

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ARACAJU
DIRETORIA DE ENSINO
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

YURI VIEIRA PADRE

SISTEMA CONSTRUTIVO - PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO
AVALIAÇÃO DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NBR 16055:2012 EM
UMA OBRA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ARACAJU - SERGIPE

MONOGRAFIA

ARACAJU
2022

YURI VIEIRA PADRE

**SISTEMA CONSTRUTIVO - PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS
IN LOCO AVALIAÇÃO DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA
NBR 16055:2012 EM UMA OBRA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE
ARACAJU - SERGIPE**

Monografia apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla Cristina
Nascimento Santos Pereira.

ARACAJU

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Padre, Yuri Vieira.

P123s Sistema construtivo – paredes de concreto moldadas *in loco*
avaliação de atendimento aos requisitos da NBR 16055:2012 em uma
obra localizada no município de Aracaju – Sergipe. / Yuri Vieira Padre. –
Aracaju, 2022.

60 f. : il.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Carla Cristina Nascimento Santos Pereira.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto
Federal de Sergipe, 2022.

1. Parede de concreto. 2. Sistema construtivo. 3. Moldado *in loco*. 4.
NBR 16055:2012. I. Pereira, Carla Cristina Nascimento Santos. II.
Título.

CDU 624(81)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº 221

**SISTEMA CONSTRUTIVO - PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO
AVALIAÇÃO DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NBR 16055:2012 EM
UMA OBRA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ARACAJU - SERGIPE.**

YURI VIEIRA PADRE

Esta monografia foi apresentada às 10h30 do dia 16 de fevereiro de 2022 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



Prof^a. M.Sc. Emiliana Rezende Guedes
(IFS – Campus Aracaju)



Prof. M.Sc. Marcílio Fabiano Goivinho da
Silva
(IFS – Campus Aracaju)

Documento assinado digitalmente



Pablo Gleydson de Sousa
Data: 04/03/2022 14:30:11-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>



Prof^a. Dr^a. Carla Cristina N. Pereira
(IFS – Campus Aracaju)
Orientadora

Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

Dedico este trabalho a minha mãe Francinai, por ser meu maior exemplo de vida, me ensinando a lutar e correr atrás dos meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pois Ele tem me abençoado e conduzido o meu caminho, me dando sabedoria, coragem e paciência para seguir em frente.

À minha mãe, Francinai, mulher guerreira, que sempre lutou para dar as condições necessárias para que seus filhos atinjam seus objetivos, sou imensamente grato por todo apoio, amor e carinho. Ao meu pai Gêner e meu irmão Igor, por todo apoio, orientações e conselhos dados até hoje, sem eles eu não seria quem sou hoje.

Agradeço a minha namorada, Mayara, que nestes anos sempre esteve ao meu lado, me apoiando e me dando suporte nas horas que mais precisei.

Agradeço aos amigos que a faculdade me deu, pelo dia a dia e por todos os momentos vividos dentro e fora da vida acadêmica. Aos meus professores da faculdade, que me proporcionaram todo conhecimento adquirido na área, agradeço por toda a dedicação e compartilhamento, tanto de conhecimento como de experiências. Agradeço a minha orientadora Prof. Dr. Carla Cristina Nascimento Santos Pereira, por toda compreensão, incentivo, conhecimento compartilhado e confiança dada na realização deste trabalho.

A todos os profissionais da construtora, em especial a Marcel, Duda, Fábio e aos meus amigos estagiários, assistentes e encarregados, agradeço a cada um pela troca de conhecimento, experiências, companheirismo, confiança e paciência.

Por fim, obrigado a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“Erga a cabeça, pense positivo, não existem limites quando se acredita na própria capacidade, nem medo nenhum é capaz de paralisar quem alimenta a alma com coragem e fé”

RESUMO

Padre, Yuri Vieira. **Sistema construtivo - paredes de concreto moldadas in loco avaliação de atendimento aos requisitos da NBR 16055:2012 em uma obra localizada no município de Aracaju - Sergipe**. 60 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

Diante do avanço das cidades e da necessidade de se construir empreendimento cada vez mais rápido, enxuto e de baixo custo, o sistema construtivo de parede de concreto moldadas *in loco* mostrou-se bastante eficiente. Ele é um sistema que já foi consolidado em países latino-americanos e ganhou espaço no Brasil principalmente com a implementação do programa governamental de habitação popular: “Minha Casa, Minha Vida”. Para tal, em 2012 a ABNT elaborou a NBR 16055:2012, que normatiza esse sistema construtivo. Neste trabalho de conclusão de curso foi realizado um estudo de caso em uma obra que utilizou paredes de concreto moldadas in loco no município de Aracaju, estado de Sergipe. Assim, o projeto desse empreendimento é composto por um prédio de 13 pavimentos (térreo + 12 pavimentos), o pavimento tipo é dotado de 6 apartamentos cada, com um total de 76 unidades habitacionais. Dessa maneira, com a análise dessa obra pode-se apresentar o modelo construtivo, expor suas etapas, seus elementos e o processo construtivo de forma detalhada. Ademais, foram avaliados os materiais utilizados em cada etapa, verificando a concordância dos mesmos em relação aos projetos disponibilizados pela empresa e com os requisitos da NBR 16055:2012. Por fim, foi possível verificar que o empreendimento atendeu aos requisitos, desde a escolha dos materiais até execução das etapas construtivas.

Palavras-chave: Parede de Concreto, Sistema Construtivo, moldado in loco, NBR 16055:2012.

ABSTRACT

Padre, Yuri Vieira. **Sistema construtivo - paredes de concreto moldadas in loco avaliação de atendimento aos requisitos da NBR 16055:2012 em uma obra localizada no município de Aracaju - Sergipe**. 60 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

Faced with the advancement of cities and the need to build an increasingly fast, lean and low-cost enterprise, the construction system of molded in loco concrete walls proved to be quite efficient. It is a system that has already been consolidated in Latin American countries and gained space in Brazil mainly with the implementation of the government's popular housing program: "Minha Casa, Minha Vida". To this end, in 2012 ABNT prepared the NBR 16055:2012, which regulates this constructive system. In this course conclusion work, a case study was carried out in a work that used molded in loco concrete walls in the municipality of Aracaju, state of Sergipe. Thus, the project of this enterprise consists of a 13-story building (ground floor + 12 floors), the standard floor has 6 apartments each, with a total of 76 housing units. In this way, with the analysis of this work, it is possible to present the constitutive model, expose its stages, its elements and the construction process in a detailed way. In addition, the materials used in each stage were evaluated, verifying their agreement with the projects arranged by the company and with the requirements of NBR 16055:2012. Finally, it was possible to verify that the project met the requirements, from the choice of materials to the execution of the constructive steps.

Keywords: Concrete Walls, System Construction, molded in loco, NBR 16055:2012.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Obras de grande porte em paredes de concreto.....	14
Figura 2: Paredes de concreto utilizando o sistema Gethal	16
Figura 3: Paredes de concreto utilizando o sistema Outnord.....	17
Figura 4: Vantagens e desvantagens das paredes de concreto.....	18
Figura 5: Representação das dimensões das telas.....	20
Figura 6: Telas soldadas e instalações elétricas	23
Figura 7: Instalação elétrica com espaçadores	24
Figura 8: Shaft.....	24
Figura 9: Fôrmas de madeira	25
Figura 10: Fôrmas plásticas	26
Figura 11: Fôrmas metálicas	26
Figura 12: Faquetas/corbatas com invólucro de EPS	28
Figura 13: Pinos e cunhas metálicas.....	28
Figura 14: Execução de cura química	32
Figura 15: Localização de Aracaju/SE no mapa nacional	33
Figura 16: Maquete 3D do empreendimento	34
Figura 17: Localização dos furos de sondagem	35
Figura 18: Estaca após arrasamento	37
Figura 19: Fôrmas para blocos de coroamento.....	38
Figura 20: Fôrmas e armação dos blocos de coroamento e vigas baldrames	38
Figura 21: Blocos de coroamento e vigas baldrames após concretagem	39
Figura 22: Reaterro da fundação.....	39
Figura 23: Armação do radier.....	40
Figura 24: Laje concretada, mestras e taliscas/lagartixas	41
Figura 25: Marcação de paredes.....	42
Figura 26: Laje concretada, ferros de arranques e mestras.....	42
Figura 27: Posicionamento de telas soldadas	43
Figura 28: Telas soldadas, instalações elétricas e ar-condicionado.....	44
Figura 29: Fôrmas e escoras metálicas	45
Figura 30: Fôrmas, faquetas, telas e instalações elétricas posicionadas.....	45
Figura 31: Fôrmas externas	46
Figura 32: Armazenamento das telas soldadas	48
Figura 33: Armação e instalações de laje concluída	50
Figura 34: Projeto de locação das paredes.....	50

Figura 35: Detalhamento das telas e reforços de vão	51
Figura 36: Paredes desformadas	52
Figura 37: Paredes desformadas com presença de faquetas	52
Figura 38: Execução de Slump test e Slump flow	54
Figura 39: Retífica faceadora e presa hidráulica dos corpos de prova.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de telas comercializadas	19
Tabela 2: Dimensões padrões de telas soldadas.....	20
Tabela 3: Dimensões padrões de tela soldadas	21
Tabela 4: Tipos de concretos para paredes de concreto moldadas in loco.....	19
Tabela 5: Especificações das estacas	35
Tabela 6: Inspeção da armadura, seguindo os requisitos da NBR 16055(ABNT, 2012)	49
Tabela 7: Inspeção de fôrmas metálicas, seguindo os requisitos da NBR 16055(ABNT, 2012).....	52
Tabela 8: Inspeção do concreto, seguindo os requisitos da NBR 16055(ABNT, 2012)	54
Tabela 9: Controle tecnológico do concreto, seguindo os requisitos da NBR 16055(ABNT, 2012)	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1.	OBJETIVO GERAL	14
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1.	SISTEMA CONSTRUTIVO – PAREDE DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO	15
3.2.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS PAREDES DE CONCRETO	17
3.3.	ETAPAS DE EXECUÇÃO	18
3.3.1.	Armação	18
3.3.2.	Instalações elétricas e hidráulicas	22
3.3.3.	Fôrmas	24
3.3.3.1	- Montagem das Fôrmas	26
3.3.4.	Desmoldante	27
3.3.5.	Concreto	28
3.3.6.	Concretagem	29
3.3.7.	Desmoldagem	30
3.3.8.	Cura	30
4.	METODOLOGIA	32
4.1.	ÁREA DE ESTUDO	32
4.1.1.	Características do empreendimento	32
4.2.	PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS	33
4.2.1.	Sondagem	34
4.2.2.	Fundação	34
4.2.3.	Montagem da estrutura	40
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
5.1.	ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NBR 16055:2012	47
5.1.1.	Inspeção dos materiais e procedimentos	47
5.1.1.1	– Armadura	47
5.1.1.2	– Fôrmas	49
5.1.1.3	– Concreto	52
5.1.1.4	– Controle tecnológico do concreto	54
6.	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	60

1. INTRODUÇÃO

Com a mudança no crescimento populacional das cidades e a sociedade imediatista em que se vive, o setor da construção civil precisou se adaptar à realidade das grandes cidades. Apesar dos altos e baixos em 2019 e 2020 devido a um cenário de crise vivenciada pela pandemia de COVID-19, o setor da construção civil representou 3,20% do PIB nacional e de acordo com Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Sendo assim, considerando que ainda há espaços urbanos, foi necessário optar por novos métodos construtivos, materiais e técnicas que atendem a agilidade e a qualidade demandada atualmente.

