



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE ENGENHARIAS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MILENA FORTE DOS SANTOS

**EFEITOS DA FALTA DE PROJETO ESTRUTURAL NA EXECUÇÃO DE UM
EDIFÍCIO E PROPOSTA DE UM PROJETO ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO**

MOSSORÓ

2020

MILENA FORTE DOS SANTOS

**EFEITOS DA FALTA DE PROJETO ESTRUTURAL NA EXECUÇÃO DE UM
EDIFÍCIO E PROPOSTA DE UM PROJETO ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do
Semiárido como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Silvanete Severino da Silva, Prof. Dra.

MOSSORÓ

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)



O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MILENA FORTE DOS SANTOS

**EFEITOS DA FALTA DE PROJETO ESTRUTURAL NA EXECUÇÃO DE UM
EDIFÍCIO E PROPOSTO DE UM PROJETO ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do
Semiárido como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Silvanete Severino da Silva, Prof. Dra.

DEFENDIDA EM: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Silvante Severino da Silva, Prof. Dra. (UFERSA)
Presidente

Geovanna Maria Andrade de Oliveira, Prof. (UFERSA)
Membro Examinador

Francisco Rosendo Sobrinho, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

FRANCISCO FAUSTO DOS SANTOS (*in memoriam*)

Dedico à minha mãe e ao meu esposo, cujos foram meu baluarte forte nesses anos acadêmicos. São os mais presentes, fiéis e companheiros nessa caminhada árdua e prazerosa que é a vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a Deus, pela vida, proteção e coragem para lutar pela realização de todos os sonhos, os quais só são possíveis quando temos fé para se alcançar.

Agradeço à minha mãe, Miraslânia Forte, minha fonte de inspiração e de amor inesgotável.

Agradeço à minha Vó, Tereza Ferreira, pela bela criação que me deu, por todas as formas e gestos de amor desde o meu nascimento até hoje.

Agradeço ao meu esposo, Welesson Lima, pelo afago nas horas difíceis, dado com tanto amor e sem pedir nada em troca.

Agradeço aos amigos, que são essenciais para tornar os dias mais leves, em especial, Maria Isadora Messias, mais que uma colega de curso, uma amiga que a vida me deu para compartilhar de todas as alegrias, tristezas e desafios, onde juntas aprendemos a amar o curso e motivar uma a outra.

Agradeço aos professores, esses que do seu ofício são capazes de ensinar, formar cidadãos e ser exemplo para quem o assiste na sala de aula, em especial à minha orientadora, Silvanete Silva, que me recebeu com todo carinho e que buscou de todas as formas me ajudar neste trabalho.

Ademais, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui.

RESUMO

A engenharia civil é um dos ramos da engenharia mais antigos e ainda assim, seus profissionais enfrentam problemas de identidade devido a autoconstrução que se tornou empreendimento nos dias atuais, sendo perceptível que muitos mestres ainda são responsáveis por projetar a obra, cumprindo a função do engenheiro. Dessa forma, o presente trabalho propõe analisar uma obra que possui toda estrutura concebida através do conhecimento empírico do mestre, verificando se tal concepção obedece aos requisitos exigidos pela NBR 6118/2014 e discutindo sobre quais implicações as inadequações perante a norma trazem, para assim, conceber uma nova proposta de projeto estrutural com intuito de solucionar os problemas encontrados pela falta do mesmo. Para cumprir este objetivo, utilizou-se como estudo a construção de um edifício residencial e comercial formado por dois pavimentos que constituem uma área construída total de 305,5 m², estando localizado no município de Mossoró-RN. A metodologia se fez em três partes, sendo a primeira o levantamento e discussão das falhas encontradas, as quais foram registradas através de fotos, a segunda, a construção de um novo projeto estrutural e a terceira contempla a comparação das concepções. Obteve-se como falhas principais o uso de dimensões inferiores ao proposto pela norma para pilares e vigas, o uso de vão com comprimentos excessivos e pilares conectados diretamente com a laje, tendo como consequência a falta de cobrimento, aparecimento de bicheiras no concreto, problemas no dimensionamento e obtenção de flechas excessivas. Na nova proposta, sugere-se o uso do tijolo 14x19x19 como fôrma, e, a implantação de mais pilares com intuito de diminuir o comprimento dos vãos das vigas, gerando redução, também, para os vãos livres das lajes, assim, conseguindo sucesso no dimensionamento da estrutura.

Palavras-Chave: Autoconstrução, concepção estrutural, edificação.

ABSTRACT

Civil Engineering is one of the oldest branches of engineering and yet, its professionals face problems of identity due to a auto-construction that is undertaken nowadays, being noticeable by many masters they are still executed for designing a building layout, fulfilling a function of the engineer. Thus, the present article will analyze a construction site that has all the conceptualized structure through the empirical knowledge of the master, verifying if it obeys the requirements demanded by NBR 6118/2014, discussing about what implications as inadequacies presented brought by the norm, thus, to conceive a new proposal for a structural project with the solution of problems encountered due to its absense. To achieve this goal, use as a construction study a residential and commercial building formed by two floors that produce a total built area of 305.5 m², located at the city of Mossoró-RN. A methodology was carried out in three parts, the first being the discussion of the detected flaws, which were registered through photos, the second, the construction of a new structural project and the third contemplating the comparison of the concepts. The main flaws are obtained by using the lower limits adopted by the standard for columns and beams, or by using excessive length passes and columns connected directly to the slab, resulting in a lack of coverage, appearance of bugs in the concrete, problems when dimensioning and excessive arrows are used. In the new proposal, it is suggested the use of 14x19x19 brick as ashape pattern, and an implantation of pillars in order to reduce the length of the free members for the slabs, thus achieving success in the design of the structure.

Keywords: Autoconstruction, building concepts, building construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interferência entre tubos e pilares de concreto.....	17
Figura 2- Comparação entre detalhamento brasileiro e de países desenvolvidos	19
Figura 3 – Escoramento com escoras metálicas.	24
Figura 4 – Ilustração do comportamento das vigotas ao momento positivo e negativo.....	25
Figura 5 – Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede.....	26
Figura 6 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10 \text{ mm}$;	28
Figura 7 – Localização de edifício para estudo de caso.	32
Figura 8 – Representação gráfica do projeto arquitetônico de um edifício comercial e residencial: pavimento térreo (A); e pavimento superior (B).....	33
Figura 9 – Concepção estrutural executada.....	36
Figura 10 – Flechas excessivas em lajes executadas.....	37
Figura 11 – Execução de marquise com laje nervurada de vigotas pré-moldadas.....	38
Figura 12 – Pilar sem formação de pórtico com vigas.	39
Figura 13 – Formação de bicheiras no concreto em: vigas (A); pilar de canto (B); e pilar de borda (C).....	40
Figura 14 – Pilar de centro com concretagem utilizando vibrador.	41
Figura 15: Planta de formas para a nova concepção	42
Figura 16 – Valores de Flechas para a concepção projetada.....	45
Figura 17 – Estrutura projetada em 3D.	46
Figura 18 – Deslocamento de laje executada (A) x laje projetada (B).....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Geral.....	13
1.1.2 Específicos.....	13
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
2.1 O projeto de engenharia diante da competitividade de mercado	15
2.2 A influência do projeto na execução da obra	16
2.3 Autoconstrução: um problema para o engenheiro civil.....	20
2.4 O concreto armado	21
2.5 Sistema estrutural laje-viga-pilar	22
2.5.1 Laje nervurada Unidirecional com Vigota pré-moldada	24
2.6 Prescrições normativas para projeto de estruturas em concreto armado	25
2.6.1 Dimensões Mínimas	26
2.6.2 Cobrimento	27
2.6.3 Ações Atuantes.....	28
2.6.4 Estados Limites	29
2.6.4.1 Estado Limite Último – ELU	29
2.6.4.2 Estado Limite de Serviço – ELS.....	29
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 Estudo de caso.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Falhas encontradas na obra.....	33
4.1.1 Dimensões de vigas e pilares incoerentes.....	33
4.1.2 Falta de cobrimento para a armadura	34
4.1.3 Problemas no dimensionamento.....	34

4.1.4 Concepção estrutural da marquise provocando tração nas nervuras	37
4.1.5 Presença de pilares de canto com ligações diretas com a laje	38
4.1.6 Apresentação de bicheiras no concreto	40
4.2 Proposta de projeto	41
4.2.1 Concepção Estrutural.....	42
4.2.2 Ações atuantes	43
4.2.3 Dimensionamento.....	44
4.3 Comparação das concepções	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXO I – FOTOS DE FISSURA APRESENTADA EM LAJE	53

1 INTRODUÇÃO

É perceptível o avanço tecnológico que vem sendo conquistado no ramo da engenharia civil no momento atual, seja na área de projetos com a inovadora tecnologia BIM, na execução, com programas capazes de simular em tempo real a gestão de uma obra, ou, até mesmo, no lançamento de maquinários eficientes que facilitam o trabalho manual no campo. Entretanto, embora seja indiscutível esse progresso, há que se falar, ainda, em práticas retrógradas que desmerecem a valorização da aquisição de projetos para a execução de uma obra.

É, até o momento atual, corriqueiro em empresas de pequeno porte, obras serem executadas sem projetos de engenharia e planejamento adequados. Embasadas na experiência dos mestres e pedreiros são construídas desde casas a edifícios comerciais e residenciais. Confunde-se, então, o empreiteiro de obras com o projetista, à medida que o primeiro realiza a função do segundo, ficando sob a responsabilidade do empreiteiro toda a concepção da estrutura e instalações do edifício.

É inegável o que esses profissionais têm para agregar no conhecimento teórico da engenharia, mas a ausência de cálculos, estes conquistados com muito empenho por grandes cientistas, gera ora superdimensionamento, ora subdimensionamento das estruturas. Não é por isso, de se surpreender com o excessivo superdimensionamento das construções antigas: o construtor, na impossibilidade de calcular, tinha que se garantir exagerando nas espessuras e nas seções (TELLES, 1984).

Evidentemente, essas condutas são feitas em acordo com o cliente, o qual, talvez, sendo desconhecedor dos benefícios que um dimensionamento e desenho técnico prévio podem trazer, e, visando apenas reduzir os custos com a obra, ainda que seja provado que a existência de um projeto diminui custos, negligenciam sua construção conforme deixam de contratar um serviço técnico.

Para Melhado (1994), o investimento em prazo e custo na concepção dos projetos repercute de forma vantajosa no custo mensal ao longo da produção do empreendimento. Observando que esses hábitos são rotinas pertinentes na cidade de Mossoró, desde obras residenciais a obras comerciais, o presente trabalho busca elucidar os impactos que essa conduta pode custar para um empreendimento. Para tanto, será feito um estudo de caso de um edifício residencial e comercial, onde do acompanhamento de sua execução poderá se comparar como se procede a estrutura do edifício sem projeto estrutural, e, por fim criar uma nova proposta de projeto estrutural.

Portanto, espera-se que, ao acompanhar a obra, as inadequações encontradas sejam solucionadas através da idealização de um bom projeto estrutural, cujo se baseará nas premissas elencadas pela NBR 6118/2014, almejando com este, também, comprovar a importância de se ter um projeto estrutural para a qualidade final da obra.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Identificar os efeitos da falta de projeto estrutural na execução de um edifício residencial e comercial e propor uma concepção para a estrutura.

1.1.2 Específicos

- Acompanhar execução da obra para identificar inadequações;
- Desenvolver o projeto estrutural para o edifício em estudo, podendo assim trazer soluções para as falhas encontradas;
- Verificar se a obra construída sem os projetos atende aos requisitos dispostos em normas;
- Comparar as concepções estruturais em obra e projetada.

1.2 Problemática

A engenharia civil é um dos ramos da engenharia mais antigos e ainda assim enfrenta problemas de identidade, afinal, a essência do engenheiro é entender a realidade através de leis físicas e matemáticas e aplicá-las em seus projetos, tornando possível a existência de uma arquitetura.

Por muito tempo construiu-se apenas com base no fruto da intuição e empirismos de mestres desse campo, entretanto, atualmente a construção civil conta com ferramentas e softwares capazes de facilitar e modernizar essa forma de construir. Diante desses instrumentos, por que não investir em um projeto de qualidade e assegurar uma obra com responsabilidade técnica? “A qualidade de final da obra, recém-acabada ou ao longo de sua vida útil, dependerá mais do que tudo da qualidade do projeto” (THOMAZ, 2001).

Ao idealizar e confeccionar um projeto é muito importante, porém não muito aplicável, apresenta-lo ao mestre, consultar esse profissional sobre sua qualidade, discutindo com o mesmo acerca da disposição das peças e qual a melhor forma para adequar o projeto de maneira a facilitar a execução, tornando o processo construtivo tanto do projeto quanto da obra mais dinâmico e com menor chances de erros. Afinal, a qualidade de uma obra está intimamente ligada a quem vai executá-la. Não se trata de uma competição entre os profissionais, mas um bom senso, união entre conhecimento teórico e prático.

