utilizem fibras ou outros materiais que comprovadamente contribuam para reduzir a retração do concreto. As construções de até dois pavimentos ou os dois últimos pavimentos de um edifício admitem uma armadura mínima de 40% do valor especificado.

Nas armaduras, tanto horizontais como verticais o espaçamento máximo entre as barras não pode ser maior que duas vezes a espessura da parede e sendo no máximo de 30 cm.

Segundo a Coletânea de Ativos (2008/2009) em locais que as aberturas de portas e janelas forem maiores ou iguais a 40cm devem ser colocadas armaduras horizontais na parte inferior e superior da abertura. Essa seção da armadura é determinada por modelo elástico ou biela-tirante, desde que atendam o mínimo de 0,5 cm<sup>2</sup> em cada parte (superior e inferior) e que possuam um comprimento que seja maior que a dimensão do vão de no mínimo a ancoragem da barra mais  $\frac{1}{4}$  do tamanho da abertura. A Figura 13 esboça as aberturas e suas dimensões exigidas.

**Figura 13** - Armadura de reforço (vergalhões)



Fonte: Adaptado de Coletânea de Ativos (2008/2009).

A Figura 14 exemplifica outra maneira de reforço das aberturas.

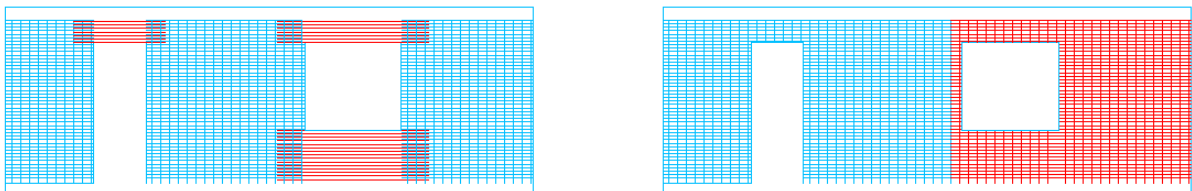
**Figura 14** - Posicionamento da armadura



Fonte Arquivo pessoal (2018).

Para armaduras verticais existem duas maneiras de serem executadas. A Figura 15 apresenta duas opções, uma que necessita de transpasse em cada painel de tela e conseqüentemente mais mão de obra, visto que são necessários vários cortes e o seu devido posicionamento, gastando mais material também. Já no caso 2 as telas são cortadas posteriormente, mantendo o transpasse e otimizando o sistema. Sendo que o transpasse deve ser feito em 50 vezes o diâmetro da malha.

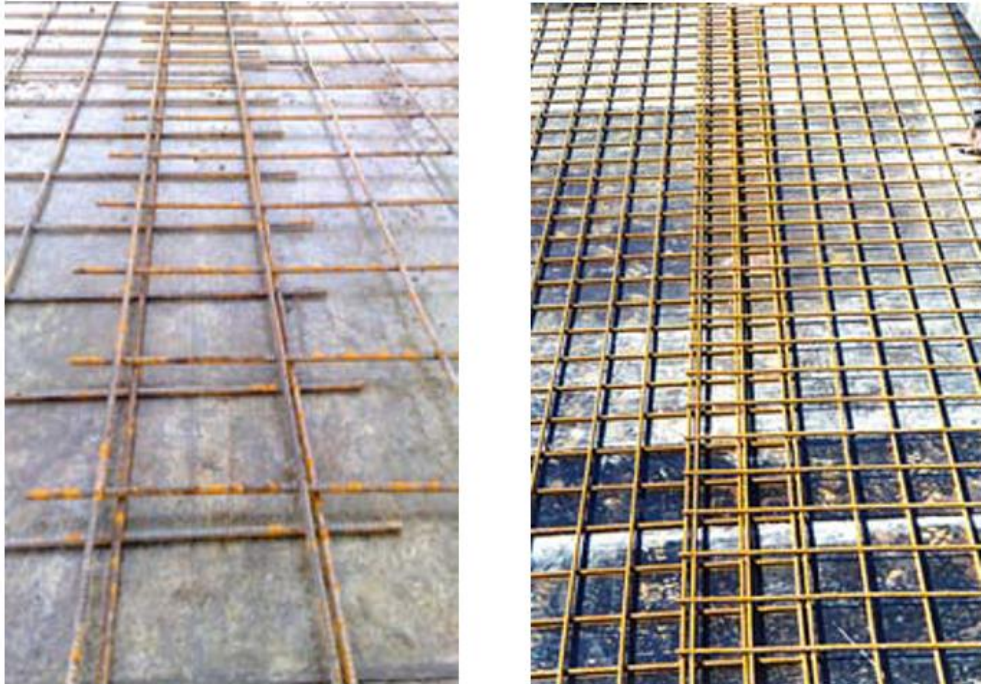
**Figura 15** - Posicionamento da armadura



Fonte: Adaptado de Coletânea (2008/2009).

A emenda entre os painéis se dá apenas pela sobreposição das malhas, não havendo a necessidade de amarração com arame recozido como ilustra a Figura 16 a seguir.

**Figura 16** - Transpasse das malhas de armadura



Fonte: Coletânea de ativos (2007/2008).

A ancoragem das telas soldadas das lajes com as das paredes é realizada no mínimo com 10 cm a partir da face da viga de acordo com a Figura 17 necessitando desses detalhamentos nos projetos.

**Figura 17** - Ancoragem da armadura na laje



Fonte: Coletânea ativos (2007/2008).

O estudo de ancoragem das paredes de concreto com o sistema de fundações está diretamente relacionado com o modelo estrutural adotado pelo projetista, onde o detalhamento minucioso na região da interface tem grande importância para o entendimento na etapa de execução, assim como o comportamento adequado do edifício.

### 7.3 Instalações

Durante o processo construtivo as instalações são colocadas nas paredes de concreto, exceto quando se fez uso de shafts. Durante a montagem da armação desse sistema construtivo as instalações elétricas e hidráulicas são posicionadas no local de uso, para evitar desalinhamentos.

Considerando que o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* tem como principal característica a rapidez de montagem e o alto investimento inicial para utilização desse sistema, é recomendado o uso de sistemas de instalações eficientes e que reduzem a quantidade de mão de obra e o tempo necessários para entrega das unidades. Dessa forma, foram desenvolvidos alguns sistemas industrializados como os chicotes elétricos industrializados e sistema polietileno reticulado (PEX) para utilização em sistema de parede de concreto.

#### 7.3.1 Instalação elétrica

Podem ser utilizados furos nas formas para posicionar as caixas elétricas. A fixação das caixas de passagem, interruptores e tomadas às formas de paredes de concreto é realizada por meio de gabaritos, conforme posição indicada em cada projeto. O mercado dispõe de caixa com tampas reaproveitáveis que evitam a entrada de concreto superflúido em seu interior, já as caixas convencionais devem ser preenchidas com isopor ou papel. Esse preenchimento é necessário nas caixas que tiverem orifícios, de forma a evitar que o concreto as penetre e obstrua a passagem dos eletrodutos (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2017b).

No caso de lajes, os eletrodutos devem ser posicionados logo após a montagem das fôrmas de laje e antes da concretagem (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2017b), conforme mostra com mais detalhe na Figura 18 a seguir:

**Figura 18** - Montagem da rede elétrica no sistema Paredes de Concreto



Fonte: Metro Modular (2017).

#### 7.3.1.1 Chicote elétrico

O chicote elétrico é um sistema formado por trechos da instalação elétrica, composto por eletrodutos, fios, caixas elétricas impermeáveis para laje, parede e conectores de emenda, pré-montados em fábrica destinados às obras de parede de concreto moldada no local e conectados conforme processo de instalação e montagem do sistema de fôrmas metálicas. Esse sistema apresenta como vantagens:

- Garantia dimensional e redução de custos, eliminando qualquer desperdício de eletrodutos e fios;
- Chicotes totalmente identificados;
- Diminuição dos itens a serem gerenciados na obra, eliminando riscos de extravio de material;
- Facilidade na instalação e garantia na qualidade da mão de obra, pois as montagens são feitas na indústria através de gabaritos;
- Padronização na obra e
- Assessoria técnica personalizada.

### 7.3.2 Instalação hidráulica e utilização de shafts

Para as instalações hidráulicas a NBR 16055 (ABNT, 2012) coloca que as tubulações verticais podem ser embutidas nas Paredes de Concreto, desde que atendidas às seguintes condições:

- Tubos metálicos não encostam nas armaduras, de forma a evitar corrosão galvânica;
- Diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15°C;
- Pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- Diâmetro máximo for de 50 mm;
- 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, normalmente as tubulações verticais tem passagem por fora das paredes através de shafts, de forma que essas tubulações permaneçam aparentes. Embora os aspectos estéticos possam não encorajar o uso dessa solução, esse procedimento facilita reformas e a manutenção caso ocorra problemas, como obstruções ou infiltrações e ainda evita paredes com espessuras diferentes.

As tubulações horizontais, quando existentes, são embutidas no sistema de rebaixamento das lajes (NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO, 2017b). Vale ressaltar que a NBR 16055 (ABNT, 2012) não admite tubulações horizontais, a não ser em 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, 2011).

A tubulação de esgoto é instalada da mesma maneira que em outros sistemas construtivos. Deve ser locada antes da concretagem do piso ou *radier*, com a impermeabilização na região onde a tubulação passará. A tubulação de água com até 32 mm (geralmente com 25 mm), pode ser embutida na parede desde que observado o seu correto posicionamento no centro delas.

#### 7.3.2.1 Sistema Polietileno Reticulado (PEX)

O sistema PEX se confirma como uma alternativa para instalações hidráulicas, pois é um sistema de construção seca e atende as necessidades do processo construtivo em parede de concreto. Nakamura (2003) define as principais características:

- Flexibilidade: o raio de curvatura mínimo do polietileno reticulado é de 2,5 vezes o diâmetro exterior comparado com o Policloreto de polivinila (PVC).
- Peso: são cerca de sete vezes mais leves que os de cobre, para diâmetros iguais.
- Alta resistência à pressão e à temperatura
- Resistência a congelamento: o menor coeficiente de condutibilidade térmica
- Acústica: a natureza do material e sua flexibilidade atenuam a transmissão de ruídos e vibrações.
- Resistência química: inerte à grande maioria dos produtos químicos (ácidos, bases, anticoagulantes à base de glicol etc.), Além disso, o sistema não está sujeito à corrosão galvânica, ao contrário do cobre e do ferro.
- Rugosidade: a superfície lisa do tubo, a ausência de depósitos calcários e corrosão, associados ao reduzido número de conexões, permitem ao sistema apresentar baixos níveis de perda de carga.
- Compatibilidade: instalação adaptável a todo tipo de projeto, seja em gesso acartonado ou em alvenaria convencional.