Além disso, métodos constitutivos que são práticos, enxutos e de baixo custo contribuem para a demanda por moradias de interesse social, a fim de diminuir a mitigação do déficit habitacional existente. Pensando nisso, um método bastante consagrado em diversos países e vem ganhando bastante espaço no mercado brasileiro é o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, que são os elementos estruturais moldados no próprio local da edificação.

Dessa maneira, nesse sistema, após a concretagem, as paredes encontram-se prontas para as próximas etapas do processo construtivo. Além disso, ele evita a etapa de revestimento argamassado e com isso ocorre também uma redução de custos com materiais e mão-de-obra. Essa técnica já era usada na década de 80, mas somente em 2012 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou a NBR 16055 (ABNT, 2012), que normatiza as paredes de concreto moldadas *in loco*, especificando os requisitos e procedimentos necessários ao sistema.

Com bases nos dados de Cimento Itambé (2018), esse método ganhou cada vez mais espaço entre os países latino-americanos: México, Costa Rica, Colômbia, Bolívia e Venezuela. No Chile, por exemplo, paredes estruturais são utilizadas a mais de 40 anos, para aumentar a rigidez lateral dos edifícios. Conforme Massone e Wallace (2004), essas paredes de concreto são utilizadas na reabilitação de estruturas, além de reduzir significativamente os danos causados pelos abalos sísmicos.

Já aqui no Brasil, de acordo com a Caixa Econômica Federal, o sistema construtivo foi utilizado em cerca de 36% dos empreendimentos produzidos em 2014, sendo que, a partir do segundo semestre de 2015 esse percentual subiu para 52%, (TECNOSIL, 2019). Isso deve-se principalmente ao crescimento do programa

governamental de habitação popular, o “Minha Casa, Minha Vida” que contribui há algumas décadas para diminuir o déficit habitacional do país. Atualmente as paredes de concreto ocupam mais de 50% das obras do Programa Minha Casa Minha Vida (FERNANDES, 2017).

Além das construções populares, a técnica também é desenvolvida em obras residenciais de grandes magnitudes, com diversas finalidades tais como hotéis (figura 1 (a), (b e (c)), indústrias (figura 1 (d)) e penitenciárias (Figura 1 (e)).

Figura 1 – Obras de grande porte em paredes de concreto



Fonte: IBTS-Instituto Brasileiro de Tela Soldada-(2018)

Assim como nos demais, no sistema de parede de concreto existe vantagens e desvantagens: algumas dessas vantagens são agilidade na construção, custo da obra reduzido, sustentabilidade, canteiro de obras limpo e organizado. Dentre as desvantagens ressalta-se o custo exacerbado das fôrmas metálicas, além de toda e qualquer reforma que porventura sejam necessárias devido ao seu alto custo.

Este trabalho visa apresentar uma obra que utilizou o método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, expondo suas etapas, seus elementos e processos constitutivos de forma detalhada. Dessa maneira permite aumentar os conhecimentos e expor experiências referentes a esse sistema construtivo, e, por fim, realizar uma avaliação de atendimento aos requisitos exigidos na norma técnica NBR 16055:2012.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver um estudo de caso em um empreendimento localizado no município de Aracaju – Sergipe que foi construído no sistema de parede de concreto moldadas *in loco*, avaliando o atendimento aos requisitos exigidos na norma técnica NBR ABNT 16055:2012.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar um empreendimento localizado no município de Aracaju – Sergipe;
- Estudar o método construtivo de parede de concreto moldadas *in loco*;
- Verificar as etapas, elementos e processos construtivos do sistema de parede de concreto moldadas *in loco*;
- Expor experiências referentes à produção do sistema;
- Avaliar os procedimentos executivos *in loco* de acordo com os requisitos apresentados pela NBR ABNT 16055:2012.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SISTEMA CONSTRUTIVO – PAREDE DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*

Nos últimos anos, devido especialmente à grande procura por construções habitacionais, a construção civil tende a evoluir e possibilitar o desenvolvimento de novas tecnologias. Tendo em vista prazos de entrega de obras cada vez mais curtos, os sistemas construtivos das moradias também sofreram adaptações e mudanças com a modernização. Sendo assim, com o foco nos prazos reduzidos de obras, o uso do sistema de parede de concreto armado moldados *in loco* têm sido uma solução construtiva muito utilizada pelas grandes construtoras do Brasil.

O termo *in loco* significa “no próprio local” e, na construção civil é bastante utilizado, principalmente no que se refere à montagem de estruturas. O sistema é composto por elementos estruturais moldados no próprio local, ou seja, após a montagem e concretagem, as paredes encontram-se prontas para as próximas etapas do processo. Conforme Tecnosil (2019), esse sistema evita a etapa de aplicação de revestimento argamassado auxiliando na redução de gastos com materiais e mão-de-obra.

Segundo Missureli e Massuda (2009), destacou-se o sistema construtivo de painéis monolíticos de concreto, utilizando o concreto celular, chamado de Sistema Gethal (Figura 2), ou com concreto convencional, sendo o Sistema Outinord (Figura 3).

Figura 2 – Paredes de concreto utilizando o sistema Gethal



Fonte: GETHAL

Figura 3 – Paredes de concreto utilizando o sistema Outinord



Fonte: OUTINORD

Apesar desses métodos não terem sido consolidados no mercado brasileiro, o programa habitacional do governo federal “Minha Casa, Minha Vida” fez com que o sistema de paredes de concreto continuasse sendo a melhor solução a ser adotada pelo mercado. Dessa maneira, foram elaboradas normas técnicas que pudessem auxiliar na adoção da metodologia mais viável às condições brasileiras (MISSURELI e MASSUDA, 2009).

As paredes de concreto moldadas *in loco* são normatizadas pela Associação Brasileira de Normas técnicas – ABNT NBR 16055:2012, que especifica os requisitos e procedimentos necessários ao sistema. A adequação das obras à NBR 16055:2012 é de suma importância, pois apesar de ter modulagem similar às paredes maciças de concreto devem ter comportamento e características diferentes dos pilares. A norma não visa apenas a segurança estrutural dos elementos, garantindo que permaneçam erguidos, mas também a correta execução dos procedimentos e o bom desempenho ao longo de sua vida útil (TECNOSIL, 2019).

Uma estrutura em parede de concreto deve ser projetada e construída de modo que resista às ações que causam efeitos significativos. Desde a sua construção e durante toda sua vida útil; que conserve sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período de sua vida útil; e, que contemple detalhes construtivos que permitam manter a estabilidade pelo tempo necessário à evacuação quando da ocorrência de ações excepcionais localizadas previsíveis (NBR 16055, 2012, p. 4).

A norma define as paredes de concreto como sendo o “elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede” (ABNT, 2012). Atualmente são recomendados quatro tipos de concreto para esse sistema: celular, com ar

incorporado, com agregados leves ou com baixa massa específica e o convencional ou autoadensável (MISSURELI e MASSUDA, 2009).

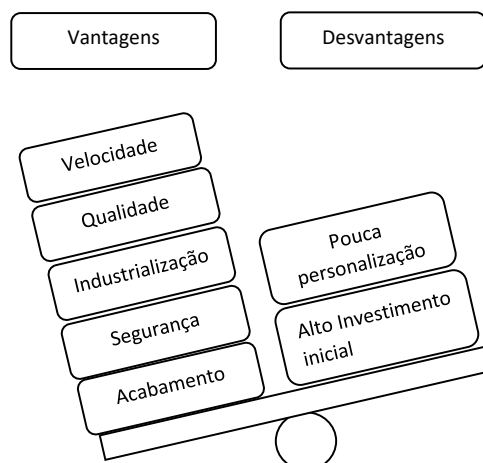
3.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS PAREDES DE CONCRETO

O sistema de paredes de concreto apresenta vários benefícios às construtoras, principalmente no que se refere à qualidade do serviço. Utilizar fôrmas com dimensões precisas possibilita ganhos na velocidade de produção e, por consequência, garantia do cumprimento de prazos. Destaca-se também o controle que ocorre em todas as etapas da obra, visto que “[...] o sistema é baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualificação da mão de obra” (ABCP, 2007).

Esse sistema contribui para a segurança dos colaboradores, já que conta com andaimes e guarda-corpos integrados às fôrmas. Sendo assim, diminui os riscos de acidentes, quando comparado à uma obra convencional. Conforme ABCP (2019), o acabamento das paredes é uma das grandes vantagens do sistema, não necessitando de argamassa de regularização, apenas de pintura ou revestimento cerâmico.

Dentre as desvantagens, a de maior impacto é a dificuldade em padronização das unidades, com a reforma praticamente inviabilizada. Por se tratar de paredes de alta resistência mecânica, o custo da reforma é alto, além de, obrigatoriamente, envolver a participação dos projetistas responsáveis, já que as paredes são estruturais e qualquer modificação poderia acarretar problemas na estrutura da edificação. Além disso, segundo Tecnosil (2018), há necessidade de um alto investimento inicial no sistema de fôrmas.

Figura 4 – Vantagens e desvantagens das paredes de concreto



Fonte: O autor (2022).

3.3. ETAPAS DE EXECUÇÃO

3.3.1. Armação

No sistema Parede de Concreto, as armaduras têm três requisitos básicos, a saber, segundo a ABCP (2008), são “resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto, estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás”. As telas soldadas precisam ser posicionadas no eixo das paredes e poderão, ainda, ser utilizadas barras para reforços em pontos específicos como vergas e contravergas (ABCP, 2008).

A determinação e definição das armaduras é de função do projetista estrutural, estas devem ser determinadas em função de alguns pontos, sejam eles, esforços solicitantes da estrutura, controle de retração e variação de temperatura. Em hipótese alguma deve-se utilizar aços de qualidades diferentes do que preconiza o projeto estrutural. A ABNT NBR 16055:2012 permite a utilização dos seguintes tipos de aço:

- Telas soldadas conforme a ABNT NBR 7481:1990;
- Barras conforme a ABNT NBR 7480:2007;
- Treliças eletrossoldadas conforme ABNT NBR 14859:2017.

Devido à alta produtividade, as telas soldadas são as mais utilizadas como armadura principal de lajes e paredes de concreto moldado in loco, pois como ela já vem disposta pronta em painéis, cortados e dobrados nas medidas solicitadas, estes se tornam indispensáveis para a velocidade de execução exigida pelo sistema construtivo.

