

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Gabriel Marconato Skwarek

**AVALIAÇÃO DA ABNT NBR 16055:2012 PARA CONCEPÇÃO INICIAL
DE UM PROJETO EM PAREDE DE CONCRETO**

Santa Maria, RS
2021

Gabriel Marconato Skwarek

AVALIAÇÃO DA ABNT NBR 16055:2012 PARA CONCEPÇÃO INICIAL DE UM PROJETO EM PAREDE DE CONCRETO

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Civil, de Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Gihad Mohamad

Santa Maria, RS
2021

Gabriel Marconato Skwarek

**AVALIAÇÃO DA ABNT NBR 16055:2012 PARA CONCEPÇÃO INICIAL DE UM
PROJETO EM PAREDE DE CONCRETO**

Aprovado em 19 de fevereiro de 2021:

Gihad Mohamad, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Almir Barros da Silva Santos Neto, Dr. (UFSM)

Rafael Pires Portella, Me. (UFN)

Santa Maria, RS
2021

RESUMO

AVALIAÇÃO DA ABNT NBR 16055:2012 PARA CONCEPÇÃO INICIAL DE UM PROJETO EM PAREDE DE CONCRETO

AUTOR: Gabriel Marconato Skwarek

ORIENTADOR: Gihad Mohamad

O Brasil enfrenta há muitos anos o problema do déficit habitacional por diferentes causas, o que exige do governo e da sociedade em geral esforços para combater esta mazela. Nos primeiros anos do século XXI, uma parte do corpo técnico da engenharia e da indústria da construção do nosso país teve sua atenção voltada para o sistema em parede de concreto moldada no local. O sistema, que já havia sido implementado em diferentes países ao redor do mundo, tinha como objetivo o aumento da produtividade no canteiro de obras por meio de um processo de industrialização da construção civil, sendo assim necessário normatizar procedimentos técnicos em todo o país. Nasceu assim, publicada no ano de 2012, a ABNT NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. O presente trabalho objetiva canalizar os requisitos básicos para a concepção de um projeto de paredes de concreto em poucas etapas, tidas pelo autor e suas referências como essenciais para a correta modulação da planta, importante para uma padronização entre construtores e indústria. A metodologia aplicada baseia-se na apresentação dos requisitos presentes da norma mencionada acima, para logo após serem formuladas plantas arquitetônicas e dimensionados elementos em separado como apresentação de resultados.

Palavras chave: Sistema em parede de concreto moldada, Otimização de processos, Padronização de processos.

ABSTRACT

EVALUATION OF ABNT NBR 16055: 2012 FOR INITIAL CONCEPTION OF A PROJECT IN CONCRETE WALL

AUTHOR: Gabriel Marconato Skwarek
ADVISOR: Gihad Mohamad

Brazil has been facing the problem of housing deficit due to different causes for many years, which requires efforts from the government and society to combat this problem. In the early years of the 21st century, part of the technical staff of the engineering and construction industry in our country turned their attention to the concrete wall system molded on site. The system, which had already been implemented in different countries around the world, aimed to increase productivity at the construction site through a process of industrialization of civil construction, making it necessary to standardize technical procedures throughout the country. Thus, was published in 2012, ABNT NBR 16055: Concrete wall molded on site for the construction of buildings - Requirements and procedures. This study aims to focus on the basic requirements for the design of a concrete wall project in a few steps, considered by the author and his references as essential for the correct modulation of the project, important for a standardization between builders and industry. The applied methodology is based on the presentation of the present requirements of the aforementioned standard, in order to formulate future architectural plans are drawn up and elements separately dimensioned as a presentation of results.

Keywords: Molded concrete wall system, Process optimization, Process standardization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Detalhes para execução de junta horizontal na cobertura.	20
Figura 2 – Fachada do edifício de cinco pavimentos.	21
Figura 3 – Planta do edifício com quatro apartamentos por andar.	21
Figura 4 – Paginação e cotas de um apartamento tipo (cotas em centímetros).	22
Figura 5 – Obra em paredes de concreto.	24
Figura 6 – Paredes de contraventamento.	25
Figura 7 – Disposição das lajes maciças.	33
Figura 8 – Esquema atuação das cargas.	35
Figura 9 – Esquema atuação das cargas.	36
Figura 10 – Planta de elevação com armadura da parede 1.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições para edifício simplificado de paredes de concreto.....	16
Tabela 2– Espessura e comprimento mínimo das paredes de concreto.....	17
Tabela 3– Módulo Básico.....	18
Tabela 4 – Posicionamentos e dimensões das instalações elétricas e hidrossanitárias.	19
Tabela 5 – Posicionamento de juntas.	20
Tabela 6 – Tipografias para concretos específicos aplicadas em paredes de concreto.	26
Tabela 7 – Áreas mínimas de aço para paredes com tela simples.....	27
Tabela 8 – Referência para telas soldadas nervuradas.	27
Tabela 9 – Taxa geométrica “ ρ ” das paredes de concreto.....	31
Tabela 10 – Parâmetros para o cálculo das lajes.....	34
Tabela 11 – Valor das reações nas lajes.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

t	Espessura da parede
fck	Resistência característica à compressão do concreto
fcđ	Resistência de cálculo à compressão do concreto
γ_c	Coefficiente de cálculo do concreto
Ac	Área da seção de concreto
As,mín	Área de aço mínima
As, calc	Área de aço calculada
ρ	Taxa geométrica de armadura
fscđ	Resistência a tração de cálculo do aço
ef	Excentricidade final
P	Carga concentrada
q	Carga Distribuída
nd,resist	Normal resistente de cálculo, por unidade de comprimento, admitida no plano médio da parede
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABESC	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem
IBTS	Instituto Brasileiro de Telas Soldadas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 JUSTIFICATIVA	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 HISTÓRICO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO NO BRASIL	13
2.2 MOTIVOS DO USO NO BRASIL	13
2.3 ASPECTOS DO SISTEMA	14
3 METODOLOGIA	16
3.1 REQUISITOS INICIAIS PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO PARA EDIFÍCIOS EM PAREDES DE CONCRETO.....	16
3.1.1 Edifício Simplificado	16
3.1.2 Parede de Concreto e suas dimensões	17
<i>3.1.2.1 Comentários sobre desempenho acústico e térmico das paredes</i>	17
3.1.3 Disposição das paredes em planta	18
3.1.4 Modulação Coordenada	18
3.1.5 Instalações	19
3.1.6 Juntas de trabalho	19
3.1.7 Estudo de caso	21
3.2 REQUISITOS E MATERIAIS PARA DIMENSIONAMENTO DE EDIFÍCIO SIMPLIFICADO EM PAREDE DE CONCRETO.....	23
3.2.1 Paredes de concreto	23
3.2.2 Concreto	25
3.2.3 Aço	26
<i>3.2.3.1 Seção de aço nas Paredes</i>	28
<i>3.2.3.2 Reforços horizontais</i>	31
<i>3.2.3.3 Ligações entre elementos</i>	31
4 RESULTADOS	33
4.1 LAJES.....	33
4.1.1 Tipo de Laje	33
4.1.2 Cálculo das ações nas lajes	34
4.2 PAREDES	35
4.2.1 Excentricidade nas paredes	35
4.2.2 Resistência de cálculo sob normal de compressão	37
4.2.3 Planta de Elevação	39

5 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta atualmente, e apresentou durante toda a parte de sua história recente, na maioria de suas regiões urbanas, o dramático problema do déficit habitacional, contabilizado de diferentes formas, sendo elas: habitação precária, coabitação familiar, ônus excessivo com aluguel e adensamento excessivo.

Sendo essa uma das principais carências humanas existentes, vêm intrínseca à função de governante o compromisso em buscar a solução deste problema, atualmente por meio de programas habitacionais, que contam com profissionais da engenharia que possuem a responsabilidade, dentre diversas outras, de escolher sistemas estruturais que visem reduzir custos de construção e suprir a alta demanda habitacional no menor tempo possível, gerando também maiores lucros a quem constrói.

Dentre os sistemas estruturais mais aplicados à esta função hoje em dia no Brasil, está o sistema de paredes de concreto moldada no local, cuja aplicação em território nacional é mais recente que em outros países da Europa e América do Norte, e onde que no ano de 2012 foi lançada a norma NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos, visando padronizar e melhor fiscalizar a construção destes tipos de empreendimentos.

Um olhar atento as normatizações propostas pelo corpo técnico do nosso país são de grande importância, tanto para a aprovação nos respectivos projetos, execução correta no canteiro de obras e discussões pertinentes visando a melhoria das técnicas de engenharia ao longo do tempo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a norma brasileira NBR 16055 (ABNT, 2012) e expor de forma simplificada os pontos cruciais para a execução correta de edifícios em paredes de concreto.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar os requisitos básicos para paredes de concreto moldadas in loco.

Revisar as definições e premissas básicas que caracterizem um projeto como sendo aplicável a esta norma.

Desenvolver o projeto segundo a norma NBR 16055.