Então, ao acompanhar a rotina de uma obra com concepção de projeto estrutural elaborado por meio da experiência do mestre de obra, pretende-se saber, quais os problemas gerados? Como o projeto poderia ser confeccionado para solucionar as falhas? Está de acordo com as normas técnicas? Como fica a durabilidade do edifício?

1.3 Justificativa

O estudo de caso a ser realizado pelo presente projeto de pesquisa tem por motivação o número elevado de obras na cidade de Mossoró executadas sem projetos de engenharia. Na intenção de diminuir custos, a primeira etapa do processo da construção de uma edificação é omitida, gerando problemas estéticos e funcionais no decorrer da execução e após a entrega da obra.

O cliente, por sua vez, também é prejudicado, à medida que sem o projeto, a pessoa que executou, o qual, provavelmente não é um profissional habilitado para essa função, não possui responsabilidade técnica. Não há nada que documente a obra e respalde os direitos do cliente. A economia no início da obra para o proprietário pode levar a prejuízos em sua manutenção.

Muitas vezes, os benefícios de um projeto de engenharia também não são conhecidos pelo construtor. Afinal, possuir no papel todo planejamento e a forma como irão se dispor as instalações, sendo previamente estudado o local adequado para as mesmas deve acelerar a obra, de maneira que não é necessário pausar a mesmas para solucionar tais problemas.

Assim, a pesquisa é de cunho bastante relevante, pois irá elencar, à medida que se acompanha uma obra sendo executada sem projeto estrutural, a diferença desta com a aquisição do projeto.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico serão dispostos tópicos que refletem a atual situação do uso de projetos estruturais no campo de obras de menor porte, elencando a importância do seu uso. Serão ilustrados também quais os princípios a serem seguidos para se ter um bom projeto estrutural baseado na NBR 6118/2014, cuja norteia a elaboração dos projetos em estruturas de concreto armado, sendo a mesma a base para a metodologia desta pesquisa.

2.1 O projeto de engenharia diante da competitividade de mercado

A indústria da construção civil é um setor que carrega consigo a capacidade de construir infraestrutura e edificações em um ambiente complexo e competitivo, o que a faz ser considerada uma das principais contribuintes para o crescimento e desenvolvimento econômico (POTTS e ANKRAH, 2013; AMARILLA e NETO, 2018). Em resposta a essa competitividade, segundo Amaral *et al* (2014), o ramo da construção civil evoluiu substancialmente nos últimos 20 anos, porém ainda enfrenta barreiras culturais e organizacionais.

Os problemas que ocorrem na construção civil são diversos e podem tanto interferir no cumprimento do prazo e orçamento, como gerar paralizações causadas por logística inadequada de mão de obra e material. Essas complicações geram prejuízos que podem definir o destino de uma construtora dentro do mercado, sendo capaz de culminar desde o seu sucesso ao seu fracasso (OSCAR, 2016).

Tendo em vista esses impasses é fundamental o uso de ferramentas e profissionais capacitados para atuar na área, destinando um olhar mais nobre para a fase de projetos e gerenciamento. Uma obra que elenca tempo para um bom planejamento e gerenciamento em suas etapas, principalmente na fase de projetos, gera, além de uma excelente execução, lucros para a empresa (ROCHA e CASTRO, 2017).

Nesse âmbito pode-se elencar como um diferencial para a empresa, a confecção do projeto de engenharia para a execução da obra, o qual é capaz de elevar a qualidade da edificação, agregando valores ao empreendimento e, tornar-se um ponto crucial na competição pela busca de menor preço aliado a uma maior eficácia.

O projeto de engenharia traduz-se na elaboração de informações, descritas através de ilustrações e detalhamentos, que tem como objetivo a elaboração de um produto. Na construção

civil, refere-se ao projeto do produto, por exemplo, o projeto estrutural, tendo como produto a estrutura do edifício (PERALTA, 2002).

O projeto vai além do cálculo para dimensionar um produto. Em seu processo de concepção são tomadas decisões acerca do tipo de material, quantidade, informações que auxiliam no orçamento, tempo para execução, qual melhor técnica a ser usada, fazendo deste, também, um planejamento até a informação de apoio à produção, com grande capacidade de influenciar diretamente nos resultados econômicos do empreendimento (FABRICIO e MELHADO, 2007).

Segundo Rufino (1999), na construção civil o projeto é a primeira etapa no processo de construção e tem papel fundamental no ganho de qualidade da produção de edifícios, afinal, nesta etapa são definidos os conceitos de organização do espaço, bem como a tecnologia a ser adotada na fase de execução.

O Instituto de Gerenciamento de Projetos do inglês Project Management Institute – PMI, lançou uma importante ferramenta no formato de guia denominado de “Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos” (Project Management Body of Knowledge – PMBOK) para gerenciamento de projetos, o qual define projeto como:

“esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos do projeto são atingidos ou quando o projeto é encerrado porque os seus objetivos não serão ou não podem ser alcançados, ou quando a necessidade do projeto deixar de existir.” (PMI, 2014, pág. 1).

Dessa forma, percebe-se a importância da aquisição e investimento em tempo e recursos para a fase de projetos tendo como objetivo principal possuir maiores vantagens no mercado e, conseqüentemente, gerar um melhor desempenho tanto em questões orçamentárias, como na qualidade da construção, além de facilitar a execução à medida que, prevendo os vários problemas que podem ser ocasionados, buscar soluções antes de sua existência, diminuindo, também, o tempo da obra.

2.2 A influência do projeto na execução da obra

Ao decidir que a construção de uma obra disporá de projetos de engenharia, também conhecidos como projetos complementares ao arquitetônico, deve-se levar em consideração a inspeção e verificação destes por profissionais habilitados.

A aquisição dos mesmos é de suma importância, pois têm como objetivo os dimensionamentos corretos, o acompanhamento de profissional habilitado e mitigar alguns problemas decorrentes do processo de autoconstrução.

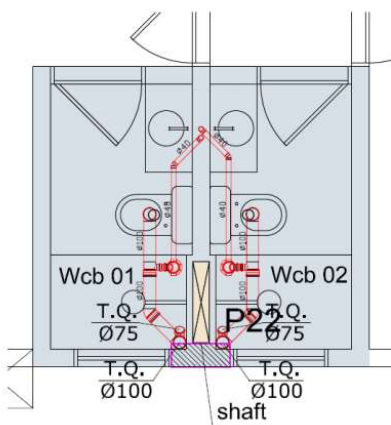
Entretanto, apesar dos benefícios, os projetos de engenharia quando não são tomados os cuidados necessários, podem trazer complicações para a execução. Eles podem atrasar a obra, desperdiçar material, mão de obra, gerando insatisfação para o cliente. O projeto, seguido da execução, é a fase que gera mais erros na construção. As soluções adotadas influenciam profundamente em todo o processo de construção e na qualidade final do produto a ser entregue (RUFINO, 1999).

Alguns problemas gerados por erros em projetos que podem ser elencados, por exemplo, é a incompatibilização de projetos, interferências no orçamento, que impede que se atinja o desempenho funcional da edificação.

Para Carraro e Oliveira (2015), o projeto envolve cada vez mais especialidades e além de impactar no processo construtivo, influencia o comportamento da obra ao longo da sua vida útil. Serão dispostos a seguir, então, os pontos dos projetos que, quando não feitos ou feitos de forma errada, geram consequências negativas para a execução.

Compatibilizações de projeto: Etapa em que são equalizados os projetos já concebidos. Nesta etapa é possível observar as interferências entre um projeto e outro, assim, podendo sanar a interferência e as possíveis anomalias que podem ser geradas por ela. Na Figura 1, é observada uma incompatibilização entre projeto sanitário e estrutural, onde a tubulação de queda d'água está confrontando com os pilares.

Figura 1 – Interferência entre tubos e pilares de concreto.



Fonte: Sousa Junior *et al.*, (2014).

O momento de execução da obra é um momento crucial e de tomadas de decisões. Se as soluções de várias interferências de um projeto forem detectadas com antecedência melhoram a qualidade das edificações e do processo de produção (OLIVEIRA e FREITAS, 1997).

A compatibilização é um recurso usado na engenharia responsável por integrar e gerenciar os projetos de uma edificação, com o objetivo de ajustá-los e minimizar os conflitos existente entre eles, simplificando a execução, potencializando o tempo, uso de materiais, mão de obra e manutenção (NÓBREGA, 2017).

Comunicação entre executor e projetista: Geralmente a pessoa ou empresa contratada para conceber os projetos é diferente do contratado para executá-lo, e isto, não é errado. Porém, o erro desta prática consiste em os projetistas não se comunicarem com os executores, assim, as falhas que ocorrem nos projetos se repetem nos demais. Deve-se contar, também, que muitos recém-formados que se interessam pela área de projetos não possuem prática de execução, o que também, provoca consequências para a mesma.

Se este quesito fosse respeitado, os projetistas sairiam lucrando, afinal o conhecimento prático enriquece todos os detalhes do projeto. O planejamento do projeto deve envolver ativamente o conhecimento e a experiência da construção (OSCAR, 2016).

Segundo Rufino (1999), para se alcançar uma melhor produtividade, qualidade e redução de custos no projeto é necessário que haja comunicação e contato entre os vários agentes do processo, à medida que se estabeleça uma metodologia de transmissão de informações, para que não produza margens para dúvidas e ambiguidade.

Construtibilidade: A construtibilidade se fundamenta no uso do conhecimento e experiência na construção civil em vários níveis do processo de edificação de um empreendimento, focando, principalmente, na relação entre projeto e execução, objetivando a racionalização dos serviços e recursos na execução de obras (RODRIGUES e HEINECK, 2003).

Para o bom funcionamento deste processo é imprescindível a comunicação entre projetista e construtores, pois, havendo esta, é mais provável que os erros de projetos ou execução não voltem a ocorrer.

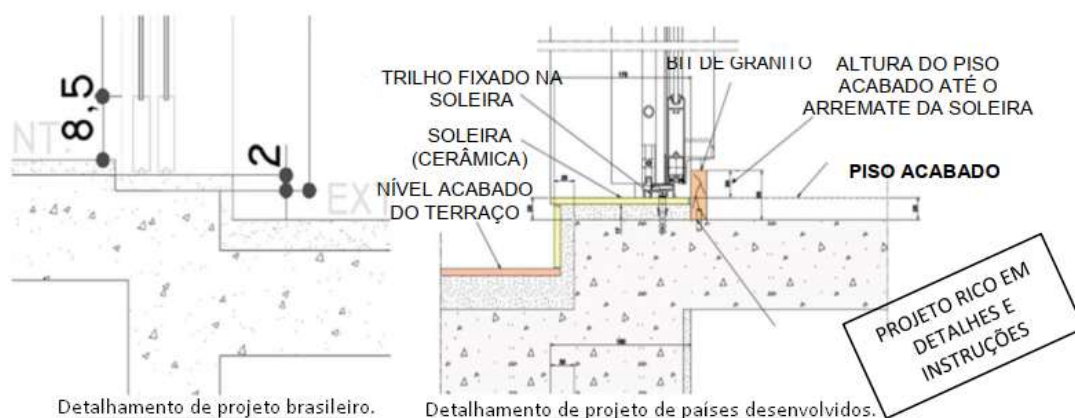
Segundo Oliveira e Freitas, há atualmente uma preocupação dos projetistas com a qualidade das informações fornecidas no projeto, porém, ainda assim, existe um distanciamento

entre os profissionais que projetam e os que executam, não sendo, normalmente, incorporado nos documentos do projeto de edificações o conhecimento proveniente da etapa de construção.

Detalhamentos: Diz-se um projeto bem-feito pelo seu nível de detalhamento. A falta de detalhes gera erros, pois torna as informações ambíguas. Os projetos com poucos detalhes ampliam más interpretações, consequentemente erros na execução, o quais podem gerar impactos no custo, retrabalhos ou dificuldades (OSCAR, 2016).

Os projetos brasileiros mostram um déficit na riqueza de detalhes. O valor gasto médio em projeto no Brasil é de 3% do valor do empreendimento, enquanto que em países desenvolvidos, esse valor sobe para 6%, como exemplo, apresenta-se a Figura 2.

Figura 2- Comparação entre detalhamento brasileiro e de países desenvolvidos



Fonte: Adaptado de Prado (2015).

Se em um projeto arquitetônico não são apresentados os materiais que serão usados, por exemplo, o porcelanato escolhido, não é possível saber qual tipo de argamassa colante utilizar, deixando espaço aberto para ser usada qualquer uma, e nesse caso, podendo gerar o deslocamento das peças por ser inadequada a argamassa.