Barras de aço podem ser utilizadas amarradas às telas com a intenção de reforçar regiões onde estejam concentradas as tensões, evitando assim o aparecimento de futuras fissuras, como no caso de abertura de portas e janelas. Se detalhadas em projeto, podem ser utilizadas também em arranques e nas armações negativas de lajes.

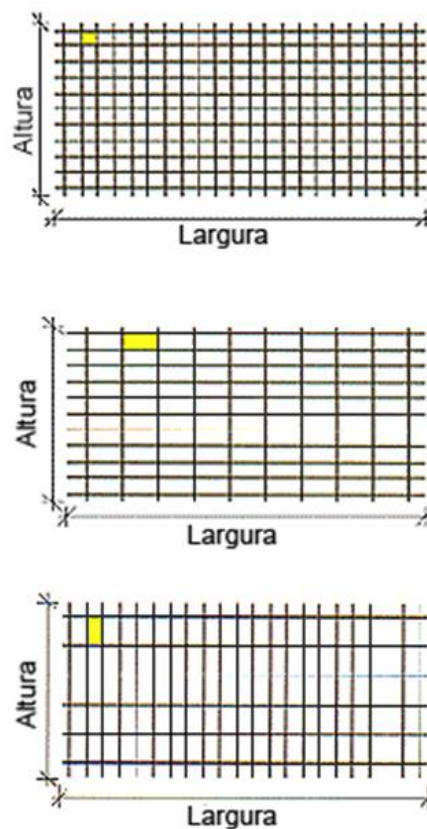
O tipo de tela depende da maneira como são distribuídas as áreas de aço nas duas direções, podendo ser da mesma nas duas direções (tipo Q), armadura longitudinal maior que a vertical (tipos L, M e R), e a armadura transversal maior que a longitudinal (tipo T).

Tabela 01: Tipos de telas comercializadas

Tipo	Seção	Definição
Q	$A_{sl} = A_{st}$	Armadura longitudinal igual a armadura transversal, produzida com malha quadrada
L	$A_{sl} > A_{st}$	Armadura longitudinal maior que a armadura transversal, sem relação fixa entre as duas
M	$A_{st} = 1/2 A_{sl}$	Armadura longitudinal maior que a armadura transversal, respeitando a relação (transversal = 1/2 longitudinal)
R	$A_{st} = 2/3 A_{sl}$	Armadura longitudinal maior que a armadura transversal, respeitando a relação (transversal = 2/3 longitudinal)
T	$A_{st} > A_{sl}$	Armadura transversal maior que a armadura longitudinal, sem relação fixa entre as duas

Fonte: IBTS ADAPTADO (2022)

Figura 5 – Representação das dimensões das telas



Fonte: IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas).

O IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas) também fornece uma tabela referente as dimensões padrões de telas soldadas existentes no mercado brasileiro, sendo estas podendo ser alteradas, caso seja solicitado pelo projetista e fornecido pelo fabricante.

Tabela 02 – Dimensões padrões de telas soldadas

AÇO CA-60		Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm ² /m)		Apresen- tação	Dimensões (m)		Peso	
Série	Desig.	L.	T.	L.	T.	L.	T.		Larg.	Comp.	kg/m ²	kg/peça
61	Q61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	PAINEL	2,45	6,00	0,97	14,3
75	Q75	15	15	3,8	3,8	0,75	0,75	PAINEL	2,45	6,00	1,27	18,7
92	Q92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	PAINEL	2,45	6,00	1,48	21,8
	L92	30	15	4,2	4,2	0,46	0,92	PAINEL	2,45	6,00	1,12	16,5
113	Q113	10	10	3,8	3,8	1,13	1,13	PAINEL	2,45	6,00	1,80	26,5
	L113	10	30	3,8	3,8	1,13	0,38	PAINEL	2,45	6,00	1,21	17,8
	T113	30	10	3,8	3,8	0,38	1,13	PAINEL	2,45	6,00	1,22	17,9
138	Q138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	PAINEL	2,45	6,00	2,20	32,3
	R138	10	15	4,2	4,2	1,38	0,92	PAINEL	2,45	6,00	1,83	26,9
	M138	10	20	4,2	4,2	1,38	0,69	PAINEL	2,45	6,00	1,65	24,3
	L138	10	30	4,2	4,2	1,38	0,46	PAINEL	2,45	6,00	1,47	21,6
	T138	30	10	4,2	4,2	0,46	1,38	PAINEL	2,45	6,00	1,49	21,9
159	Q159	10	10	4,5	4,5	1,59	1,59	PAINEL	2,45	6,00	2,52	37,0
	R159	10	15	4,5	4,5	1,59	1,06	PAINEL	2,45	6,00	2,11	31,0
	M159	10	20	4,5	4,5	1,59	0,79	PAINEL	2,45	6,00	1,90	27,9
	L159	10	30	4,5	4,5	1,59	0,53	PAINEL	2,45	6,00	1,69	24,8
196	Q196	10	10	5,0	5,0	1,96	1,96	PAINEL	2,45	6,00	3,11	45,7
	R196	10	15	5,0	5,0	1,96	1,30	PAINEL	2,45	6,00	2,60	38,2
	M196	10	20	5,0	5,0	1,96	0,98	PAINEL	2,45	6,00	2,34	34,4
	L196	10	30	5,0	5,0	1,96	0,65	PAINEL	2,45	6,00	2,09	30,7
	T196	30	10	5,0	5,0	0,65	1,96	PAINEL	2,45	6,00	2,11	31,0

Fonte: IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas).

Tabela 3 - Dimensões padrões de telas soldadas

246	Q246	10	10	5,6	5,6	2,46	2,46	PAINEL	2,45	6,00	3,91	57,5
	R246	10	15	5,6	5,6	2,46	1,64	PAINEL	2,45	6,00	3,26	47,9
	M246	10	20	5,6	5,6	2,46	1,23	PAINEL	2,45	6,00	2,94	43,2
	L246	10	30	5,6	5,6	2,46	0,82	PAINEL	2,45	6,00	2,62	38,5
	T246	30	10	5,6	5,6	0,82	2,46	PAINEL	2,45	6,00	2,64	38,8
283	Q283	10	10	6,0	6,0	2,83	2,83	PAINEL	2,45	6,00	4,48	65,9
	R283	10	15	6,0	6,0	2,83	1,88	PAINEL	2,45	6,00	3,74	55,0
	M283	10	20	6,0	6,0	2,83	1,41	PAINEL	2,45	6,00	3,37	49,5
	L283	10	30	6,0	6,0	2,83	0,94	PAINEL	2,45	6,00	3,00	44,1
	T283	30	10	6,0	6,0	0,94	2,83	PAINEL	2,45	6,00	3,03	44,5
335	Q335	15	15	8,0	8,0	3,35	3,35	PAINEL	2,45	6,00	5,37	78,9
	L335	15	30	8,0	6,0	3,35	0,94	PAINEL	2,45	6,00	3,48	51,2
	T335	30	15	6,0	8,0	0,94	3,35	PAINEL	2,45	6,00	3,45	50,7
396	Q396	10	10	7,1	7,1	3,96	3,96	PAINEL	2,45	6,00	6,28	92,3
	R396	10	15	7,1	7,1	3,96	2,64	PAINEL	2,45	6,00	5,24	77,0
	M396	10	20	7,1	7,1	3,96	1,98	PAINEL	2,45	6,00	4,73	69,5
	L396	10	30	7,1	6,0	3,96	0,94	PAINEL	2,45	6,00	3,91	57,5
	T396	30	10	6,0	7,1	0,94	3,96	PAINEL	2,45	6,00	3,92	57,6
503	Q503	10	10	8,0	8,0	5,03	5,03	PAINEL	2,45	6,00	7,97	117,2
	R503	10	15	8,0	8,0	5,03	3,35	PAINEL	2,45	6,00	6,66	97,9
	M503	10	20	8,0	8,0	5,03	2,51	PAINEL	2,45	6,00	6,00	88,2
	L503	10	30	8,0	6,0	5,03	0,94	PAINEL	2,45	6,00	4,77	70,1
	T503	30	10	6,0	8,0	0,94	5,03	PAINEL	2,45	6,00	4,76	70,0
636	Q636	10	10	9,0	9,0	6,36	6,36	PAINEL	2,45	6,00	10,09	148,3
	L636	10	30	9,0	6,0	6,36	0,94	PAINEL	2,45	6,00	5,84	85,8
785	Q785	10	10	10,0	10,0	7,85	7,85	PAINEL	2,45	6,00	12,46	183,2
	L785	10	30	10,0	6,0	7,85	0,94	PAINEL	2,45	6,00	7,03	103,3

Fonte: IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas).

A etapa de montagem das telas soldadas deve ser seguida conforme especificações do projeto estrutural e costuma-se ser dada da seguinte maneira (MISURELLIE e MASSUDA, 2009):

- Montagem da armadura principal em tela soldada;
- Montagem das armaduras de reforços, ancoragens de cantos e cintas;
- Passagem de eletrodutos;

d. Instalação de espaçadores plásticos.

Figura 6 – Tela soldadas e instalações elétricas



Fonte: IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas).

3.3.2. Instalações elétricas e hidráulicas

De acordo com a ABCP (2013), o ideal para o sistema de paredes de concreto moldadas no local é que o projeto seja concebido de modo a ter a menor quantidade de instalações embutidas possível. Para evitar patologias devido à superposição de dois eletrodutos, deve-se reposicionar cada eletroduto isoladamente, devendo haver um espaçamento mínimo entre eles.

Os elementos da instalação elétrica devem ser fixados nas armaduras das paredes nos locais indicados no projeto elétrico, devendo-se atentar para que a fixação na tela seja realizada de maneira adequada para evitar problemas durante a concretagem e retrabalhos com entupimento, por exemplo. Utiliza-se também espaçadores nos eletrodutos, fixados nas telas, para garantir um cobrimento adequado do concreto, conforme a figura 08 ilustra (ABNT NBR 16055:2012)

A ABNT NBR 16055:2012 estabelece alguns requisitos básicos para a instalação de tubulações verticais embutidas nas paredes de concreto, nas quais, são destacadas:

- O diâmetro máximo das tubulações deve ser de 50 mm e sua ocupação na parede de concreto não deve exceder 50% da espessura da mesma, para que haja espaço suficiente para o cobrimento adotado e para a armadura de reforço a ser utilizada. Permite-se uma ocupação de 66% com cobrimentos mínimos, desde que sejam utilizadas telas de reforço nos dois lados da tubulação, com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado;

- Não são permitidas tubulações horizontais, a não ser trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, desde que esse trecho não seja estrutural.

Nas instalações de água fria, o material mais utilizado é o PVC, por possuir menor custo. Já para as instalações elétricas, o eletroduto corrugado laranja é o mais utilizado por possuir uma maior resistência (ABCP, 2013).