1.2 JUSTIFICATIVA

Novos sistemas construtivos estão sendo utilizados no mercado imobiliário, o que exige profissionais capacitados a enfrentar novas realidades, que essencialmente prezam a racionalização, a produção não-artesanal e a compatibilização dos projetos, que geram diversos pontos positivos, como rapidez, competitividade e redução de resíduos da construção por exemplo.

A linguagem e a extensão textual característicos das normas brasileiras são por vezes de lenta e difícil compreensão/aplicação para os profissionais da área, indo na contramão da praticidade almejada pela maior parte das pessoas.

A justificativa desse tema leva em conta o caráter por vezes enigmático desta norma, a grande demanda, interesse social e a falta de desenvolvimento técnico-tecnológico relacionado a este tema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO NO BRASIL

Durante o século XX diversas inovações no setor da construção civil foram estudadas e implementadas ao redor do mundo buscando melhor produtividade. Este tipo de construção foi inspirado em construções industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), já fora aplicado em 1970 e 1980, mas devido a alguns fatores, como os econômicos, não teve grande sucesso nesta época (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Segundo Farias (2018), no ano de 2007 um grupo denominado GPC (Grupo Parede de Concreto) surgiu com o objetivo da implementação deste sistema construtivo no país, sendo este formado por associações e instituto da área: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem) e pelo IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas).

Este grupo atua com ações de pesquisa em construções de paredes de concreto moldadas in loco, e no mesmo ano de sua formação reuniu construtoras para visitas técnicas a obras deste sistema no Chile (Santiago) e na Colômbia (Bogotá), países onde a sua utilização já era comum, percebendo a necessidade de criar ações para o fortalecimento do sistema nos canteiros de obras do Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS, 2007/2008).

Pouco tempo depois, no ano 2012, o Brasil obteve por meio de Comissões de Estudo (CE), uma norma própria e específica sobre parede de concreto moldada no local, a NBR 16055 (ABNT, 2012), evidenciando o interesse do nosso país em avançar no uso deste sistema, sendo ela referenciada por 23 outras normas de produção da mesma ABNT.

2.2 MOTIVOS DO USO NO BRASIL

De maneira muito semelhante a que acontece em diferentes países, sistemas que visem economia e alta produtividade aliadas a qualidade da construção, naturalmente serão importadas ao longo do tempo. Em meados dos anos 2000, quando uma quantidade considerável de técnicos brasileiros da engenharia voltou seus olhos as paredes de concreto, vivíamos um momento de expansão habitacional, fomentado principalmente pelo programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, por meio do banco público Caixa Econômica

Federal. Diversos fatores aliavam os objetivos do programa com as características e vantagens da construção em paredes de concreto, como estes citados por Missurelli e Massuda (2009), onde descrevem este método construtivo como racionalizado, com alta produtividade, qualidade e economia quando aplicado em maior escala, ideal para a redução do déficit habitacional.

As características já citadas neste capítulo fizeram sentido a muitos cidadãos brasileiros, e em um dos primeiros materiais publicados no país sobre construção em paredes de concreto, nas primeiras páginas apresentasse alguns motivos relevantes: O momento singular da construção civil pela demanda devido ao acesso crescente ao crédito que as pessoas tinham, o que exigiria um modelo de construção que fosse de rápida execução, onde as construções tivessem durabilidade, com padrões técnicos reconhecidos, segurança estrutural e boa estética (ABCP; ABESC; IBTS, 2007/2008).

2.3 ASPECTOS DO SISTEMA

Segundo descrito no folder “Parede de Concreto: Um Sistema Competitivo” (ABCP; ABESC; IBTS, 2007/2008), peça de comunicação produzida com o intuito de orientar para a construção de edifícios de até 5 pavimentos neste sistema, quatro aspectos são relevantes para a escolha deste tipo de edificação, sendo eles a competitividade para o negócio, a segurança nos níveis normativo, operacional e comercial, o desempenho técnico devido à alta tecnologia dos materiais utilizados na construção e a qualidade final da obra.

Segundo este mesmo folder, estes aspectos foram justificados, de forma que a competitividade é destacada pelo fato de o sistema ter alta produtividade, consequência de ser um método racionalizado, que exige rigoroso planejamento nos projetos e no canteiro de obras, inseridos em um certo nível de repetitividade.

Ainda descrito no folder referenciado acima, a segurança em três níveis é assegurada principalmente pela racionalização do processo: para os operários, as normas que regem o funcionamento dos equipamentos empregados na obra resguardam a sua segurança. Para o construtor esta mesma normatização assegura certa qualidade durante o processo, e a segurança comercial é garantida pela industrialização do sistema, que possibilita um controle mais eficiente do cronograma físico-financeiro.

Por fim o desempenho técnico e a qualidade final do produto passam pelo mesmo responsável: O material. Estes (lê-se principalmente concreto, aço e fôrmas), devido a evolução atingida por meio de pesquisas e utilização ao longo dos anos, atingiram um patamar de

confiabilidade e normalização de desempenho na produção, instalação e manutenção. O concreto, com papel principal nesta obra, precisa obrigatoriamente ser produzido em usina especializada, passando pelos rigores da norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), que garante resistência a impacto, permeabilidade de superfície, desempenho térmico e acústico, proporcionando segurança e qualidade a quem mora e a quem edifica.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho, terá como meio para avaliação das características do sistema construtivo em parede de concreto, a criação de um projeto padrão. O desenvolvimento deste projeto começará pela pontuação de itens da norma NBR 16055 (ABNT, 2012) e outros citados por especialistas na área considerados essenciais pelo autor, com o objetivo de simplificar o momento inicial de concepção de um projeto em paredes de concreto.

Ao final do capítulo 3 será apresentada a planta arquitetônica desenvolvida pelo autor, que servirá de estudo de caso para o dimensionamento de elementos presentes em um edifício em parede de concreto.

3.1 REQUISITOS INICIAIS PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO PARA EDIFÍCIOS EM PAREDES DE CONCRETO

O primeiro passo na elaboração de um projeto, geralmente começa pelo desenho arquitetônico, e é essencial que este leve em conta a compatibilidade com os projetos auxiliares que serão feitos posteriormente, em qualquer sistema estrutural que for. No caso do sistema em paredes de concreto, essa compatibilização prevista deve ter um cuidado rigoroso, pelo fato das paredes de concreto possuírem tanto função de vedação como função estrutural, que se concebida de forma errônea comprometeria tanto a divisão dos cômodos como a eficiência da estrutura, além de promover complicações evitáveis na execução da obra. Logo, a modelagem deste projeto pode seguir a ordem dos itens abaixo descritos.

3.1.1 Edifício Simplificado

Este projeto se enquadra nos requisitos à que a norma NBR 16055 (ABNT, 2012) refere-se como “edifício simplificado”, de até cinco pavimentos, presente no escopo (Item 1) desta norma, e este tipo de edificação pode começar a ser concebida pela avaliação dos requisitos presentes na Tabela 1:

Tabela 1 – Condições para edifício simplificado de paredes de concreto.

Vão livre máximo de Lajes	4 m
Sobrecarga máxima	300 kgf/m ²
Piso a piso máximo	3 m
Dimensão mínima em planta	8 m

Fonte: Adaptado de NBR 16055 (ABNT, 2012).

3.1.2 Parede de Concreto e suas dimensões

Segundo o item 3.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012), parede de concreto é um elemento estrutural autoportante, moldado no local, e para o ser considerado é necessário que tenha comprimento maior que dez vezes sua espessura, e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede.

A parede neste caso é o elemento mais importante de um projeto em paredes de concreto, e a sua resistência é definida pela espessura após a análise das ações na edificação. Porém para o desenvolvimento do projeto arquitetônico partimos do ponto de uma espessura mínima. A espessura está atrelada a altura desta parede, para alturas menores que 3 metros possui um valor fixo, e para alturas de parede maior que 3 metros possui um cálculo para comprimento equivalente da parede. Como o presente projeto trata-se de um edifício simplificado (pé direito máximo de 3 metros), a altura a ser adotada está na Tabela 2:

Tabela 2– Espessura e comprimento mínimo das paredes de concreto.

Espessura Mínima (t)	10 cm
Comprimento Mínimo	> 10 .t

Fonte: Adaptado de NBR 16055 (ABNT, 2012).

3.1.2.1 Comentários sobre desempenho acústico e térmico das paredes

Conforme Wendler (2008), para atendimento dos requisitos mínimos da norma de desempenho para conforto acústico baseado em valores de ruídos em decibéis, a espessura mínima é de 12 centímetros para paredes entre unidades habitacionais, visto que o desempenho acústico depende entre outros fatores, da massa do elemento parede.

Também conforme Wendler (2008), a espessura mínima de parede de divisa com o ambiente externo, para fazer parte do conjunto construtivo em parede de concreto que atenda a norma mínima de desempenho térmico, é de 10 centímetros.