Outros detalhes imprescindíveis à execução, que podem ser citados, são os que estão dispostos no projeto estrutural. Informações como o tamanho do estribo, qual tipo de formato deve ter o gancho, é fundamental para quem vai montar a armação e necessário para que a estrutura atinja os requisitos para os quais foi projetada.

Devido a repercussão desses problemas na execução se deve ter uma maior atenção e deter mais tempo para a fase de projetos. Um planejamento bem feito é fundamental, não devendo ser deixado de lado.

2.3 Autoconstrução: um problema para o engenheiro civil

O mercado da construção civil ainda é abordado de forma informal e que possui como objetivo principal, na maioria dos casos, a redução de custos. Esse mercado é fortalecido pelo desejo de construir a baixo custo, o que acaba culminando na falta de responsabilidade com a qualidade da obra. Nesse sentido, o acompanhamento técnico de profissionais habilitados é substituído por profissionais informais, dotados pelo seu conhecimento empírico, estimulando o processo de autoconstrução. Este método de construir é um artifício de baixo custo, onde a mão de obra usada é a familiar ou de profissionais não-qualificados (NOVAES, 2019).

A autoconstrução, originalmente, é o processo de construção no qual há ausência de projetos e de mão de obra especializada, sendo o proprietário o próprio construtor, dando a entender, então, que este processo é usado pela população mais carente, a qual possui uma restrição financeira para a execução da obra. É uma maneira na qual a população menos abastada, encontra de construir sua moradia.

Este processo surgiu no Brasil como uma forma que o estado viu para solucionar o problema habitacional vigente no país à medida que as cidades cresciam. Os próprios cidadãos tiveram que construir suas casas na periferia da cidade através de mutirões e de ajuda mútua entre amigos, retirando do estado e da iniciativa privada o compromisso de investir em casas populares, ficando a cargo do próprio trabalhador (BALTHAZAR, 2012).

Além do ideal social alcançado, onde os cidadãos adquiriram suas casas próprias, o governo conseguiu, também, acelerar o desenvolvimento econômico, e, à medida que conseguiam sua casa própria, os cidadãos se sentiam fazendo parte deste desenvolvimento. Entretanto, segundo Balthazar (2012), de modo crítico, o que ocorreu por trás desse processo foi um elevado acúmulo de capital e uma contribuição para o surgimento de uma cidade ilegal e desprovida de infraestrutura, acarretando transtornos à população.

O grande problema da autoconstrução para os profissionais da construção civil, mais que os já citados, é que ele persiste até os dias atuais e em uma proporção muito maior, onde os recém-formados do ramo da engenharia são substituídos pela experiência de homens que apesar do domínio da mão de obra não sabem o motivo pelo qual se constrói de tal maneira.

A autoconstrução se transformou em empreendimento, pois o proprietário ao invés de construir sua casa ou seu edifício, passa a pagar para que mestres ou pedreiros, embasados em sua experiência, construam, sendo eles os responsáveis por todas as concepções da obra.

Uma pesquisa realizada pelo Instituto Datafolha e pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil em 2015 aponta que a maioria das reformas e construções feitas no Brasil não estão em conformidade com as normas vigentes e nem possuíram acompanhamento técnico ou aquisição de um projeto. Esta pesquisa informa que 54% dos entrevistados já reformaram ou construíram, e, deste percentual, apenas 15% utilizaram os serviços de um engenheiro ou arquiteto na obra.

Para Novaes (2019), é comum, no Brasil, observar construções executadas sem acompanhamento de engenheiro civil ou arquiteto, seja na fase de projeto ou na fiscalização da obra. Segundo Queiroz *et al.*, o Brasil possui elevados índices de autoconstrução, o que causa a desvalorização dos engenheiros civis e técnicos, insegurança e má qualidade das edificações.

Apesar das desvantagens, a autoconstrução, como empreendimento, é um desafio para os profissionais da construção civil, tendo em vista que para o proprietário há redução de custos na construção e muitas pessoas desconhecem os benefícios de possuir um projeto, planejamento adequado e o acompanhamento profissional.

2.4 O concreto armado

O concreto armado é um material largamente usado na construção civil originado pela união de armaduras de aço e concreto simples. Essa união surge para que as peças possam combater solidariamente ao momento fletor, onde o concreto resiste eficientemente à compressão e o aço à tração.

Para Weber (2014), graças a abundante disponibilidade dos materiais constituintes, pluralidade de formas geométricas que pode se adaptar e elevada durabilidade, o uso do concreto armado distoa de outros materiais, sendo o mais utilizado para a execução de estruturas na construção civil.

Segundo Carvalho (2014), obtém-se o concreto armado através da associação do concreto simples e armadura passiva, adequadamente posicionada na peça, para que ambos possam resistir aos esforços solicitantes. O autor ressalta, ainda que, os dois materiais possuem coeficiente de dilatação térmica próximos contribuindo para a homogeneidade da união do dois, e, que o concreto protege satisfatoriamente o aço contra a agressão ambiental.

No instante em que se acrescenta ferragens passivas em uma fôrma, o concreto comum é unido a uma armadura de aço e passa a ser chamado de concreto armado, usado na confecção de lajes, vigas, fundações e pilares, assegurando uma melhor sustentação à medida que concreto

e armadura trabalham juntos e solidariamente, mas cada um com sua função diante do que foi calculado no dimensionamento (COUTO *ET AL.*, 2013).

O uso do concreto armado em alto consumo é devido as suas grandes vantagens: boa resistência às solicitações; boa trabalhabilidade do material, adapta-se as diferentes formas, proporcionando maior liberdade ao projetista; técnicas de execução difundidas e dominadas pelo país; em termos econômicos, pode competir com as estruturas de aço; durabilidade e resistência ao fogo; possui boa durabilidade quando executado da maneira correta e feitas as manutenções adequadas; possibilita a utilização de pré-moldagem, gerando maior rapidez e facilitando a execução; material abundante e facilmente encontrado (CARVALHO, 2014).

Entretanto, como todo material, também apresenta desvantagens como: peso específico elevado, gerando peso para a estrutura e muitas vezes impossibilitando seu uso; reformas de difícil adaptação, onerosa e caras; fissura na região tracionada; exigências construtivas – precisão no posicionamento das peças (COUTO *ET AL.*, 2013). Além, de ser necessário um sistema de formas até que o concreto alcance a resistência adequada.

No Brasil, cabe à NBR 6118/2014 definir os critérios gerais dos projetos feitos em estrutura de concreto armado, normatizando o procedimento de execução e prescrevendo quais os princípios a ser seguidos no projeto, devendo ser complementada por outra norma quando se tratarem de estruturas específicas como é o caso de viadutos e pontes.

2.5 Sistema estrutural laje-viga-pilar

O modo como são arranjados e conectados os elementos estruturais entre si pode ser chamado de sistema estrutural, o qual influencia diretamente no comportamento das peças. O comportamento das peças é dependente do tipo desse arranjo, por muitas vezes, depende unicamente do arranjo, não influenciando o tipo de material empregado no sistema (CARVALHO, 2014).

A principal influência do arranjo é o caminho das ações. No sistema estrutural laje-viga-pilar, as ações percorrem os elementos nessa ordem. Assim, cada elemento tem sua função, crucial a ligação entre os mesmo para o bom funcionamento do sistema.

As lajes são placas que suportam as ações verticais, incluídas cargas permanentes e de uso, e transferem para as vigas, além disso, travam os pilares sendo elemento de contraventamento. As vigas por sua vez são barras horizontais que suportam as ações das lajes, paredes e de outras vigas, transmitindo-as para os pilares. Os pilares são barras verticais que

suportam a ação das vigas e lajes dos andares superiores e transferem para o pavimento inferior ou para as fundações. (PINHEIRO, 2007).

Embora, atualmente, haja diversas tecnologias inovadoras acerca de outros sistemas estruturais, prevalece, ainda, no mercado brasileiro de edifícios residenciais e comerciais, por motivos culturais e de domínio de técnicas, estruturas formadas por lajes, vigas e pilares, perdurando principalmente pela mão de obra técnica disponível para o cálculo e execução (COELHO *ET AL.*, 2010).

A escolha do sistema estrutural depende de vários fatores como a largura do vão a ser vencido, o quanto o sistema é econômico, disponibilidade de materiais e mão de obra. Para o caso de obras residenciais e de menor porte depende, principalmente, do fator econômico e, devido a isso o uso da laje maciça entrou em colapso no país.

Nesse sentido, surge as lajes nervuradas, que ganham cada vez mais espaço no mercado tendo como principal vantagem a possibilidade de vencer grandes vãos livres e possuindo como característica distinta as nervuras ao longo de sua estrutura. Essas nervuras podem ser preenchidas por um material de enchimento ou ficar à mostra sendo executadas com o uso de fôrmas plásticas (SOUZA E OLIVEIRA *ET AL.*; 2018).

A NBR 6118/2014 traz como conceito de laje nervurada aquela na qual a zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado um material inerte.

Segundo Carvalho (2014), a laje nervurada é uma evolução da laje maciça, pois nela há redução do concreto que não exerce função estrutural, produzindo assim vãos vazios os quais são as nervuras. Quando suas nervuras estão à mostra são chamadas laje nervuradas moldadas in loco. Já quando as nervuras são preenchidas por um material de enchimento são chamadas lajes nervuradas com vigotas pré-moldadas.

Em obras de maior porte, nas quais é necessário vencer vãos livres maiores, como é o caso de shoppings, edifícios residenciais com estacionamento é comum o uso de laje nervuradas moldadas in loco. Já quando se trata de obras de residências, comerciais com dois pavimentos, opta-se pela laje nervurada com vigotas pré-moldada que apresentam redução de concreto e dispensam formas, tornando-se mais econômica.

2.5.1 Laje nervurada Unidirecional com Vigota pré-moldada

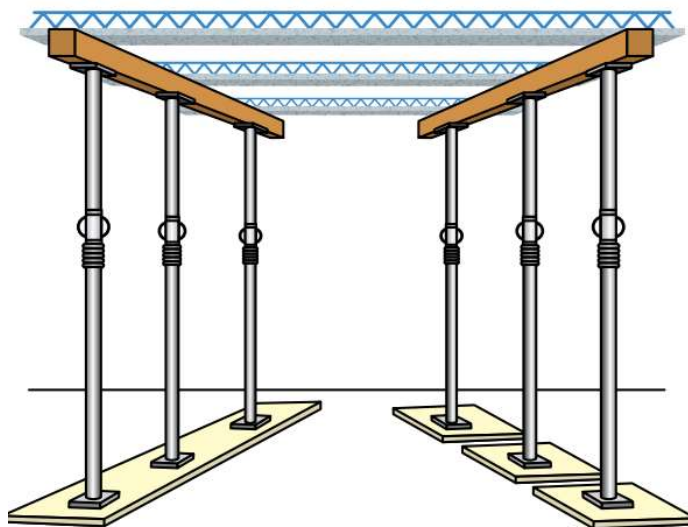
Esse tipo de laje é formado por vigotas pré-moldadas treliçadas distribuídas, longitudinalmente e paralelas ao menor vão, intercaladas por um material de enchimento, o qual é usado, geralmente, lajotas cerâmicas ou EPS, ambos capazes de resistir as cargas de trabalho que no caso é o concreto fresco e as armaduras sobre eles (VIZOTTO E SARTORTI, 2010).

O material de enchimento é inerte e tem a função de substituir o concreto que outrora na laje maciça era desperdiçado, pois resistia a esforços de tração, implicando, portanto, na redução do volume de concreto e peso próprio da laje (ABNT NBR 14860, 2002). Além disso, o material também serve de forma para a laje.

A redução nas quantidades de formas e escoramento, as quais diminuem consequentemente a mão de obra usada e o tempo de execução, são as características principais dessa laje que a tornam bastante econômica quando comparada aos demais tipos de lajes (MONFERINO, 2017).

No processo de execução da capa de concreto desse tipo de laje não é necessário o uso de formas, pois as lajotas cumprem esse papel. Além disso, precisam de poucas escoras. A Figura 3 mostra a execução do escoramento, onde as escoras são dispostas sendo entre vigotas treliçadas as lajotas ou EPS perpendicular ao sentido dos trilhos.

Figura 3 – Escoramento com escoras metálicas.

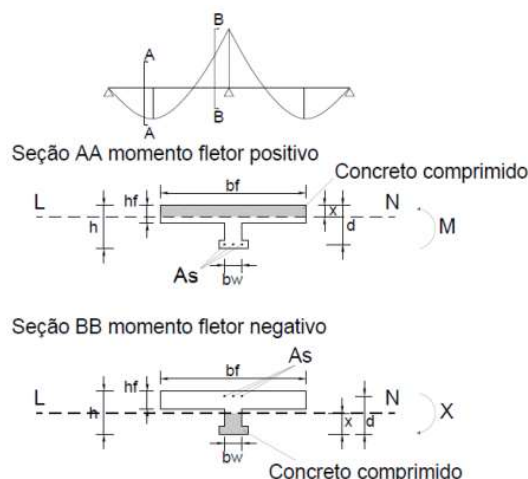


Fonte: Manual técnico de lajes treliçadas – ACERLOMITTAL (2019).