Figura 7 – Instalação elétrica com espaçadores



Fonte: Jeruelplast (2019).

As instalações hidrossanitárias também podem ser embutidas nas paredes de concreto, devendo-se atender as diretrizes estabelecidas para esta condição. É comum nesse sistema também que as tubulações sejam instaladas fora da estrutura das paredes, sendo utilizados *shafts* que facilitam futuras manutenções (figura 8), apesar de não serem tão aceitos esteticamente (ARÊAS, 2013).

Figura 8 - Shaft



Fonte: Artcsa (2019).

3.3.3. Fôrmas

As fôrmas são estruturas provisórias com intuito de moldar o concreto fresco, resistindo as solicitações de lançamento e adensamento da matriz de concreto, mantendo sua forma e estanqueidade até o momento de sua retirada (ABCP et al., 2008, apud NEMER, 2016, p. 19).

Para Nemer (2016), geralmente são utilizadas fôrmas metálicas no sistema de paredes de concreto moldadas no local, mas, podem ser utilizadas também, fôrmas de madeira, fôrmas plásticas e as compostas, que tem a junção destes materiais. Abaixo, apresenta-se uma breve descrição dos tipos de fôrmas, utilizados neste sistema:

I - Fôrmas de madeira (Figura 9): Sistema de fôrmas mais difundido no Brasil, composto por chapas de madeira compensadas e podendo estas serem resinadas ou plastificadas, nas dimensões 2,20 x 1,10m e 2,44 x 1,22m, em espessuras que variam entre 06 e 21mm. Como vantagens, podem-se citar sua versatilidade e adaptabilidade, pois podem ser confeccionadas em diversas formas e tamanhos e simplicidade na modelagem. Já as desvantagens são pela alta produção de resíduo, a falta de capacitação na mão-de-obra, gerando baixa produtividade e durabilidade (NAKAMURA, 2007, apud NEMER, p. 19).

Figura 9 – Fôrmas de madeira



Fonte: <https://blogdaliga.com.br/compare-diferentes-formas-de-concreto> (2022).

II - Fôrmas plásticas (Figura 10): São compostas por quadros e chapas feitos de plástico reciclável. A velocidade no processo de montagem e desforma, é uma de suas principais vantagens, também por não necessitar de fixação com pregos, possuir poucos componentes, pouca produção de resíduos e ciclo de reutilização otimizados. Tem como suas principais desvantagens as suas limitações em elementos estruturais com elevadas dimensões, seguido de dificuldades com prumo e alinhamento, o

sistema é limitado quanto a sua adaptabilidade no canteiro de obras, e a pouca familiaridade da mão-de-obra com este método construtivo pode resultar em baixa produtividade do sistema (NAKAMURA, 2007, apud NEMER, p. 20).

Figura 10 – Fôrmas plásticas



Fonte: <https://metromodular.com.br/blog/formas-plasticas-para-parede-de-concreto> (2022).

III - Fôrmas metálicas (Figura 11): Neste tipo de formas os quadros e chapas são compostos de aço ou alumínio. Atualmente é o sistema mais procurado para a execução de paredes de concreto moldadas no local. Sua elevada vida útil e seu ciclo de utilização entre quinhentas e duas mil vezes são as vantagens mais relevantes, além de ser o sistema que menos produz passivos ambientais e ainda constitui o sistema de fôrmas que exige menor manutenção, possibilitando ciclos de concretagem menores. O seu elevado preço de aquisição ou aluguel, é a maior desvantagem. Dentre todos os sistemas é o que apresenta menor flexibilidade, por isso é o sistema que necessita de uma melhor análise dos projetos e procedimentos de execução (NAKAMURA, 2007, apud NEMER, 21).

Figura 11 – Fôrmas metálicas



Fonte: <https://oesteformas.com.br/> (2022).

IV - Fôrmas Compostas: Podem ser compostos pela união de um ou mais dos sistemas, sendo entre eles o mais utilizado o composto por chapas de madeira compensada e quadros metálicos. Como vantagens apresenta uma menor oneração, se comparado com as fôrmas metálicas, e apesar de não possuir a mesma vida útil desta, possui um sistema de manutenção e fechamento de formas, otimizado se comparado às fôrmas de madeira (PACHECO, 2012). Vale ressaltar que os profissionais que trabalham com as fôrmas devem receber treinamento específico, principalmente no reconhecimento de peças, na montagem, desmontagem, limpeza, armazenamento, remanejamento e guarda das fôrmas, conforme é apresentado pela Comunidade da Construção (2011-2013, p. 31).

No recebimento das fôrmas é importante que se faça uma conferência de seus componentes. Sugere-se que seja montado o jogo completo, verificando se há algum problema, falta de peça, necessidade de ajuste ou complementação, e é uma oportunidade de se treinar as equipes de montagem e desmontagem, adotando uma sequência de produção e transporte de cada equipe (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2011-2013, p. 24).

3.3.3.1 - Montagem das Fôrmas

Para a escolha do tipo de fôrma a ser utilizado, deve-se considerar o custo-benefício que cada sistema oferece, avaliando-se principalmente a produtividade. As características da obra, como o porte do empreendimento, a quantidade de unidades, a logística do canteiro, entre outros, são características que também devem ser levadas em consideração na hora da definição (NAKAMURA, 2014).

Após as etapas de montagem das armações das paredes e das instalações elétricas e hidrossanitárias, prossegue-se com o encaixe das fôrmas das partes internas dos cômodos, a partir de um canto da parede, realizando a fixação de um painel com outro através de pinos e cunhas. Prossegue-se a montagem dos demais painéis internos e externos, sendo instaladas as corbatas, também conhecidas com faquetas, entre eles, protegidas por “camisas” plásticas ou de EPS (para maior facilidade de remoção na desforma), como mostra nas figuras abaixo:

Figura 12 – Faquetas/Corbatas com invólucro de EPS



Fonte: Silva (2010)

Figura 13 – Pinos e cunhas metálicas



Fonte: Fábrica de peças metálicas Chang Lan (2022)

Após a montagem dos painéis, são instalados os aprumadores e alinhadores, seguindo-se com a montagem das fôrmas da laje. Deve-se atentar para o correto posicionamento das peças, além de sua estanqueidade, prumo e nivelamento, assegurando um bom desempenho para as etapas de acabamento (SILVA, 2010).

3.3.4. Desmoldante

A ABNT NBR 16055/2012 indica que deve ser dada atenção especial para a escolha do desmoldante, pois ele precisa ser adequado para a superfície do sistema de formas a ser utilizado, mantendo a integridade do mesmo e prolongando a sua vida útil. A norma ainda indica que o desmoldante não deve alterar as características químicas e físicas do concreto, como também, não deixar resíduos que comprometam a aderência entre o revestimento final e a parede (FILHO 2020).

A quantidade de desmoldante a ser utilizado está ligada a superfície e a permeabilidade da forma, quanto mais lisa e menos permeável for a forma, menor a

quantidade de desmoldante será necessário. Os desmoldantes a base de óleos por produzirem uma camada homogênea e contínuo são os mais indicados para as formas de alumínio, aço e madeira. Já os desmoldantes a base de emulsões é indicada para a utilização em formas de madeira. As formas de plástico e polipropileno conferem superfície mais lisa que as demais e uma baixa permeabilidade, assim necessitam de menor quantidade de desmoldante, sendo indicado diluir para a sua aplicação (FILHO 2020).

3.3.5. Concreto

O item 8.1 da NBR 16055 (2012), estabelece a especificação do concreto para este tipo de sistema construtivo sendo: a resistência à compressão para desforma, compatível com o ciclo de concretagem e característica aos 28 dias; a classe de agressividade do local onde a estrutura vai ser executada; a trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone ou pelo espalhamento do concreto. Como requisitos complementares pode ser solicitado o módulo de elasticidade do concreto, a uma determinada idade e tensão e a retração do concreto.

Conforme Braguim (2013), além dos critérios exigidos na NBR 6118/2014, o sistema de paredes de concreto deve apresentar: resistência à compressão na desforma compatível com o ciclo de concretagem, que geralmente ocorre 14 horas após a concretagem, sendo $f_{c14h} = 3 \text{ MPa}$; a resistência à compressão nos 28 dias, não menor que $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$.

Para parede de concreto, assim como em outros sistemas, o concreto adotado precisa ter uma boa trabalhabilidade, a fim de evitar segregações e dificuldade de aplicação, resultando em um fácil preenchimento pleno das formas e um bom acabamento da superfície final. Em geral, quatro tipos de concreto são indicados para uso nesse sistema (ABCP, 2007):

- Concreto Celular (L1): Na produção do concreto celular é adicionado uma espuma que gera grande quantidade de bolhas de ar, trazendo a baixa massa específica e o bom desempenho termoacústico como características desse concreto;
- Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (L2): É preparado com agregados leves (para a resistência requerida, a argila)

resultando em um bom desempenho termoacústico, porém um pouco inferior aos concretos L1 e M;

- Concreto com alto teor de ar incorporado – até 9% (M): Tem características e produção semelhantes ao concreto celular;
- Concreto autoadensável (N): É considerado uma excelente alternativa para paredes de concreto, pois seus principais atributos são rápida aplicação e um material extremamente plástico. É um concreto que recebe adição de superplastificantes para atingir seu objetivo final.

Tabela 4 – Tipos de concretos para paredes de concreto moldadas in loco

Tipo	Concreto	Massa específica [kg/m³]	Resistência mínima à compressão (MPa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1500 - 1600	4	Casa até 2 pavimentos
L2	Com agregado leve	1500 - 1800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de ar incorporado	1900 - 2000	6	Casa até 2 pavimentos
N	Convencional ou Auto-adensável	2000 - 2800	20	Qualquer tipologia

Fonte: ABCP (2007).

Faz-se conveniente que se utilize concreto com fibras, para que seja possível diminuir os efeitos da retração, mas o concreto autoadensável tem sido amplamente mais utilizado, devido a diversos fatores que facilitam o processo, tais como a rápida aplicação e a ausência de vibradores para o adensamento (ABCP, 2008).

3.3.6. Concretagem

Para o início da concretagem as fôrmas devem estar montadas, limpas, com desmoldante aplicado e devidamente conferidas, assim como as armaduras e instalações posicionadas e verificadas. O transporte é feito por meio de caminhões betoneira e a utilização de bombas para o lançamento diminui a probabilidade de falhas. (FILHO 2020).

Misurelli e Massuda (2009) indicam que o tempo decorrido entre o início da mistura e a entrega do concreto no canteiro deve ser inferior a 90 minutos e o tempo decorrido entre o início da mistura na central de produção e o final da descarga do concreto na obra não deva ultrapassar 150 minutos. Não deve haver interrupções que ultrapassem 30 minutos. No caso da utilização de concreto autoadensável, o

bombeamento e lançamento devem ocorrer no máximo 40 minutos após a colocação de aditivo superplastificante.

