

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ARRANJO DAS VIGAS E LAJES NOS CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO

ANA CAROLINE HENRIQUES DA SILVA SOUSA¹, VALDEMIRO BATISTA DA SILVA JÚNIOR², ANYREVES LÍGIA GOMES³ e SAMARAH CARVALHO FELIX DA SILVA⁴

¹Graduanda em Engenharia Civil, UNINASSAU, João Pessoa–PB, anacaroline_henriques@hotmail.com;

²Graduanda em Engenharia Civil, UNINASSAU, João Pessoa-PB, vbjr.eng@gmail.com;

³Graduada em Engenharia Civil, UNIPÊ, João Pessoa – PB, any-ligia@hotmail.com;

⁴Graduada em Engenharia Civil, UNIPÊ, João Pessoa – PB, samarahfelix@hotmail.com.

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

RESUMO: A concepção estrutural não é algo aleatório, os arranjos dos elementos estruturais devem ser dispostos, de forma a garantir fatores de segurança e estética. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise comparativa de diferentes arranjos de lajes e vigas de uma edificação em concreto armado de pequeno porte, visando demonstrar que os arranjos estruturais influenciam nos custos e no consumo de insumos. A coleta de dados foi feita através de inspeção em campo e, estudos bibliográficos. Foram considerados três modelos para obtenção de uma média do consumo do concreto. Os resultados se mostraram positivos, visto que houve uma grande diferença na totalidade de cada modelo. Ficou evidente que apesar dos modelos possuírem a mesma quantidade de lajes, as armadas em uma direção tendem a ter menor consumo de concreto do que as armadas em duas direções. Sendo notório que a eficácia dos projetos estruturais são agentes essenciais não apenas na redução de custos, mas também na redução dos impactos ambientais, visto que contribui na preservação de recursos.

PALAVRAS-CHAVE: Concepção estrutural. Elementos estruturais. Pré-Dimensionamento. Otimização estrutural.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE ARRANGEMENT OF BEAMS AND SLABS ON THE COSTS OF A REINFORCED

ABSTRACT: The structural conception is not something random, the element's arrangements should be disposed in order to guarantee security and esthetical factors. In this context, this paper had as objective to realize a comparative analysis in different arrangements of the slabs and beams of an reinforced concrete building, aiming show the influence of the structural arrangement in the costs and materials' consumption. The data was collected by field data and bibliographic study. We considered three models to obtain an average of concrete consumption. The results were positive although there's a huge difference in the total of each model. It's evident that even models have the same quantity of slabs, the armed in one direction have the same consumption as the armed in two direction. It's easy to notice that the efficacy of the structured projects it's an essential agent not only reducing costs but also reducing environmental impacts and also contributing to resources preservation.

KEY-WORDS: Structural conception. Structural elements. Pre-sizing. Waste.

INTRODUÇÃO

De acordo com Reis (2001), criar, projetar e executar estruturas em concreto armado são os objetivos básicos de qualquer engenheiro ligado ao ramo estrutural. Visto que o concreto é um material que tem alta resistência as tensões de compressão e baixa a tração, foi necessário a junção com o aço que é um material com boa resistência a tração (BASTOS, 2006). A trabalhabilidade desses

dois materiais em conjunto acontece pelo fato de que os coeficientes de dilatação térmica serem praticamente iguais e, o concreto ainda consegue proteger o aço da oxidação, garantindo uma maior durabilidade da estrutura. Sendo importante enfatizar que a ruptura frágil do concreto, não sendo permitida pela norma, é contornada pela ductibilidade do aço, quando o dimensionamento for correto.

Em se tratando da aplicabilidade deste método construtivo, a criação da estrutura de um edifício, consiste em estabelecer o arranjo adequado dos vários elementos estruturais, assegurando que o mesmo possa atender às finalidades para as quais foi projetado. É possível atender aspectos de custos, segurança, dentre outros fatores apenas com um arranjo estrutural adequado. Uma das principais preocupações do engenheiro estrutural deverá ser a interação com os demais projetos, em especial com o arquitetônico, o qual direcionará grande parte das decisões tomadas e influenciará no resultado da obra.