Quanto ao comportamento estrutural as seções transversais nesse tipo de laje possuem configuração do tipo “T” e dessa forma resistem melhor aos momentos positivos, pois nos momentos negativos a região de concreto comprimida é insuficiente para resistir ao momento negativo (CARVALHO, 2014).

Segundo Jesus (2017), os momentos negativos nas lajes podem gerar alterações na “seção T”. O autor enfatiza que isso acontece porque na primeira situação, onde há momento positivo (FIGURA 4), a mesa da “seção T” formada de concreto irá resistir à compressão e sua nervura, na qual é posicionada a armadura de aço, resiste à tração. Já na segunda situação que ocasiona momento negativo (FIGURA 4), a nervura fica submetida à compressão, sendo que a largura da nervura é insuficiente para resistir aos esforços de compressão.

Figura 4 – Ilustração do comportamento das vigotas ao momento positivo e negativo.



Fonte: Jesus (2017).

Assim, através deste comportamento estrutural, percebe-se que o modelo dessa laje se adequa melhor quando biapoiado, não se podendo concluir que não há maneiras de executá-las de forma contínua. Carvalho 2014 cita que é mais racional usar a continuidade pois se tem como vantagens uma melhor distribuição de momentos com redução dos momentos positivos implicando em uma capacidade de vencer maiores vãos.

2.6 Prescrições normativas para projeto de estruturas em concreto armado

Com a finalidade de estabelecer mínimos e requisitos para o projeto de estruturas de concreto armado, a NBR 6118/2014 traz alguns princípios a serem seguidos pelos projetistas, tanto no que diz respeito ao projeto quanto à execução. Assim, neste tópico são elencadas

algumas dessas prescrições, as quais foram fundamentais para o desenvolvimento da metodologia desse trabalho.

2.6.1 Dimensões Mínimas

A NBR 6118/2014 não prever um manual para decidir qual a medidas usar no projeto, porém, ela impõe medidas mínimas. Para as vigas, a norma elenca, em seu tópico 13.2.2, como o mínimo de 12 cm de largura, podendo chegar como limite absoluto aos 10 cm.

Para os pilares é apresentada no tópico 13.2.3 a dimensão mínima de 19 cm, podendo chegar aos 14 cm, à medida que se aumenta o fator de majoração das solicitações para o dimensionamento, podendo chegar a um valor de majoração de 1,25. Sendo que, a área da seção do pilar deve no mínimo de 360cm². A Figura 5, a qual é a tabela 13.1 da norma, mostra os valores do coeficiente de majoração conforme se reduz a dimensão mínima.

Figura 5 – Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede.

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
onde $\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$; b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm). NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.						

Fonte: NBR 6118 (2014).

Para as Lajes maciças, são listadas as seguintes medidas mínimas:

- 7 cm para cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportarem veículos de peso total menor ou igual a 30kN;
- 12 cm para lajes que suportarem veículos de total maior que 30kN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de $L/42$ para lajes de piso biapoiadas e $L/50$ para lajes de piso contínuas;
- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

No caso de lajes nervuradas a espessura da mesa deve seguir o seguinte:

- Quando não existirem tubulações horizontais embutidas, deve ser maior ou igual a $1/15$ da distância entre as faces das nervuras e não menor que 4 cm;

- b) Quando existirem tubulações com diâmetro menor ou igual a 10 mm, a espessura deve ser no mínimo absoluto de 5 cm;
- c) Para lajes em que as tubulações possuírem diâmetro maior que 10 mm, a espessura deve ser 4 cm mais o diâmetro;
- d) Quando houver cruzamento de tubulações a espessura deve ser igual 4 cm mais 2 multiplicado pelo diâmetro.

2.6.2 Cobrimento

A NBR 6118/2014 exige, também, um espaçamento da armadura até a parte externa da peça, o qual é chamado de cobrimento, sendo este uma camada de concreto que envolve a armadura e a protege da agressividade do meio ambiente, sendo fundamental o seu cumprimento, haja vista sua influência direta na durabilidade e bom desempenho da estrutura.

O cobrimento é uma medida protetiva à armadura, impedindo o contato desta com o ambiente de modo a evitar a oxidação da mesma e consequente patologias ao concreto. Sua função é propiciar proteção física, química e mecânica ao concreto armado, impedindo a formação de mecanismo que provoquem a corrosão (WEBER, 2014).

Para obter o valor do cobrimento para cada peça, classifica-se, primeiro, a classe de agressividade ambiental em que está inserida a edificação. O tipo de classe é também definido pela NBR 6118/2014, indo da classe de agressividade ambiental I até a IV, à medida em que se aumenta a agressividade.

De posse dessa classificação e com o auxílio da tabela 7.2 da presente norma, define-se o valor do cobrimento para cada tipo de peça. Tais valores são apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10 \text{ mm}$;

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15 \text{ mm}$.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45 \text{ mm}$.

Fonte: NBR 6118 (2014).

O cobrimento é parte fundamental das estruturas de concreto, pois é essa medida a responsável por proteger a armadura da oxidação e agressividade ambiental. É, inclusive, critério que visa a durabilidade do projeto, elencado pela norma. A própria ressalta que a durabilidade da estrutura é dependente das características e espessura do concreto do cobrimento da armadura.

2.6.3 Ações Atuantes

Ações são definidas como qualquer influência, ou conjunto de influências, capaz de produzir estado de tensão ou deformação na estrutura (CARVALHO, 2014). Para a NBR 8681/2004, conceitua-se como sendo as causas que originam esforços ou deformação na estrutura.

Ainda pela norma 8186/2004, são classificadas em: Ações permanentes, variáveis e excepcionais. Assim, define-se:

- Ações permanentes: Ações que ocorrem com valores constantes ou de pequena variação durante toda a vida da construção, sendo consideradas também aquelas que crescem com o tempo, tendendo a um valor limite;
- Ações Variáveis: Ações que ocorrem com valores que apresentam variações significativas em torno da vida da construção. Conforme da NBR 6118/2014,

essas ações ainda são divididas em diretas e indiretas, sendo nas diretas incluídas as acidentais. As indiretas são aquelas causadas por variações uniformes e não uniformes de temperatura e por ações dinâmicas;

- c) Ações Excepcionais: São aquelas que possuem duração extremamente curta e muito baixa probabilidade mas que devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas.

Para definir as cargas acidentais para o projeto de estruturas, usa-se a NBR 6120/2019 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Nesta norma as cargas são divididas em permanentes – peso próprio e demais pesos de elementos constitutivos fixos e instalações permanentes, e acidentais – as que atuam sobre a estrutura em função do seu uso, por exemplo, pessoas, móveis, veículos etc.

2.6.4 Estados Limites

2.6.4.1 Estado Limite Último – ELU

Carvalho (2014) define como estado limite último o comportamento relacionado ao colapso ou qualquer outra forma de ruína estrutural que determine a paralisação, no todo ou em parte, do uso da estrutura. Os estados limites últimos são verificações as quais são submetidas as peças no seu dimensionamento.

No estado limite último é feito o dimensionamento das estruturas de concreto armado, à medida que se dimensiona, verifica-se que a peças não atingirão esse estado de ruptura.

2.6.4.2 Estado Limite de Serviço – ELS

São os estados nos quais por sua ocorrência, repetição ou duração causam efeitos estruturais que não respeitam as condições especificadas para o uso normal da construção ou que são evidências do comprometimento da durabilidade da estrutura (NBR 8186, 2004).

Definido pela NBR 6118/2014 como sendo o estado da estrutura em que são relacionados o conforto do usuário, à durabilidade, aparência e boa utilização da estrutura. Já para Araújo (2010), o conceito desses estados limites de utilização corresponde ao estado em que a estrutura se torna prejudicada por apresentar deformações excessivas, vibrações indesejáveis ou por um nível de fissuração que comprometa sua durabilidade.

Diante disso, quando a peça não atende esses limites é necessário ajustá-las. Quando o dimensionamento é feito de forma empírica não se pode ter certeza se esses limites serão atendidos, concluindo que os mesmos existem para impor que não basta garantir que a peça não irá se romper, porém, é preciso garantir sua funcionalidade perante o usuário, em outras palavras, projetar uma estrutura é mais que garantir que a própria não irá se romper.

De forma prática, a NBR 6118/2014 elenca os deslocamentos-limites que são valores utilizados para a verificação do estado limite de serviço de deformações excessivas e para fissuração. No caso de deformações excessivas se usa a flecha da peça submetida à flexão, que é o caso de vigas e lajes. Já para a fissuração se usa a abertura de fissura da peça. Os valores das flechas e fissuras são comparados, respectivamente, com os limites estabelecidos na tabela 13.3 e 13.4 da norma.

3 METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida em três fases, onde a primeira consistiu no acompanhamento da obra pelo acadêmico, tendo como escopo fotos e anotações dos serviços realizados, registrando as consequências encontradas devido à falta do projeto estrutural e discordância com as prescrições normatizadas para a execução.

Na segunda fase, foi realizado, com o auxílio do *software* Eberick V8, o dimensionamento estrutural para duas situações. A primeira situação com a concepção estrutural e dimensões encontradas na obra, sendo que algumas dessas dimensões não eram aceitas pelo software, utilizando então o mínimo aceito pelo *software*.

Na segunda situação foi concebida uma nova proposta, na qual objetivou-se que a concepção estrutural e os demais parâmetros da estrutura seguissem os preceitos na NBR 6118/2014 e indicações da literatura.

O método de comparação adotado foi baseado na qualidade da edificação que apresenta o projeto de estruturas, usando como parâmetro as consequências geradas pela incompatibilidade com os padrões exigidos por norma existente na construção sem o uso do projeto.

Já na terceira e última etapa, a qual foi a essência dos resultados desta análise, tratou-se da discussão acerca dos impactos provocados pelas incoerências encontradas na obra que estavam em desacordo com o padrão disposto pela NBR 6118/2014, apresentando como solução uma nova proposta de estrutura.

3.1 Estudo de caso

Para essa análise foi utilizada como área de estudo um edifício residencial e comercial composto por dois pavimentos. No pavimento térreo estão locados um supermercado e um cômodo para a garagem, perfazendo-se uma área construída de 148,5 m². Já o pavimento superior é formado por uma residência integrada por 11 cômodos, compreendendo uma área construída de 157 m².

O edifício em seu total possui 305,5 m² de área construída e está locado na zona urbana do município de Mossoró-RN, no bairro Santa Delmira, na Avenida Santa Luzia, como ilustrado pela Figura 7, por imagens de satélites retiradas do Google Maps.

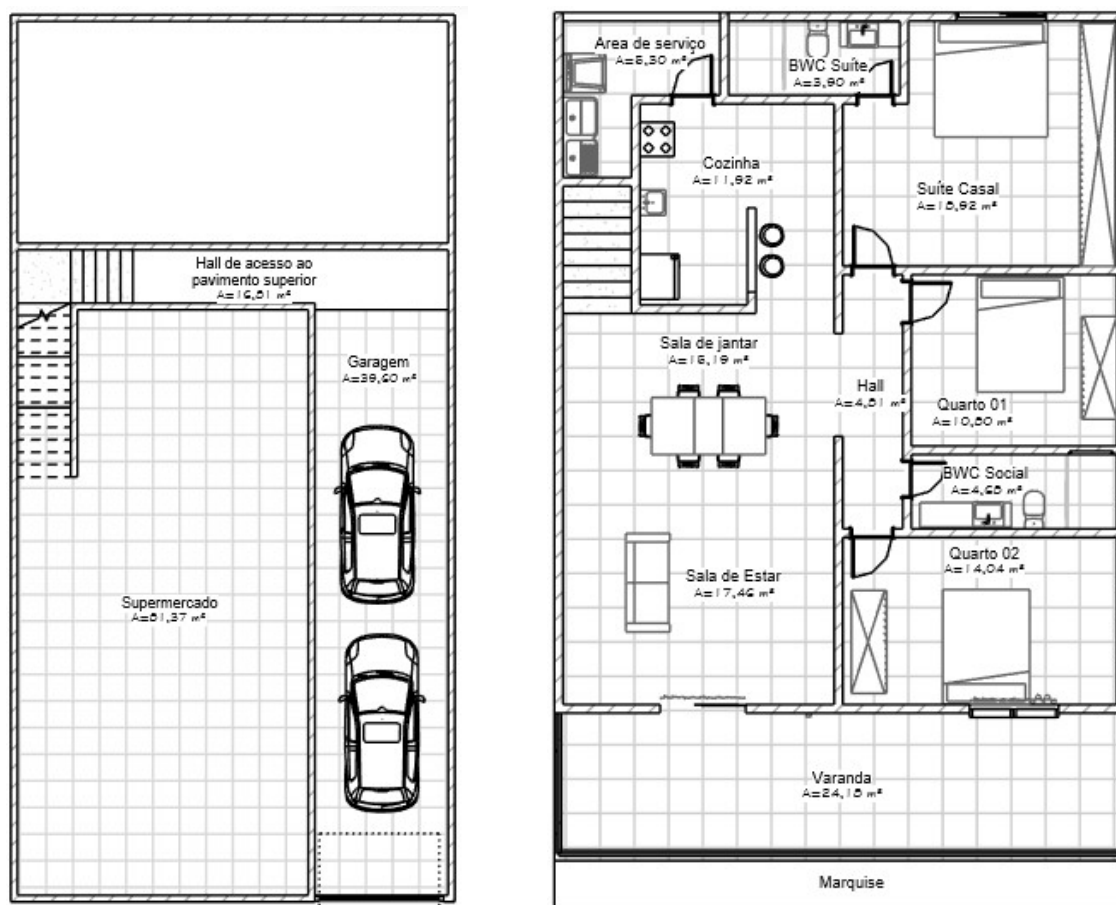
Figura 7 – Localização de edifício para estudo de caso.