O kit é formado por três partes, cada qual com suas especificações e materiais apropriados:

- Chicotes hidráulicos: Feitos de tubulações em PEX, aproveitando suas principais qualidades, como flexibilidade, alta resistência e memória térmica. Os tubos são pré-montados e testados dentro da indústria. E os chicotes são usados nas instalações hidrossanitárias da obra. Composição: tubulação PEX e conexão em latão forjado e usinado, montadas e testadas, coifas para vedação e FlePex para acabamento metálico no vaso sanitário.
- Chassi de esgoto: Estruturas metálicas pré-fabricadas que posicionam e sustentam a passagem das tubulações de esgoto e hidráulica. Composição: estrutura metálica em aço galvanizado, tubulação de esgoto em PVC, passantes plásticos para tubulação PEX e carenagem plástica para acabamento.
- Chassi de chuveiro: Estruturas metálicas pré-fabricadas que posicionam e sustentam os registros e o ponto do chuveiro. Composição: estrutura metálica em aço galvanizado, travessas metálicas, suporte para registros, registros de pressão e de gaveta e ponto terminal para espera do chuveiro.

O pesquisador Adilson Lourenço Rocha (NAKAMURA, 2003), no entanto, ressalta que ao mesmo tempo em que a tecnologia pode reduzir o tempo de execução e a quantidade de homens trabalhando, a reduzida utilização desse sistema no Brasil pode representar perdas, pois "hoje, para grande parte dos profissionais, o sistema PEX ainda é uma novidade e, por isso, é inevitável que ocorram algumas resistências nesta etapa" (NAKAMURA, 2003, p.2). Porém, por se tratarem de duas tecnologias novas: paredes de concreto e PEX, quando utilizadas em conjunto apresentam-se como a solução mais eficaz para os sistemas hidráulicos.

## 7.4 Fôrmas

Logo após a execução das fundações são instaladas as fôrmas que irão moldar o concreto fresco das paredes estruturais. Para isto, as fôrmas devem manter rigorosamente a geometria das peças moldadas e devem ser estanques.

Para execução das paredes de concreto existem vários tamanhos e tipos de fôrmas, podendo estas, serem alugadas ou adquiridas de acordo com a modulação do projeto. As fôrmas podem ser metálicas (quadros e chapas metálicas), plásticas (quadros e chapas em plástico reciclável), mistas (quadros metálicos e chapas de compensado) ou trepantes (para múltiplos pavimentos) conforme ilustra a sequência, da Figura 19 a Figura 22. Sendo os seus materiais: metal, madeira ou plástico resistente (MASSUDA; MISURELLI, 2009).

**Figura 19** - INPAR - Edifício multipavimentos, escoramento e posicionamento das fôrmas



Fonte: INPAR (2007).

**Figura 20** - INPAR - Edifício multipavimentos, após a retirada das fôrmas



Fonte: INPAR (2007).

**Figura 21** - Visão geral das fôrmas das vedações montadas. Analândia-SP



Fonte: Rossignolo (2005).

**Figura 22** - Fôrmas dos painéis de uma edificação térrea posicionadas, detalhe das instalações elétricas embutidas Analândia-SP



Fonte: Rossignolo (2005).

#### 7.4.1 Fôrmas Metálicas

Conforme Corsini (2011), as fôrmas metálicas surgiram na década de 70 e são compostos de aço ou alumínio. Sendo este o sistema mais procurado para a execução de paredes de concreto. A Figura 23 a seguir mostra a execução da parede de concreto com a utilização de fôrmas metálicas de alumínio.

**Figura 23** - Execução de parede de concreto com fôrmas metálicas de alumínio



Fonte: Comunidade da construção (2017).

Como vantagens apresentam elevado ciclo de utilização entre quinhentas e duas mil vezes, exige pouca manutenção, menos passivos ambientais e ainda possibilita ciclos de concretagem menores. Entre as desvantagens podem ser citados: alto preço de aquisição ou aluguel, menor flexibilidade comparado com os outros sistemas, necessitando uma análise mais rigorosa dos projetos e procedimentos de execução (NAKAMURA, 2007).

#### 7.4.2 Fôrmas de Madeira

Segundo Nakamura (2007), a fôrma de madeira é o sistema mais difundido no Brasil, composto por chapas de madeira compensadas resinadas ou plastificadas nas dimensões 2,20 x 1,10m e 2,44 x 1,22m em espessuras que variam entre 6 e 21mm, conforme Figura 24 a seguir.

**Figura 24** - Fôrma em madeira para execução de parede de concreto



Fonte: Nakamura (2014).

As principais vantagens desse sistema são a sua versatilidade e adaptabilidade, podendo ser construídas de vários tamanhos e formas, utilizando equipamentos simples, com grande facilidade de transporte e possuindo mão-de-obra mais fácil de ser encontrada no mercado, tornando esse tipo de fôrma muito competitiva. Suas principais desvantagens são a grande produção de resíduo, a produtividade e durabilidade dependerem diretamente da capacitação do profissional, obtendo assim um resultado inferior que os outros tipos de fôrma.

#### 7.4.3 Fôrmas de Plástico

As fôrmas de plásticos são compostas por quadros e chapas feitos de plástico reciclável e inertes. Introduzidas no Brasil no final dos anos 90, essa tipologia de fôrmas foi concebida para obter uma utilização racionalizada. As principais vantagens são a velocidade no processo de montagem, desforma e dispensa da fixação com pregos. Utiliza um número reduzido de componentes, tendo assim, menor quantidade de resíduos e otimização no ciclo de reutilização, principalmente comparado com as fôrmas de madeira.

A Figura 25 mostra um modelo de fôrma plástica para construção de parede de concreto.

**Figura 25** - Fôrma plástica para execução de paredes de concreto



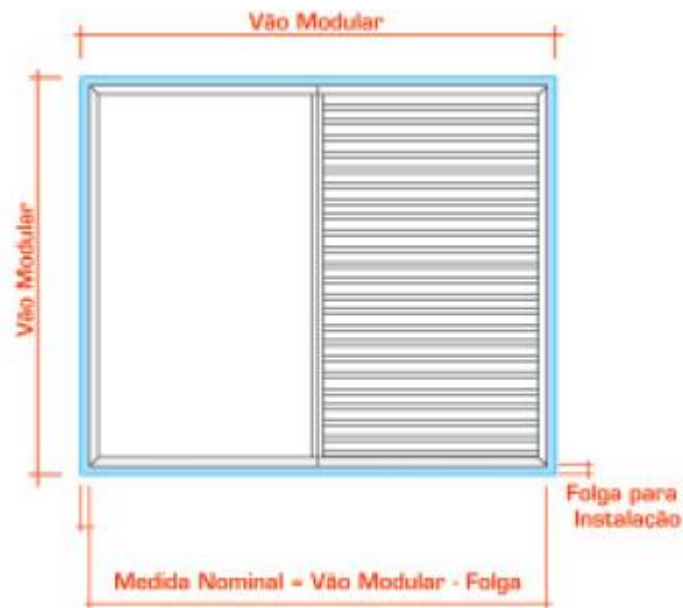
Fonte: Metro Modular (2017).

As fôrmas plásticas podem ser produzidas através de reciclagem de compostos plásticos, tendo com isso uma alta importância ambiental, aliada com seu baixo peso específico facilitando o transporte no canteiro. As principais desvantagens são que possuem limitações para grandes dimensões, maior dificuldade em relação ao prumo e alinhamento. Por não possuir abundância de mão-de-obra especializada pode gerar uma baixa produtividade e uma dificuldade na implantação no canteiro de obra (NAKAMURA, 2007).

#### 7.4.4 Informações Gerais

Independentemente do tipo de fôrma utilizada, todas devem resistir às pressões do lançamento do concreto até que este atinja a resistência específica e possa ser desformado. As fôrmas também devem ser estanques, mantendo a geometria das peças (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Outro fator importante é a modulação das fôrmas, conforme a Figura 26 a seguir, que facilita de maneira geral o desempenho na obra, seja na coordenação dos projetos, orientação, simplificação da sua montagem, transporte e estocagem.

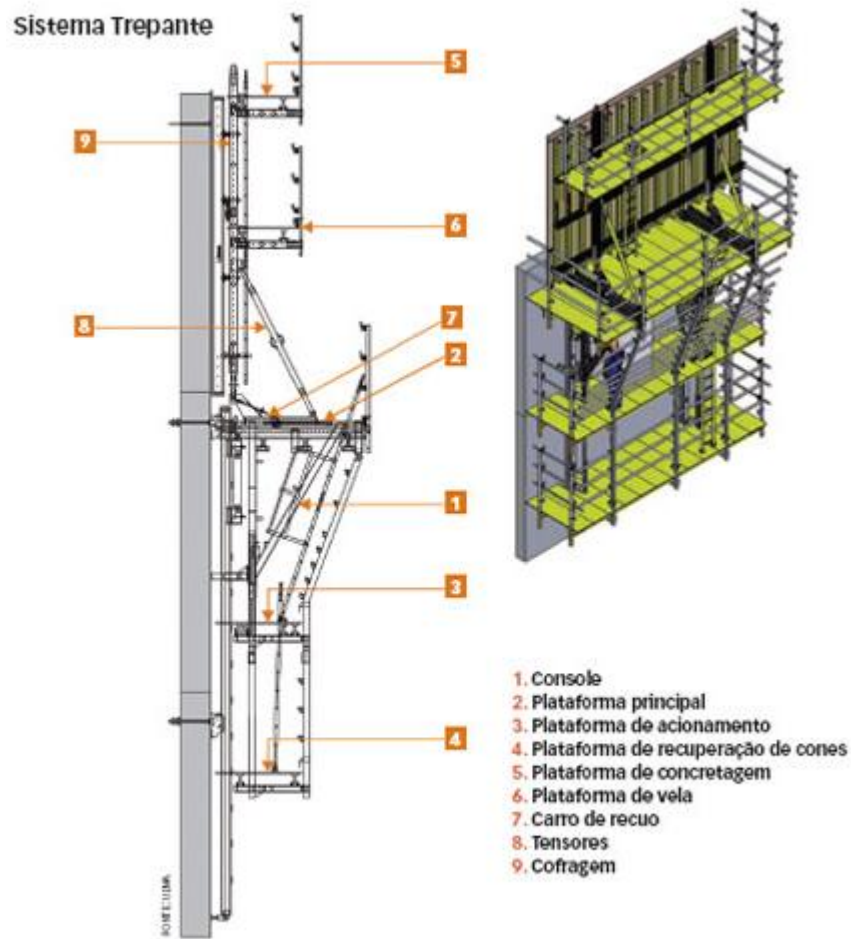
**Figura 26 - Modulação das fôrmas**

Fonte: Coletânea (2008/2009).