O arranjo dos elementos deve ser compatível com o projeto arquitetônico, e é necessário conhecer os elementos estruturais para então classificá-los, e assim otimizar sua aplicabilidade em termos de eficiência mecânica e desempenho em serviço (GIONGO, 2007). Os mais comuns elementos estruturas usados na construção de concreto armado, são as lajes, vigas, pilares e fundações (sendo estas não discutidas aqui). E são consideradas os elementos estruturais mais importantes, visto que garantem a capacidade portante global.

Segundo Coelho (2000) calcular, dimensionar e detalhar painéis de lajes contínuas ou isoladas tem sido um problema relevante, especialmente na área de projetos. Definidas geometricamente como bidimensionais, as lajes recebem maior parte das ações aplicadas numa construção. A ABNT NBR 14860-1 (2002), diz que o projeto estrutural das lajes deve ser elaborado seguindo as NBR 6118 (2004), NBR 9062 (2017).

Com a função de transmitir as cargas das lajes e paredes aos pilares, as vigas têm suas maiores solicitações referentes à flexão e cisalhamento. As larguras devem ser adotadas para atender necessidades arquitetônicas e construtivas, e embutidas na alvenaria, é possível promover melhoramento estético e aproveitamento de espaços (PINHEIRO, 2003).

Cada edifício tem sua particularidade, pois condições específicas de arranjos e projetos necessitam de ser atendidas da maneira mais adequada, sendo assim, cada etapa desse processo representa uma parcela no custo final da edificação. A fatia gasta com estrutura em concreto armado representa em torno de 20% a 25% do custo final da obra, considerando-a pronta para utilização (GIONGO, 2007).

No orçamento do concreto armado estão envolvidos os custos dos materiais que o compõe (pedra britada, areia, cimento, aditivos e adições), as barras e os fios de aço que formam as armaduras, os materiais para montar as fôrmas para moldagem de todos os elementos estruturais, os custos dos andaimes, os custos com mão de obra para preparação das fôrmas e dos materiais e custos de lançamentos, adensamento, cura e desforma (GIONGO, 2007). Apesar de ser economicamente viável, apresentar boa durabilidade, fácil modelagem, segurança contra o fogo, impermeabilidade e resistência a choques e vibrações, o concreto também apresenta diversas desvantagens, tais como a agressão ao meio ambiente, fissuração e transmissão de calor. Um arranjo estrutural adequado, além de reduzir custos, visto que aproveitaria a interação de todos os elementos (posto que as dimensões mínimas devem ser respeitadas para um bom desempenho), também está atrelado a redução do impacto ambiental.

Levando em conta esse impacto, o uso do concreto armado cresceu em grandes proporções e, conseqüentemente, a quantidade de resíduos gerado por ele, colocando-o assim em um patamar de vilão ambiental, pela dificuldade de reaproveitamento de rejeitos (SANTOS, 2013). Utilizando a reciclagem, inúmeros benefícios serão gerados, diminuindo o impacto ambiental. O uso consciente dos recursos naturais disponíveis na natureza, é um assunto atual e de grande importância.

A partir do contexto aqui exposto, o objetivo desse trabalho é comparar arranjos de lajes e vigas numa edificação residencial de concreto armado, com o intuito de apresentar uma aplicação prática da influência do arranjo estrutural nos custos, e conseqüente redução do consumo de insumos.

MATERIAIS E MÉTODOS

De forma a apresentar uma discussão acerca da influência do arranjo estrutural em edifícios de concreto armado, foi adotado como objeto de estudo um projeto de uma construção residencial

localizado na cidade de Patos - Paraíba. A estrutura analisada é um residencial multifamiliar composta por um pavimento térreo e um pavimento superior (Figura 1).