Fonte: Google Maps (2019).

Para a confecção do novo projeto e acompanhamento da obra efetuado por essa análise são apresentadas as plantas baixas do edifício através das Figura 8, sendo respectivamente, planta baixa do nível térreo e planta baixa do nível superior.

Figura 8 – Representação gráfica do projeto arquitetônico de um edifício comercial e residencial: pavimento térreo (A); e pavimento superior (B)



Fonte: Autoria própria (2019).

O sistema estrutural utilizado foi do tipo laje-viga-pilar com laje nervurada com vigotas pré-moldadas, realizado em concreto armado, onde, desde a concepção até seu dimensionamento não houve projeto estrutural, tendo estes por base a experiência dos construtores, motivo pelo qual culmina essa pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Falhas encontradas na obra

4.1.1 Dimensões de vigas e pilares incoerentes

Na obra, observou-se o uso de largura para as vigas com 9 cm. Essa largura é devido ao modo de execução das vigas, as quais são feitas de forma abafada, maneira de executar

bastante disseminada na região em virtude da redução de formas, usando o tijolo 9x19x19 como forma, o qual na região tem seu uso mais difundido.

Os pilares de canto e extremidade apresentavam dimensões mínima de 9 cm e os de centro de 12 cm, também provocadas pelo uso do tijolo de 9x19x19 como forma na execução. Assim, as medidas usadas em obra vão de encontro ao indicado em norma e implicam em consequências no dimensionamento e na execução. Tais consequência culminam em patologias, as quais possuem indícios que são notórios já no processo de construção.

4.1.2 Falta de cobrimento para a armadura

A edificação em estudo possui classe de agressividade ambiental II e, portanto, precisa de cobrimento mínimo para laje de 2,5 cm e para vigas e pilares de 3 cm. Devido às dimensões usadas, de 9cm de largura para vigas e pilares, não se garante o cobrimento da armadura, tendo em vista de que não há espaço para tal.

Negligenciar o cobrimento acarreta em acentuar os problemas com corrosão da armadura, sendo esta corrente causa para patologias no concreto como a carbonatação e assim provocar deslocamento do mesmo.

Weber (2014) em sua análise comparativa dos valores de cobrimento projetados e executados constatou antes mesmo da concretagem 50% das medições já apresentavam espessuras de cobrimento abaixo do estipulado e que após a concretagem esses valores aumentavam, mostrando a falta de compromisso e controle para o cumprimento desse parâmetro construtivo.

Pereira e Meneghetti (2010) em uma análise do grau de corrosão das armaduras para diferentes tipos de cobrimento constataram que quanto menor o cobrimento maior o grau de corrosão. Em sua análise, na qual foram feitos vários ensaios para diversos corpos de prova submetidos a situações distintas, para um fator água/cimento de 0,5 e cobrimento 2,5cm o grau de corrosão de chega a 13% em concretos sem sílica ativa.

4.1.3 Problemas no dimensionamento

De início, para os pilares de canto, extremidade e as vigas foi usada a largura 9cm como usado em obra, entretanto, o *software* não realizou os cálculos, apresentando o erro D2 –

dimensões em desacordo com a norma para os pilares, e, para as vigas, solicitou-se que fosse colocado uma dimensão com o mínimo exigido.

Assim, para efeito de cálculo, foi lançado a estrutura com a dimensões mínima requeridas pelo *software*, usando as seguintes medidas para as seções das peças:

- Pilares de canto e extremidade: 12x30cm;
- Pilares de centro: 12x30cm;
- Vigas: 10x20 cm, 10x30cm.

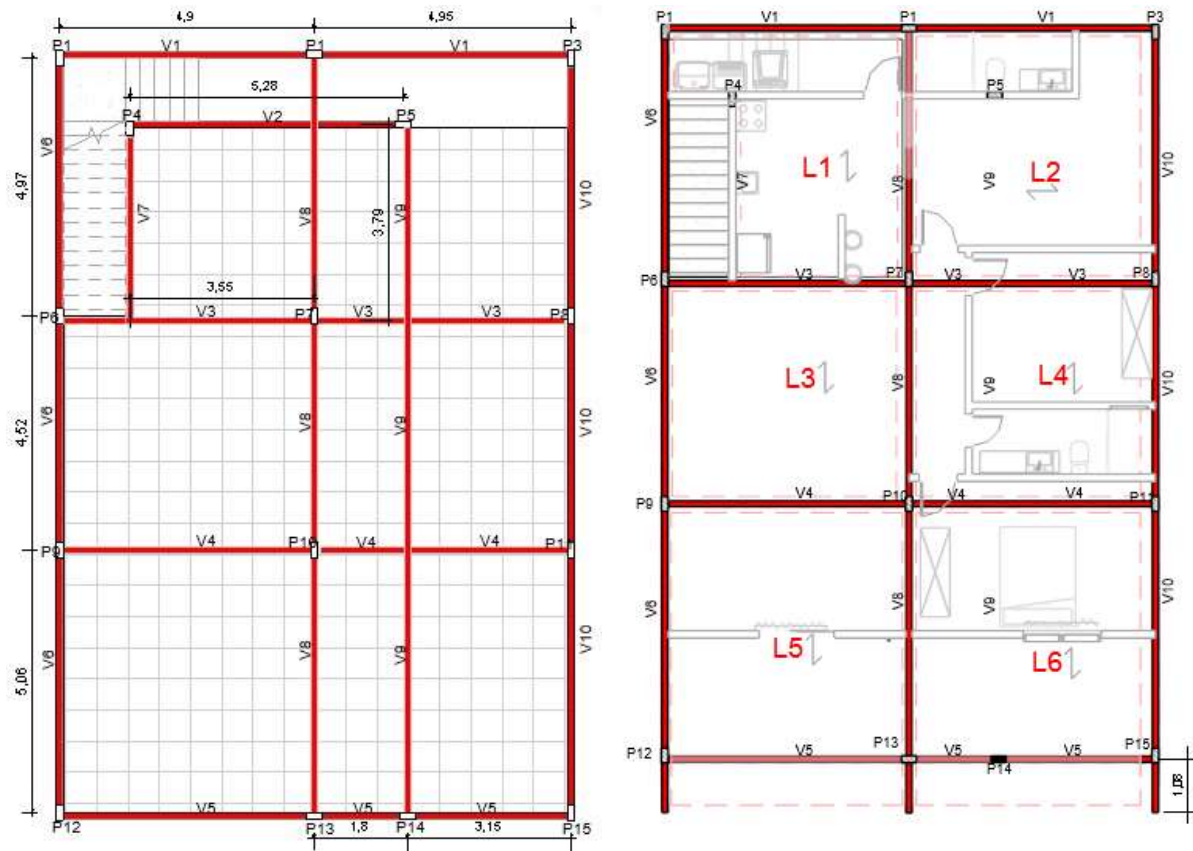
Para os pilares de centro, com seção um pouco maior de 12x30cm, é apresentado o erro D09 – a área de aço encontrada para o momento solicitante superior ao espaçamento existente no pilar, ou seja, excede a taxa de armadura permitida para a seção transversal, a qual segundo a NBR 6118 é 4% da área de concreto, que para a seção em questão corresponde a 14,4 cm².

Foi o caso do pilar de centro P5, o qual possui seção transversal de 12 x 30 cm e altura de 3,5m, ligando o pavimento térreo ao superior. Observou-se neste que o índice de esbeltez é um pouco acentuado, tendo em vista que se procura dimensionar as peças com índice de esbeltez abaixo de 90, e, apresentação do erro D09 em situação emitida pelo Eberick.

Alguns pilares de borda apresentaram o erro D05, cujo emite uma mensagem comunicando que o programa não realiza o dimensionamento quando o índice de esbeltez do pilar é maior do 140, assim, o *software* não realizou cálculos para esse tipo de peça.

Por fim, nenhum pilar ou viga de sustentação do pavimento superior conseguiu ser calculado eficientemente. Esses erros decorrem, além do uso de dimensões inferiores ao permitido, da concepção estrutural que gerou grandes vãos, tornando-se a carga excessiva para estes suportarem com essas dimensões. Essa concepção pode ser observa na Figura 9, a qual é a concepção estrutural para o pavimento térreo, seguida do pavimento superior.

Figura 9 – Concepção estrutural executada



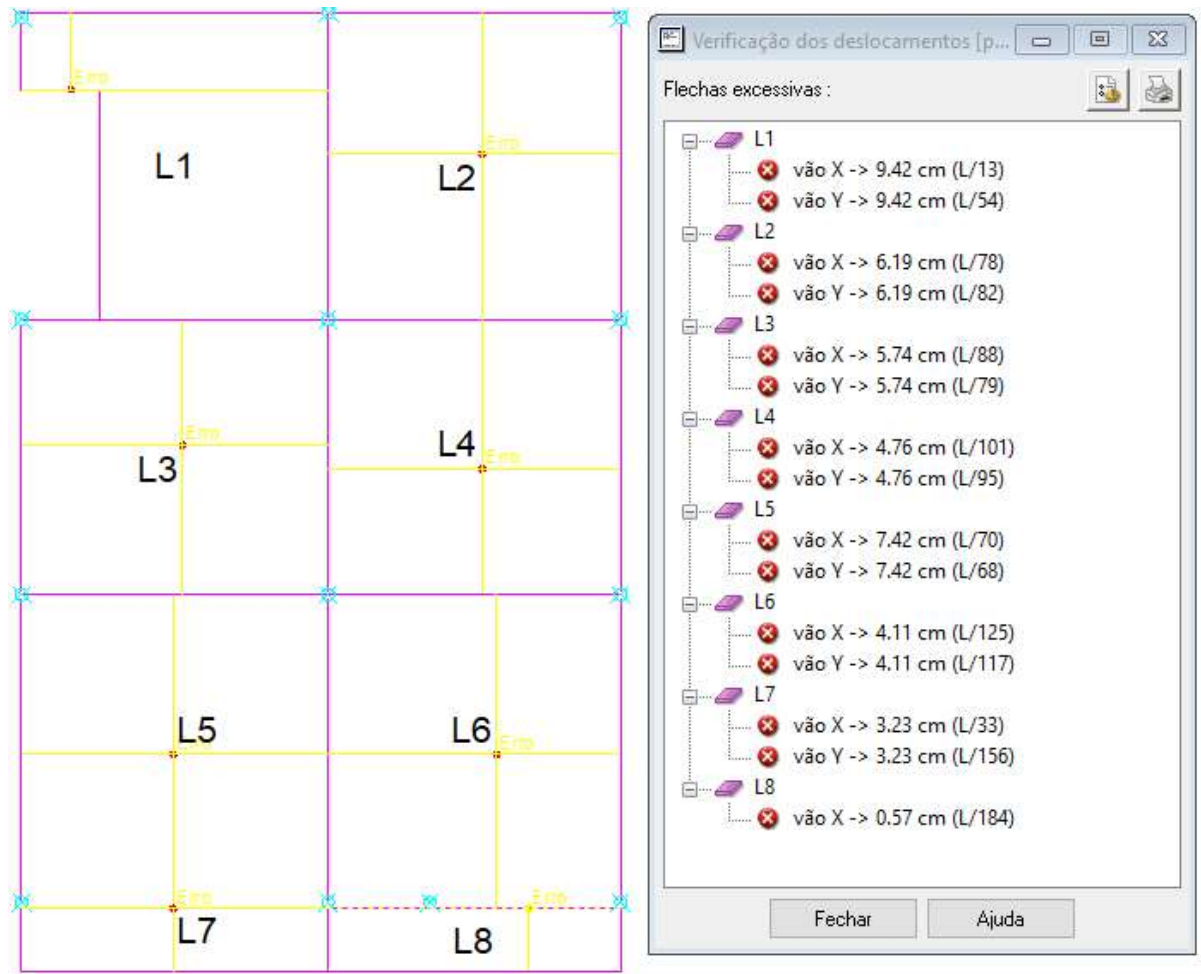
Fonte: Autoria Própria (2020).

