

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

MILENA FORTE DOS SANTOS¹, GEOVANNA MARIA ANDRADE DE OLIVEIRA², SILVANETE SEVERINO DA SILVA¹

¹Engenheira Civil, UFERSA, Mossoró-RN, milenaforte02@gmail.com;

²Engenheira Civil, UFERSA, Caraúbas-RN, geovannamaria10@hotmail.com;

³Profa. D.Sc. em Engenharia Agrícola, UFERSA, Mossoró-RN, silvanete.silva@ufersa.edu.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho objetivou analisar uma obra que possui toda estrutura concebida através do conhecimento empírico do mestre de obras, verificando se tal concepção obedece aos requisitos exigidos pela NBR 6118/2014 e propor um novo projeto estrutural. Para alcançar o 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 dividiu-se em três etapas, 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. Os resultados demonstraram que as principais falhas encontradas foram elementos estruturais com dimensões inferiores ao permitido pela norma, vãos com comprimentos excessivos, pilares conectados diretamente a lajes e bicheiras no concreto. 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.

EFFECTS OF THE LACK OF STRUCTURAL DESIGN ON THE CONSTRUCTION OF A BUILDING AND A PROPOSAL FOR A STRUCTURAL PROJECT - A CASE STUDY

ABSTRACT: This study aimed to analyze a construction on which the structure was fully conceived by the empirical knowledge of the master builder in order to verify if such conception obeys to the requirements demanded by NBR 6118/2014 and to propose a new structural project. In order to achieve the proposed objective, this study analyzed the construction of a two-story residential and commercial building with a constructed area of 305.5 m² located in Mossoró-RN. The methodology was divided into three stages: the first stage was composed of a listing and discussion of the flaws found, which were registered through photos; the second was the development of a new structural project; and the third presents a comparison for both concepts. Results showed that the main flaws found were on structural elements, such as dimensions smaller than those allowed by the norms, beam spans with excessive lengths, as well as pillars directly connected to slabs and concrete beams. In the new proposal, it was suggested the use of 14x19x19 brick as a construction material along with the construction of more pillars in order to reduce the length of the beam spans, which generates a reduction in the spans on the slabs, thus achieving success in sizing the structure.

KEYWORDS: Self-build, structural design, building process.

INTRODUÇÃO

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).

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.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia foi desenvolvida em três etapas, onde a primeira consistiu no acompanhamento da obra, 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. A segunda etapa foi realizada com o auxílio do *software* Eberick V8 e compreendida pelo dimensionamento estrutural para duas situações: concepção estrutural e dimensões encontradas na obra; concepção estrutural baseada nos parâmetros da NBR 6118/2014.

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.

Para análise, o objeto de estudo foi um edifício para uso comercial e residencial construído no município de Mossoró/RN com área de 305,5m², dividida em dois pavimentos. No pavimento térreo estão locados um supermercado, duas vagas de garagem e a escada de acesso ao nível superior, perfazendo-se uma área construída de 148,5m². Já o pavimento superior compreende uma residência de 157m², composta de sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço, 3 quartos, 2 banheiros e varanda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acompanhamento da execução do edifício apontou que um dos principais erros encontrados foi o subdimensionamento das dimensões de vigas e pilares, devido esses elementos serem executados por meio do abafamento da alvenaria de tijolos 9x19x19, resultando numa largura de 9cm para as peças em concreto armado.