Para a escolha adequada do tipo de forma alguns aspectos devem ser levados em conta, como: produtividade; peso por m<sup>2</sup>; número de peças; durabilidade; reutilização das chapas; modulação dos painéis; flexibilidade e adequação as opções de projeto.

Para edificações de múltiplos pavimentos, uma boa alternativa é a utilização de fôrmas trepantes (Figura 27), pois alcançam uma alta produtividade da mão-de-obra. Isso se dá pelo fato de os painéis serem de grandes dimensões, e seus andaimes já serem transportados de uma única vez, diminuindo as etapas de montagem. Porém, para esse sistema é necessária uma grua no canteiro.

**Figura 27** - Sistema de fôrmas trepantes



Fonte: Corsini (2011).

Outro fator que interfere na viabilidade do sistema são os projetos de fôrmas. Esses devem ter o detalhamento e desenvolvimento de todos o processo para atingir os objetivos do sistema, como:

- Detalhamento e posicionamento dos painéis;
- Detalhamento dos equipamentos auxiliares;
- Detalhamento de peças de travamento e aprumo;
- Detalhamento do escoramento (inclusive escoramento residual permanente);
- Sequência executiva de montagem e desmontagem.

Para seu devido aproveitamento algumas medidas são importantes para serem tomadas, como a sequência de montagem dos painéis. Segundo a Coletânea de Ativos (2008/2009) a montagem dos painéis pode ser feita por três métodos:

- Primeiro, os painéis internos e depois externos: colocando o lado interno primeiro em seguida a colocação das armaduras com seus reforços, instalações secas e molhadas e depois o fechamento da parede com o painel externo.
- Painéis internos e externos juntos: primeiramente ocorre a montagem das armaduras, instalações para assim montar os painéis de fôrmas.
- Montagem pela parede hidráulica: Iniciando pelo banheiro ou cozinha, colocando primeiramente os painéis dos cantos (no formato de um “L”) e depois os da parte interna, pois assim as tubulações já ficam posicionadas no centro da parede.

Independentemente do tipo de fôrma escolhido todos devem estar numerados (Figura 28) e indicados no projeto, assim como no canteiro de obras, para melhoria nas etapas de montagem e remontagem. O posicionamento dos painéis tem que ser rigoroso e mantido uniformemente em todas as suas repetições.

**Figura 28** - Numeração dos painéis



Fonte : Arquivo pessoal (2018).

Na montagem final das fôrmas os elementos de fixação como grampos ou pinos, são chamados de “elementos de costura”, pois se comportam como linhas de costura e durante as concretagens e enquanto o concreto permanecer no estado plástico esses absorvem as pressões dos concretos.

**Figura 29** - Colocação dos elementos de costura



Fonte: Site Comunidade da Construção.

A utilização de escoras prumadoras, permitem um ajuste milimétrico dos prumos dos painéis, auxiliando assim nas montagens, sendo assim uma solução muito viável para um melhor desempenho. A Figura 30 a seguir mostra o posicionamento das escoras prumadoras.

**Figura 30** - Posicionamento das escoras prumadoras



Fonte: Nakamura (2014).

## 7.5 Desmoldantes

O desmoldante deve formar uma camada entre a fôrma e o concreto, para que não ocorra aderência entre eles, facilitando a desforma e aumentando o seu

reaproveitamento. Os desmoldantes à base de óleo mineral formam uma camada mais espessa do que os à base de óleo vegetal, consequentemente a quantidade de resíduo deixado sobre a superfície do concreto será proporcional, podendo assim aumentar os problemas relacionados ao destacamento da argamassa ou o surgimento de manchas.

Sabe-se que o desempenho dos desmoldantes também está relacionado ao tipo de fôrma. Podemos dividir o uso dos desmoldantes em dois tipos: os que são óleos puros, de bases mineral, vegetal ou animal, e os que são óleos (mineral, vegetal ou animal) emulsionados com água. Os desmoldantes puramente oleosos são adequados tanto para fôrmas de madeira como para fôrmas de metal, por produzirem um filme homogêneo e contínuo. As emulsões, por sua vez, são mais adequadas para a utilização em fôrmas de madeira. A Figura 31 exemplifica a aplicação de desmoldante sobre forma de madeira.

**Figura 31** - Aplicação de desmoldante



Fonte: Carvalho (2012).

A menor permeabilidade e rugosidade da fôrma diminui a quantidade de desmoldante aderida à ela. Em fôrmas plastificadas, de baixa permeabilidade e extremamente lisas, a diluição correta é imprescindível para evitar a formação de uma película espessa que poderia contaminar o concreto (VENTURINI, 2011).

## 7.6 Esquadrias

Podem ser executados simultaneamente com os demais componentes das paredes, sendo recomendado que os elementos de esquadrias (batentes de portas e caixilhos de janelas) sejam embutidos nos painéis de fôrmas para reduzir assim a mão-de-obra (Coletânea de ativos, 2007/2008)

Considerando a concepção de projetos de esquadrias internas e externas para o sistema em parede de concreto, torna-se evidente que o projetista da estrutura em conjunto com o coordenador de projetos deverá propor a solução que represente o melhor custo benefício com foco na qualidade, durabilidade e desempenho. No Brasil a cadeia produtiva do setor tem adotado tipologias de esquadrias com uso de contramarcos, assim como, soluções integradas as paredes com foco no menor custo e no menor tempo de execução.

As esquadrias podem ser metálicas ou de madeira, os contramarcos pré-fabricados de aço, concreto ou madeira porem independente do seu material necessita resistir a concretagem, seja por meio de contraventamentos removíveis ou pela sua própria rigidez (Figura 32).

A instalação dos contramarcos é feita no interior das fôrmas, após a concretagem e desforma as esquadrias são colocadas, conforme ilustra a Figura 33. A esquadria completa deve ser colocada na sua posição definitiva, dotada de grapas garantindo sua fixação após a concretagem (ABCP, 2002).

**Figura 32** - Painel com esquadrias fixadas.  
Analândia-SP



Fonte: Rossignolo (2005).

**Figura 33** - Detalhe de esquadria após desforma. Analândia-SP



Fonte: Rossignolo (2001).

Espera-se que os componentes das esquadrias tenham espessuras iguais ou inferiores a largura da parede, porém em casos de largura menor que a da parede estas deverão ser fixadas em um marco, também chamado de negativo, para o devido posicionamento das peças.

Esses negativos, são fixados aos painéis de fôrmas, facilitando a sua retirada e reaproveitamento, sendo retirados junto com os moldes.

## **7.7 Concreto e concretagem**

O principal componente do sistema Parede de Concreto é o concreto, essa etapa necessita de muita cautela já que os seus materiais podem variar de acordo com a origem da extração, umidade e granulometria. Os materiais cimentícios devem apresentar adequadas características, pois podem não reagir de modo que resulte uma boa qualidade do concreto. Sendo assim, devem ser seguidas as orientações para transporte, recebimento, lançamento, adensamento, controle, cura e riscos de não conformidade. Outro fator importante é o processo de cura do concreto, a temperatura correta e a velocidade de hidratação são determinantes para um bom resultado.

Recomenda-se utilizar fibras têxteis de polipropileno no concreto para que se reduza o efeito de fissuras por retração plástica, que ocorrem antes do início da pega, conforme a ASTM C-157 (ASTM, 1992). De acordo com o projeto, o concreto tem que atingir o fck estipulado na idade citada de acordo com a classe de agressividade do meio ambiente onde a obra será executada. Assim como a relação água/cimento máxima e o consumo mínimo de cimento.

Pelo fato do concreto ser um dos principais componentes desse sistema, recomenda-se que estes sejam dosados em centrais especializadas e disponibilizados em caminhões-betoneira. De acordo com Massuda e Misurelli (2009), adotando esta prática obtém-se melhores resultados, pelo fato de ter um melhor controle da qualidade dos agregados, com as medidas em peso e a precisão de volumes. Espera-se que o concreto esteja homogêneo, com coesão adequada, habilidade passante e resistência a segregação. O objetivo deste desenvolvimento é conseguir um concreto, preferencialmente auto adensável, com bom aspecto visual, minimizando operações de acabamento (estucagem) e também com boa integridade das arestas, eliminando assim operações de retrabalho. Como a espessura mínimas

das paredes é 100 milímetros e a tela soldada é centrada, torna-se importante que o concreto apresente grande trabalhabilidade (NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO, 2017c).

Todos os tipos de concreto foram testados e aprovados sob o rigor da norma de desempenho nos mais renomados institutos de pesquisa e laboratórios (Tabela 2). O sistema já foi homologado em vários estados brasileiros e esses laudos certificam que essa metodologia pode ser usada em território nacional (COLETANÊA DE ATIVOS, 2007/2008).