Queiroz *et al* (2019) em sua verificação de falha no dimensionamento de pilares construídos de forma empírica identificaram que apenas 4 pilares da estrutura que conseguiram estar calculados eficientemente, os demais apresentaram, também, o erro D09 e erro D05.

Quanto as lajes, foi emitido o erro D31 – Erro no cálculo da armadura principal, impossibilitando o programa de realizar o dimensionamento das lajes. O tipo de treliça usada foi TR08645, com uma repetição para as vigotas, com capa de concreto de quatro cm e lajota de oito cm, formando 12 cm de espessura para a laje.

Além de não ter sido feito o dimensionamento, foi apontado pelo software que em todas as lajes há a formação de flechas excessivas, observadas na Figura 10 os valores dessas flechas.

Figura 10 – Flechas excessivas em lajes executadas



Fonte: Autoria Própria (2020).

As flechas excessivas são indicadas por linhas amarelas, enquanto que as que estão dentro dos limites impostos pela NBR 6118/2014 são indicados por linhas pontilhadas. Observa-se que as lajes L1, L5 e L2 são as que resultam em valores mais altos em consequência de, além possuíres altos valores para os vãos livres, suas nervuras foram dispostas no sentido contrário ao indicado pela literatura.

O software também não aceitou que os pilares P4 e P5, locados na concepção estrutural (FIGURA 9), fossem plotados na estrutura sem viga amarrando-os, de forma que foi optado por não o colocar, ficando a configuração dos pilares conforme a Figura 10.

4.1.4 Concepção estrutural da marquise que provocava compressão nas nervuras

A concepção estrutural da marquise executada na obra possui comportamento estrutural que provoca momento negativo, o que não é interessante, já que essas nervuras se

adequam melhor, quanto à resistência, a momentos positivos. Desse modo, verifica-se, através da Figura 11 a marquise durante a execução da obra.

Figura 11 – Execução de marquise com laje nervurada de vigotas pré-moldadas.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na obra, então, percebeu-se que o comportamento da laje vai de encontro ao proposto por Carvalho (2014) que justifica esta composição como inadequada por apresentar insuficiente resistência aos momentos negativos. No caso de marquises esse tipo de concepção se torna ainda pior, pois o momento negativo percorre todo a laje, ou seja, não é em apenas um ponto da laje que há compressão na parte inferior, mas por toda peça, tornando-se mais crítico.

Notou-se, também, que a execução seguiu essa concepção pensando em parâmetros econômicos, pois, aproveitou-se o comprimento dos trilhos para a construção da marquise. Além disso, as vigotas fogem da diretriz de serem dispostas na direção do menor vão, que seria onde ocorre os maiores esforços, sendo dispostas no maior vão, contribuindo para que os valores de flechas discutidos no tópico 4.1.3 deste capítulo, fossem bastante acentuados.

4.1.5 Presença de pilares de canto com ligações diretas com a laje

Apesar de ter sido adotado o sistema laje-viga-pilar, percebeu-se, na obra, que há dois pilares que vão de encontro ao comportamento previsto para esse sistema, pois se verificou a presença de dois pilares de canto se conectando diretamente com a laje, onde o usual seria ter uma viga conectando-lhes às lajes.

O fato dos pilares estarem em contato direto com a laje não é algo incomum e nem errado, desde que feito de forma apropriada. Pode-se citar como exemplo o uso da técnica de

capitéis em laje-cogumelo que permite essa concepção, porém, quando não há uso dessa técnica, como é o caso em obra, o pilar causa efeitos de punção na laje.

A NBR 6118/2014 cita que laje-cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis, enquanto lajes lisas são apoiadas nos pilares sem capitéis. Tratando-se de lajes lisas na obra, observou-se a desconformidade com a norma, pois necessitava de uma região maciça para completa o efeito cortante nesse ponto.

Conforme a Figura 12, é mostrado um dos pilares de canto que não morreu no pavimento térreo e não forma pórtico com uma viga, gerando apoio para a laje e efeitos de punção. Além desse, há outro pilar, de canto, executado desta forma. A região em circular vermelha é onde será gerado, provavelmente, os efeitos de punção.

Figura 12 – Pilar sem formação de pórtico com vigas.



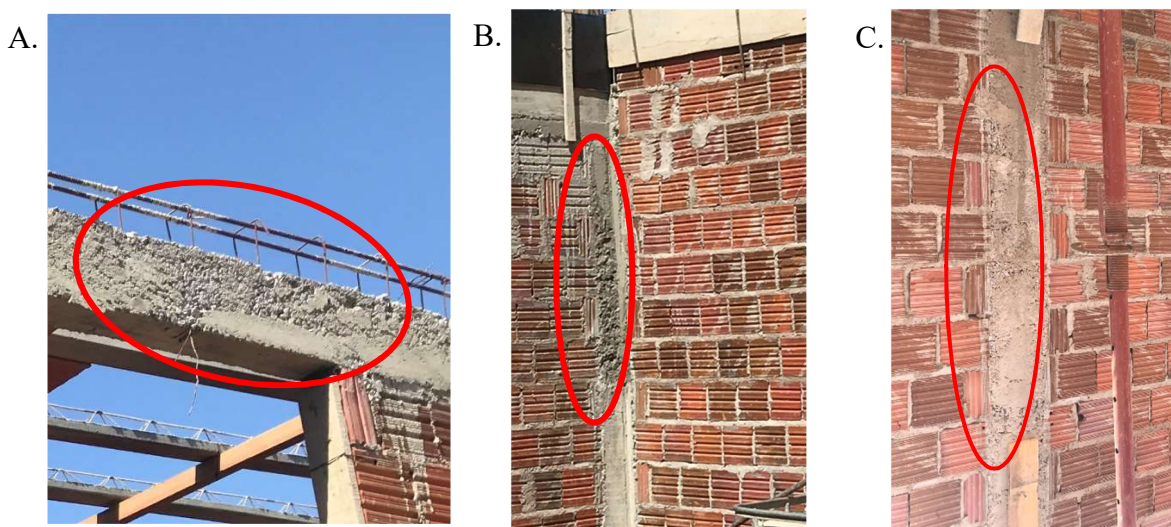
Fonte: Autoria Própria (2019).

Os efeitos de punção ocorrem devido a uma carga originada por carregamento concentrado em uma pequena área. Tal carregamento gera, inicialmente, microfissuras que evoluem para fissuras radiais, caracterizando a ruptura (KOVALCZUK e MUNARETTO, 2014). A região de área pequena, no caso é a seção do pilar. Em outras palavras, a punção é a aplicação intensa de uma carga em uma área pequena gerando tensões cisalhantes.

4.1.6 Apresentação de bicheiras no concreto

A bicheira é uma patologia do concreto armado caracterizada por falhas no concreto que provoca acúmulo do agregado graúdo em alguma parte da peça estrutural. Na obra foram encontradas algumas bicheiras apresentadas pela Figura 13.

Figura 13 – Formação de bicheiras no concreto em: vigas (A); pilar de canto (B); e pilar de borda (C).



Fonte: Autoria Própria (2019).

As bicheiras podem possuir várias causas, nesta obra pode-se listar como causa a falta de adensamento, o pequeno espaço para acomodação do agregado graúdo e argamassa do concreto entre a armação, e, a falta de cuidado com a dosagem do traço.

O pequeno espaço é devido, novamente, à utilização do tijolo 9x19x19 como forma. A maioria dos pilares possuíam seção transversal com 9 cm de largura, onde eram distribuídos 4 ou 6 barras longitudinais, assim, o espaço para a circulação do agregado se tornava insuficiente.

A questão do descuido com o traço acontecia devido a quantidade de viagens que os trabalhadores faziam para completar a proporção do traço, o qual era feita manualmente e em recipientes com capacidade 18 l, sendo necessário o enchimento, por várias vezes, do recipiente. Nesse sentido, o acréscimo das repetições pode levar ao erro de acurácia, por exemplo, a perda na contagem, colocando mais ou menos insumo no concreto.

Ao longo da obra, foi comprado um vibrador para adensar as peças. Com o uso do vibrador, e nos pilares de centro e vigas que chegavam até eles, os quais já possuíam uma

largura um pouco maior, pois não foram abafados, de 12 cm, com 4 barras longitudinais, foi possível ver a diferença da qualidade da concretagem. Tal resultado é mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Pilar de centro com concretagem utilizando vibrador.



Fonte: Autor Próprio (2019).

As bicheiras não são apenas um problema estético, pois se fossem, facilmente era resolvido com a camada de reboco. O problema real das bicheiras está nas falhas provocadas ao concreto e consequentemente reduzindo sua homogeneidade e capacidade de aderência ao aço, tendo em vista que, esses dois fatores são cruciais ao bom desempenho estrutural do concreto armado.

Carvalho (2014), cita que é a aderência entre o aço e concreto que faz que o concreto armado se comporte de maneira estrutural, sendo esta característica e a fissuração as principais características estruturais do concreto armado, portanto, indispensáveis para o bom funcionamento da peça.

4.2 Proposta de projeto

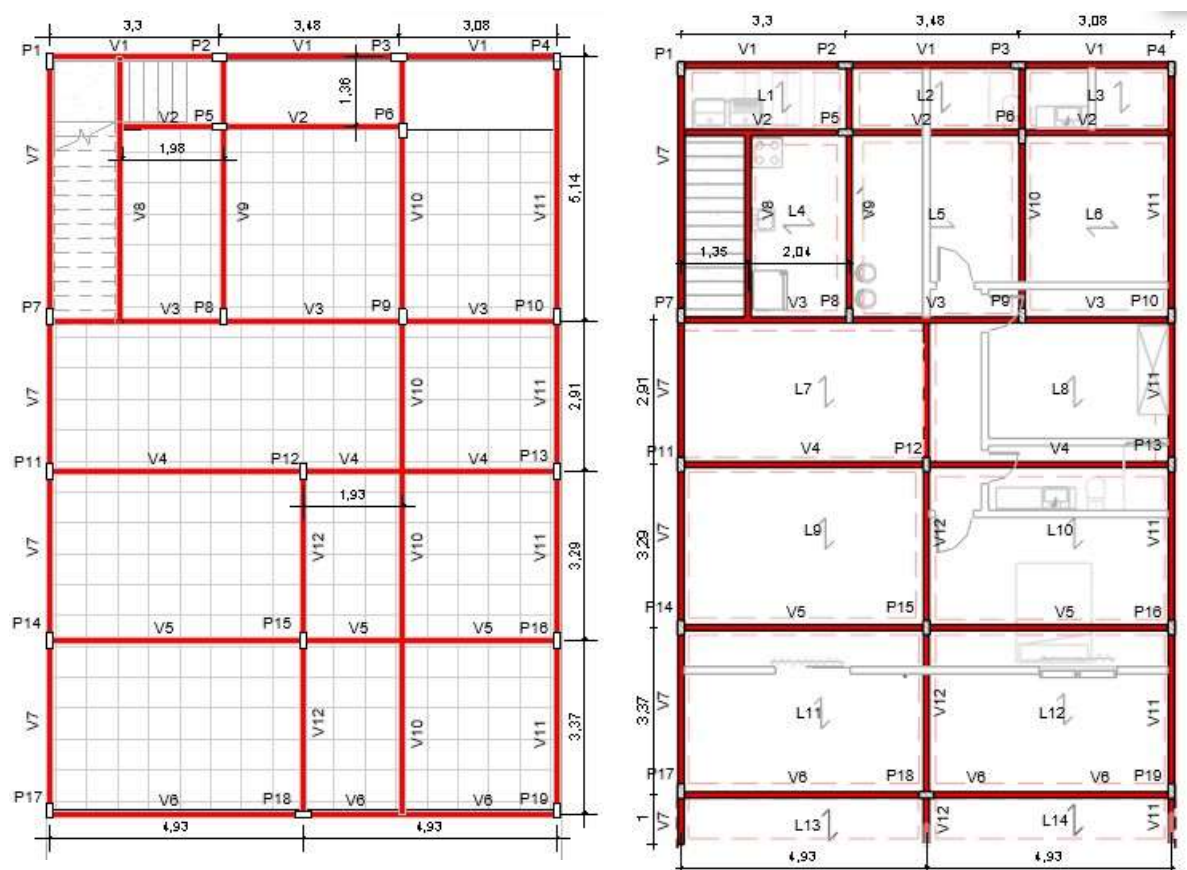
Como o dimensionamento feito com as características e concepção estrutural presente na obra, resultou em bastantes erros, procurou-se solucioná-los através de outra proposta. Neste novo projeto, buscou-se, principalmente, a redução do tamanho dos vãos que eram apresentados em obra, os quais geravam maiores cargas e consequentemente maiores flechas.