3.1.3 Disposição das paredes em planta

O item 11.2 da NBR 16055 (ABNT, 2012), chamado “Esforços solicitantes”, possui um parágrafo, entre outros, que destaca que um edifício em paredes de concreto deve ser contraventado de forma a não permitir deslocamentos significativos entre a cobertura e a base. Este contraventamento passa pela disposição das paredes, ou seja, deve-se já na concepção do modelo arquitetônico do edifício pensar em arranjos de paredes que estejam dispostas nas duas direções da planta 2D.

É importante também o alinhamento das paredes de concreto, pois isto facilitará a locação dos eixos, o alinhamento das formas e também a necessidade de separação de pequenos painéis para arrematar cantos (NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO).

3.1.4 Modulação Coordenada

O item 5.3 da NBR 16055 (ABNT, 2012), ressalta requisitos de qualidade do projeto, sendo importante destacar para esta etapa de desenvolvimento para um projeto arquitetônico eficiente, a modulação das dimensões em planta conforme a NBR 15873 (ABNT, 2010) Coordenação modular para edificações, cuja principal função baseia-se na coordenação de dimensões adotando como medida padrão o módulo básico de 100 mm (Tabela 3), o que facilita, por meio da fabricação de implementos para construção civil, como formas, a adaptação simples de diferentes produtos oriundos de diversas indústrias distintas dentro do canteiro obras.

Tabela 3– Módulo Básico.

Módulo	10 cm
--------	-------

Fonte: Adaptado de NBR 15873 (ABNT, 2010).

3.1.5 Instalações

As instalações hidrossanitárias e elétricas estão descritas no item 13.3 NBR 16055 (ABNT, 2012), onde são descritas as situações em que as tubulações podem ser embutidas ou não nas paredes.

Porém o projeto de instalações sofreu mudanças por não contemplar os requisitos de exigência de manutenibilidade descritos na norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), as instalações hidrossanitárias antes autorizadas pela norma de estarem embutidas na parede de concreto, que geralmente tem função estrutural, seria impossível realizar a manutenção nestas instalações, por isso todas as tubulações hidrossanitárias devem ser postas externas as paredes, em shafts (NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO).

Para as instalações elétricas, pode-se utilizar eletrodutos verticais com diâmetro máximo de 50 mm, e eletrodutos verticais em trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 metro, se autorizado pelo projetista estrutural. Logo, para instalações pode-se guiar pela Tabela 4.

Tabela 4 – Posicionamentos e dimensões das instalações elétricas e hidrossanitárias.

INSTALAÇÕES VERTICAIS	
Hidrossanitárias	Shafts
Elétricas	Diâmetro Máx.: 50 mm
INSTALAÇÕES HORIZONTAIS	
Hidrossanitárias	Shafts
Elétricas	Diâmetro Máx.: 50 mm Comprimento Máx.: 1/3 do comprimento da parede não ultrapassando 1 metro.

Fonte: Adaptado de NBR 16055 (ABNT, 2012).

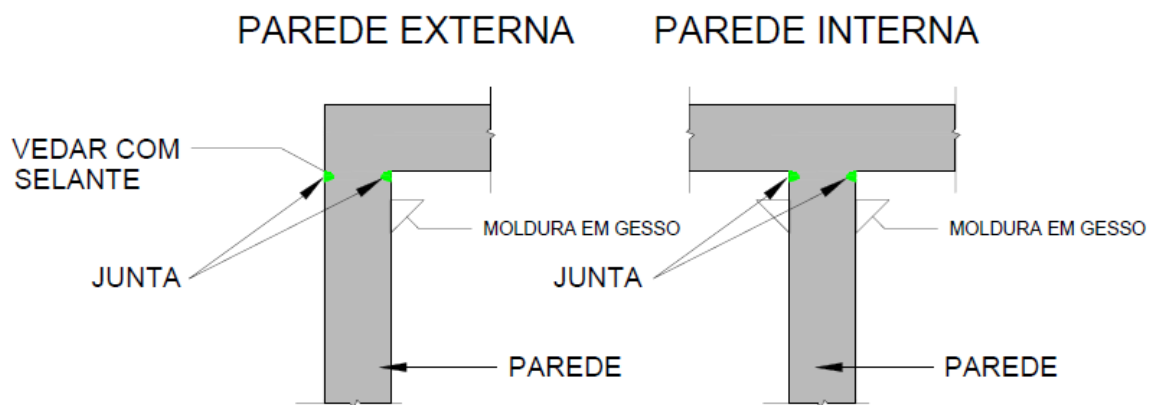
3.1.6 Juntas de trabalho

Presente no item 13.2 da NBR 16055 (ABNT, 2012), este mesmo destaca que pode ser necessária a confecção de três tipos de juntas, sendo elas juntas de controle verticais (item

13.2.1), junta de controle horizontal (item 13.2.2) e junta de dilatação (item 13.2.1). Conforme dito na mesma norma, as juntas verticais e horizontais podem ser serradas, passantes ou não passantes, pré-formadas ou serradas.

Devido a exposição intensa da laje de cobertura as variações de temperatura externas, a variação de volume desta peça é mais acentuada (NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO). Este mesmo artigo recomenda este detalhamento para execução da junta horizontal na cobertura, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Detalhes para execução de junta horizontal na cobertura.



Fonte: Adaptado de Núcleo de Referência Parede de Concreto.

Com os valores retirados do item 13.2 da NBR 16055 (ABNT, 2012), pode-se expô-los conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Posicionamento de juntas.

	Parede Interna	Parede Externa
Juntas de controle vertical:	cada 6 metros	cada 8 metros
Juntas de controle horizontal:	laje de cobertura	laje de cobertura

Fonte: Adaptado de NBR 16055 (ABNT, 2012).

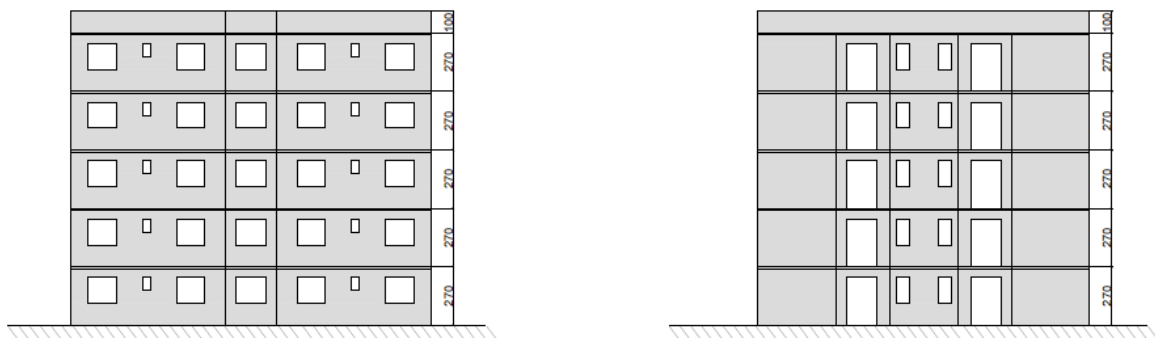
Além da Tabela 5, com as juntas que tem função principal de evitar fissuras nas paredes, há a junta de dilatação, que se necessária e não levada em consideração, segundo a NBR 16055

(ABNT, 2012), pode comprometer a integridade do conjunto. Todos os valores mínimos para juntas são determinados pela norma para casos onde não há um estudo específico sobre o efeito da variação de temperatura nas propriedades do concreto. O valor mínimo para previsão de junta de dilatação em edifícios de parede de concreto segundo a norma, é de 25 metros em planta, no plano horizontal.

3.1.7 Estudo de caso

Neste item será a apresentada a planta arquitetônica desenvolvida pelo autor com base nas características descritas no item 3.1 deste trabalho. O projeto resultou em um edifício de cinco pavimentos com quatro apartamentos por andar, estes com dois dormitórios, banheiro, sala de estar, sala de jantar e cozinha/serviço, com área privativa de 54,54 m², implantado em terreno fictício de grandes dimensões (sem levar em conta recuos e outras limitações de caráter de uso e ocupação do solo) e com reservatório de água fora da área de ocupação do edifício. A área total do pavimento tipo é de 238,12 m. As fachadas e a planta do pavimento tipo são apresentadas nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 – Fachada do edifício de cinco pavimentos.



Fonte: O autor.