Devido as fôrmas de paredes serem estreitas, a utilização do concreto autoadensável é a mais indicada, pois ele possui fluidez e plasticidade, e sua alta viscosidade sana problemas de segregação dos materiais. Vale ressaltar que como vantagens, ele dispensa a atividade de adensamento, a fluidez atingida através de aditivos não prejudica sua resistência final e ele é normatizado.

3.3.7. Desmoldagem

A desforma deve ser realizada quando o concreto atingir resistência à compressão e módulo de elasticidade, definidas pelo projetista de estruturas para esta etapa executiva, com acompanhamento de ensaios e controle e aceitação do concreto, conforme prescrição da ABNT 12655:2015. Ferraz (2019) indica que em muitas obras, o estabelecido para a resistência para desforma é de no mínimo 3 MPa.

A desforma deve ser iniciada com a retirada dos alinhadores, travamentos das portas e de uma parte do escoramento, mantendo-se apenas o escoramento permanente. Assim pode fazer o desmonte das formas de parede retirando-se os pinos, cunhas e barras de ancoragem com ferramentas adequadas, trabalho que deverá ser feito com cautela, pois choques podem causar fissuras por ações mecânicas. Após a desforma dos painéis de parede, deve ser feita a remoção dos painéis da laje (mantendo-se painéis com escoras permanentes), e por fim retirando os painéis de canto que fazem a junção de paredes e lajes (FERRAZ, 2019).

Após finalizado processo de desforma, recomenda-se que os painéis devem ser posicionados ao lado da fundação da próxima frente de trabalho para passar por processo de limpeza. A limpeza consiste na remoção da fina camada de argamassa que fica aderida nas formas, como também possíveis incrustações, devendo-se ter cuidado para que as formas não sejam danificadas. Finalizada a etapa de limpeza, as formas receberão desmoldante e estão prontas para serem utilizadas novamente.

3.3.8. Cura

A ABNT NBR 16055:2012 indica que a cura deve ser realizada o mais cedo possível para evitar o surgimento de fissuras superficiais devido à grande área

exposta. Sendo assim, este deve ser realizada após a remoção das formas da estrutura.

A cura pode ser úmida, segundo Silva (2011) devendo ser executada durante três dias após a retirada das formas com aspersão de água por pelo menos três vezes ao dia. Também pode-se utilizar a cura química, sendo aplicadas uma demão por toda a superfície de paredes e lajes (figura 14), devendo-se atentar nestes casos a não aderência entre parede e posteriores revestimentos.

Figura 14 – Execução de cura química



Fonte: Núcleo Parede de Concreto (2022).

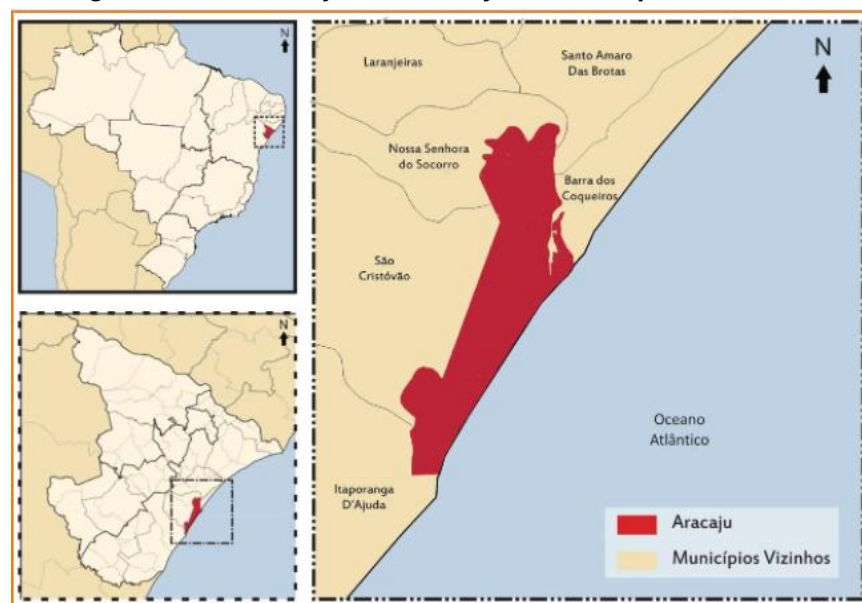
4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O empreendimento analisado neste trabalho está localizado no município de Aracaju/SE (figura 15), latitude 10° 93' 06" S e longitude 37° 07' 45", edificado pela construtora denominada neste trabalho como construtora "X" no intuito de preservar sua imagem.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a capital Aracaju tem uma população estimada de 672.614 habitantes conforme o censo de 2021, ocupando a 1ª colocação no ranking da população residente no estado de Sergipe. Ainda conforme o IBGE (2020), o município possui uma extensão territorial de 182.163 km².

Figura 15 – Localização de Aracaju/SE no mapa nacional



Fonte: <https://www.redalyc.org/journal/5743/574362248002/> (2022)

4.1.1. Características do empreendimento

A obra estudada foi projetada para ser um condomínio residencial e está localizada na Rua Luíz Carlos Prestes, bairro Ponto Novo, a 5 km do centro da cidade de Aracaju. O projeto é composto por um prédio de 13 pavimentos (térreo + 12 pavimentos) possuindo no térreo 4 apartamentos, academia, sala de jogos, escritório, banheiro social e depósito. O pavimento tipo é dotado de 6 apartamentos cada, com um total de 76 unidades habitacionais.

Ainda conforme o projeto, o prédio possui 1 pavimento (12º andar) adaptado à acessibilidade, sendo este solicitado no ato da compra do imóvel. A unidade

habitacional é composta por: 2 quartos sendo 1 suíte, sala, cozinha integrada a área de serviço e banheiro social, totalizando 56m².

Figura 16 – Maquete 3D do empreendimento



Fonte: Construtora “X” (2022).

A obra em questão dispõe da certificação na ISO 9001 e a PBQP-H, para garantir a qualidade em seus serviços e produtos. Ela já contou com mais de 120 colaboradores em campo, possuía uma equipe administrativa formada por: um gerente de obra, um assistente técnico de engenharia, um mestre de obra, dois estagiários, um assistente administrativo, um técnico de segurança, um encarregado de instalações elétricas e hidrossanitários, um encarregado de fôrma, um almoxarife e dois auxiliares de almoxarife.

O sistema construtivo adotado é o de paredes de concreto moldado *in loco*, utilizando formas do tipo metálicas. A obra possui um jogo de fôrmas composta por 3 apartamentos, escadas, vão de elevador e plataformas.

4.2. PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS

A seguir estão descritos os procedimentos executivos analisados na obra do estudo de caso.

4.2.1. Sondagem

Para elaboração dos projetos de fundação, foi necessário a solicitação de um relatório de sondagem por parte da Construtora “X”. Dessa maneira, no terreno de implantação da obra foram executados 5 furos de sondagem (figura 17) com profundidades de 20,45 m (SP-01, SP-02, SP-03, SP-04, SP-05).

De acordo com os resultados da sondagem, a camada superficial do terreno nessa área era um aterro constituído de areia fina fofa com cascalho e silte argiloso rijo com areia média e uma quantidade significativa de pedregulho. Abaixo dessa camada inicial, o perfil do solo é composto por camadas de areia siltosa com variação entre fofa e muito compacta e se repetem até o limite do pedido da sondagem. Vale ressaltar que foi sondado que o nível da água estava nas profundidades de 1,92m (SP-01) até 2,17m (SP-03).

Figura 17 – Localização dos furos de sondagem



Fonte: Construtora “X” (2022).

4.2.2. Fundação

Na execução dos projetos de fundação a construtora “X” optou por realizar uma consultoria em uma empresa conceituada no setor no estado de Sergipe. Sendo assim, tendo resultados da sondagem e o projeto de cargas lineares da estrutura, foi constatado que: as cargas verticais nas paredes estruturais somam o total de aproximadamente 6.013,54 tf (sem acréscimo de vento) distribuídas na área do radier de 408,88 m², e dessa maneira correspondendo a uma pressão na fundação de 14,71 tf/m², o que equivale a uma taxa de 1,13 tf/m³/pavimento.

De posse desses resultados em forma de relatórios, foi recomendado que a solução mais viável para a obra seria uma fundação profunda com vigas baldrames, utilizando-se estacas tipo hélice contínua, em um total de 122 estacas com diâmetros

de 400mm (60 unidades mais 1 unidade para ensaio de prova de carga) e 500mm (61 unidades) ambas com comprimento médio de 14m.

Posteriormente, devido à incompatibilidade das cotas de níveis entre os projetos de fundação e o projeto arquitetônico, houve a necessidade de aumentar o comprimento das estacas para 14,6m. Na tabela 05, seguem as especificações (diâmetro, cargas de trabalho, comprimentos e armações) das estacas tipo hélice contínua para a solução apresentada.

Tabela 05 – Especificações das estacas

BLOCO	DIÂMETRO ESTACA (mm)	CARGA MÁXIMA (tf)	COMPRIMENTO ESTIMADO (m)	ARMAÇÃO LONGITUDINAL		ESTRIBOS		
				Comprimento (m)	Aço CA50	Aço CA50	e (cm)	Comp. (m)
TORRE	400	75	14,00	6,00	6 ϕ 16.0 mm	ϕ 6.3 mm	15	0,95
	500	120	14,00	6,00	6 ϕ 16.0 mm	ϕ 8.0 mm	20	1,25

Fonte: Construtora “X” (2022).

O concreto utilizado foi do tipo bombeável, com resistência característica $f_{ck} \geq 40\text{MPa}$, com consumo de cimento mínimo de 400 kg/m^3 , $a/c \leq 0,45$, abatimento entre 220mm e 260 mm **S220**, diâmetro de agregado de 4,75mm a 12,5mm e teor de exsudação inferior a 4% conforme a NBR 6122:2019. Para combater a reação álcali-agregado, fez-se necessário a adição do agregado miúdo metacaulim¹.

Realizada a execução das estacas foi iniciado o concreto magro em volta delas para facilitar a marcação da cota de arrasamento. Logo após, foi feito o arrasamento das estacas com marteleiro para marcação da cota de arrasamento, utilizou-se então um giz branco e um gabarito de madeira com espessura de 5cm e utilizando uma serra mármore fez-se o acabamento na cota determinada. A figura 18 abaixo mostra uma das estacas após o arrasamento.

¹ O metacaulim é um geopolímero pozolânico constituído basicamente de sílica e alumina na fase amorfa. O metacaulim aumenta o grau de hidratação do cimento, formando silicato de cálcio hidratado.

Figura 18 – Estaca após arrasamento



Fonte: O autor (2022).