**Tabela 2** - Instituições e laboratórios onde foram realizados testes nos quatro tipos de concreto

|                                 |                                                                                                                                  |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concreto celular - L1           | Avaliações de sistemas construtivos e estabelecimentos de requisitos para edificações térreas - <b>Furnas</b> , dezembro de 2003 |
| Concreto com agregado leve - L2 | Desenvolvimento de concreto de alto desempenho estrutural leve - <b>USP São Carlos</b> , fevereiro de 2005                       |
|                                 | Avaliação do desempenho construtivo - <b>CETEC</b> , julho de 2005                                                               |
|                                 | Relatório de desempenho de conforto térmico - <b>USP São Carlos</b> , agosto de 2006                                             |
|                                 | Avaliação do desempenho acústico - <b>USP São Carlos</b> , dezembro de 2006                                                      |
| Concreto com ar incorporado – M | Avaliação de desempenho térmico de edifícios habitacionais em oito zonas bioclimáticas do Brasil - <b>IPT</b> , maio de 2008     |
| Concreto normal – N             | Sistemas construtivos em concreto moldado in loco e tilt up - <b>Furnas</b> , 2006                                               |

Fonte: Wendler (2009).

### 7.7.1 Concreto Celular – L1

Segundo Sacht (2008), no Brasil, o uso de concreto celular tem ocorrido em sistemas de vedações verticais em blocos de alvenaria e painéis monolíticos, no início em função da sua fluidez e alta trabalhabilidade, dispensando vibração, ganhando velocidade na reutilização das fôrmas. O uso deste tipo de concreto permite valores menores de transmitância térmica, pois a condutividade térmica é menor que o concreto convencional, devido as bolhas de ar incorporadas.

Concreto celular é definido, segundo a norma NBR:12646 (ABNT, 1992) como:

[...] concreto leve obtido pela introdução em argamassa de bolhas de ar, com dimensões milimétricas, homogêneas, uniformemente distribuídas, estáveis, incomunicáveis e indeformadas ao fim do processo, cuja densidade de massa aparente no estado fresco deve estar compreendida entre 1300 Kg/m<sup>3</sup> e 1900 Kg/m<sup>3</sup>. (ABNT, 1992, p. 1).

Uma das características principais é a baixa massa específica, pois é preparado com inserção de uma espuma que gera várias bolhas. Com massa específica de 1500 a 1600 kg/m<sup>3</sup>, e resistência mínima de 4 Mpa geralmente é utilizado para estruturas de até 2 pavimentos. Para estruturas de múltiplos pavimentos basta que se especifiquem concretos com resistências maiores que a mínima indicada.

#### 7.7.2 Concreto com Alto Teor de Ar Incorporado - M

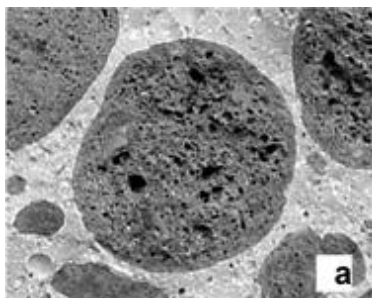
O Concreto com Alto Teor de Ar Incorporado é recomendado para construções com até dois pavimentos por que possui baixa resistência mecânica, possuindo a resistência mínima de 6 MPa. O teor de ar incorporado pode chegar até 9% e possui uma massa específica de 1900 a 2000 kg/m<sup>3</sup>.

#### 7.7.3 Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica - L2

O Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica é preparado com agregados leves, podendo ser utilizados em qualquer estrutura com resistência de até 25 MPa e possuem massa específica de 1500 a 1800 kg/m<sup>3</sup>.

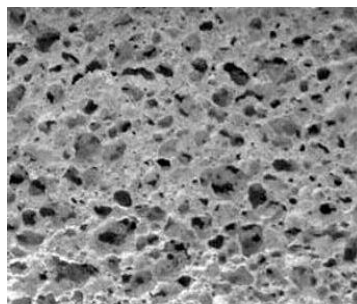
Para a diminuição da massa específica substitui-se os componentes sólidos por ar, através da troca dos agregados comuns por agregados leves, incorporação de ar, ou em concretos celulares retirando-se os finos. (ROSSIGNOLO e AGNESINI, 2005). Porém os concretos sem finos não serão analisados, pois este não se aplica a esse sistema construtivo em questão. A Figura 34, a Figura 35 e a Figura 36, ilustram alguns tipos de concretos.

**Figura 34** - Concreto com agregados leves



Fonte: Rossignolo e Agnesini, (2005).

**Figura 35** - Concreto leve celular



Fonte: Rossignolo e Agnesini, (2005).

**Figura 36** - Concreto sem finos



Fonte: Rossignolo e Agnesini, (2005).

#### 7.7.4 Concreto auto adensável - N

O concreto auto adensável é a alternativa mais eficaz quando se trata deste sistema construtivo, sendo sua aplicabilidade muito rápida, além da mistura apresentar alta trabalhabilidade, e grande fluidez que dispensa o uso de vibradores, com isso pode ser aplicado com facilidade em locais com altas taxas de armadura.

Em geral utiliza-se aditivos super plastificantes que são adicionados na obra, pois perdem a sua finalidade 40 minutos após a adição no concreto. Para o controle desse concreto realiza-se o Flow Test, para medida de fluidez e espalhamento.

#### 7.7.5 Concreto Convencional - N

O Concreto Convencional é empregado atualmente no Brasil pela empresa INPAR e é composto por cimento Portland, brita, areia e água, sendo utilizado para execução de edifícios de múltiplos pavimentos em sistema construtivo de painéis monolíticos moldados *in loco*.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), este tipo de concreto pode atender aos requisitos estruturais, mas pode acarretar algumas deficiências para aplicação comparados aos concretos leves. Pode ocorrer um aumento nas cargas da fundação e na estrutura da edificação, apresentando isolamento térmico e acústico inferior ao obtido para os concretos leves. É possível a utilização do concreto convencional, desde que atenda aos requisitos mínimos da trabalhabilidade, não ocorrência de segregação, com massa específica de 2000 a 2800 kg/m<sup>3</sup> e com resistência a compressão mínima de 20 MPa.

#### 7.7.6 Concretagem

Pelo fato do concreto ser um dos componentes mais importantes desse sistema recomenda-se que este seja usinado visto que o controle da dosagem é mais rigoroso. Outro fator que deve ser observado é o tempo do início da mistura até a entrega e completa aplicação deste na obra, não podendo ocorrer o fim do

adensamento após o início da pega do concreto que está sendo lançado ou das camadas.

Alguns tipos de concreto são finalizados na obra, como:

- Concreto Celular – incorporação da espuma;
- Concreto com alto teor de ar incorporado – agente incorporador de ar;
- Auto adensável – aditivos superplastificantes com retardadores;

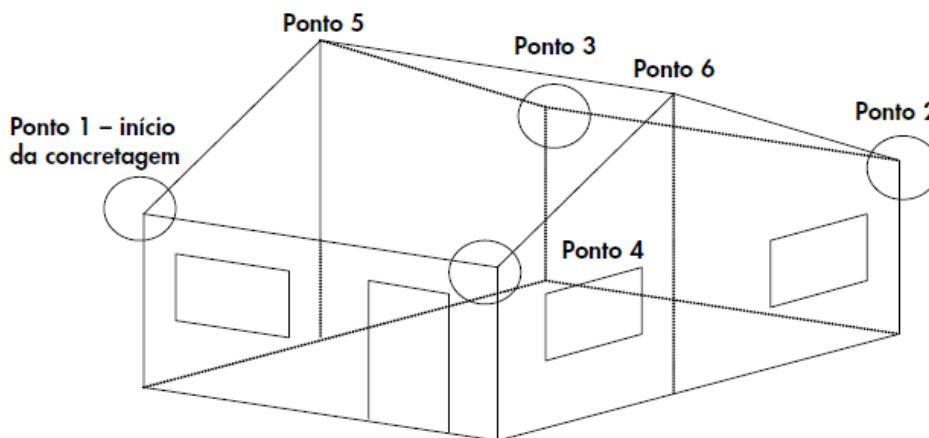
Todos os materiais devem ser conferidos na nota fiscal de acordo com as especificações do projeto.

O tempo entre o início da mistura e a chegada do concreto ao canteiro deve ser inferior a 90 minutos; e entre a mistura na sua central de produção e a sua completa utilização não deve ultrapassar 150 minutos, de maneira geral (Coletânea de ativos 2007/2008).

No caso dos concretos Tipo N, o limite para sua aplicação é 40 minutos após a adição do aditivo (geralmente adicionado no canteiro). Concretos Tipo L1, deve ser lançado no máximo 30 minutos após a mistura da espuma.

Para a verificação se o concreto está de acordo para a sua aplicação realizam-se os ensaios de abatimento (slump) ou espalhamento (flow), ambos devem estar especificados no documento de entrega. No seu lançamento tomar precauções em peças altas ou esbeltas, lançando-o por trombas, funis, ou abrindo janelas na lateral, para manter a sua homogeneidade.

O lançamento do concreto deve obedecer a uma ordem lógica, de modo que este possa ir preenchendo a fôrma por inteiro não deixando vazios ou sofrer segregação. Uma sequência estratégica seria iniciar por um dos cantos da edificação, preenchendo até que as paredes próximas ao ponto de lançamento estejam cheias, em seguida continuar a concretagem pelo lado oposto até que se complete essa sequência nos quatro cantos opostos. Esse processo está ilustrado na Figura 37 a seguir. No caso de habitações térreas, lançar posteriormente no ponto mais alto das formas e dos oitões.

**Figura 37** - Sequência de concretagem

Fonte: Coletânea (2009/2010).

Com a adoção de planejamentos para concretagem resultados são obtidos, como a melhora da qualidade final do produto, diminuição do aparecimento de nichos de concretagem e a mistura nas paredes fica mais homogênea.

Durante a concretagem este deve ser vibrado, tomando precauções para que esse preencha todos os espaços da fôrma, não ocorrendo segregação dos materiais ou nichos de concretagem. Durante esse processo tomar cuidados para que não ocorra a vibração da armadura, para que não sejam formados vazios ao seu redor. Para esses cuidados utilizar vibradores com  $\frac{3}{4}$  de comprimento da espessura da camada. Os concretos Tipo N e Tipo L1 não possuem necessidade de serem vibrados, pois já possuem a plasticidade, fluidez e viscosidade necessária (COLETANÊA DE ATIVOS, 2007/2008).

Uma maneira de acompanhar se todos os espaços vazios estão sendo preenchidos seria por meio de leves batidas com martelo de borracha nos painéis.

## 7.8 Juntas de dilatação

Para que não ocorram fissuras, deve ser estudado se há necessidade de juntas verticais e horizontais. Conforme a norma NBR:16055 (2012), para paredes de concreto contidas em um único plano e sem haver avaliação específica coloca-se juntas verticais de controle. Nos casos que ensaios são realizados, estes determinarão o espaçamento das juntas.