4.2.1 Concepção Estrutural

Para a nova concepção estrutural foi observado o lançamento dos elementos estruturais de modo que estes se harmonizassem com o projeto arquitetônico e cumprissem sua função dentro da estrutura. A concepção desse edifício teve seus desafios tendo em vista que na parte inferior se trata de um supermercado e na parte superior uma residência.

Dessa forma, o lançamento depende intimamente das paredes da residência na parte superior, de modo que os pilares sejam locados para ficarem ocultos nas paredes e as vigas dispostas onde haverá parede. Embora haja esse empecilho, em qualquer projeto estrutural, com um estudo do projeto arquitetônico se consegue êxito neste lançamento. As plantas de fôrmas dispostas, plantas de fôrma do pavimento térreo e do pavimento superior, respectivamente estão apresentadas na Figura 15.

Figura 15: Planta de formas para a nova concepção



Fonte: Autor Próprio (2020).

Algumas características foram as mesmas para as duas situações de cálculo, utilizou-se, então, os seguintes parâmetros para o dimensionamento: concreto com F_{ck} 25MPa; Aço

CA-50 para as armaduras principais e secundárias; Aço CA-60 para os estribos; Classe de agressividade II; Cobrimento de 2,5cm para lajes e 3cm para pilares e vigas (NBR 6118, 2014).

4.2.2 Ações atuantes

As ações atuantes de uma estrutura englobam todo o carregamento que há na mesma e são divididas em cargas permanentes e acidentais. A NBR 6120/2019 estabelece os valores mínimos a serem usados dependendo do uso da edificação. Para essa análise as cargas foram lançadas na laje do pavimento superior e, portanto, tratam-se de cargas residenciais, as quais variam a depender do cômodo em que se trata.

Sendo assim, tratando-se da laje do pavimento superior, para as cargas acidentais de uso residencial se usou 150 kgf/m². Para as cargas permanente foi usado o peso do revestimento, sendo a soma do peso do contrapiso, 65 kgf/m², e, do revestimento cerâmico de 85 kgf/m², resultando em 148 kgf/m², como observado no Quadro 1.

Dentre as lajes do pavimento superior, há uma marquise projetada para efeitos estéticos do projeto arquitetônico e para receber uma placa comercial, sendo assim foram computadas uma carga acidental de forro, 50 kgf/m² e a uma carga permanente de 65 kgf/m² representando o contrapiso, além do peso próprio da laje.

Para a laje da caixa d'água empregou-se como carga permanente o peso próprio do contrapiso 65 kgf/m², como carga acidental 50 kgf/m², que é a carga de forro sem acesso de pessoas, descrita pela NBR 6120/2019. Além dessas, foi computado também a carga extra para uma caixa d'água com capacidade para 3000 l, onde seu cálculo é feito pela razão entre o peso da água e a área da laje, resultando em uma carga de 198 kgf/m². Em suma, essas cargas também são dispostas no Quadro 1.

Quadro 1 – Cargas para os pavimentos

Pavimento	Permanentes	Acidentais	Água	Paredes
	(kgf/m ²)			(kgf kgf/m)
Caixa d'água	65	50	198	182
Cobertura	-	-	-	182
Pavimento Superior	148	150	-	491,4
Térreo	-	-	-	-

Fonte: Autoria Própria (2019).

Outro tipo de carga computada, é a carga da parede, a qual possui peso específico igual a 1300 kgf/m^3 e seu resultado depende da espessura do bloco e da altura da parede, resultando em uma carga linear descarregada normalmente sobre a viga.

Além das cargas obtidas pela NBR 6120/2019, há que se falar da carga permanente de peso próprio, que é considerável quando se trata de estruturas em concreto armado devido ao seu peso específico, as quais já são computadas pelo software, sendo desnecessário seu lançamento.

4.2.3 Dimensionamento

No primeiro resultado emitido pelo *software* muitas peças não passaram com as medidas do pré-dimensionamento e a maneira como estavam dispostos os travamentos entre elas, sendo necessário fazer alguns ajustes, como aumentar seção de algumas vigas e pilares, diminuir o momento em alguns pilares, rotulando as vigas que chegavam a este e assim, tornando possível o dimensionamento utilizando dimensões maleáveis.

Seguindo a norma, foram usadas as dimensões mínimas propostas pela mesma para a largura da seção das peças. Contudo, observa-se na Quadro 2, as dimensões finais usadas na nova concepção projetada e na concepção executada.

Quadro 2 – Dimensões para concepção executada e projetada

CONCEPÇÃO	Peças	L	H
		(cm)	
PROJETADA	Vigas	14 e 20	30 e 40
	Pilares	14	30 e 40
EXECUTADA	Vigas	9 a 12	20 - 40
	Pilares	9 a 12	25 - 30

Fonte: Autor Próprio (2020).

Por precaução econômica, atentou-se a usar uma variação de duas dimensões para altura das seções de vigas e pilares. Tal medida busca diminuir a quantidade de fôrmas, pois estas influenciam diretamente no custo do orçamento em estruturas de concreto armado.

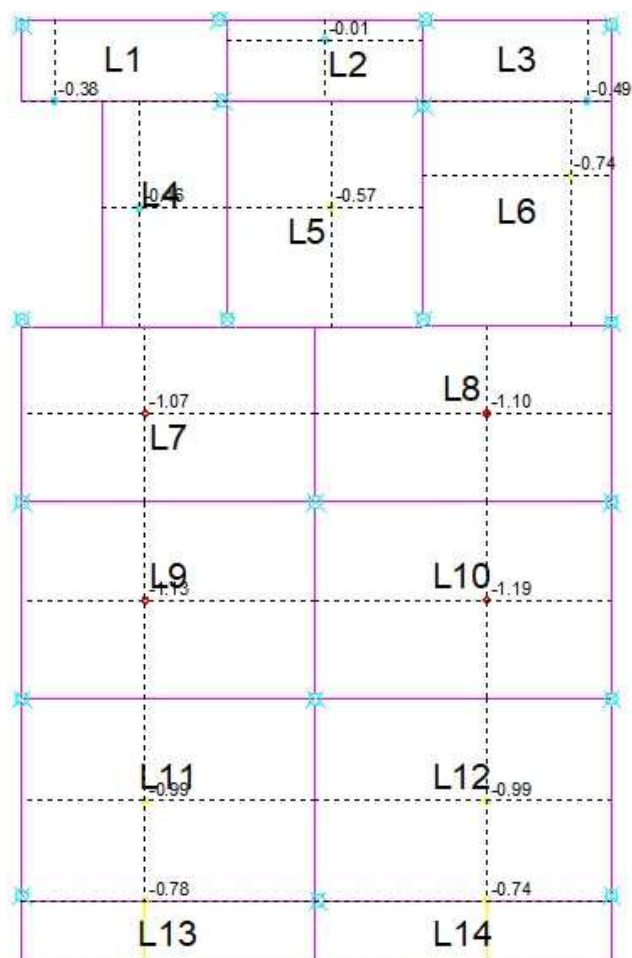
Assim, por exemplo, tratando-se de três lances de estrutura e usando madeirite para as fôrmas que pudesse ser reaproveitado três vezes, fosse necessário a compra desse material uma única vez, evitando gastos com fôrmas, já que tal material é transformado em resíduos da construção civil.

Para as lajes foi usada a treliça TR08645, com lajota de altura de 10 cm e capa de concreto de 5 cm com uma repetição de nervura, onde todas as lajes obtiveram bons resultados para o dimensionamento, entretanto, ainda apresentaram flechas excessivas, dessa maneira, foram feitas as seguintes ações:

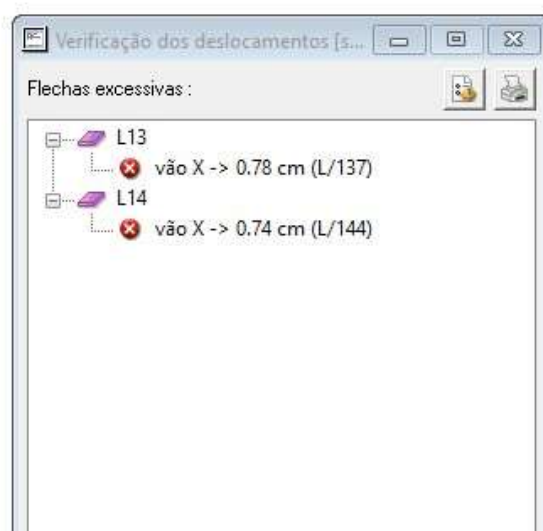
- Aumentou-se o número de repetições das nervuras para as lajes L5, L6, L13 e L14 que apresentavam maiores flechas, onde ficaram com duas repetições;
- Foi introduzido os pilares P5 e P6 para secionar a viga V2;
- Foi aumentada a rigidez das vigas, onde se fez necessário mudar a largura de 14 cm para 20 cm;

Após todas essas ações, obteve-se como flechas para as lajes os seguintes valores exibidos pela Figura 16.

Figura 16 – Valores de Flechas para a concepção projetada



Laje	Deslocamentos (Envoltória)				Erro estimado (%)	Fn
	Elasticos	Imediatos	Diferidos	Total		
L1	0.24	0.20	0.18	0.38	+0.01	
L2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
L3	0.27	0.26	0.23	0.49	+0.00	
L4	0.33	0.25	0.22	0.46	0.00	
L5	0.44	0.30	0.27	0.57	+0.00	
L6	0.47	0.39	0.35	0.74	+0.00	
L7	0.52	0.58	0.48	1.07	-0.29	
L8	0.51	0.60	0.50	1.10	-0.30	
L9	0.60	0.62	0.51	1.13	+4.32	
L10	0.62	0.65	0.54	1.19	+4.02	
L11	0.51	0.54	0.45	0.99	-2.23	
L12	0.51	0.54	0.45	0.99	-2.21	
L13	0.39	0.45	0.33	0.78	-0.87	
L14	0.38	0.43	0.31	0.74	-0.84	

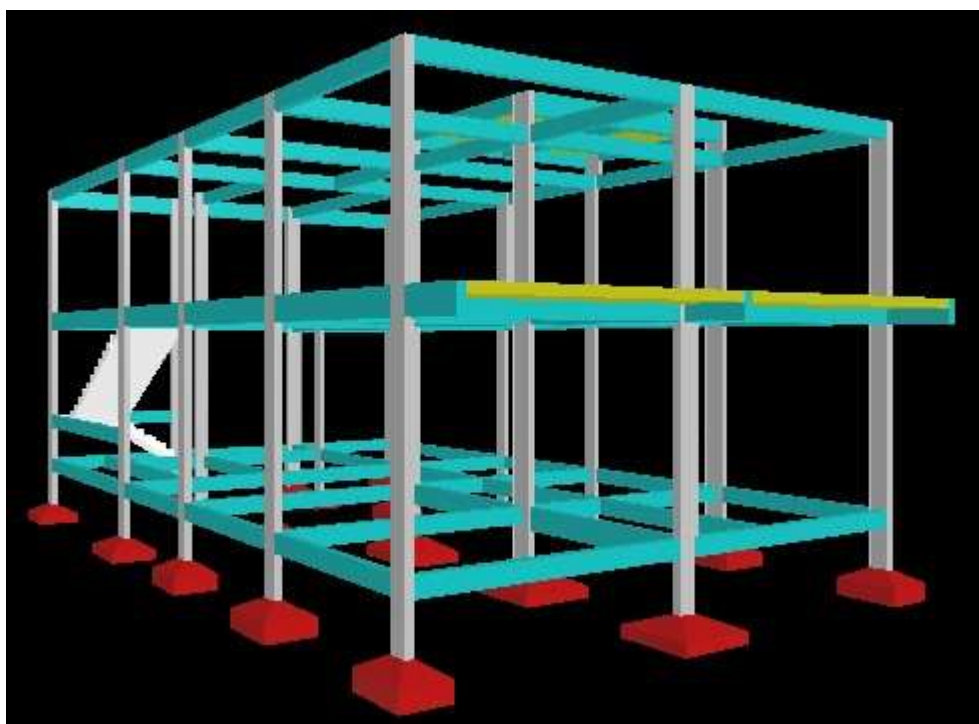


Fonte: Autoria Própria (2020).

Ainda assim, foi apontado pelo *software* duas lajes com flechas excessivas, a laje L13 e L14, de 0,78 e 0,74 cm, respectivamente, as quais formam a marquise. Entretanto, nas configurações do programa o aviso de flechas excessivas é para quando ultrapassar o limite $L/250$ imposto pela NBR 6118/2014. Na mesma norma, porém, diz que para marquises esses limites é a metade, ou seja, $L/125$. Assim, para o vão de 1,05 das marquises, obtém-se o limite de 0,84 cm, evidenciando que as mesmas não apresentam flechas excessivas, sendo, portanto, perceptível a evolução dos valores para as flechas quando comparadas às lajes executadas.