Para a realização dos blocos de coroamento e vigas baldrames partiu-se da conferência se o eixo da estaca estava de acordo com o eixo do gabarito, passando arame recozido nos dois eixos do gabarito e descendo o prumo de centro. Dessa maneira, caso não estivesse de acordo, uma equipe de topografia cadastrava os eixos da estaca e o engenheiro responsável enviava ao projetista para determinar uma possível solução para tal excentricidade. Com isso, boa parte das soluções adotadas foram: criação de novas vigas baldrames e ampliação dos blocos de coroamento.

Com a determinação do projetista, iniciou-se a execução das fôrmas para concretagem dos blocos de coroamento e vigas baldrames (figura 19), sendo assim, alinhou-se o eixo da fôrma com o eixo da estaca, de posse de gabarito e prumos de centro para auxiliar.

Figura 19 – Fôrmas para blocos de coroamento



Fonte: O autor (2022).

Posicionadas as fôrmas, foi iniciado o posicionamento das armações dos blocos e das vigas baldrame (figura 20) e depois foi executada a concretagem delas com caminhão bomba (figura 21), nessa etapa utilizou-se concreto usinado $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$, *Slump-test* $14 \pm 2\text{cm}$.

Figura 20 – Fôrmas e armação dos blocos de coroamento e vigas baldrame



Fonte: O autor (2022).

Figura 21 – Blocos de coroamento e vigas baldrames após concretagem



Fonte: O autor (2022).

Após a execução dos blocos e das vigas, iniciou-se o reaterro da fundação com o próprio material retirado da escavação das estacas e compactado com placa vibratória, conforme figura 22 abaixo.

Figura 22 – Reaterro da fundação



Fonte: O autor (2022).

Com isso, pôde ser realizada a execução das instalações enterradas, como por exemplo: instalações hidrossanitárias, aterramento, TV e interfone, entre outros. Também, para finalizar, foi preparada uma camada de regularização com concreto magro para posteriormente posicionar a armação do radier, essa etapa pode ser visualizada na figura 23 a seguir.

Figura 23 – Armação de radier



Fonte: O autor (2022).

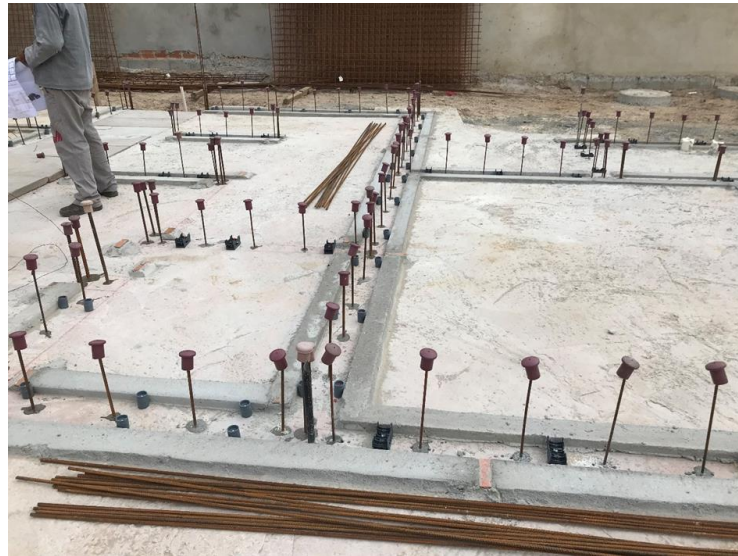
Antes da execução da fôrma e da armação das paredes deve ser lançado uma camada de concreto magro para impermeabilizar e proteger a área do radier. Segundo Lima (2011), essa etapa é chamada de nivelamento onde é feito uma camada com brita 1 ou brita corrida para evitar que armação entre em contato com o solo.

Todos as barras longitudinais utilizadas nessa etapa foram de aço CA-50 com cobrimento superior igual a 2cm e a inferior igual a 4cm. Essas medidas foram garantidas através da utilização de espaçadores a cada 1,5m. Para garantir o rebaixamento das áreas especificadas em projeto foram assentadas mestras com auxílio do nível a laser. Essas medidas são executadas antes do lançamento do concreto $f_{ck} = 30$ MPa conforme especificado no projeto.

Convém frisar que antes do lançamento do concreto foi realizado o teste de abatimento de tronco de cone (slump test) com resultados entre 100mm e 140mm. Para adensar o concreto foi utilizado um mangote vibrador, para eliminar os vazios. O nivelamento da base foi realizado pelo processo convencional, ou seja, sarrafeamento, apoiando o sarrafo sobre as mestras.

Devido a um erro no nivelamento das mestras a laje ficou desnivelada, sendo necessário, após a cura da laje, executar novas mestras, conhecidas como “lagartixas”, para o correto nivelamento da laje. A figura 24 abaixo ilustra o descrito acima.

Figura 24 – Laje concretada com mestras e taliscas/lagartixa



Fonte: O autor (2022).

Com o radier finalizado as etapas de marcação, armação e instalações elétricas foram executadas para em seguida iniciar a montagem das fôrmas das paredes de concreto.

4.2.3. Montagem da estrutura

A montagem da estrutura foi dividida em quatro etapas: marcação, armação, montagem das fôrmas e concretagem. O passo inicial foi a marcação das paredes do térreo, realizada pela equipe de topografia, com a locação da face externa das paredes e a sinalização dos vértices com tinta vermelha.

Foi necessário fazer a marcação das linhas das faces internas e externas das paredes no piso de apoio (fundação ou laje), como forma de orientação do posicionamento das fôrmas das paredes.

De acordo com a coletânea Parede de Concreto (2007), para marcação do alinhamento das paredes é esticada uma linha impregnada com pó de xadrez vermelho, que ao puxar para cima ao soltar, o alinhamento fica marcado conforme a figura 25, para que possam ser posicionado os espaçadores, no alinhamento correto, de acordo com as medidas especificadas em projeto, tendo como referência o alinhamento do canto das paredes.

Figura 25 – Marcação de paredes



Fonte: O autor (2022).

O espaçamento da ferragem seguiu conforme projeto, sendo assentadas com auxílio de uma trena metálica. Os ferros de arranque são de diferentes bitolas: 8mm utilizados para fixação das telas, 10mm utilizado para fixação dos reforços de cantos e vãos de portas, todos esses fixados a cada 30cm, como mostra figura 26 abaixo. Os furos no radier para a colocação dos ferros foram feitos com uma furadeira, apenas nos pontos marcados os quais os ferros foram fixados com compound².

Figura 26 – Laje concretada com ferro de arranques e mestras



Fonte: O autor (2022).

² Compound: adesivo estrutural de base epóxi que apresenta altas resistências, proporciona alto rendimento e excelente aderência, indicado para colagem, mesmo entre si, de concreto, ferro etc.

Na segunda etapa que consiste na montagem da armação das paredes foram executadas as telas de canto, as quais foram amarradas nas telas os ferros de ligação, chamadas de “armação de espera” (figura 27).

Essas telas de canto seguiram as medidas, bitolas e espaçamentos conforme projeto, respeitando os recortes dos vãos de portas e janelas. Segundo Arêas (2013), os cortes e o reforço das telas são recomendados serem produzidos antes de instalados no local final.

Figura 27 – Posicionamento de telas eletrosoldadas



Fonte: O autor (2022).

Ainda de acordo com Arêas (2013), no encontro das paredes as telas devem ser fixadas entre si e apoiadas sobre a laje sem nenhum tipo de chumbamento. Sendo assim, são instalados os espaçadores de acordo com a espessura da parede. As paredes externas da escada de 17,5cm e as demais com espessura de 11cm.

Com a armação concluída, a equipe de instalações elétricas realizou a passagem dos eletrodutos e a instalação das caixas elétricas, como mostra a figura 28 abaixo.

Figura 28 – Telas eletrosoldadas, instalações elétricas e de ar-condicionado



Fonte: O autor (2022).

A armação dos reforços de paredes e vãos de janelas e portas foram executadas com aço tipo CA-50, com bitola de 10,0mm. Já as telas, foram executadas com aço tipo CA-60, bitolas de 5,0mm(Q196) para o térreo e 1º pavimento, e bitolas de 3,8mm(Q113) para os demais pavimentos.

A terceira etapa, é a montagem das fôrmas metálicas, iniciada com a execução da limpeza das fôrmas, para garantir que fiquem livres de resíduos dos concretos anteriores ou de quaisquer outras impurezas que possam vir a comprometer a planicidade das paredes. Foi necessário aplicar líquido desmoldante por toda a superfície da fôrma, a fim de minimizar possíveis defeitos no concreto após desforma.

A montagem dos painéis teve início pelas peças internas de canto, formando um “L” na estrutura, para favorecer a montagem das demais fôrmas. No travamento das fôrmas foi realizado com pinos e cunhas colocados nas extremidades das peças. Essas peças são colocadas antes do assentamento do painel vizinho, evitando brecha entre os painéis e dificuldades no encaixe das fôrmas seguintes, figura 29.

Por sua vez, o esquadro das paredes foi garantido com a instalação de elementos metálicos chamados de “mão-francesa”, instalados logo após à fixação das fôrmas de canto; à medida em que os painéis foram montados, também foram fixadas as “faquetas” (ou corbatas), que também receberam uma camada de líquido desmoldante, para maior facilidade de retiradas das mesmas são colocados invólucros de EPS, figura 30.

Figura 29 – Fôrmas e escoras metálicas



Fonte: O autor (2022).

Figura 30 – Fôrmas, faquetas, telas e instalações elétricas



Fonte: O autor (2022).

As fôrmas externas (figura 31) foram montadas com o auxílio da grua realizando o içamento das peças e seguindo o mesmo procedimento das internas, também iniciada pelos cantos.

Figura 31 – Fôrmas externas



Fonte: O autor (2022).

Após a conclusão da montagem das fôrmas internas, foi iniciada as fôrmas da laje, também fixadas com pinos e cunhas. O nivelamento dos elementos foi realizado com uma régua técnica com nível bolha. Depois de concluída foi montada as proteções da periferia e do vão de escada. Para prosseguimento da montagem, o técnico responsável pela fôrma, faz a conferência para dar prosseguimento aos outros serviços.

Já a terceira etapa do serviço da estrutura é a concretagem, que foi iniciada após a montagem das paredes e laje. Inicialmente, quando o caminhão betoneira chegou à obra, realizou-se a conferência do Abatimento de tronco de cone.

O concreto começou a ser lançado pela escada para em seguida concretar os cantos da edificação. Dessa forma, conforme o plano de concretagem e de acordo com o exigido na NBR 16055:2012.

Convém salientar que não se pode usar vibradores, o adensamento foi realizado utilizando uma marreta de borracha, assim leves batidas nas fôrmas ajudam ao concreto a preencher todos os espaços.

Logo após a concretagem, todas as fôrmas foram limpas com jatos de água para a remoção de todo o excesso de concreto, evitando um desgaste prematuro delas já que foram reutilizadas diversas vezes.