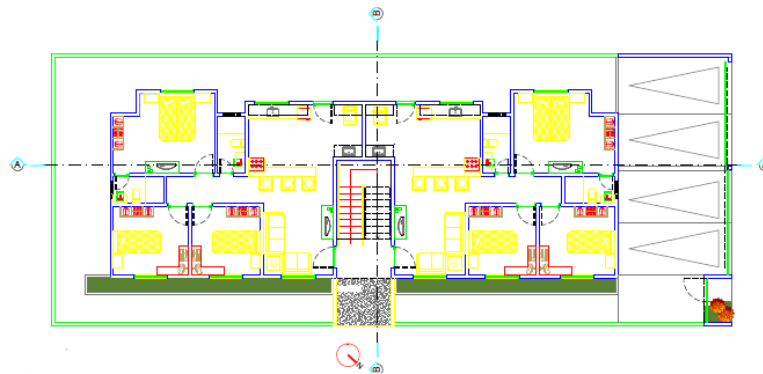


Figura 1: Planta Baixa – Pav. Térreo

Fonte: Gomes (2016)

Desenvolvida pelo método construtivo do concreto armado, possuindo todo o projeto estrutural e acompanhada por um técnico responsável durante sua execução. A edificação possui dois apartamentos por andar, acomodando uma sala de estar, uma cozinha, banheiro social, três quartos, sendo uma suíte e uma área de serviço.

Para o desenvolvimento de uma pesquisa, é essencial definir o método de pesquisa a utilizar. O tipo aqui apresentado é devido a coleta de dados em campo e, a utilização deles para análise. Classificada como pesquisa exploratória, Gil (2002) diz que esse tipo de pesquisa tem como propósito aperfeiçoar hipóteses, validar instrumentos e prestar familiaridade com o campo de estudo.

Os meios de pesquisa desse trabalho deram-se por métodos bibliográficos, utilizando livro, sites, normas técnicas e software estudantil. Foram analisados os custos relacionados ao consumo do concreto através dos lançamentos das lajes e vigas do projeto arquitetônico, a partir desse projeto, os lançamentos serão dados de três formas diferentes, a fim de avaliar se há ou não alterações no custo de forma significativa, através da simples análise do consumo de concreto em uma obra de pequeno porte.

Após os lançamentos estruturais, o pré-dimensionamento das lajes e vigas foi feito seguindo os parâmetros da ABNT NBR 6118/2014, NBR 6120/1980, Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado e Fundamentos do Concreto e Projetos de Edifícios, além de expressões de pré-dimensionamento apresentadas na literatura especializada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao adotar um projeto de uma construção como objeto de estudo, o primeiro passo foi definir o arranjo estrutural do mesmo, de modo que a estrutura suporte todas as cargas, garantindo segurança em conformidade com a NBR 8681 (2003).

O arranjo dos pilares foi lançado pensando não apenas na transmissão dos esforços, mas na funcionalidade e na adequação ao projeto arquitetônico. No trabalho aqui apresentado, o método utilizado foi referenciado em pesquisas bibliográficas de Pinheiro (2003), na qual o pré-dimensionamento é feito a partir do método das áreas de influência do pilar, que é aplicada como vemos na Eq. (1).

$$Ac = \frac{30 \cdot \alpha \cdot A \cdot (n + 0,7)}{fck + 0,01 \cdot (69,2 + fck)} \quad \text{Eq. (1)}$$

O projeto de edificação pré-dimensionado nesse estudo, está localizado em área urbana e possui pouco risco de deterioração, com isso seguindo a NBR 6118 (2014) considera-se que sua agressividade ambiental é a Classe II.

Na NBR 6118 (2014) ainda está outro ponto importante aspecto para o pré-dimensionamento das estruturas, um critério relacionado à durabilidade referente ao cobrimento das armaduras que devem ser utilizadas nos elementos estruturais. A escolha dos valores mínimos de cobrimento se faz em função da classe de agressividade ambiental.

Considerando ainda os critérios de majoração (α) para pilares, é válido ressaltar que segundo a NBR 6118 (2014), a seção transversal dos pilares não pode ter dimensão inferior a 19 cm, entretanto, há casos na qual o valor pode ser reduzido para 14 cm (mínimo absoluto), desde que os esforços solicitantes sejam majorados por um coeficiente γ_n .