A fissura nas paredes pode ocorrer por retração, variação brusca de carregamento, por variação de temperatura e variação da altura ou espessura da parede. Podem ser utilizadas juntas de controle para prevenir o aparecimento dessas fissuras, e analisada se será necessário a colocação de juntas verticais. Pode-se adotar o distanciamento máximo de 8 m entre juntas para paredes internas e 6 m para paredes externas.

A utilização de juntas de dilatação é aconselhada sempre que a deformação por efeito da variação da temperatura possa comprometer a integridade do conjunto. Para dados mais específicos pode ser feita uma avaliação dos efeitos da variação de temperatura e retração sobre a estrutura, onde existam variações bruscas de geometria ou de esforços verticais.

## **7.9 Desforma**

Quando de acordo com o projeto for atingida a resistência e elasticidade prevista as formas e escoras devem ser retiradas. Esse processo deve ser executado cautelosamente para que não ocorram fissuras por ações mecânicas. Posicionar os painéis desmontados ao lado do seu próximo local de utilização e executar a sua limpeza completa retirando assim a argamassa que ainda está impregnada na fôrma. Este serviço deve ser feito de maneira cuidados para garantir a reutilização de acordo com a vida útil das fôrmas.

A limpeza das fôrmas pode ser feita com jatos fortes de água, controlando a pressão da água para que não danifique o acabamento das fôrmas, ou com água e escova ou espátula plástica, porem esse processo leva mais tempo.

Após esse processo, as paredes já estão niveladas e apumadas, exibindo uma textura regular, mostrando apenas os locais dos furos das ancoragens e de junções dos painéis. Podendo também serem observadas bolhas de ar, deixadas pela espuma ou que tenham surgido durante o lançamento. Tendo embutidas no interior todos os seus elementos, tubulações elétricas e hidráulicas, caixilhos de portas e janelas, fixação de cobertura ou qualquer detalhe como ganchos para rede.

## **7.10 Preenchimento de furos, espaços vazios e regularização**

As junções dos painéis podem deixar rebarbas que devem ser removidas com espátulas após a desforma. As falhas decorrentes de heterogeneidade da granulometria da areia e impurezas e as falhas decorrentes da infiltração de ar (não destruídas durante a mistura) são reparadas pelo processo de feltragem.

A feltragem é uma operação opcional e básica, realizada após a desforma, é feita com uma aplicação de nata de cimento através de desempenadeiras de madeira revestidas com espuma e tem como finalidade:

- Melhoria da estética das paredes
- Tamponamento de poros e bolhas de ar superficiais;
- Redução da porosidade superficial
- Retirada dos sinais superficiais da fôrma;

Algumas patologias podem ser observadas após a desforma, como falhas na concretagem (“bicheiras”) ou quebras parciais da estrutura durante a desforma, que deverão ser preenchidas com argamassas especiais, especificadas para cada situação. Se essas falhas forem de grande dimensão devem ser preenchidas com o próprio concreto. Já os buracos deixados pelos pinos de fixação das fôrmas devem ser preenchidos com argamassa logo após a desforma.

Segundo Comunidade da Construção (2017a), para regularização da superfície utilizam-se: massa acrílica para regularização menor que 2 mm, gesso para ambientes internos com regularização menor que 5 mm e argamassa para as demais medidas de regularização. No caso da utilização de argamassa, deve-se utilizar aditivo polimérico para garantir a sua aderência a superfície de concreto.

## **7.11 Cobertura**

Os sistemas de coberturas são apresentados de várias maneiras no sistema construtivo de parede de concreto. Notadamente, as estruturas metálicas têm sido mais utilizadas (Figura 38), numa lógica de integração de projetos, onde os pontos de transferência de carregamentos das coberturas sejam exatamente

identificados e a partir destes, a estrutura de parede de concreto seja devidamente dimensionada para resistir aos esforços.

**Figura 38** - Sistema de cobertura em estrutura metálica



Fonte: Coletânea de ativos (2008/2009).

Nas situações em presença de laje de cobertura ou sem estas, os sistemas de cobertura devem cumprir seus requisitos estéticos, funcionais, de desempenho, neste caso como parte estrutural do edifício. Nessa linha, o sistema de parede de concreto não cobra mais do que um projeto estrutural de cobertura alinhado com as premissas intrínsecas, quais sejam, rapidez, coordenação e integração de projetos, eficiência, durabilidade e desempenho.

Tais características são transversais a outras tipologias de sistemas construtivos também, entretanto, o sistema estrutural em tela, traz em evidência a necessidade de buscar alta eficiência nos projetos dos edifícios, numa visão sistêmica aguçada, compreendendo a obra como linha de montagem.

### **7.12 Impermeabilização**

Para ser impermeabilizada a estrutura a ser deve estar limpa, sem partes desagregadas e úmida, para facilitar a aderência do impermeabilizante. Eventuais trincas e fissuras devem ser previamente tratadas.

Usualmente, o tipo de impermeabilização utilizado nas áreas molhadas e molháveis é o sistema rígido de argamassa polimérica compostas por cimento, agregados minerais inertes, polímeros acrílicos. Estes disponíveis na versão

bicomponente, o polímero sendo líquido e o cimento com seus agregados em pó. Para aplicação esses devem ser misturados e homogeneizados, podendo ser aplicadas com trinchinha e em camadas regulares, respeitando o intervalo entre as demãos. A Figura 39 ilustra o sistema de impermeabilização com argamassa polimérica.

**Figura 39** - Impermeabilização com argamassa polimérica em Paredes de Concreto



Fonte: Nakamura (2017).

Em áreas críticas, como entorno de esquadrias e ralos se faz necessário a utilização de telas de poliéster, que deve ser aplicada entre as camadas da argamassa polimérica.

### 7.13 Revestimento e pinturas

Um dos principais benefícios das paredes de concreto é a dispensa de etapas como: chapisco, emboço, reboco (Figura 40). Possuindo também um ótimo acabamento final, sua superfície é muito resistente a agentes agressivos, gases e águas. O revestimento serve como uma função estética e contribui para a durabilidade e desempenho térmico da habitação.

**Figura 40** - Comparação entre as etapas construtivas que sucedem o acabamento



Fonte: Hesketh (2009).

Vale lembrar que a área de concreto a ser revestida constitui-se na maior área de serviços da obra. Só para ilustrar,  $1\text{m}^3$  de concreto produz  $10\text{ m}^2$  de paredes (espessura de 10 cm) e, portanto,  $20\text{ m}^2$  de superfícies a serem revestidas. O revestimento em paredes de concreto possui uma espessura muito pequena, reduzindo a mão de obra e eliminando etapas, obtendo maior produtividade e reduzindo prazos do empreendimento. Recomenda-se que esse seja iniciado após a realização da cura úmida da parede.

Os tipos de acabamento para esse sistema são: pintura, textura e revestimento cerâmico.

- **Pintura:** É o mais utilizado para o interior da unidade e envolve três etapas, selar a superfície, regularizar (com massa PVA ou acrílica) e pintar.
- **Textura:** O mais comum para revestimento externo, a melhor maneira de ser aplicado é por projeção, que apresenta ganho na produtividade e cobertura das imperfeições.
- **Revestimento Cerâmico:** Utilizado em áreas molhadas ou molháveis e é fixado diretamente na superfície da parede com argamassa colante. Quando utilizado como revestimento externo deve seguir as recomendações da norma NBR 13755 (ABNT, 2017), observando as juntas de movimentação e de dessolidarização.

Da Figura 41 até a Figura 43 estão ilustrados os revestimentos e pinturas.

**Figura 41** - Revestimento feito diretamente sobre as Paredes de Concreto



Fonte: Gethal Sistemas Construtivos (2017).

**Figura 42** - Vedações após a desforma. Santa Maria da Serra-SP



Fonte: Rossignolo (2005).

**Figura 43** - Habitação em Monte Mor-SP



Fonte: Rossignolo (2005).

## 7.14 Desempenho térmico

A ABNT NBR:15575 permite a avaliação do desempenho térmico da edificação como um todo ou de forma independente. Esta deve reunir características para atender as exigências impostas pela norma, sendo que depende da interação entre cobertura, piso e fachada. As características bioclimáticas são definidas pela ABNT NBR 15220-3. Existem três procedimentos para avaliação da adequação de habitações:

- a) Procedimento 1 – verificação do atendimento aos critérios e requisitos para fachadas e coberturas, estabelecidos para os sistemas de vedação na Parte 4 e para o de cobertura na Parte 5;
- b) Procedimento 2 – verificação do atendimento aos critérios e requisitos pela simulação computacional;
- c) Procedimento 3 – verificação do atendimento aos critérios e requisitos, em protótipos construídos ou medições em edificações.

De acordo com as condições limites de calor e frio no interior da habitação em relação ao ambiente externo a ABNT NBR 15575 Parte 1 em seu Anexo A, estabelece critérios de desempenho térmico para as zonas climáticas no Brasil, como:

Desempenho térmico no verão: nos locais de permanência prolongada (salas e dormitórios), sem fontes internas de calor deve ser menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura exterior. Para a sua verificação são utilizados os procedimentos 2 ou 3 citados anteriormente.

Desempenho térmico no inverno: nos recintos de permanência prolongada a temperatura mínima interna deve ser maior ou igual a mínima externa acrescida de 3°C. Para a sua verificação utilizar os procedimentos 2 ou 3.

A norma recomenda que sistema de vedação e de cobertura sejam verificados em relação a transmitância e capacidade térmica das paredes externas, as dimensões das aberturas e dispositivos de sombreamento.