Na Figura 17, mostra-se a imagem 3D gerada pelo software para a estrutura projetada.

Figura 17 – Estrutura projetada em 3D.

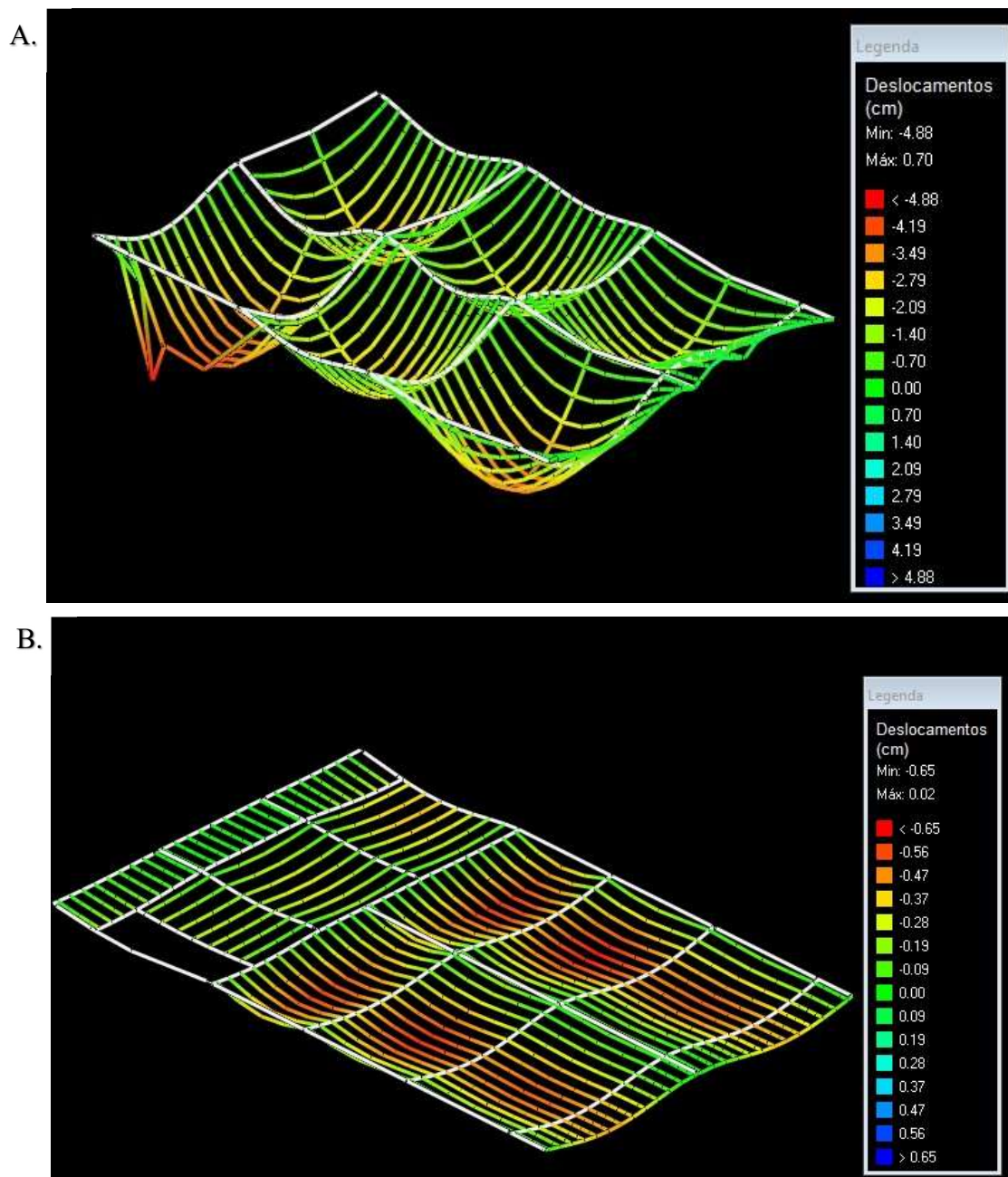


Fonte: Autoria própria (2020).

4.3 Comparação Das Concepções

Enquanto em obra os vãos livres máximos para as lajes eram de 5,05 m, na nova concepção os vãos máximos para as lajes foram de 3,48 m, diminuindo assim suas flechas e seus deslocamentos. Na Figura 18, pode-se ver a diferença dos deslocamentos apresentado pela grelha da laje executada, e, a projetada.

Figura 18 – Deslocamento de laje executada (A) x laje projetada (B)



Fonte: Autoria Própria (2020).

Além das lajes, as vigas também possuíram seus deslocamentos reduzidos em virtude de que seus vãos foram diminuídos, apresentados inclusive na Figura 19. Enquanto na nova concepção foram obtidas apenas dez vigas, as quais se repetem nos pavimentos, com comprimento maior que 4,5 m, na obra todas as vigas possuíam comprimentos superior a 4,5 m.

Para redução desses vãos foi aumentada a quantidade de pilares. Em obra foram executados 15 pilares e na nova proposta seriam 19 pilares para sustentar o pavimento superior. Outro aspecto que foi mudado na nova concepção foi a marquise, que outrora possuía esforços de tração, e agora, locou-a de tal forma que se comportasse apenas para momentos positivos.

Para alcançar as características da proposta de projeto, sugere-se o uso do tijolo 14x19x19 como fôrma, a fim de solucionar as falhas, quanto às dimensões mínimas, as quais foram encontradas, tanto para as vigas quanto para os pilares. Assim, as vigas seriam feitas com largura acima do mínimo proposto pela norma e os pilares teriam de ter seus esforços solicitantes majorados em 25%.

Com esses ajustes, obteve-se, nas medidas e no tamanho de vãos sucesso no dimensionamento das peças de acordo com o *software*. Além disso, seguindo um processo executivo correto, a estrutura não sofreria problemas com bicheiras e respeitariam o cobrimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais falhas identificadas na execução da obra foram: o uso da largura de 9cm na seção das vigas e pilares, a geração de vãos com comprimentos excessivos e o uso de pilar conectado diretamente à laje. Essas três, por sua vez, implicaram em outras falhas descritas a seguir: falta de cobrimento para a armadura, bicheiras no concreto, problemas com o dimensionamento, flechas excessivas e momento negativo para as nervuras da marquise.

Apesar de toda experiência do mestre de obras, foi inevitável o surgimento dessas falhas, sendo observado que o acompanhamento de um engenheiro poderia ter previsto as mesmas, solucionando-se e identificado os requisitos dispostos na norma.

Ao término desse trabalho foi comprovada a existência de uma rachadura na laje L1, a qual pode ter sido provocada pela disposição incorreta das nervuras que estavam paralelas ao maior vão, flechas excessivas, e ainda, a punção dos pilares conectados a esta. As fotos da fissura estão disponíveis em Anexo I.

A falhas citadas nesta análise foram observadas na obra e geradas a curto prazo, porém, não pode ser dispensada a possibilidade de a longo prazo surgirem outros defeitos em consequência da negligência à aquisição do projeto estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. Volume 1, 3ª Edição, Editora Dunas, 2010.

ARROTÉIA, A. V.; AMARAL, T. G.; MELHADO, S. B. **Gestão de projetos e sua interface com o canteiro de obras sob a ótica da preparação da execução de obra (PEO)**. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14860-1: Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos. Parte 1: Lajes unidirecionais**. Rio de Janeiro. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado – Procedimento**. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro. 2019.

BALTHAZAR, R. D. S. **A permanência da autoconstrução: um estudo de sua prática no Município de Vargem grande Paulista**. Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

CARRARO, M., OLIVEIRA, L. A. **Os Impactos do Processo de Projeto na Execução e Desempenho de Fachada**. Trabalho apresentado no IV SBQP. Universidade Federal de Viçosa. 2015.

CARVALHO, R. C. **Cálculo e Detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo à NBR 6118:2014**. 4ed. São Carlos: EduFSCar, 2014.

CAU. **Conselho de Arquitetura e Urbanismo**. Como o brasileiro constrói. Disponível em: <<https://www.caubr.gov.br/pesquisa2015/como-o-brasileiro-constroio/>>. Acesso em: 15 de Outubro de 2019.

COELHO, E. L.; SOUZA, R. M.; GRECO, M. Estudo Comparativo entre sistemas estruturais com Lajes Maciças, Nervuradas e Lajes Lisas. **Nono Simpósio de Mecânica Computacional**. Universidade Federal de São João Del Rei. 2010.

COUTO, A. S. C., CARMINATTI, R. L., NUNES, R. R. A., MOURA, R. C. A. O concreto como material de construção. **Cadernos de Graduação – Ciências exatas e tecnologias**. Sergipe, v.1, 2013.

MANUAL TÉCNICO DE LAJES TRELIÇADAS - ARCELORMITTAL. 2019. Disponível em: <<http://rangellage.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Manual-Lajes-Treli%C3%A7adas.pdf>> Acesso em: 15 de janeiro de 2020.

JESUS, M. A. **Estudo teórico e experimental de lajes compostas por vigotas pré-moldadas em concreto armado submetidas à momentos fletores negativos**. Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Santa Cruz do Sul. 2017.

SOUZA JUNIOR, A. M.; MAIA, C. C. L.L.; CORREIO, P. R. P. A. Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso. **Revista Monografias ambientais – REMOA**. Vol 14, N 2. 2014.

KOVALCZUK, E. F; MUNARETTO, G. A. **Punção em Lajes lisas: Influência da altura útil da laje no dimensionamento**. Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba. 2014.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado): Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.

MONFERINO, C. M. **Estudo Comparativo de custos entre laje nervurada pré-moldada treliçada unidirecional e laje maciça para o pavimento de uma edificação residencial**. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário do sul de Minas. Varginha. 2017.

NÓBREGA, U. R. G. **A importância da compatibilização de projetos das edificações para minimizar as falhas na execução, reduzir custos e garantir um maior controle de qualidade**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

NOVAES, L. A. **Autoconstrução no Brasil – Panorama Geral e Estudo de Caso**. Monografia de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

OLIVEIRA, M., FREITA, H. Melhora da qualidade da etapa de projeto de obra de edificação: um estudo de caso. Angra dos Reis/RJ: **Anais do 21ºENANPAD**, ANPAD, Produção Industrial e de Serviços, 15 p., 1997.

OSCAR, L. H. C. **O impacto do projeto na execução da obra**. 2016. Projeto de graduação, Escola Politécnica – UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

PERALTA, A. C. **Um modelo do processo do projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PEREIRA, E.; MENEGHETTI, L. C.; RESENDE, A.; FABRO, G. Avaliação do grau de corrosão das armaduras para diferentes espessuras de cobrimento. **52º Congresso Brasileiro de Concreto**. IBRACON. 2010.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifício**. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2007.

POTTS, K. and ANKRAH, N. Construction cost management learning from case studies. 2. Ed. **published in the USA and Canada by Routledge**, 2013.

PRADO, L. A. Planejamento de Projetos. Material didático do curso de Especialização em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis. UFRJ, 2015.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). PMBOK® - Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos. Pennsylvania, USA: Newton Square, 5ª edição. p. 616, 2014.

QUEIROZ, D. P.; SILVA, C. A.; FERNANDES, M. W. Q. **Falha no dimensionamento e execução de pilares de concreto armado construídos de forma empírica – Pesquisa realizada de acordo com a NBR 6118/2014.** 2019.

ROCHA, A. A.; CASTRO, N. L. B. **A importância do Planejamento na Construção Civil.** Disponível em: < http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1773>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

RUFINO, S. A Importância do projeto no empreendimento. **Revista OESP Construção.** São Paulo, ano 4, n. 26, p 110-13, 1999.

SOUZA, S.; OLIVEIRA, E.; SILVA, L.; OLIVEIRA, M.; PAIVA, P.; FRANÇA, S.; BATISTA, T. Emprego de Lajes nervuradas em Manhuaçu – MG. **IV SEMINÁRIO CIENTIFÍCO DA FACIG.** 2018.

TELLES, P. C. S. **História da Engenharia no Brasil: Século XVI a XIX.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1984.

VIZOTTO, I.; SARTORTI, A. L. Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: Análise Comparativa. **RevistaTPEC.** 2010. Disponível em: < http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art3_N15.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

WEBER, L. F. L. **Cobrimento de Armadura em Estruturas de Concreto Armado: Análise comparativa entre os valores projetados e executados nas obras do vale do taquari.** Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.

ANEXO I – FOTOS DE FISSURA APRESENTADA EM LAJE