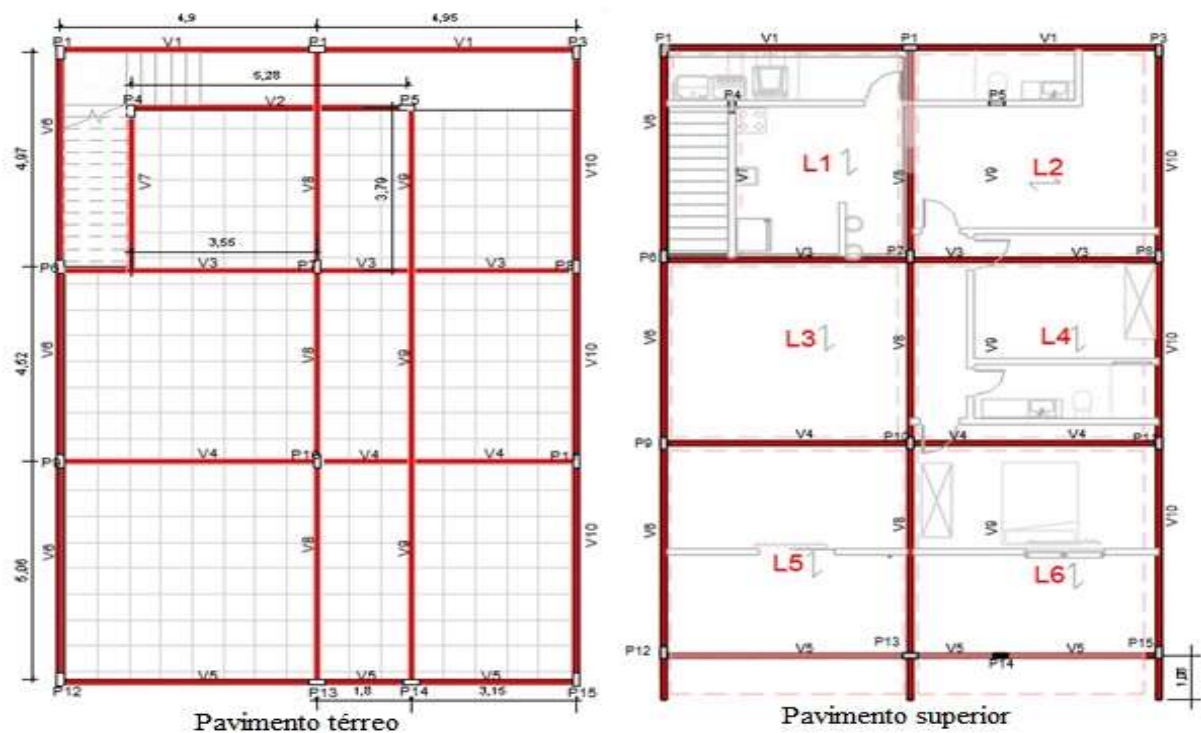
Em consequência das pequenas dimensões utilizadas na execução da estrutura, tem-se a falta de cobertura da armadura como mais uma falha. A edificação em estudo possui classe de agressividade ambiental II, o que exige um cobrimento de 3cm para vigas e pilares que não pode ser atendido devido à falta de espaço nas peças.

Além disso, a largura de 9cm adotada em obra para vigas e pilares provocou problemas de dimensionamento ao serem utilizadas no *software* Eberick. O programa que segue os parâmetros da NBR 6118/2014 não realizou os cálculos, apresentando o erro D2 - dimensões em desacordo com a norma para os pilares e vigas, solicitando que fossem usadas as dimensões mínimas.

Assim, para efeito de cálculo, foi lançado a estrutura com as dimensões mínimas requeridas pelo *software* (Figura 1), usando as seguintes medidas para as seções das peças:

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

Figura 1. Concepção estrutural adotada na obra.



Quanto a execução das lajes, foi empregada a treliça do tipo TR08645, com uma repetição para as vigotas, capa de concreto de 4cm e lajota de 8cm, resultando numa camada final de 12cm. Ao dimensionar as lajes com essas características, o Eberick emitiu o erro D31 – erro no cálculo da armadura principal e também informou a formação de flechas excessivas.

Dentre as lajes do pavimento superior há também uma marquise projetada para efeitos estéticos do projeto arquitetônico e para receber uma placa comercial. A concepção da marquise executada na obra possui comportamento estrutural que provoca momento negativo, pois aproveitando-se do comprimento dos trilhos, as lajotas cerâmicas foram dispostas na direção do maior vão, contribuindo para formação de flechas com valores excessivos.

Carvalho (2014) classifica as lajes com momentos negativos como uma composição inadequada, uma vez que a estrutura não possui resistência suficiente para resistir a esses esforços. Ainda destaca que para marquises a situação é mais crítica, já que o momento negativo tende a percorrer toda a laje, provocando compressão na parte inferior não só em um único ponto.

Apesar de ter sido adotado o sistema laje-viga-pilar, verificou-se que há dois pilares que vão de encontro ao comportamento previsto para esse sistema, pois foram conectados diretamente a laje, quando deveriam fazer uso de vigas como elemento intermediário de transferência de cargas.