Importante enfatizar, que o posicionamento dos pilares foi limitado às condições arquitetônicas, procurando “esconder” a estrutura nos elementos construtivos não-estruturais, como as paredes. Como também, há uma necessidade de limitar as dimensões das vigas, para que estas não necessitem de altura elevada, podendo assim interferir na abertura de esquadrias. Logo, as distâncias entre os pilares foram limitadas a valores em torno de 6 metros (como indicação de PINHEIRO, 2003)

Visto que o estudo desse trabalho é voltado para a influência dos arranjos das lajes e vigas na metragem cúbica do concreto, as posições dos pilares não foram alteradas e permaneceram a mesma nos modelos que estudados. Enfatiza-se ainda, que a necessidade de se estabelecer as dimensões dos pilares se dá pelo fato que as dimensões das vigas dependem dos seus vãos teóricos, em geral de eixo a eixo dos seus apoios (podendo serem os pilares).

As lajes foram divididas de modo que seus menores vãos não fossem muito extensos, e como é aconselhado para lajes maciças, o mínimo para vão econômico é de 7m, e as vigas definidas suprimindo necessidades arquitetônicas e construtivas, ainda mantendo sua função de transferência das cargas das lajes para os pilares. Respeitando os limites para lajes maciças estabelecidas na NBR 6118 (2014) de 8 cm para lajes de piso não em balanço, seguiu-se o método de Scadelai (2005) que diz que as lajes maciças apoiadas ou engastadas, têm sua altura útil estimada pela Eq. (2).

$$d_{est} = \frac{(2,5 + 0,1n)l^*}{10n} \quad \text{Eq. (2)}$$

Para definir l^* usa-se o menor valor entre l_x e $0,7 \cdot l_y$, sendo que o l_x é o menor vão das dimensões da laje em planta e o n é o número de bordas engastadas, feitas com base na relação com as lajes adjacentes a ela. Com isso, ainda segundo Scadelai (2005), a altura da laje pode ser obtida pela Eq. (3).

$$h = d_{est} + \emptyset/2 + c \quad \text{Eq. (3)}$$

O diâmetro das barras será \emptyset (valor inicialmente estimado) e o c é o cobrimento nominal da armadura, que é definido pelo cobrimento nominal correspondente a sua classe ambiental seguindo a NBR 6118 (2014). Considerando os parâmetros da NBR 6118 (2014), as vigas não podem ter largura menor que 12 cm, atendendo ainda algumas exceções para aceitação de 10 cm caso algumas condições sejam atendidas, como fiscalização rigorosa e total atendimento ao arranjo adequado das armaduras.

Tendo como referência Giongo (2007) e Scadelai (2005), adota-se como princípio utilizar 1/12 do vão teórico para trechos de vigas internas e, 1/10 do vão teórico para as vigas bi apoiadas, ou trechos externos. Nas vigas contínuas que contém pilares como apoios no decorrer da mesma, utiliza-se a altura do maior tramo. Por motivos estéticos e arquitetônicos, adotou-se uma medida padrão de 15cm de largura das vigas, para que as mesmas fossem embutidas na parede, nos três modelos diferentes.

Após o pré-dimensionamento dos elementos estruturais nos três modelos adotados, foi analisado que o posicionamento dos arranjos influencia na metragem cúbica do concreto, enfatizando novamente que há influencia não só no custo, mas também nas questões ambientais, devido à matéria prima utilizada na fabricação do concreto.

O modelo 1 foi o mais eficaz, apesar de possuir o maior consumo de concreto em vigas. Isso se explica pelo fato de as lajes serem divididas de uma melhor forma, de forma que fez com que no

seu pré-dimensionamento, e conseqüentemente posterior dimensionamento, as lajes fossem armadas em uma direção, reduzindo assim a sua altura. Enfatiza-se para uma melhor explicação, que a dimensão determinante no dimensionamento de um elemento estrutural de laje é a menor. Então apesar de possuir um alto volume nas vigas, o volume das lajes reduzido, resulta no volume de concreto total do pavimento, diferente dos outros modelos que obtiveram a maioria das lajes armada em duas direções.

Uma das classificações da laje pode se dar pelo meio da direção da armadura dela. Para que sejam armadas em apenas uma direção, é necessária uma relação entre o maior lado e o menor lado ser superior a dois, assim a direção de menor vão livre solicita os maiores esforços. Já as lajes armadas em duas direções, a relação entre os lados deve ser menor que dois, logo os esforços solicitantes serão importantes segundo as duas direções (BASTOS, 2015).