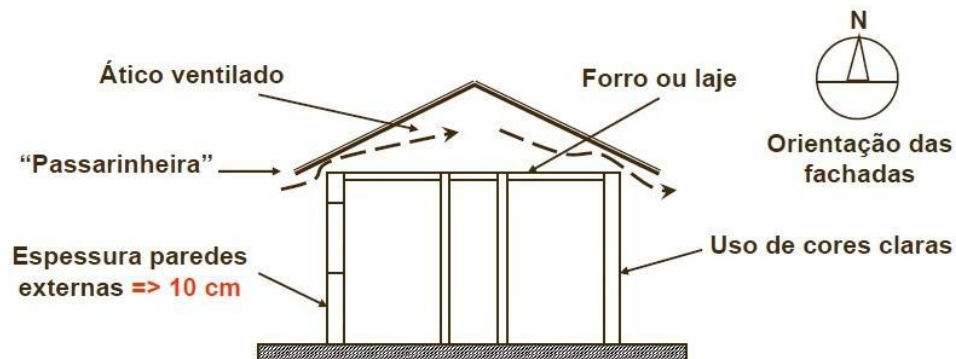
Se analisados somente os materiais componentes do sistema não será possível obter o desempenho térmico, visto que variáveis como projeto, orientação do imóvel em relação a ventilação e insolação, dimensões de vãos e sombreamento interferem no resultado.

Os requisitos mínimos de desempenho (M) devem ser atendidos em todas as análises. Para níveis acima do mínimo classificam como intermediário (I) e superior (S) que os requisitos mais elevados.

Para as zonas mais quentes, no verão, é fundamental a proteção térmica da cobertura e a ventilação dos ambientes, bem como o sombreamento.

A habitação deve ser compatível entre o local de implantação e a sua zona climática e a interação entre fachada, cobertura e piso. O país possui oito zonas bioclimáticas definidas pela variação da temperatura (WENDLER, 2009). Figura 44 a seguir ilustra essa interatividade.

**Figura 44** - Interatividade entre cobertura, fachada e piso para melhor desempenho térmico



Fonte: Wendler (2009).

Para a confirmação do atendimento ou não do desempenho térmico vários ensaios foram feitos por construtoras de todo país. Para a sua análise foram observados na Tabela 3 da ABNT NBR 15575-1 Anexo E para a condição do verão, verificando assim que o sistema atende aos requisitos exigidos.

**Tabela 3** - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

| Nível de desempenho                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Critério                                          |                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Zonas 1 a 7                                       | Zona 8                                                                                                   |
| M                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $T_{i,max} \leq T_{e,max}$                        | $T_{i,max} \leq T_{e,max}$                                                                               |
| I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} \text{C})$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ} \text{C})$                                                        |
| S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ} \text{C})$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} \text{C})$ e<br>$T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ} \text{C})$ |
| $T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;<br>$T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;<br>$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;<br>$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;<br>NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3. |                                                   |                                                                                                          |

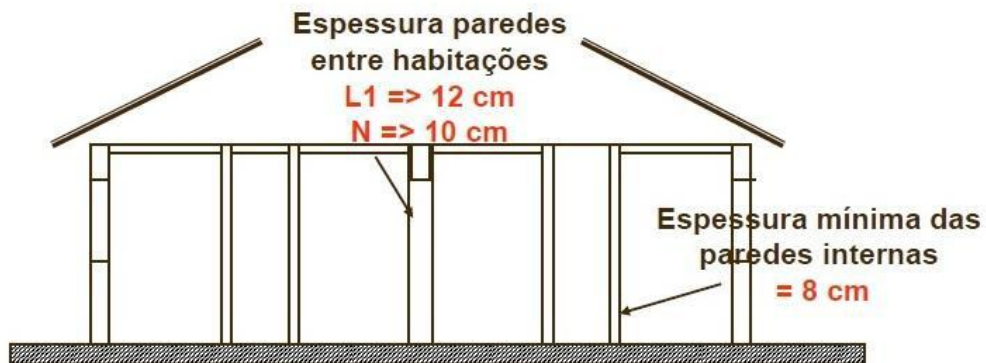
Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013).

## 7.15 Desempenho acústico

As exigências em relação ao desempenho acústico são cobradas e necessitam de medições para a conferência do seu atendimento. Estas devem ser analisadas entre meio externo e interno, entre cômodos na mesma unidade (mínimo de 30 dB), entre unidades distintas (mínimo 45dB) distintas e a destinações

específicas como lazer doméstico, trabalho com ruídos, entre outros. O conforto acústico depende da relação entre a massa específica e a espessura das paredes (WENDLER, 2009). Como exemplifica (Figura 45) a seguir com as espessuras mínimas de acordo com o ensaio do autor (WENDLER, 2009).

**Figura 45** - Espessura mínima das paredes



Fonte: Wendler (2009).

Para verificação do atendimento as exigências são realizados ensaios em laboratório ou em campo, podendo ser realizado por três métodos segundo a Coletânea dos Ativos (2007/2008):

- Método de Laboratório: os elementos são calculados isoladamente da interação dos elementos construtivos (parede com janela, parede com porta) e posteriormente realizar o cálculo do isolamento do conjunto;
- Método de Engenharia: é o método mais recomendável no qual é realizado a medição externa de forma rigorosa, em campo, determinando de forma direta o desempenho acústico do sistema (fachadas e coberturas ou somente fachadas). O resultado obtido se restringe somente ao sistema;
- Método Simplificado de Campo: método utilizados onde não possuem instrumentação para medir o tempo de reverberação ou quando as condições de ruído de fundo não possibilitam a medição. Permite a medição do isolamento sonoro global da vedação externa (fachadas e conjunto fachada e cobertura).

### 7.16 Patologias

Como em todos os sistemas construtivos existentes as paredes de concreto também estão sujeitas ao aparecimento de patologias, porém com a sua execução adequada e manutenção exigida esses podem ser evitados.

Algumas patologias puderam ser observadas com a falta de alguns cuidados como por exemplo devido à falta de limpeza do substrato , ocasionando assim uma má aderência dos revestimentos e conseqüentemente o seu deslocamento , como exemplificado Figura 46. Outros Fatores que influenciam para a aderência são a rugosidade e a baixa porosidade.

**Figura 46** - Deslocamento de revestimento de argamassa aplicado sobre substrato de concreto



Fonte: Carasek e Cascudo (2007).

Uma das etapas mais importantes desse sistema é a sua concretagem, a qual deve ocorrer seguindo todas as instruções e cuidados. Uma patologia comum nesse processo são as juntas frias de concretagem, que ocorrem pela interrupção superior a 30 minutos na concretagem como mostra a Figura 47. Ocorrência de falhas na concretagem por ar aprisionado que poderiam ser evitadas com furos nas formas (cerca de  $\frac{3}{4}$ " de diâmetro) em regiões críticas para concretagem como abaixo dos vãos das janelas.

**Figura 47** - Concreto com problemas patológicos

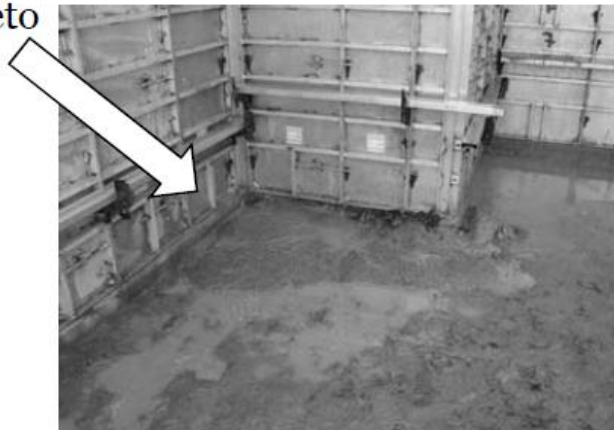


Fonte: Helene (2010).

Outro fator que pode ser observado durante a concretagem é uma ruim estruturação dos painéis, fazendo com que eles abram com o impacto do concreto, exemplificado na Figura 48.

**Figura 48** - Concreto com problemas patológicos

Vazamento de  
concreto



Fonte: Helene (2010).

Manifestação patológica no *radier*, e na sua ligação com a parede possivelmente causada pela infiltração da água, pela falha na drenagem do solo (Figura 49 e Figura 50).

**Figura 49** - Fissura no radier

Fonte: Oliveira (2016).

**Figura 50** - Infiltração na ligação parede/radier

Fonte: Oliveira (2016).

A falta do uso dos reforços nas aberturas é um fator determinante para o aparecimento de fissuras, seja a 45 graus ou em locais específicos, conforme mostra a Figura 51.

**Figura 51** - Fissuras nas proximidades de aberturas

Fonte: Oliveira (2016).

## 8 ANÁLISE CRÍTICA DA AVALIAÇÃO DO SISTEMA SUAS VANTAGENS E DESVANTAGENS

O sistema Paredes de Concreto é muito atrativo a partir de certa quantidade de repetições, pois a fôrma representa um custo inicial alto, podendo até chegar a ser mais atrativo financeiramente que o sistema de Alvenaria Estrutural (Alves e Peixoto 2011).

Poucos sistemas podem ser considerados tão sistematizados quanto este, pois é inteiramente baseado na mecanização, controle tecnológico, multifuncionalidade, industrialização de equipamento, materiais e na modulação.

Segundo Sacht (2008) esse sistema apresenta inúmeras vantagens dentre elas a principal se dá pelo aumento da produtividade devido:

[...] a existência de uma sequência definida de tarefas (locação), montagem de fôrmas, posicionamento das instalações, resultando na redução do custo global da obra. Ocorre também o aumento da qualidade, tanto nos serviços de execução, quanto no acabamento superficial (final da parede), sendo que as fôrmas são reutilizáveis e cada conjunto produz os painéis de vedação de uma habitação em 24 horas, o que pode incluir a laje na cobertura. (Sacht, 2008, p. 229).

Pelo fato de as paredes de concreto serem elementos estruturais e de vedação, ocorre a redução de perdas e mão-de-obra, aumentando assim a produtividade. Isso ocorre, porque o sistema apresenta uma alta uniformidade no pano de paredes e lajes, dispensando assim, várias etapas construtivas. Desta forma, o revestimento possui uma espessura mínima e consequentemente, uma redução nos materiais, podendo dispensar camadas de regularização, e assim uma aplicação direta da pintura na parede.

