

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O DIMENSIONAMENTO MANUAL E
DIMENSIONAMENTO POR SOFTWARE DE UMA LAJE MACIÇA EM CONCRETO
ARMADO**

Otavio Campos Lopes

Carlos Henrique Carvalho Júnior

Curso: Engenharia Civil Período: 10ºÁrea de Pesquisa: Estruturas de Concreto

Resumo: O cálculo estrutural é uma das etapas mais importantes, senão a de maior importância, na concepção do projeto de uma edificação, nesta etapa serão dimensionados os elementos estruturais, de modo que estes atendam as solicitações obtidas através da análise estrutural. São diversos os meios que possibilitam o alcance desses resultados, há algum tempo atrás os engenheiros realizavam todo dimensionamento e detalhamento de seus projetos de forma manual, no entanto hoje, são diversas as ferramentas existentes que facilitam este trabalho. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa entre o dimensionamento manual e por software, como exemplo foi calculada uma laje maciça em concreto armado. Além do cálculo, foi realizada também uma fundamentação teórica acerca dos dois métodos, pontuando seus conceitos. Como objeto de comparação, foram usados os valores de momento fletor e área de aço encontrados para cada um dos métodos. Os resultados encontrados, considerados satisfatórios, mostram que os resultados obtidos pelo software, apesar de maiores, são mais precisos. Porém o cálculo manual não precisa ser descartado, é apenas necessário entender onde ele pode ser utilizado.

Palavras-chave: Dimensionamento. Manual. Software. Laje.

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo, todo o procedimento de cálculo, dimensionamento e detalhamento de estruturas foi feito de forma manual, o que deixava os engenheiros limitados em relação ao tamanho e forma das estruturas. Mesmo com auxílio de algumas poucas ferramentas, o processo ainda era lento e cansativo.

Hoje, com avanço da tecnologia e com a necessidade de estruturas cada vez mais esbeltas, surgiram diversos softwares capazes de realizarem todo este processo de forma automatizada. Kimura (2007) afirma que é quase impossível elaborar um projeto estrutural de forma completamente manual nos dias atuais.

Ainda que, um sistema computacional realize praticamente todas as etapas da concepção de um projeto, a participação do engenheiro é indispensável. Cabe a ele conhecer e entender os conceitos da análise e dimensionamento das estruturas, afim de verificar os resultados de forma correta.

Usualmente uma estrutura de concreto armado se compõe por um sistema estrutural constituído em lajes, vigas e pilares.

O cálculo estrutural é uma das etapas mais importantes, senão a de maior importância, na concepção do projeto de uma edificação. Segundo a NBR 6118 (2014), o objetivo desta etapa é garantir a segurança, em relação ao estado-limite último (ELU) e estado-limite de serviço (ELS). Nela serão dimensionados os elementos estruturais, de modo que estes atendam as solicitações obtidas através da análise estrutural.

As lajes, objeto de estudo deste trabalho, “são os elementos estruturais que têm a função básica de receber as cargas de utilização das edificações, aplicadas nos pisos, e transmiti-las às vigas” (ARAÚJO, 2010, P.1).

O presente artigo consiste então, em fazer um estudo comparativo entre o dimensionamento manual e através do software “Eberick” de uma laje maciça, afim de comparar os esforços e área de aço encontrada.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

2.1.1. Concreto Armado

Quando se fala em engenharia civil, e mais precisamente ainda sobre construção civil, um dos primeiros assuntos que se vem em mente é o concreto armado. Obviamente, existem diversos outros métodos construtivos atualmente, mas o concreto armado ainda ocupa grande espaço nas construções devido as suas boas condições de trabalhabilidade e custo benefício, por exemplo.