A influência principal é que quanto maior a quantidade de vigas, maior redução na altura da laje, e apesar do custo das vigas, as lajes tem seu volume final altamente influenciado pela área em planta, sendo bem maior que a área em planta das vigas. Aqui deixa-se explícito e enfatizado, que os elementos que mais influenciam no consumo de concreto do tabuleiro, são as lajes.

Relacionando os números, é possível dizer que o modelo 1 possui o maior volume de viga, são 10% a mais que o modelo 3, que apresentou o menor consumo de concreto para esse elemento, entretanto gasta um percentual menor de 27% com lajes no mesmo modelo, o que resulta uma diferença total de menos 13%. Logo, é possível afirmar que mesmo mantendo o número igual de lajes nos três modelos, com uma divisão de forma adequada para que as lajes sejam menos quadráticas, a sua altura pode ser reduzida, conseqüentemente diminuindo consideravelmente o volume do concreto total, afetando o custo diretamente da edificação.

Como já dito neste trabalho, no mercado é possível encontrar diferentes resistências para o concreto, e é por meio da sua classe ambiental que será definida qual utilizar no dimensionamento da estrutura, e neste artigo foi utilizado como base o Concreto Usinado Convencional, com resistência C25, pois atende as exigências de resistência mínima para concreto apresentada na NBR 6118(2014).

Com a finalidade de comparar a influência do arranjo estrutural no custo final da edificação, e sabendo da diferença dos valores do consumo nos modelos dispostos e seguindo os valores para o m³ do concreto usinado convencional, encontrado na tabela SINAPI (nov. 2019), foram alcançados os valores demonstrados no quadro 1.

VALORES PARA O CONSUMO DE CONCRETO (REAIS)	LAJES	VIGAS	TOTAL
MODELO 1	R\$ 3.965,07	R\$ 3.035,86	R\$ 7.000,93
MODELO 2	R\$ 5.443,77	R\$ 2.917,56	R\$ 8.361,33
MODELO 3	R\$ 5.261,51	R\$ 2.762,12	R\$ 8.023,63

Quadro 1: Valores para o consumo de concreto em Reais

Fonte: Autores (2019)

Pôde-se constatar uma diferença de 16% ou R\$ 1.360,40 do modelo 1, o mais econômico, para o modelo 2, o menos econômico. Comprovando que um arranjo estrutural adequado influencia diretamente no custo final de uma construção em concreto armado, independentemente do número de vigas ou lajes, mas, sim, da posição adequada desses elementos.

CONCLUSÃO

É evidente que existe a importância de um arranjo estrutural, e como vários autores afirmam, vê-se que no decorrer dos anos a busca por projetos eficientes estruturalmente aumentaram, não apenas para diminuir o custo final da obra. Visto que esse trabalho foi voltado para arranjos em concreto armado, vale ressaltar a questão ambiental, com a conscientização do meio ambiente mais ativa nos dias de hoje, a eficiência do projeto no consumo do concreto, contribui ainda na diminuição do consumo da matéria-prima virgem, reduzindo toneladas de resíduos, e causando menos impacto na emissão de CO₂ na atmosfera.

A diferença nos arranjos das vigas e lajes, podem de fato influenciarem no consumo do concreto da edificação, e depois da análise do pré-dimensionamento nos três modelos adotados, foi comprovado que realmente existe uma diferença notória, havendo uma porcentagem de 16% entre o menor e maior consumo de concreto, além de uma economia financeira de R\$ 1.360,40 entre os modelos de menor e maior consumo.

Pelo motivos das vigas terem sido arranjadas dividindo as lajes de modo que estas sejam armadas em uma direção, como acontece no modelo 1, tem-se como o fator principal para que ocorra essa influência econômica no volume do concreto, logo, a concepção estrutural não é apenas um fator segurança, como também é um agente essencial no custo final da edificação.

REFERÊNCIAS

- Bastos, Paulo Sérgio. Fundamentos do Concreto Armado. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Fundmentos.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- Giongo, José. Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.docsity.com/pt/projeto-estrutural-de-edificios-1/4778631/>. Acesso em: 17 de Outubro de 2019.