O volume de concreto é de 134 m³ por pavimento, sendo 88 m³ nas paredes, 38 m³ na laje e 8 m³ na escada. Foi utilizado concreto autoadensável, com resistência

a compressão $\geq 30\text{MPa}$, módulo de elasticidade secante $\geq 27\text{ GPa}$ aos 28 dias e fator água/cimento $\leq 0,55$.

Com 12 horas após a concretagem, quando o concreto atingiu a resistência de no mínimo 3 MPa, a desforma foi iniciada. As cunhas foram retiradas, batendo com martelo na ponta dos pinos, sendo feita a retirada das cunhas, ao mesmo tempo em que as escoras metálicas, foram colocadas, afastados entre si a cada 1,20 m, somente vindo a ser retiradas, após a resistência característica do concreto das paredes atingirem 20 MPa.

Todos os invólucros e “faquetas” foram retirados, juntamente com as “rebarbas” de concreto. Após retirados, os vazios deixados por elas foram tamponados. Após a regularização e aprumo das caixas elétricas especificadas no projeto, a unidade entrou na fase de acabamento, incluindo nesses serviços, as instalações hidrossanitárias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos e as análises dos requisitos normatizados pela NBR 16055:2012. Para tal, foram avaliados os materiais utilizados nos processos executivos estudados neste trabalho, e o controle tecnológico do concreto utilizado na obra em questão.

5.1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NBR 16055:2012

5.1.1. Inspeção dos materiais e procedimentos

Para a inspeção dos materiais, em conjunto com os procedimentos operacionais da construtora, foram selecionados os principais aspectos apresentados no item 18 da NBR 16055:2012 referente à: armadura, fôrmas e concreto.

5.1.1.1 – Armadura

Em todas as situações analisadas, os aços utilizados estavam em acordo com o especificado em projeto, assim como todas as informações pertinentes a este item relatados nos projetos.

Quanto ao armazenamento das armaduras, foi identificado que todas as barras se encontravam em bom estado e livre de contato com o solo, assim como ilustrado na figura 32. Porém, no local destinado à estocagem das barras CA-50, não havia identificação das bitolas em cada grupo de barras, o que pode atrasar a execução do serviço, afinal os colaboradores levavam um tempo significativo procurando as barras necessárias.

Figura 32 – Armazenamento das telas soldadas



Fonte: O autor (2022).

Não foram identificadas barras ou telas com presença de substâncias deletérias. Mesmo sendo armazenado ao ar livre e sujeito a intempéries, não foi detectado a presença de nenhum material na superfície do aço, dispensando a necessidade de limpeza superficial.

A montagem da armadura seguiu corretamente as diretrizes dos projetos de armação, especialmente no que se refere aos alinhamentos, espessura das paredes, utilização de espaçadores e armação do reforço em vãos.

Antes do lançamento do concreto, foram instaladas proteções na periferia da edificação, dispostas de forma a garantir que as armaduras não fossem deslocadas com o impacto do concreto e movimentação dos colaboradores por cima da armação.

Outra preocupação com a ferragem se deu na colocação dos protetores de vergalhão e tubos de PVC nas pontas das armaduras de espera com a função de diminuir riscos de acidentes aos colaboradores (figura 33).

Figura 33 – Armação e instalações de laje concluída



Fonte: O autor (2022).

Em suma, de acordo com as análises referente a armadura, pôde-se preencher a tabela 6 e atestar que, quanto à inspeção da armadura, a obra analisada atendeu aos requisitos da NBR 16055/2012.

Tabela 6 – Inspeção da armadura, seguindo os requisitos da NBR 16055 (ABNT, 2012)

REQUISITOS	PONTOS DE ANÁLISE	SITUAÇÃO		
		CONFORME	NÃO CONFORME	NÃO APLICÁVEL
GENERALIDADES	UTILIZAÇÃO DO AÇO DE ACORDO COM ESPECIFICAÇÕES EM PROJETO	X		
	IDENTIFICAÇÃO DAS BARRAS CA-50 NA OBRA		X	
	IDENTIFICAÇÃO DAS TELAS CA-60 NA OBRA	X		
	PROCESSO DE ANCORAGEM DE ACORDO COM O ESPECIFICADO EM PROJETO	X		
RECEBIMENTO, TRANSPORTE E	ARMADURA EM BOM ESTADO	X		
	ESTOCADAS SEM CONTATO COM O SOLO	X		
LIMPEZA	NECESSIDADE DE LIMPEZA SUPERFICIAL DAS BARRAS, ANTES DA UTILIZAÇÃO			X
Preparo e montagem da armadura	Montagem da armadura e reforços de acordo com especificado em projeto	X		
	Correto cobrimento da armadura, com utilização de espaçadores	X		
Proteções	Proteções durante a execução	X		
	Proteções de armadura de espera	X		

Fonte: O autor (2022).

5.1.1.2 – Fôrmas

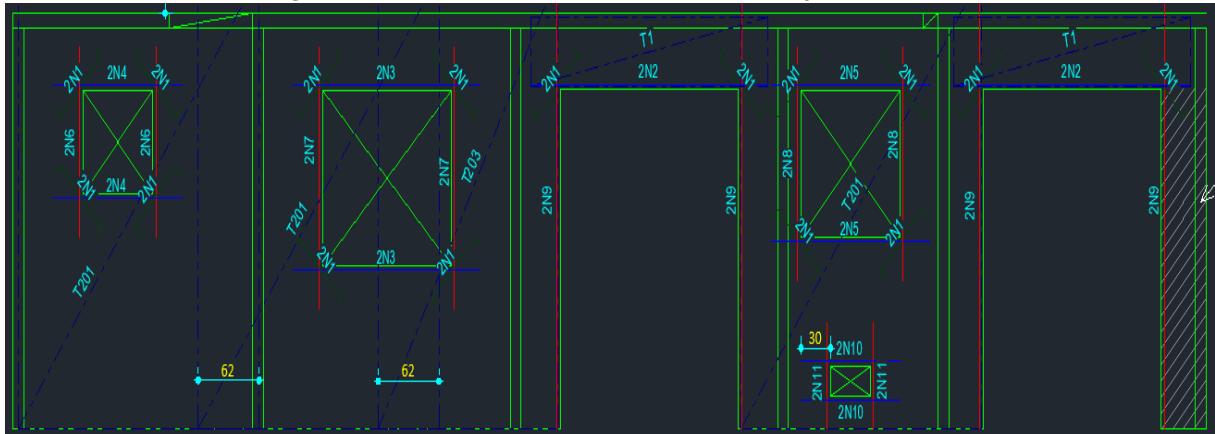
Foi observado que as fôrmas foram montadas corretamente segundo o projeto, o qual era de fácil acesso tanto pela equipe de montagem como pelos demais envolvidos na obra. O conjunto de projetos de fôrma foi disposto da seguinte maneira: o primeiro corresponde à localização de cada peça, nomeando as paredes do pavimento térreo de 101 a 191, e as do pavimento tipo de 201 a 291, conforme mostra a figura 34; nos projetos seguintes, as fôrmas de cada parede foram detalhadas, mostrando a posição das armaduras e de reforço (Figura 35).

Figura 34 – Projeto de locação das paredes



Fonte: Construtora “X” (2022).

Figura 35 – Detalhamento das telas e reforços de vãos



Fonte: Construtora “X” (2022).

Segundo a equipe gerencial da obra, a estrutura tem o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) de 120 minutos. Além disso, as paredes foram revestidas com 10 mm de argamassa de cimento e areia (áreas frias).

Após a desforma, notou-se que todos os elementos embutidos nas paredes se mantiveram com suas dimensões originais garantidas, não havendo a necessidade de troca ou reparo delas. É importante destacar que não havia elementos permanentes de materiais metálicos embutidos nas paredes ou lajes, não necessitando de proteção contra corrosão em nenhuma das peças.

No caso das “faquetas”, foi observado que algumas peças eram abandonadas e, desta forma, não ocorria o tamponamento adequado das aberturas nas paredes (figura 37). Além disso, em alguns pontos também não foram adotados os invólucros, dificultando o processo de retirada das “faquetas” e, por consequência, danificando a superfície do concreto.

De maneira geral, não foram identificados nas fôrmas vestígios de concreto aderente ou qualquer outro material. Desta forma, o produto no final, após a retirada da fôrma, apresentou-se homogêneo e livre de defeitos, como apresentado na figura 36.

Figura 36 – Paredes desformadas



Fonte: O autor (2022).

Figura 37 - Paredes desformadas com presença de faquetas



Fonte: O autor (2022).

Portanto, têm-se com o preenchimento Tabela 7, as fôrmas metálicas utilizadas no empreendimento de estudo, atendeu aos requisitos da NBR 16055 (ABNT, 2012).

Tabela 7 – Inspeção de fôrmas metálicas, seguindo os requisitos da NBR 16055 (ABNT, 2012)

REQUISITOS	PONTOS DE ANÁLISE	SITUAÇÃO		
		CONFORME	NÃO CONFORME	NÃO APLICÁVEL
GENERALIDADES	Projeto de fôrmas	X		
	Escoramento	X		
	Plano de desforma	X		
Precauções contra incêndio	Precauções para proteger o sistema de fôrmas de risco de incêndio	X		
Componentes embutidos nas fôrmas e redução da seção	Componentes embutidos com formato preservado durante a concretagem	X		
Aberturas temporárias em paredes	Tamponamento de abertura e orifícios de até 5 cm, com espaçamento vertical mínimo de 30 cm e espaçamento horizontal mínimo de 60 cm	X		
Uso de agentes desmoldantes	O concreto não deve aderir a fôrma	X		
	Não deve deixar resíduos na superfícies e ser de difícil remoção	X		
	Não alterar as características físicas e químicas do concreto	X		
	Não degradar a superfície da fôrma	X		

Fonte: O autor (2022).

5.1.1.3 – Concreto

Em todas as etapas do procedimento executivo analisado, foi utilizado concreto dosado em central, fornecido por uma empresa de serviço de concretagem local. O concreto solicitado e utilizado estava em acordo com o especificado em projeto.

A equipe realizou uma inspeção visual no caminhão do concreto, a fim de verificar se estava lacrado e de acordo com a nota fiscal. O abatimento de tronco de cone foi realizado, como mostrado na figura 38, e com o resultado apresentado foi verificada a quantidade de aditivo superplastificante que deveria ser adicionado no caminhão betoneira. Após cerca de 8 minutos dessa adição, foi feito o Slump Flow (espalhamento) e o resultado foi anotado na Planilha de Controle e Rastreamento.

Figura 38 – Execução de Slump test e Slump flow



Fonte: O autor (2022).

O concreto foi lançado de forma uniforme por toda a fôrma metálica e, posteriormente, sobre a laje. Por ser utilizado concreto autoadensável, não precisou de adensamento manual ou mecânico, bastando dar leves batidas manualmente nas fôrmas, a fim de auxiliar na passagem do concreto.