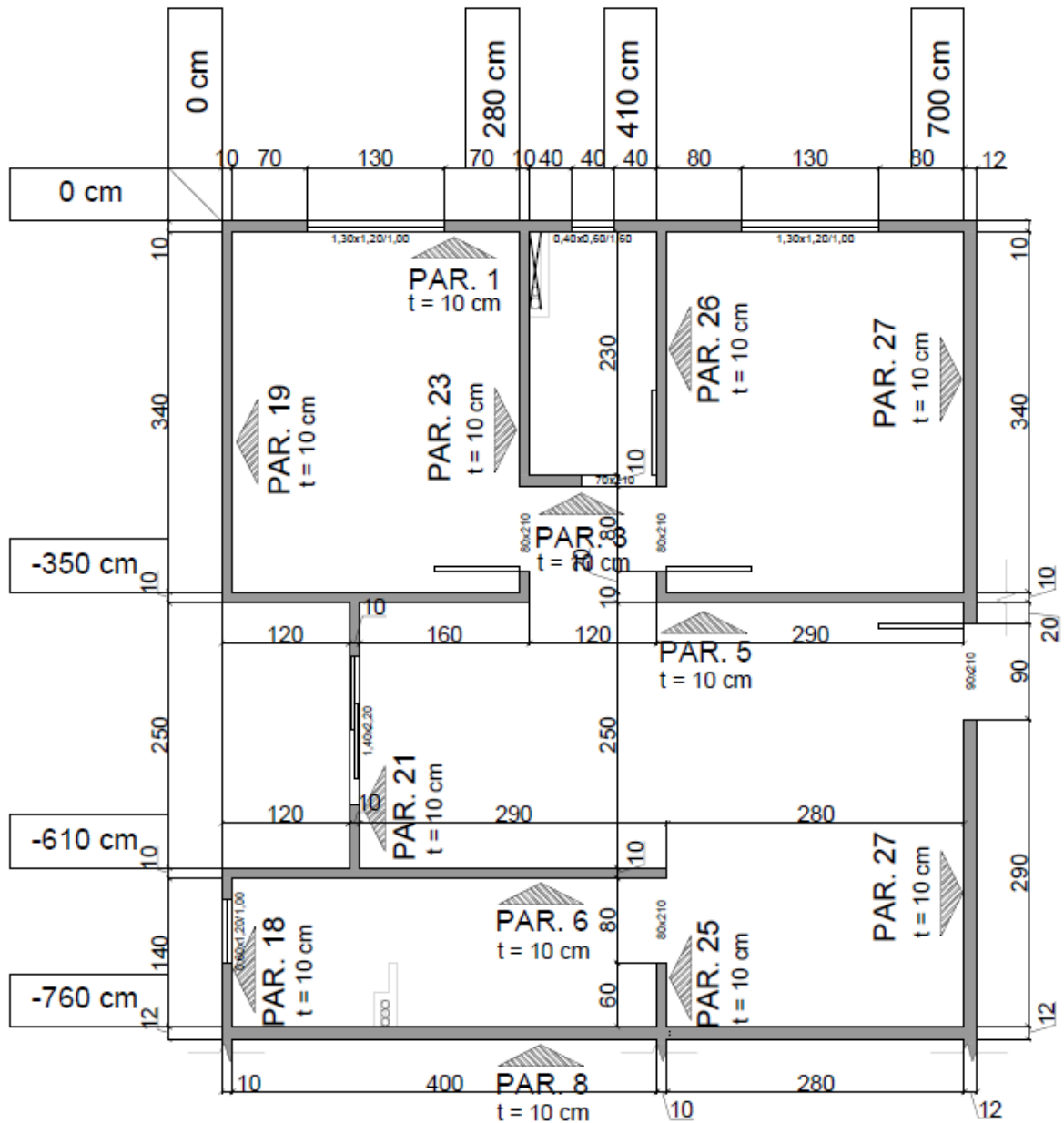
Figura 3 – Planta do edifício com quatro apartamentos por andar.



Fonte: O autor.

A paginação das paredes que serão dimensionadas e as quais serão feitas as plantas de elevações no capítulo 4 são apresentadas em um dos apartamentos tipo, localizado na região superior esquerda da planta, conforme Figura 4.

Figura 4 – Paginação e cotas de um apartamento tipo (cotas em centímetros).



Fonte: O autor.

3.2 REQUISITOS E MATERIAIS PARA DIMENSIONAMENTO DE EDIFÍCIO SIMPLIFICADO EM PAREDE DE CONCRETO

3.2.1 Paredes de concreto

A NBR 16055 (ABNT, 2012) destaca no item 14.4 as premissas básicas de concepção do projeto para a análise estrutural. Este item especifica, entre outros, a espessura mínima da

parede, citada no item 3.1.2 deste trabalho, onde foram especificadas premissas para desenvolvimento do projeto arquitetônico. Porém, como a parede de concreto possui tanto função de vedação quanto estrutural para edifícios em paredes de concreto, vale novamente salientar que a espessura da parede deve ser maior ou igual a 10 centímetros, e para que seja dimensionada como parede precisa ter comprimento maior ou igual a dez vezes a sua espessura, caso o contrário poderá ser dimensionado como pilar, pilar-parede ou viga-parede. Na figura 5 é possível visualizar uma obra em paredes de concreto.

Figura 5 – Obra em paredes de concreto.



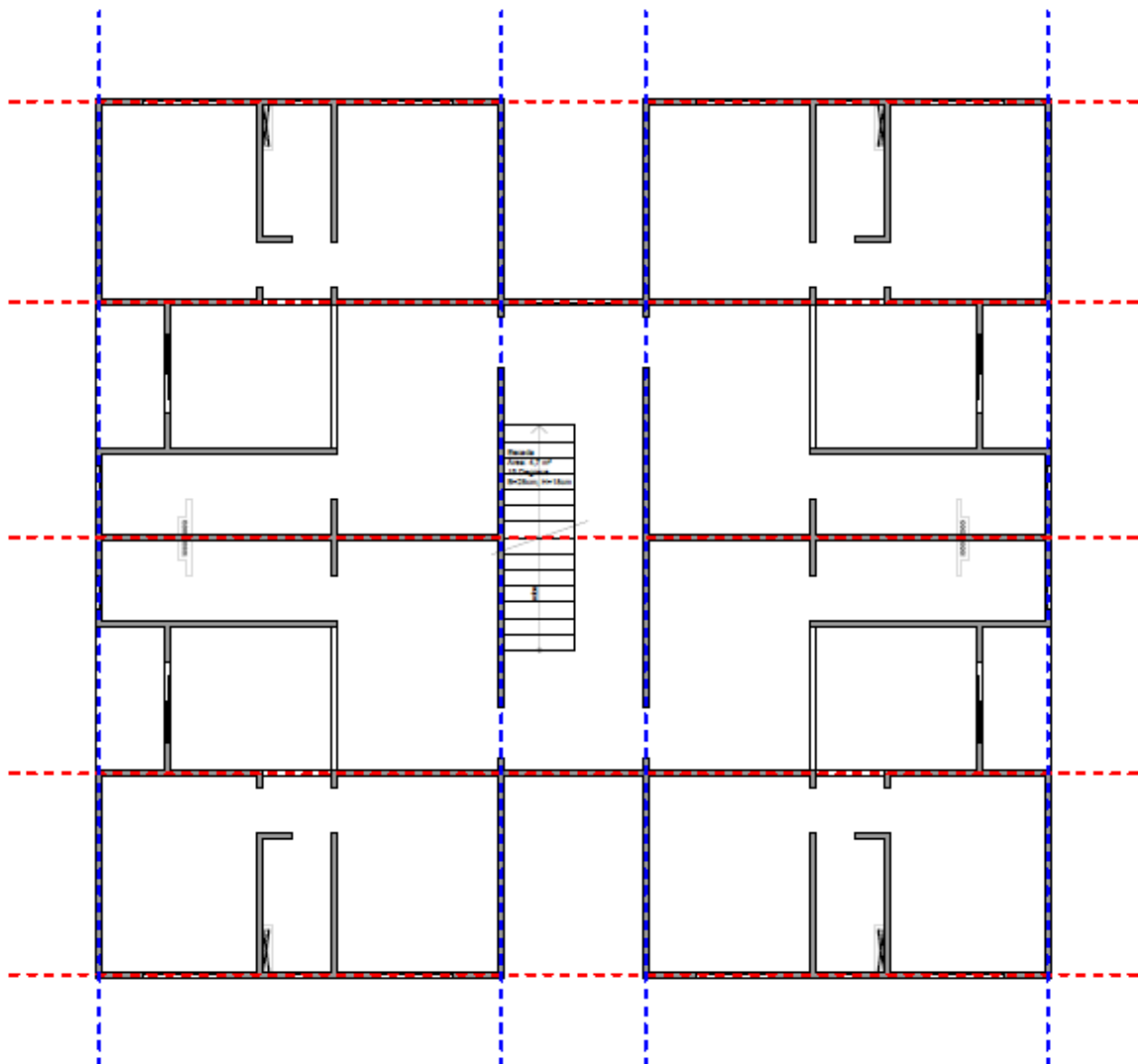
Fonte: ABECE.

Conforme Braguim e Bittencourt (2014), é essencial a escolha correta da espessura das paredes, visto que ela é um dos principais fatores que que implica no suporte das ações a que a construção será submetida, levando em conta fatores como a altura do edifício e a resistência dos materiais adotados.

Quanto ao cobrimento dos elementos de concreto em edifícios de paredes de concreto o item 7 da NBR 16055 (ABNT, 2012) cita como válidos os requisitos da NBR 6118 de 2007, hoje atualizada para NBR 6118 (ABNT, 2014), e informa que para o cobrimento das paredes de concreto utiliza-se o mesmo valor dos pilares.