Segundo Lordsleem Junior et al (1998 a, b) as vantagens da utilização do Sistema quando comparados com os normalmente empregados na construção civil são:

- A racionalização da produção das vedações, com alta produtividade, baixo índice de perdas e mão de obra reduzida,
- Ocorre o aumento da produtividade, devido a existência de uma sequência definida de tarefas (locação, montagem das fôrmas, posicionamento das instalações, fixações dos negativos das esquadrias, com possibilidade dos batentes na própria fôrma, resultando na redução do custo global da obra);
- Aumento da qualidade tanto nos serviços de execução quanto no acabamento superficial (final da parede);
- As fôrmas são reutilizáveis e cada conjunto produz os painéis de vedação de uma habitação em 24 horas, podendo incluir a laje na cobertura;

- Existe por meio do sistema a possibilidade da vedação exercer função estrutural, onde as paredes são adotadas para distribuir o carregamento;
- A uniformidade da parede que permite a utilização de revestimento de pequena espessura, sem necessidade de regularização, ou mesmo a eliminação do revestimento de regularização, como argamassas e pastas, antes da aplicação da pintura;
- As atividades independem da habilidade do operário, não exigindo qualificação, apenas treinamento. O consumo de mão de obra é reduzido quando comparado ao processo construtivo tradicional;
- Existe uma sequência ordenada de trabalho, que permite uma simplificação das tarefas;
- O emprego desse sistema construtivo exige organização e maior planejamento do processo de construção, as soluções devem ser tomadas previamente à execução;
- Proporciona o aumento da área útil da habitação, quando comparado aos sistemas convencionais com paredes com espessura acima de 15 cm, pois os painéis de concreto usualmente apresentam espessura final entre 8 e 12 cm.

E as desvantagens:

- Elevados custos das fôrmas que deve ser reduzido em diversas utilizações. Essa necessidade de alta reutilização ocorre apenas quando se tem uma demanda constante e uma tipologia habitacional definida e ainda é viável para um número de unidades superior a 50;
- Há na maioria dos casos necessidade de equipamentos de grande porte para o emprego das fôrmas metálicas, que são geralmente pesadas e de grandes dimensões, os mesmos são necessários para o transporte das fôrmas ou do volume de concreto requerido;
- Na execução com paredes monolíticas moldadas *in loco*, algumas limitações podem ser apontadas em relação ao projeto principalmente em relação às modificações devido à função estrutural;

- As patologias, principalmente as fissuras, a umidade e o desempenho insatisfatório decorrentes do inadequado emprego do passado contribuem para a pouca utilização no presente.

Por conseguinte, para se usufruir de todos os benefícios que o emprego desse sistema construtivo oferece, é necessário planejamento do processo como um todo através da organização de todas as etapas do processo construtivo, funcionando assim como um ciclo.

Por outro lado, esse sistema possui algumas limitações, principalmente em relação ao layout, visto que as paredes desempenham função estrutural. E este só se faz viável quando existe uma demanda padrão, com tipologia constante para a reutilização das fôrmas.

Observa-se também, que o desempenho inadequado do sistema e as patologias encontradas como fissuras e decorrente da umidade acabam interferindo para a sua difusão no país.

Por ser um sistema relativamente novo e com vários questionamentos, a Associação Brasileira de cimento Portland, realizou ensaios, como: impacto de corpo mole e arrancamento em todos os tipos de concreto, para a segurança contra incêndio: isolantes e incombustíveis os quais foram classificados como um dos melhores elementos, estanqueidade (Coletânea, 2007/2008).

## **9 CONCLUSÃO**

Os problemas habitacionais correntes no país estão ligados não somente a falta de moradia, mas também a falta de qualidade delas, muitas vezes ocasionadas por uma qualidade ruim de projetos, dos materiais utilizados, da execução. As construções com alta repetitividade e que na maioria das vezes são para baixa e media renda, devem ser feitas com projetos que usem de tecnologias para empregar processos e técnicas que diminuam os seus custos sem perder a qualidade e suprimindo todas as exigências necessárias.

Comparado com outro tipo de sistema construtivo este tem grande ganho de custos quando produzido em larga escala, pois é um tipo de construção mais rápida e resistente. Por possuir uma maior rigidez dos elementos estruturais, permite reduzir drasticamente as patologias estruturais, quando executada de maneira correta,

atende todos os requisitos necessários para qualidade da edificação habitacional e segurança estrutural. É um sistema que permite ampliações com outros métodos construtivos, possuindo uma boa interação com os mesmos.

A norma ABNT NBR 16055:2012, fornece diretrizes, fixa requisitos mínimos exigíveis, para paredes submetidas a carga axial, sendo os elementos que fazem parte da construção todos concretados, como as instalações, detalhes de fachada e vãos. Concluindo assim que a mesma é suficiente para nortear e embasar a utilização desse sistema, garantindo a sua correta execução, obtendo maior durabilidade, evitando atrasos no cronograma e retrabalhos.

As especificações e exigências da norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013, em relação a desempenho, conforto térmico e acústico, segurança estrutural, estanqueidade, entre outros, foram alvos de muitos estudos em locais específicos e as mesmas foram atendidas pelo sistema em questão. Porém não é encontrado na literatura abordagens sistemáticas e aprofundadas.

Esse sistema se torna viável para empresas que tenham alta repetitividade como edifícios residenciais e condomínios, obras que exigem das construtoras otimização da mão-de-obra, alto controle de qualidade, industrialização dos processos, velocidade de execução e cumprimento dos prazos.

O Anexo A forneceu dados comparativos de custos, tempo e viabilidade entre o sistema de parede de concreto e o de alvenaria estrutural, podendo reafirmar a importância e viabilidade desse sistema no mercado da construção civil. Em alguns casos o sistema pode chegar a ser 10% mais caro que o sistema construtivo em alvenaria estrutural, porém com a sua produção em escala, ao final do processo, permite que o sistema Paredes de Concreto tenha um custo benefício maior. Na média nesse sistema são construídos o dobro do que em alvenaria estrutural, assim o lucro final é quase o dobro (COSTA, 2013).

Através da análise crítica do sistema, foi possível notar o motivo do considerável aumento da utilização deste no setor de habitações, em especial as destinadas a programas de habitação social. Visto que o sistema apesar de um alto custo de insumos, quando comparado com outro sistema construtivo, apresenta uma alternativa rápida e eficiente utilizando processos mais industrializados, promovendo ganho financeiro através do alto grau de repetitividade com eficiência e eficácia.

## **10 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Apesar das vantagens apresentadas por esse sistema estudos específicos são necessários para que auxiliem na consolidação do mesmo, das suas propriedades como massa específica do concreto e a espessura da parede utilizada a depender do local da aplicação, sendo essas características diretamente ligadas a questão do desempenho térmico.

Fatores importantes que influenciam no desempenho da estrutura, como a tipologia construtiva, exemplo o tipo de cobertura utilizada pode alterar as trocas térmicas. Detalhar todos as etapas e processos de projeto e dimensionamento da estrutura.

Realização de testes em laboratório e in loco analisando o desempenho térmico e acústico em edificações locais, com subcoberturas ou sem.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C. O.; PEIXOTO, E. J. S. **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas no local com formas de alumínio**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade da Amazônia. Belém. 2011.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI).. **ACI 318M**: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. Michigan, 2011.

\_\_\_\_\_. **ACI 533R-11**: Guide for Precast Concrete Wall Panels. Michigan, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). **ASTM C-157**: Standard test method for length change of hardened hydraulic-cement mortar and concrete. West Conshohocken, PA, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8548**: Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda - Determinação da resistência à tração - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 5916**: Junta de tela de aço soldada para armadura de concreto - Ensaio de resistência ao cisalhamento. Rio de Janeiro, 1990.

\_\_\_\_\_. **NBR 12646**: Paredes de concreto celular espumoso moldadas no local - Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15215-3**: Iluminação natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – Elaboração. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos - Elaboração. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2013a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2013b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 6: Requisitos para os Sistemas Hidrossanitarios - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2013c.

\_\_\_\_\_. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). (2002). *Manual Técnico para Implementação: Habitação 1.0: Bairro saudável*. 1ª Ed. São Paulo: ABCP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Paredes de Concreto – Apresentações Diversas. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BERNARDES, G. **ABNT publica norma de desempenho 15575 desempenho de edificações habitacionais**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/abnt-publica-norma-de-desempenho-15-575-desempenho-de-edificacoes-habitacio>> Acesso em: 8 jul. 2017.

BONDUKI, N. *Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula*. **Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, n.1, p.70–104, 2008. Disponível em: <[http://www.usjt.br/arq.urb/numero\\_01/artigo\\_05\\_180908.pdf](http://www.usjt.br/arq.urb/numero_01/artigo_05_180908.pdf)>. Acesso em: jul. 2017.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Aderência de revestimentos de argamassa : das pesquisas para as aplicações em obra**. In: Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas, Recife, 2007.

CARDOSO, J. C. M. (2002). **Estratégias visando eficiência energética e conforto térmico incorporados aos projetos de edificações residenciais em Maringá-PR**. 225 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 225 p

CARVALHO, P. P. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2 brasileira**. 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. v. 2. São Paulo: PINI, 2012.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Paredes de Concreto**: Coletânea de Ativos 2007/2008. Disponível em: <[http://abesc.org.br/pdf/coletanea\\_ativos.pdf](http://abesc.org.br/pdf/coletanea_ativos.pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2018a.

\_\_\_\_\_. **Parede de Concreto**: Coletânea de Ativos 2008/2009. Disponível em: <<http://abesc.org.br/arquivos/coletanea-aditivos-08.09.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2018b.

\_\_\_\_\_. **Parede de Concreto**: Coletânea de Ativos 2009/2010. Disponível em: <<http://abesc.org.br/arquivos/coletanea-aditivos-09.10.pdf>> Acesso em: 18 jun. 2018b.

\_\_\_\_\_. **Sistemas à base de cimento**. Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/2/caracteristicas/o-sistema/18/caracteristicas.html>>. Acesso em: 4 jun. 2018.

CONSTRUNORMAS . **Normas térmicas e de desempenho interpretadas para o profissional da construção civil**. Disponível em: <http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/vedacoes-revestimentos/artigo341171-1.aspx>. Acesso em: 2 jun. 2018.

CORSINI, R. Paredes Normalizadas. **Revista Técnica**. São Paulo, n. 183, p. 40-46, 2011.

COSTA. M. C. F. **A Industrialização da construção habitacional através do sistema construtivo parede de concreto fabricadas *in loco***. Monografia (Curso de especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

ECOPORE – **Tecnologia em Concreto Celular, Térmico, Acústico e Ecológico**. Disponível em: <<http://www.ecopore.com/aplicacoes/sistema-construtivo-de-paredes-em-concreto-celular/>>. Acesso em: 5 jul. 2018

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). **EN 1992-1-1**: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels, 1992.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (FIB). **CEB-FIB Bulletin N° 213/214**: Model Code 90. Lausanne, 1990.