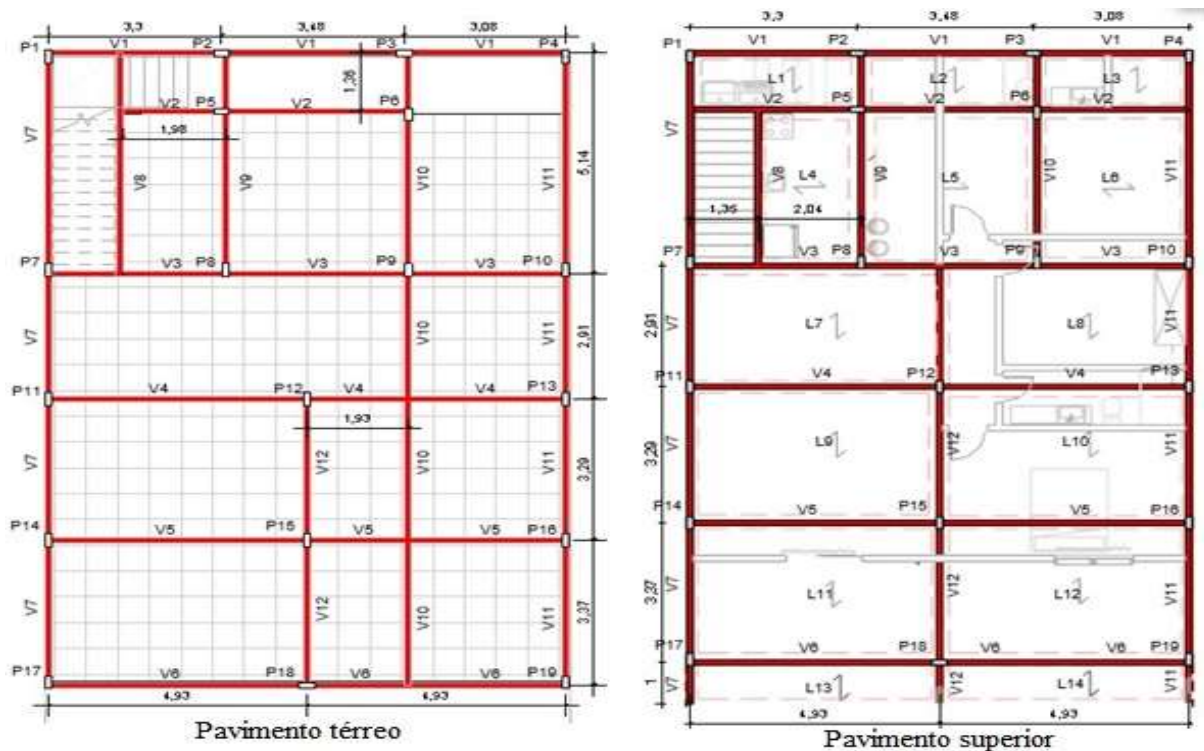
O fato dos pilares estarem em contato direto com a laje não é algo incomum e nem errado, desde que feito de forma apropriada. Pode-se citar como exemplo o uso da técnica de capitéis em laje-cogumelo que permite essa concepção, porém, quando não há uso dessa técnica, como é o caso da obra, o pilar causa efeitos de punção na laje.

Outro problema causado pelo uso do tijolo 9x19x19 como forma, foram os vazios formados nos elementos estruturais devido ao acúmulo de agregado graúdo, patologia popularmente conhecida como bicheira.

As bicheiras podem possuir várias causas, neste caso, se dá basicamente pela falha no adensamento. Os elementos estruturais possuem somente 9cm de largura, sendo um espaço pequeno para acomodação do agregado graúdo e da argamassa entre a armação do concreto.

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 (Figura 2), buscou-se, principalmente, a redução do tamanho dos vãos que eram apresentados em obra, os quais geravam maiores cargas e conseqüentemente maiores flechas.

Figura 2. Nova concepção estrutural.



Algumas características foram semelhantes 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).

A disparidade entre a estrutura executada na obra e a estrutura planejada também foi comprovada pela comparação dos deslocamentos apresentados nas lajes e vigas do pavimento superior. Enquanto a estrutura da obra (Figura 3) apresenta vãos livres máximos para as lajes de 5,05m e deslocamentos negativos de -4,88cm, na nova concepção (Figura 4) os vãos máximos para as lajes são de 3,48m e deslocamentos negativos de -0,65cm. Ou seja, no projeto estrutural proposto foi possível reduzir as flechas e deslocamentos sofridos pela estrutura.

Figura 3. Deslocamentos da estrutura executada na obra.