O item 11.2 da NBR 16055 (ABNT, 2012) nomeado “Esforços solicitantes” cita as paredes resistentes dispostas em duas direções como garantidoras da estabilidade do conjunto estrutural. Pode-se então, após a concepção do projeto arquitetônico, analisar este quesito, exemplificado no estudo de caso deste trabalho pela Figura 6.

Figura 6 – Paredes de contraventamento.



Legenda:

----- Paredes resistentes na direção X

----- Paredes resistentes na direção Y

Fonte: O autor.

3.2.2 Concreto

Para especificar a resistência do concreto, segundo o item 8.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012), primeiramente deve-se conhecer a classe de agressividade a que a obra estará sujeita. Para este projeto fictício será utilizada a classe de agressividade II da NBR 12655 (ABNT, 2015). Entretanto, o item 6 da NBR 16055 (ABNT, 2012) que preconiza as diretrizes para a durabilidade das estruturas de paredes de concreto, cita que para paredes com armadura centrada de cobrimento maior que o especificado, presentes neste estudo de caso, podemos utilizar uma classe de agressividade ambiental imediatamente mais branda, neste caso classe de agressividade ambiental I.

O item 14.4 da NBR 16055 (ABNT, 2012) parte da premissa que a resistência à compressão (f_{ck}) do concreto deve ser menor que 40 MPa.

Existem classes de concreto específicas para as paredes de concreto, já outros elementos como lajes e vigas devem seguir o que preconiza a NBR 6118 (ABNT, 2014; ABCP; ABESC; IBTS, 2007/2008). Esta mesma fonte propôs uma tabela com tipologias para concretos específicos para paredes de concreto (Tabela 6).

Tabela 6 – Tipografias para concretos específicos aplicadas em paredes de concreto.

Tipo	Descrição	Massa específica (kg/m ³)	Resistência mínima à compressão (MPa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1.500 a 1.600	4	Casas de até 2 pavimentos
L2	Com agregado leve	1.500 a 1.800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de ar incorporado	1.900 a 2.000	6	Casas de até 2 pavimentos
N	Convencional ou auto-adensável	2.000 a 2.800	20	Qualquer tipologia

Devemos considerar as classes de concreto conforme a tabela acima exclusivamente para as paredes de concreto. As lajes e quaisquer outros elementos de concreto armado deverão seguir as especificações da norma ABNT NBR 6118, inclusive quanto ao concreto empregado.

Fonte: (ABCP; ABESC; IBTS, 2007/2008).

3.2.3 Aço

A NBR 16055 (ABNT, 2012), no item 8.2 chamado “Aço”, salienta que poderão ser utilizadas em paredes de concreto aço no tipo tela soldada especificadas conforme NBR 7481 Tela de aço soldada – Armadura para concreto (ABNT, 1990), barras conforme NBR 7480 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação e treliças (ABNT, 1985) e conforme NBR 14862: Armaduras treliçadas eletrossoldadas – Requisitos (ABNT, 2002).

No caso de construções em paredes de concreto a armadura tem como funções básicas resistir aos esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e servir de fixação para as instalações (ABCP; ABESC; IBTS, 2007/2008).

Geralmente o tipo armadura utilizado em paredes de concreto é a tela soldada, industrializada, que pode ser posicionada no eixo da parede ou se for armadura dupla, nas faces da parede, barras de aço se utilizadas, normalmente fazem parte de pontos específicos como vergas e cintas (ABCP; ABESC; IBTS, 2007/2008).

Já no item 17.3 da NBR 16055 (ABNT, 2012), é citado a armadura mínima para paredes de concreto para os tipos de aço citados no item 8.2 desta mesma norma. Segundo a norma, esta seção deverá ser calculada para aços da classe CA-60. Para armaduras simples verticais, no caso do edifício simplificado, a seção mínima deve corresponder a 0,09% da seção de concreto. Para armaduras simples horizontais a seção mínima é de 0,15% da seção de concreto. Paredes internas podem ter até 40% deste valor. Pode-se conferir alguns valores normatizados no item 17.3.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012) na Tabela 7.

Tabela 7 – Áreas mínimas de aço para paredes com tela simples.

	Parede	Seção Mínima em % de Ac
Armaduras Verticais	Externa	0,09
	Interna	0,09
Armaduras Horizontais	Externa	0,15
	Interna	0,09

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16055 (ABNT, 2012).

Armaduras duplas, conforme o item 17.3.3 “Quantidade de tela soldada”, cita a utilização de armaduras duplas para três situações: parede com espessura t maior ou igual a 15 cm, paredes térreas sujeitas a choque de veículos e paredes que engastam marquises e terraços em balanço.

Usualmente em obras, estas telas de aço soldadas são utilizadas conforme padrões da indústria. Para o desenvolvimento deste projeto padrão será selecionada um tipo de armadura padrão, conforme a Tabela 8, retirada e adaptada do site de um fabricante.

Tabela 8 – Referência para telas soldadas nervuradas.

Desig.	Esp. Long. (cm)	Esp. Transv. (cm)	Ø Long. (mm)	Ø Transv. (mm)	Seção Long. (cm ² /m)	Seção Transv. (cm ² /m)	Rolo /Painel	Largura (m)	Comp. (m)	kg/m ²	kg/peça
Q61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	PAINEL	2,45	6	0,97	14,25
Q75	15	15	3,8	3,8	0,75	0,75	PAINEL	2,45	6	1,21	17,81
Q92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	PAINEL	2,45	6	1,48	21,67
Q138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	PAINEL	2,45	6	2,2	32,34
Q196	10	10	5	5	1,96	1,96	PAINEL	2,45	6	3,11	45,72

Fonte: Adaptado Gerdau.

3.2.3.1 Seção de aço nas Paredes

No estudo de caso apresentado no item 3.5.1, foram adotadas espessuras de parede iguais a 10 e 12 centímetros. Logo, o cálculo que nos levará a escolha da tela adotada conforme Tabela 8, será utilizada para todas as paredes do edifício, ou seja, não importando o andar ou posição em planta, desconsiderando reforços em aberturas, a tela adotada será a mesma para espessura de paredes e ambientes externos ou internos iguais.

As colunas 6 e 7 da Tabela 8 nos informam a seção de aço em centímetros quadrados por metro linear de parede, taxa que acaba por nomear a referência de cada tipo de tela soldada. Podemos adotar a tela correta conforme cálculos abaixo:

Para paredes com “t” igual a 10 centímetros externas:

Área de concreto “Ac” por metro linear de parede está indicada na Equação 1.

$$Ac = t \times 1 = 0,1 \frac{m^2}{m} \text{ ou } 1000 \text{ cm}^2/m \quad (1)$$

Área de aço mínima “As,mín” por metro linear de parede, segundo Tabela 7:

Para armaduras verticais conforme Equação 2.

$$As, \text{mín} = 0,0009 \times Ac = 0,9 \text{ cm}^2/m \quad (2)$$

Para armaduras horizontais conforme Equação 3.

$$A_s, \text{mín} = 0,0015 \times A_c = 1,5 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (3)$$

Logo, a área mínima de aço da parede na seção mais desfavorável é de 1,5 centímetros quadrados, podendo ser adotada a tela soldada nervurada de referência Q196, com 1,96 centímetros quadrados de aço por metro linear de parede.

Para paredes com “t” igual a 10 centímetros internas:

Área de concreto “Ac” por metro linear de parede está indicada na Equação 4.

$$A_c = t \times 1 = 0,1 \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \text{ ou } 1000 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (4)$$

Área de aço mínima “As,mín” por metro linear de parede, segundo Tabela 7:

Para armaduras verticais conforme Equação 5.

$$A_s, \text{mín} = 0,0009 \times A_c = 0,9 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (5)$$

Para armaduras horizontais conforme Equação 6.

$$A_s, \text{mín} = 0,0009 \times A_c = 0,9 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (6)$$

Logo, a área mínima de aço da seção transversal e longitudinal é de 0,9 centímetros quadrados, podendo ser adotada a tela soldada nervurada de referência Q92, com 0,92 centímetros quadrados de aço por metro linear de parede.

Para paredes com t igual a 12 centímetros externas:

Área de concreto “Ac” por metro linear de parede linear de parede está indicada na Equação 7.

$$A_c = t \times 1 = 0,12 \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \text{ ou } 1200 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (7)$$

Área de aço mínima “As,mín” por metro linear de parede, segundo Tabela 7:

Para armaduras verticais conforme Equação 8.

$$A_{s, \text{mín}} = 0,0009 \times A_c = 1,08 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (8)$$

Para armaduras horizontais conforme Equação 9.

$$A_{s, \text{mín}} = 0,0015 \times A_c = 1,8 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (9)$$

Logo, a área mínima de aço da parede na seção mais desfavorável é de 1,8 centímetros quadrados, podendo ser adotada a tela soldada nervurada de referência Q196, com 1,96 centímetros quadrados de aço por metro linear de parede.