\_\_\_\_\_. **CEB-FIB Bulletin N° 52**: Textbook on Behaviour, Design and Performance. Lausanne, 1999.

FERREIRA. R. C. **Medição “in loco” de desempenho térmico de habitação unifamiliar**. Relatório técnico. Goiânia, 2009.

FOLZ. R.R. (2003). *Mobiliário na Habitação Popular*. São Carlos: Rima. 183 p.

FREITAS, A. G. P. de; **30 perguntas**. Revista Técnica, São Paulo, n.185, 2012.  
GETHAL SISTEMAS CONSTRUTIVOS. Disponível em: <<http://gethal.com.br/>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

HELENE.P. **Concreto sem problemas patológicos**. Concrete show 2010. São Paulo, 2010

HESKETH M. **Parede de Concreto**. In 9º Congresso de Materiais, Tecnologia e Meio Ambiente da Construção, 2009. Belo Horizonte.

INPAR. (2007). *Tecnologia, Parede de concreto moldada in loco*. Disponível em: <[http://www.inpar.com.br/institucional/empresa\\_tecnologia.asp#07](http://www.inpar.com.br/institucional/empresa_tecnologia.asp#07)> Acesso em: mar. 2018.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. 2002. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Apconf.pdf>>. Acesso em 25 mai. 2018.

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. 1998. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1998. p. 151-158.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. et al. (1998a). **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. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil – PCC. nov, 1998.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. (1998b). **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, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC.

MARTINS, M. G.; BARROS, M. M. S. B. **A formação de parcerias como alternativa para impulsionar a inovação na produção de edifícios**. São Paulo, EPUSP, 2005. Disponível em: <[http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT\\_00391.pdf](http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00391.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2017.

MASSUDA, c.; MISURELLI, H. Como construir parede de concreto. **Revista Técnica**. São Paulo, n. 147, p. 40-46, 2009.

MEHTA, K; MONTEIRO, J. M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994.

**MELHORES PRÁTICAS:** Paredes de concreto. Disponível em: <[http://www.bps.com.br/ibts/news/paredes\\_concreto.pdf](http://www.bps.com.br/ibts/news/paredes_concreto.pdf)>. Acesso 22 jun. 2017.

**METRO MODULAR**. Disponível em: <<http://www.metromodular.com.br/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

NAKAMURA, J. **Duas maneiras de utilizar o PEX no sistema hidráulico**: Tubulações flexíveis podem ser executadas com ou sem acessórios de derivação. **Revista Técnica**. São Paulo, n. 71, fev. 2003.

\_\_\_\_\_. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. *Revista Técnica*. São Paulo, edição 202, jan. 2014.

\_\_\_\_\_. Argamassa polimérica: **Saiba como funciona esse sistema de impermeabilização rígido indicado para estruturas enterradas e não sujeitas a movimentações. Equipe de obra**, São Paulo, n. 61, jul. 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/61/argamassa-polimerica-saiba-como-funciona-esse-sistema-de-impermeabilizacao-291311-1.aspx>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Fôrmas de madeira: Cuidados na desforma. *Revista Técnica*. São Paulo, n. 147, p. 31, jun. 2007.

NASCIMENTO, D. M.; BRAGA, R. C. Q. Déficit habitacional: um problema a ser resolvido ou uma lição a ser aprendida?. **Risco: Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, São Carlos, n. 9, p. 98-109, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/risco/article/view/44765>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO. **NBR 16055 facilita a vida das construtoras**. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/artigos/nbr-16055-facilita-a-vida-das-construtoras>>. Acesso 22 jun. 2017a.

\_\_\_\_\_. **Orientações básicas para quem quer construir com paredes de concreto**. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-home/avantages-de-ter-uma-equipe-capacitada-2>> Acesso em: 20 jun. 2017b.

\_\_\_\_\_. **O concreto e o sistema parede de concreto**. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/artigos/o-concreto-e-o-sistema-paredes-de-concreto>>. Acesso em: 19 ago. 2017c.

OLIVEIRA, D. F. **Avaliação pós-ocupação em conjunto habitacional de interesse social construído com paredes de concreto moldadas *in loco***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

PACHECO, F. H. **Sistema parede de concreto**: Elaboração de listas de verificação aprimorar a execução dos serviços. 2012. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PANDOLFO, A. Edificações com paredes de concreto. *Revista Técnica*, São Paulo, n. 118, p. 61-64, jan. 2007.

ROCHA, A. **Empreendimento do Minha Casa, Minha Vida terá 112 edifícios**. PiniWeb, São Paulo, 17 jul. 2012. Disponível em: <<http://piniweb17.pini.com.br/construcao/habitacao/empreendimento-do-minha-casa-minha-vida-tera-112-edificios-262874-1.aspx>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

ROSSIGNOLO, J. A.; PAULON, V. A., AGNESINI M. V. C. (2001). Concreto leve de elevadodesempenho. *Revista Engenharia e Construção*, n. 56, p. 24-30.

ROSSIGNOLO, J. A. e AGNESINI, M.V.C. (2005). Concreto estrutural leve. In: ISAIA, G. C. (Org.). *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. Vol. 2, p. 1331-1362.

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldados in loco**: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. 2008. 229f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS (SINAT). **Diretriz SINAT Nº 001**: Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos em paredes de concreto armado moldadas no local. Brasília, 2011.

TAYLOR, C. P.; COTE, P. A.; WALLACE, J. W. Design of slender reinforced concrete walls with openings. In: **ACI Structural Journal**, [online], v. 95, n.4, 1998.

VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil**: recordes, realizações, história. v. 1. São Paulo: PINI, 1992.

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

WENDLER, A. **Um sistema com bom desempenho térmico mitos e verdades**. Concrete show 2009. São Paulo, 2009.

## ANEXO A - Comparativo entre Sistemas Construtivos

| PARAMETRIZAÇÃO DE CUSTOS                   |                                                                                   |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| CIDADE / ESTADO : São Jose do Rio Preto/SP | 320 Unidades<br>20.160 m <sup>2</sup> área construída<br>Data do Estudo: 20.05.08 |

### RESUMO DOS CUSTOS

| ITEM                                 | ALV. ESTRUTURAL<br>Tempo de Obra = 15,4 meses |         | PAREDE DE CONCRETO<br>Tempo de Obra = 13,2 meses |         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------|---------|
| Terraplanagem                        | R\$ 88.704,00                                 | 0,7%    | R\$ 88.704,00                                    | 0,8%    |
| Fundações                            | R\$ 403.200,00                                | 3,3%    | R\$ 403.200,00                                   | 3,4%    |
| Fôrmas                               | R\$ 112.818,46                                | 0,9%    | R\$ 352.187,08                                   | 3,0%    |
| Armação                              | R\$ 846.720,00                                | 6,9%    | R\$ 883.008,00                                   | 7,5%    |
| Concreto                             | R\$ 483.840,00                                | 3,9%    | R\$ 1.741.824,00                                 | 14,8%   |
| Mao de Obra - LAJES                  | R\$ 564.480,00                                | 4,6%    | R\$ 564.480,00                                   | 4,8%    |
| M.O - PAR. CONCRETO                  | -                                             |         | R\$ 967.680,00                                   | 8,2%    |
| M.O - ALV. VEDAÇÃO                   | -                                             |         | -                                                |         |
| M.O - ALV. ESTRUTURAL                | R\$ 1.209.600,00                              | 9,8%    | -                                                |         |
| Blocos e Argamassa - Alv. Vedação    | -                                             |         | -                                                |         |
| Blocos e Argamassa - Alv. Estrutural | R\$ 1.412.691,84                              | 11,5%   | -                                                |         |
| Revestim./Acabamento Internos        | R\$ 2.016.000,00                              | 16,4%   | R\$ 2.016.000,00                                 | 17,1%   |
| Revestim./Acabamento Externos        | R\$ 639.750,00                                | 5,2%    | R\$ 403.200,00                                   | 3,4%    |
| Inst. Elétricas                      | R\$ 504.000,00                                | 4,1%    | R\$ 481.320,00                                   | 4,1%    |
| Inst. Hidráulicas                    | R\$ 1.209.600,00                              | 9,8%    | R\$ 1.118.880,00                                 | 9,5%    |
| Outras Instalações                   | R\$ 60.480,00                                 | 0,5%    | R\$ 60.480,00                                    | 0,5%    |
| Controle Tecnológico                 | R\$ 29.246,92                                 | 0,2%    | R\$ 90.183,58                                    | 0,8%    |
| MO Indireta / Segurança              | R\$ 612.307,69                                | 5,0%    | R\$ 529.384,62                                   | 4,5%    |
| Equipamentos                         | R\$ 38.587,68                                 | 0,3%    | R\$ 39.171,72                                    | 0,3%    |
| Esquadrias                           | R\$ 665.280,00                                | 5,4%    | R\$ 665.280,00                                   | 5,6%    |
| Coberturas                           | R\$ 604.800,00                                | 4,9%    | R\$ 604.800,00                                   | 5,1%    |
| Impermeab./Isolamentos               | R\$ 201.600,00                                | 1,6%    | R\$ 201.600,00                                   | 1,7%    |
| Pisos e Fôrros                       | R\$ 403.200,00                                | 3,3%    | R\$ 403.200,00                                   | 3,4%    |
| Vidros                               | R\$ 90.720,00                                 | 0,7%    | R\$ 90.720,00                                    | 0,8%    |
| Outros                               | R\$ 100.000,00                                | 0,8%    | R\$ 100.000,00                                   | 0,8%    |
|                                      | R\$ 12.297.626,59                             | 100,00% | R\$ 11.805.302,99                                | 100,00% |
|                                      | R\$ 610,00/m <sup>2</sup>                     |         | R\$ 585,58/m <sup>2</sup>                        |         |

|                                             |                                              |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>PAREDE DE CONCRETO É<br/>MAIS VIÁVEL</b> | <b>DIF. = R\$ 492.232,60<br/>DIF. = 4,0%</b> |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|

Fonte Coletânea, 2007/2008