O concreto autoadensável foi entregue na obra em caminhão betoneira, mediante agendamento prévio da equipe técnica responsável pela estrutura. Como mostrado anteriormente, o projeto de fôrmas foi executado de forma correta em todas as etapas de produção analisadas e a concretagem dos elementos ocorreu somente após a conferência e liberação do responsável técnico pela estrutura, a fim de assegurar que a geometria e tolerâncias do projeto fossem atendidas, além de seguir as instruções de escoramento apresentadas.

A equipe de montagem de fôrma/concretagem foi dimensionada para que todo o processo ocorresse em um período de uma jornada de trabalho (um dia), em condições normais.

Assim tem-se na Tabela 8 o atendimento aos requisitos da NBR 16055:2012, no que diz respeito a inspeção da concretagem.

Tabela 8 – Inspeção do concreto, seguindo os requisitos da NBR 16055 (ABNT, 2012)

REQUISITOS	PONTOS DE ANÁLISE	SITUAÇÃO		
		CONFORME	NÃO CONFORME	NÃO APLICÁVEL
Modalidades de preparo do concreto	Determinação da origem do concreto destinado às estruturas	X		
Concreto	Especificação do concreto em acordo com as propriedades requeridas em projeto	X		
Cuidados preliminares	Fôrmas	X		
	Escoramentos, aprumadores e alinhadores horizontais	X		
	Armaduras	X		
Tolerâncias geométricas	Espessura e comprimento de paredes	X		
Plano de concretagem	Desalinhamento horizontal, vertical e prumo das paredes	X		
	Volume concretado em função do tempo de trabalho	X		
	Acabamento final	X		
	Inspeção e liberação do sistema de fôrmas	X		
Transporte do concreto na obra	Meio utilizado para o transporte do concreto	X		
	Tempo de transporte decorrido entre o início da mistura, contado a partir da primeira adição de água, até a entrega do concreto na obra	X		
	Lançamento direto do concreto nas fôrmas	X		
Lançamento	Conferência da nota fiscal do concreto	X		
	Dosagem de aditivos no local da obra	X		
	Slump Flow test	X		
	Utilização de concreto auto adensável	X		
Adensamento	Adensamento manual ou mecânico			X

Fonte: O autor (2022).

5.1.1.4 – Controle tecnológico do concreto

O controle tecnológico do concreto foi realizado em duas situações: no ato do recebimento do caminhão da concreteira, como mostrado na seção 5.1.1.3 deste trabalho e, após o seu endurecimento.

O controle de aceitação no estado fresco foi feito através do Slump Flow Test, que consiste em espalhar o concreto em uma placa metálica, para determinar se a fluidez corresponde ao que foi especificado. O concreto foi aceito sempre que o resultado do espalhamento esteve entre 660 mm e 750 mm, referente à Classe SF-2 de concreto autoadensável, conforme especificado no projeto.

Já o controle de aceitação no estado endurecido foi realizado através do rompimento do corpo de prova (CP). Na obra analisada, esse ensaio foi realizado por uma empresa terceirizada, locada no próprio canteiro de obras, que permaneceu em tempo integral e forneceu todas as informações pertinentes. Foram moldados CP com materiais colhidos em todos os caminhões utilizados, a cada concretagem, das paredes, lajes e radier.

De cada caminhão, foram moldados 2 corpos de prova para rompimento após 12 horas da concretagem (para resistência de desforma), após 3, 7, 28 e 45 dias. Após a cura inicial, os CP foram desmoldados e devidamente identificados, permanecendo saturados até o momento do ensaio a compressão. Antes do CP ser ensaiado, sua base foi nivelada através de uma retífica faceadora e, em seguida, foi enviado para a prensa hidráulica que foi rompido, figura 39.

Figura 39 – Retífica faceadora e prensa hidráulica dos corpos de prova



Fonte: O autor (2022).

Assim, pôde-se preencher a Tabela 9 e concluir que quanto ao controle tecnológico do concreto a obra em análise atendeu aos requisitos da NBR 16055 (ABNT, 2012).

Tabela 9 – Controle tecnológico do concreto, seguindo os requisitos da NBR 16055 (NBR, 2012)

REQUISITOS	PONTOS DE ANÁLISE	SITUAÇÃO		
		CONFORME	NÃO CONFORME	NÃO APLICÁVEL
Controle de aceitação no estado fresco	Determinação do abatimento do tronco de cone	X		
Controle de aceitação do concreto no estado endurecido	Resistência de desforma, na idade especificada em projeto	X		
	Resistência característica do concreto aos 28 dias	X		

Fonte: O autor (2022).

6. CONCLUSÃO

A utilização de paredes de concreto moldadas *in loco* trouxe grandes mudanças no cenário da construção civil, afinal é um sistema de grande eficiência para proporcionar obras rápidas e racionalizadas. Através deste trabalho, pôde-se perceber que as principais vantagens desse sistema construtivo foram no que se referem à garantia da qualidade no processo. Por se tratar de um empreendimento industrializado, os elementos da edificação foram repetidos durante a obra, mantendo o atendimento aos requisitos de qualidade, desde a elaboração à execução do projeto.

Entretanto, a industrialização do processo exigiu também utilização de materiais de valor consideravelmente mais altos quando comparados a estruturas convencionais. Merece destaque nas fôrmas metálicas que, apesar de ter muitas reutilizações, exigem um investimento inicial considerável. Contudo, para garantir a compensação do custo com as reutilizações, foi necessário um cuidado especial com as peças, mantendo-as sempre limpas e livre de deformidades.

Vale ressaltar a importância do atendimento aos requisitos da NBR 16055 (ABNT, 2012), criada especificamente para as paredes moldadas *in loco* e todas as recomendações necessárias para a correta execução do sistema. Neste trabalho, foi possível identificar que, em todos os aspectos analisados, a obra em análise atendeu satisfatoriamente à norma vigente. Dessa maneira, salienta-se a importância de seguir as normas brasileiras vigentes, principalmente quando o assunto for resistência, durabilidade e conforto, dentre outros estudos fornecidos por diversas entidades.

Conformidade com a norma garante maior segurança ao cliente final, além de promover a qualidade na execução do empreendimento. A construção dos módulos existentes no empreendimento, mostrou-se eficiente, tanto no sentido da utilização correta dos materiais, quanto na agilidade na execução das etapas construtivas.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se um comparativo entre as paredes moldadas no local e as paredes pré-fabricadas, analisando o custo, o desperdício e o impacto ambiental. Além de análises de novos estudos de caso no tema, dessa forma a conformidade com a norma pode ser observada e experiências de obra poderão ser repassadas.

REFERÊNCIAS

- ARÊAS, Daniel Moraes. **Descrição do Processo Construtivo de Parede de Concreto para Obra de Baixo Padrão**. Projeto de Graduação, Rio de Janeiro: UFRJ, Escola Politécnica, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. Parede de concreto: coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. Parede de concreto: coletânea de ativos 2008/2009. São Paulo, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012. 35 p.
- BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. Universidade de São Paulo. 227 páginas, 2013.
- CIMENTO ITAMBÉ. **Cresce uso de paredes de concreto entre países latinos**. 2018. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/cresce-uso-de-paredes-de-concreto-entre-paises-latinos/>. >Acesso em: 05 jan. 2022.
- FERNANDES, L. L. A. **A simulação como ferramenta para gestão dos fluxos físicos em melhoria logística em canteiro de obras: um estudo de caso**. Salvador, 2017.
- FERRAZ, Hugo Pereira. **Curso Execução de Edificações em Paredes de Concreto**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2019.
- FILGUEIRA FILHO, Amâncio da Cruz. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADOS IN LOCO**. 2020. 298 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2020.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs, 2009. 120 p

GUSMÃO, Adriana David Ferreira; FRANÇA, Vera Lúcia Alves. CENTRALIDADE URBANA: REFLEXÕES SOBRE VITÓRIA DA CONQUISTA E ARACAJU. **Geopauta**, [s. /], v. 3, p. 22-36, dez. 2019.

IBGE - **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

ITBS - **INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS**, Telas soldadas, Informações técnicas, São Paulo. Acesso em: 20 dez. 2021.

LIMA, Eduardo Campos. **Obras: Radiers**. 2011. Revista Equipe de Obra, ed. 42.

Disponível em: <<http://equipededeobra17.pini.com.br/construcao/reforma/42/fundacoes-radiers-241672-1.aspx>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

MASSONE, L. M.; WALLACE, J. W. **Load—Deformation Responses of Slender Reinforced Concrete Walls**. In: ACI Structural Journal, V.101, No.1, 2004.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C.; **Como construir Paredes de concreto**. In: Técnica. Edição 147, ano 17, p. 74-80, 2009.

NEMER, Pedro Curvello da Costa. **AVALIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADO NO LOCAL A LUZ DAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES**. 2016. 106 f. Monografia (Especialização) - Curso de Produção e Gestão do Ambiente Construído, Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

PACHECO, Frederico Heidrich. **SISTEMA PAREDE DE CONCRETO: ELABORAÇÃO DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA APRIMORAR A EXECUÇÃO DE SERVIÇOS**. 2012. 76 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012

PAREDE DE CONCRETO. **Comunidade da Construção. – Sistemas à base de cimento**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/parede-de-concreto/> Acesso em: 13 setembro 2021.

SILVA, F.; **Paredes de concreto armado moldadas in loco**. In: Técnica, Edição 167, fevereiro 2011

TECNOSIL. **Paredes de Concreto Moldadas in loco: o que são e por que usá-las na sua obra?** 2019. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>. Acesso em: 13 dez 2021.

APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA



Ao
Sr. Marcel Macêdo
Gerente de Obra
Rua Luiz Carlos Prestes S/N
Aracaju / SE

Prezado Senhor.

Por meio desta, apresentamos o acadêmico **YURI VIEIRA PADRE**, aluno do 9º período do Curso de Engenharia Civil, devidamente matriculado nesta instituição de Ensino, sob matrícula nº **20152811110079**, que está realizando a pesquisa para o trabalho de Conclusão de Curso (TCC 1 e TCC 2) intitulada **“SISTEMA CONSTRUTIVO – PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO* AVALIAÇÃO DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NBR 16055:2012 EM UMA OBRA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ARACAJU – SERGIPE”**.

Na oportunidade, solicitamos autorização para a realização da pesquisa de campo objetivando a coleta de dados, referente ao grau de entendimento do tema.

Queremos informar que o caráter ético desta pesquisa assegura a preservação da identidade das pessoas e da empresa participante.

Agradecemos a compreensão e colaboração de vossa senhoria no processo de desenvolvimento deste futuro profissional e da iniciação à pesquisa científica em nossa região.

Nestes termos pedimos DEFERIMENTO.

Atenciosamente,

Prof. Dra. Carla Cristina Nascimento Santos Pereira

Marcel Macedo Barbosa da Faria
Gerente de Obra
CREA-SE 27130/8318

Marcel Macêdo

Aracaju/SE, 09 de agosto de 2021.