Para paredes com t igual a 12 centímetros internas:

Área de concreto “ A_c ” por metro linear de parede está indicada na Equação 10.

$$A_c = 0,12 \frac{m^2}{m} \text{ ou } 1200 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (10)$$

Área de aço mínima “ $A_{s, \text{mín}}$ ” por metro linear de parede, segundo Tabela 7:

Para armaduras verticais conforme Equação 11.

$$A_{s, \text{mín}} = 0,0009 \times A_c = 1,08 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (11)$$

Para armaduras horizontais conforme Equação 12.

$$A_{s, \text{mín}} = 0,0009 \times A_c = 1,08 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (12)$$

Logo, a área mínima de aço da parede na seção mais desfavorável é de 1,08 centímetros quadrados, podendo ser adotada a tela soldada nervurada de referência Q138, com 1,38 centímetros quadrados de aço por metro linear de parede.

O item 17.3.2 da NBR 16055 (ABNT, 2012), especifica o espaçamento máximo entre barras, que deve ser de menor ou igual que duas vezes a espessura da parede e não maior que 30 centímetros. Logo, as telas soldadas Q92, Q138 e Q196 encontradas para este projeto conforme a Tabela 8, apresentam respectivamente espaçamentos de 10 centímetros, 15 centímetros e 15 centímetros, tanto no sentido horizontal quanto vertical.

Para cálculos de resistência das paredes, necessitamos como parâmetro a taxa geométrica de armadura vertical da parede, representado pela letra do alfabeto grego rho ou “ρ”. Esta taxa segundo o item 17.5.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012) não pode ser maior que 1%, e é encontrada conforme Equação 13.

$$\rho = \frac{A_{s, \text{calc}}}{A_c} \quad (13)$$

Os resultados da taxa geométrica de armadura vertical foram organizados na Tabela 9.

Tabela 9 – Taxa geométrica “ρ” das paredes de concreto.

Espessura da parede (cm)	Ambiente	A_c (cm ²)	$A_{s, \text{mín}}$ (cm ²)	ρ (%)	Tela
10	Interno	1000	0,92	0,092	Q92
	Externo	1000	1,96	0,196	Q196
12	Interno	1200	1,96	0,163	Q196
	Externo	1200	1,38	0,115	Q138

Fonte: Autor.

3.2.3.2 Reforços horizontais

O item 17.4 da NBR 16055 (ABNT, 2012) cita o uso de reforços horizontais em esquadrias com valor de dimensão horizontal igual ou maior a 40 centímetros, na face superior e inferior, determinado por modelo elástico ou biela-tirante. A seção mínima de aço é de 0,5 centímetros quadrados por face. Outra situação de reforço horizontal é em paredes de borda superior livre, com área de aço mínima de 0,5 centímetros quadrados.

3.2.3.3 Ligações entre elementos

O item 16 da NBR 16055 (ABNT, 2012) salienta a necessidade de armaduras de ligação entre paredes, parede e laje e parede e fundação, com área mínima idêntica a horizontal para ligações no sentido horizontal, e idêntica a área mínima vertical para ligações horizontais, ou seja, para o encontro entre paredes basta cortar a armadura de forma que um trecho da armadura

horizontal cruze com a parede a ser ligada, e para a armadura vertical basta colocar esperas para a ancoragem do elemento a ser concretado na próxima etapa.

4 RESULTADOS

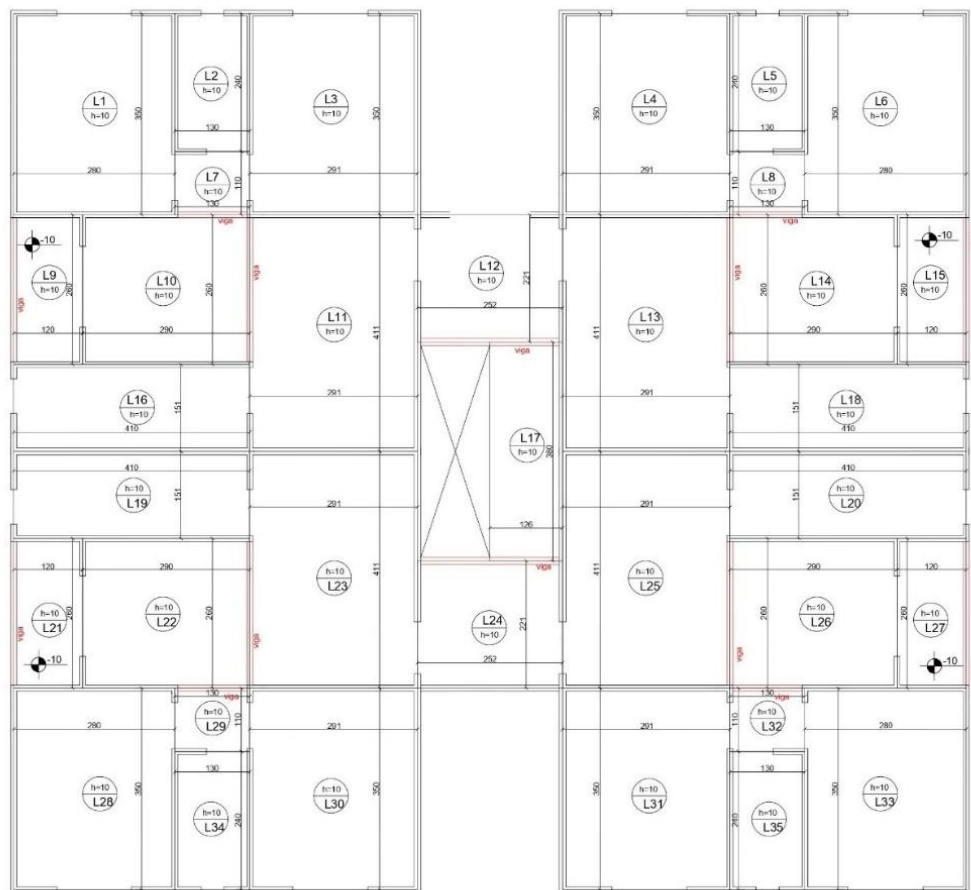
4.1 LAJES

4.1.1 Tipo de Laje

Segundo o item de número 1 da NBR 16055 (ABNT, 2012), o uso de lajes pré-moldadas não é admitido em projetos de paredes de concreto. Para garantir uma boa monoliticidade da estrutura, podendo ser concretadas as lajes no mesmo ciclo das paredes, serão adotadas lajes maciças de concreto.

A disposição das lajes maciças no projeto, apoiadas sob as paredes, é apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Disposição das lajes maciças.



Fonte: O autor.

4.1.2 Cálculo das ações nas lajes

Presente no item 11.2 chamado “Esforços solicitantes” da NBR 16055 (ABNT, 2012), permite o cálculo das reações das lajes pelo método das charneiras plásticas. Para dimensionamento das lajes neste trabalho será utilizado concreto de fck igual a 25 MPa. As sobrecargas de utilização estão com o valor inferior ao que preconiza as sobrecargas máximas para edifícios simplificados descritos no item 3.1.1 deste trabalho.

Sobre a laje de cobertura e o seu desempenho térmico, a Diretriz SINAT 001 (2017) serviu como base para Caixa Econômica Federal exigir espessura de 10 centímetros para dispensar ensaios de simulação térmica (WENDLER, 2008). Portanto este trabalho utilizará mesma espessura para todas as lajes no edifício deste estudo de caso (Tabela 10).

Tabela 10 – Parâmetros para o cálculo das lajes.

Classe de agressividade:	II
Cobrimento:	2,5 cm
fck do concreto:	25 MPa
Carga variável:	150 kgf/m ²
Carga de revestimentos:	100 kgf/m ²

Fonte: O autor.

As reações das lajes nas paredes foram calculadas com auxílio do software Flash Lajes, e apresentaram o resultado exposto na Tabela 11. Onde as lajes estão engastadas entre si e simplesmente apoiadas nas paredes.

Tabela 11 – Valor das reações nas lajes.