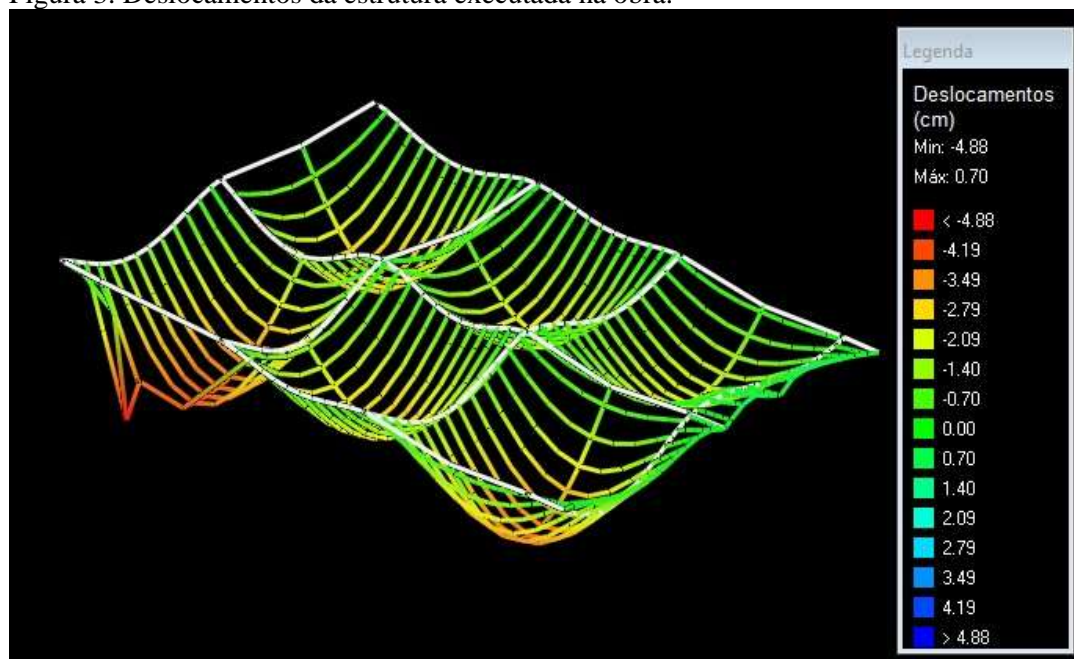
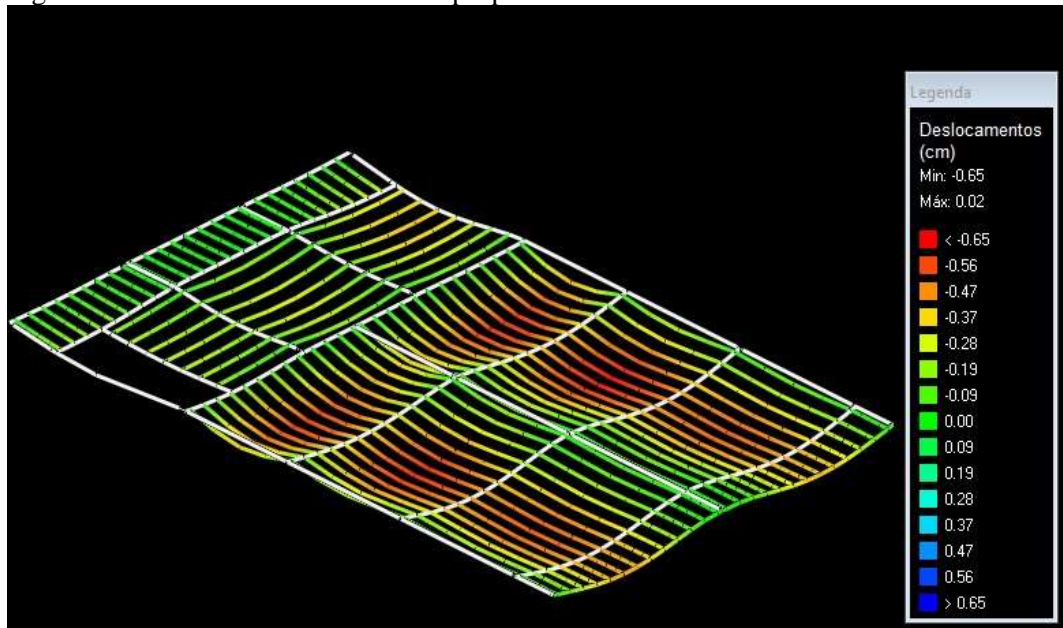


Figura 4. Deslocamentos da estrutura proposta.



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.

CONCLUSÃO

Os conhecimentos empíricos do mestre de obras, adquiridos em anos de experiência, não foram suficientes para elaborar e executar uma obra que atendesse aos parâmetros normativos. Neste caso, foi inevitável o surgimento de falhas, pois foram basicamente consequências do uso do tijolo 9x19x19 como forma, prática bastante disseminada na região com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir custos.

Teoria e prática são bons aliados do planejamento e da execução. Analisar a obra do ponto de vista prático, acompanhando sua execução e comparando os resultados obtidos com as diretrizes normativas e a literatura, ponto de vista teórico, permitiu elaborar um projeto que visasse a extinção dos problemas cometidos inicialmente.

As 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

- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
- Carvalho, R. C. Cálculo e Detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo à NBR 6118:2014. 4ed. São Carlos: EduFSCar, 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.
- Telles, P. C. S. História da Engenharia no Brasil: Século XVI a XIX. 2. Ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1984.