Laje	Lx m	Ly m	PESO PRÓPRIO				CARGA ACIDENTAL							
			Vx kN/m	Vx' kN/m	Vy kN/m	Vy' kN/m	Vx kN/m	Vx' kN/m	Vy kN/m	Vy' kN/m				
L1	280	350	3,06	5,34	2,55	4,45	1,53	2,67	1,28	2,22	1,53	2,67	1,27	2,23
L2	130	240	0	2,56	0,96	1,62	0	1,28	0,48	0,81	0,00	1,28	0,48	0,81
L3	291	350	3,13	5,37	2,68	4,6	1,57	2,69	1,34	2,30	1,57	2,69	1,34	2,30
L4	291	350	3,13	5,37	2,68	4,6	1,57	2,69	1,34	2,30	1,57	2,69	1,34	2,30
L5	130	240	0	2,56	0,96	1,62	0,00	1,28	0,48	0,81	0,00	1,28	0,48	0,81
L6	280	350	3,21	5,61	2,68	4,67	1,61	2,81	1,34	2,34	1,61	2,81	1,34	2,34
L7	110	130	0	1,66	0	1,43	0,00	0,83	0,00	0,72	0,00	0,83	0,00	0,72
L8	110	130	0	1,66	0	1,43	0,00	0,83	0,00	0,72	0,00	0,83	0,00	0,72
L9	120	260	1,56	2,69	0	1,92	0,78	1,35	0,00	0,96	0,78	1,35	0,00	0,96
L10	260	290	0	3,77	0	3,41	0,00	1,89	0,00	1,71	0,00	1,89	0,00	1,71
L11	291	411	2,93	5,09	0	4,6	1,47	2,55	0,00	2,30	1,47	2,55	0,00	2,30
L12	221	252	1,83	0	0	4,21	0,92	0,00	0,00	2,11	0,92	0,00	0,00	2,11
L13	291	411	2,93	5,09	0	4,6	1,47	2,55	0,00	2,30	1,47	2,55	0,00	2,30
L14	260	290	0	3,77	0	3,41	0,00	1,89	0,00	1,71	0,00	1,89	0,00	1,71
L15	120	260	1,56	2,69	0	1,92	0,78	1,35	0,00	0,96	0,78	1,35	0,00	0,96
L16	151	410	0	3,24	1,09	1,89	0,00	1,62	0,55	0,95	0,00	1,62	0,55	0,95
L17	126	380	1,82	3,16	0	1,98	0,91	1,58	0,00	0,99	0,91	1,58	0,00	0,99
L18	151	410	0	3,24	1,09	1,89	0,00	1,62	0,55	0,95	0,00	1,62	0,55	0,95
L19	151	410	0	3,24	1,09	1,89	0,00	1,62	0,55	0,95	0,00	1,62	0,55	0,95
L20	151	410	0	3,24	1,09	1,89	0,00	1,62	0,55	0,95	0,00	1,62	0,55	0,95
L21	120	260	1,56	2,69	0	1,92	0,78	1,35	0,00	0,96	0,78	1,35	0,00	0,96
L22	260	290	0	3,77	0	3,41	0,00	1,89	0,00	1,71	0,00	1,89	0,00	1,71
L23	291	411	2,93	5,09	0	4,6	1,47	2,55	0,00	2,30	1,47	2,55	0,00	2,30
L24	221	252	1,83	0	0	4,21	0,92	0,00	0,00	2,11	0,92	0,00	0,00	2,11
L25	291	411	2,93	5,09	0	4,6	1,47	2,55	0,00	2,30	1,47	2,55	0,00	2,30
L26	260	290	0	3,77	0	3,41	0,00	1,89	0,00	1,71	0,00	1,89	0,00	1,71
L27	120	260	1,56	2,69	0	1,92	0,78	1,35	0,00	0,96	0,78	1,35	0,00	0,96
L28	280	350	3,06	5,34	2,55	4,45	1,53	2,67	1,28	2,23	1,53	2,67	1,28	2,23
L29	110	130	0	1,66	0	1,43	0,00	0,83	0,00	0,72	0,00	0,83	0,00	0,72
L30	291	350	3,13	5,37	2,68	4,6	1,57	2,69	1,34	2,30	1,57	2,69	1,34	2,30
L31	291	350	3,13	5,37	2,68	4,6	1,57	2,69	1,34	2,30	1,57	2,69	1,34	2,30
L32	110	130	0	1,66	0	1,43	0,00	0,83	0,00	0,72	0,00	0,83	0,00	0,72
L33	280	350	3,21	5,61	2,68	4,67	1,61	2,81	1,34	2,34	1,61	2,81	1,34	2,34
L34	130	240	0	2,56	0,96	1,62	0,00	1,28	0,48	0,81	0,00	1,28	0,48	0,81
L35	130	240	0	2,56	0,96	1,62	0,00	1,28	0,48	0,81	0,00	1,28	0,48	0,81

OBS: Área Comum
Sacada

Fonte: O autor.

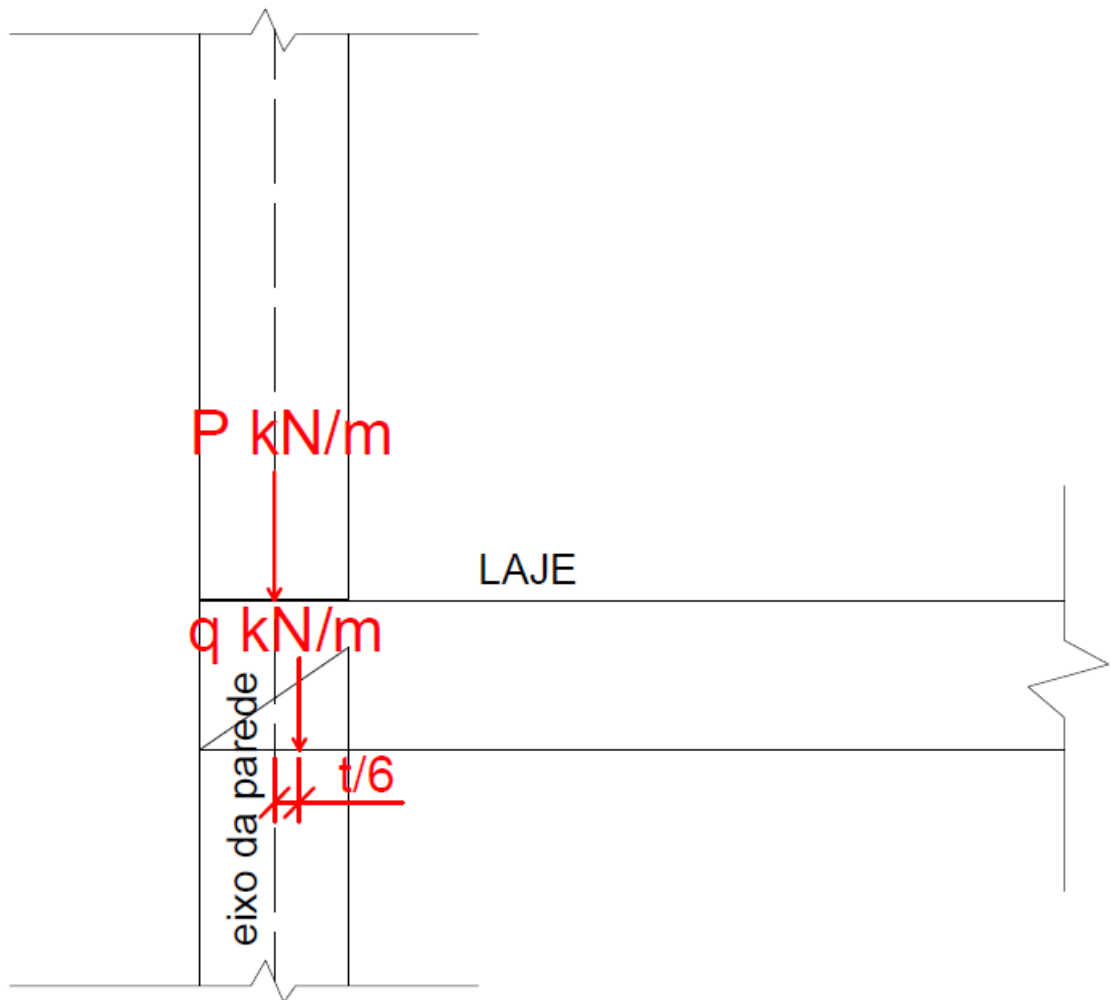
4.2 PAREDES

4.2.1 Excentricidade nas paredes

O item 14.4 da NBR 16055 intitulado “Premissas básicas de projeto” cita que “Paredes predominantemente comprimidas com excentricidades menores que $t/10$ podem ser tratadas pelo critério simplificado de dimensionamento [...]” (ABNT, 2012). Portanto será calculada a excentricidade de uma parede qualquer do projeto, para posteriormente, caso o valor encontrado permita, calcular-se-á a resistência sob a normal de compressão.

As cargas provocam as ações na parede conforme a Figura 8, onde “P” é o peso próprio da parede como carga distribuída ao longo do eixo central da parede e “q” a carga distribuída da laje com distância de um sexto de “t” do centro da parede, conforme Figura 8.

Figura 8 – Esquema atuação das cargas.



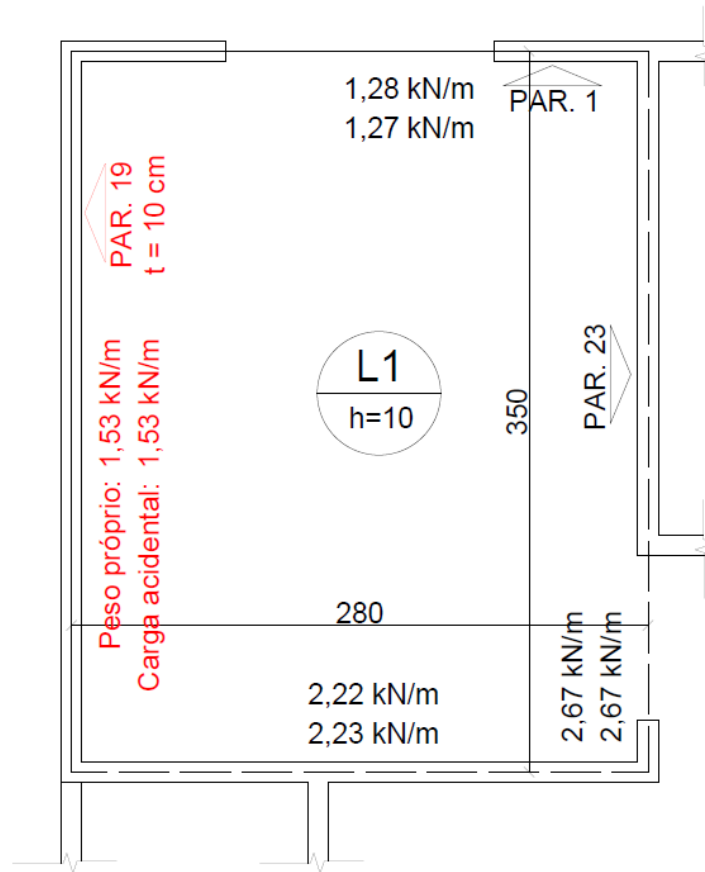
Fonte: O autor.

Primeiramente precisa-se encontrar a excentricidade final “ ef ”, com a fórmula apresentada na Equação 14, para o ponto mais desfavorável, neste caso a parede do último pavimento:

$$ef = \frac{q \cdot \frac{t}{6}}{P + q} \quad (14)$$

O presente cálculo terá como valores de ações e espessuras a laje “L1” que se apoia sob a parede “PAR.19”, com espessura de 10 centímetros, o que resulta em uma excentricidade da parede igual a 0,1 t, esquematizado na Figura 9.

Figura 9 – Esquema atuação das cargas.



Fonte: O autor.

Logo:

$$ef = \frac{3,06 \cdot \frac{t}{6}}{6,5 + 3,06}$$

$$ef = \frac{3,06 \cdot \frac{t}{6}}{6,5 + 3,06} \quad (15)$$

$$ef = 0,0533 t < 0,1 t$$

Assim, conforme resultado encontrado na Equação 15, o dimensionamento seguirá o critério simplificado presente no item 17.5.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012).

4.2.2 Resistência de cálculo sob normal de compressão

O item 17.5.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012) apresenta o equacionamento para a resistência de cálculo conforme a Equação 16, onde pode-se utilizar como incógnita a

resistência de cálculo do concreto f_{cd} . Onde o "nd, resist" é a normal resistente de cálculo, por unidade de comprimento, admitida no plano médio da parede.

$$nd, resist \leq \frac{(0,85 f_{cd} + \rho \times f_{scd})t}{1,643} \quad (16)$$

Por meio do procedimento comentado em 4.2.1, encontra-se a força normal resistente na parede 19 do primeiro pavimento, o valor de 31,74 KN/m, que é a soma das cargas dos pavimentos no andar mais desfavorável, o encontro da parede com a laje do primeiro pavimento. O γ_c do concreto em paredes de concreto segundo o mesmo item 17.5.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012), considerando a compatibilização da deformação do aço com a do concreto adjacente é igual a Equação 17.

$$\gamma_c = 1,4 \times 1,2 = 1,68 \quad (17)$$

O f_{scd} calculado, que é a resistência à tração de cálculo do aço, encontrada pela expressão $E_s \cdot 0,002 / \gamma_s$ foi de 36,5 KN/cm² e a taxa geométrica de armadura vertical da parede 19 "p" em porcentagem, não sendo admitido valores maiores que 1%, é igual a 0,196 para e espessura "t" da parede 19 igual a 10 centímetros. Logo o cálculo da primeira parcela da expressão é apresentado na Equação 18.

$$31,74 \frac{KN}{m} \times 1,68 \leq \frac{(0,85 f_{cd} + 0,196 \times 36,5 \frac{kN}{m^2}) 0,1 m}{1,643} \quad (18)$$

$$f_{cd} \geq 1022,11 \frac{kN}{m^2}$$

Multiplicando o f_{cd} pelo γ_c :

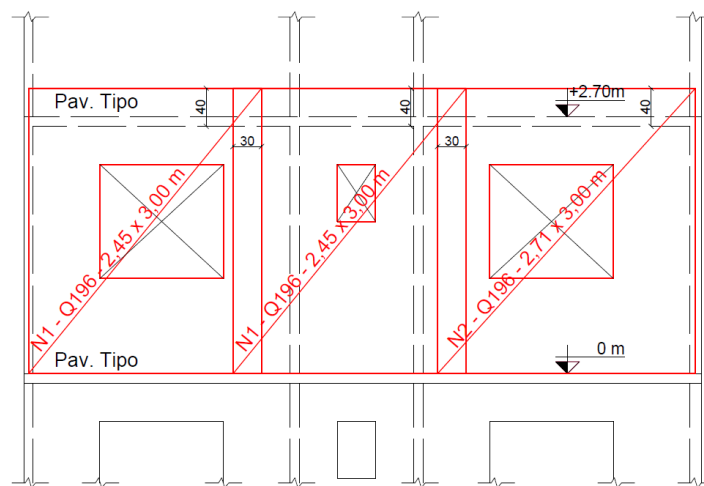
$$f_{ck} \geq 1,17 MPa$$

Como o f_{ck} adotado para este projeto, para padronizar o concreto com o concreto das lajes, adotado o mínimo para a classe de agressividade II, foi de 25 Mpa, a verificação está ok.

4.2.3 Planta de Elevação

O item 5.4 da NBR 16055 (ABNT, 2012) cita a planta de elevação das paredes com detalhes da armadura como sendo documentação para o projeto de estruturas em paredes de concreto. Analisamos como resultado os cálculos de armadura da parede “PAR. 1” na Figura 10.

Figura 10 – Planta de elevação com armadura da parede 1.



Fonte: O autor.

Vale salientar que na Figura 10 o valor de 40 centímetros refere-se ao arranque para a armadura do próximo pavimento e o valor de 30 centímetros é o transpasse entre os painéis de armaduras soldadas. Tanto os valores de arranque, transpasse e comprimento de corte dos painéis são decisões do projetista.

5 CONCLUSÃO

O sistema de paredes de concreto se torna viável e competitivo no momento em que há grande escala de construção e um projeto eficiente. A eficiência do projeto se dá na modulação correta e no entendimento do sistema paredes de concreto como um passo a frente da construção civil enquanto indústria, devido ao grau de padronização de equipamentos principalmente formas e armaduras. A norma brasileira sobre parede de concreto moldada no local é de recente formulação, e o desenvolvimento técnico-tecnológico deste sistema naturalmente passa pelo conhecimento e interesse de profissionais da engenharia nesta área.

O edifício simplificado em paredes de concreto para a ABNT NBR 16055 se mostrou com vocação para uso residencial, sem a possibilidade de grandes vãos e sobrecargas, tornando-se uma boa opção para o cumprimento do curto tempo de construções de interesse social que tem por objetivo a redução do déficit habitacional do país, com qualidade e normatização.

REFERÊNCIAS

- 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. Disponível em: <http://abesc.org.br/pdf/coletanea_ativos.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655:** Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 1486:** Armaduras treliçadas eletrossoldadas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873:** coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.
- 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.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480:** Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481:** Tela de aço soldada – Armadura para concreto. Rio de Janeiro, 1990.
- BRAGUIM, T. C.; BITTENCOURT, T. N. Dimensionamento de paredes de concreto armado moldadas no local para a máxima tensão normal de compressão. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 498-533, jun., 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952014000300008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952014000300008>.
- DIRETRIZ SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS (SINAT). **Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local.** Brasília, jul. 2017. Disponível em: <http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- FARIAS, R. S. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto com a incorporação da interação solo-estrutura e das ações evolutivas.** 2018. 263 f. Tese (Doutorado Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2018.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Como construir paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo, 147. ed., p. 74-80, jun., 2009. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1653308-Como-construir-paredes-de-concreto.html#:~:text=1%20Revista%20T%C3%A9cnica%20Edi%C3%A7%C3%A3o%20147,desafio%20%C3%A9%20a%20redu%C3%A7%C3%A3o%20do>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

NÚCLEO DE REFERÊNCIA PAREDE DE CONCRETO. **A importância do projeto para o sistema construtivo paredes de concreto**. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/cms/wp-content/uploads/2016/03/Projeto_Paredes_de_Concreto.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.

WENDLER, A. Desempenho das Paredes de Concreto – Atendimento à NBR 15.575. **Blog da Liga**, São Paulo, 01 ago. 2017. Disponível em: <<https://blogdaliga.com.br/desempenho-das-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

WENDLER, A. Paredes de concreto em habitações – velocidade com qualidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL, 11., 2008, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ENEC, 2008. Disponível em: <http://www.abece.com.br/web/download/pdf/enece2008/Palestra_Arnoldo_Wendler.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.