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), são diversas as vantagens proporcionadas pelo concreto armado:

- a) Apresenta boa resistência a maioria das solicitações;
- b) Tem boa trabalhabilidade, quando fresco, e por isso se adapta a várias formas, dando maior liberdade ao projetista;
- c) Permite obter estruturas monolíticas;
- d) As técnicas de execução são dominadas em praticamente todo país;
- e) É um material durável, se for bem executado, respeitando todas as normas;

- f) Apresenta durabilidade e resistência ao fogo;
- g) É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos e atmosféricos;

Apesar de tantas vantagens, os autores citam também algumas desvantagens do material:

- a) Resulta em elemento com maiores dimensões que o aço, o que, com seu peso específico muito elevado (25KN/m^3), acarreta em peso próprio muito grande, limitando seu uso em determinadas situações ou elevando bastante seu custo;
- b) As reformas e adaptações são, muitas vezes, de difícil execução;
- c) São necessários um sistema de formas e a utilização de escoramento, que geralmente precisam se manter no local até que o concreto alcance resistência adequada.

O concreto é um material composto por água, cimento e agregados. Porém, como diz Carvalho e Figueiredo Filho (2014) o concreto sozinho não é adequado como elemento estrutural. Apesar de possuir ótima resistência a compressão, sua resistência a tração corresponde a aproximadamente 10% de sua capacidade de resistir a compressão.

Devido a isso, surgiu então a necessidade de associação do concreto a um material capaz de resistir a tração, sendo usado comumente o aço.

O funcionamento conjunto desses dois materiais só é possível graças à aderência. De fato, se não houvesse aderência entre o aço e o concreto, não haveria o concreto armado. Devido à aderência, as deformações das barras de aço são praticamente iguais às deformações do concreto que as envolve. (ARAÚJO, 2014, p. 1).

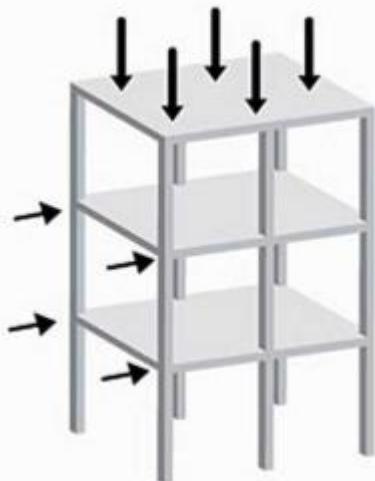
O trabalho solidário entre o concreto e o aço, torna, portanto, o concreto armado altamente eficiente quando se trata de resistir a diferentes solicitações. É importante, ressaltar ainda, a segurança proporcionada pelo material, uma vez que com o aço absorvendo os esforços de tração, a ruína brusca da estrutura é impedida (ARAÚJO, 2014).

2.1.2. Estruturas e Lajes de Concreto Armado

Segundo Sussekind (1981) uma estrutura se compõe de uma ou mais peças, ligadas entre si formando um conjunto estável, capaz de receber solicitações externas, absorvê-las e transmiti-las para seus apoios. Para Carvalho e Figueiredo Filho (2014), estas peças são denominadas como elementos estruturais, e o modo pelo qual os elementos estruturais se arranjam são chamados de sistema estrutural.

Um sistema estrutural em concreto armado é, normalmente, composto por lajes, vigas e pilares. As lajes, são as responsáveis por receber maior parte das cargas verticais. Além das ações permanentes elas recebem também as ações variáveis.

FIGURA 1 - Representação de um sistema estrutural



Fonte: Kimura, 2007.

Ainda segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), as lajes são placas de concreto, elementos estruturais de superfície plana, em que a dimensão perpendicular à superfície, que usualmente é chamada de espessura, é relativamente pequena comparada às demais e sujeitas principalmente a ações normais a seu plano. Portanto, justamente por serem os elementos estruturais de maiores dimensões e receberem maior partes das cargas, para Moraes e Barbosa (2017) dentre os elementos estruturais, as lajes são o de maior importância.

2.1.3. Dimensionamento de Lajes Maciças em Concreto Armado

Em conformidade com Carvalho e Figueiredo Filho (2014) existem basicamente dois métodos para o dimensionamento de lajes maciças: o método elástico e o método de ruptura.

Ainda segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014, p. 321), no método elástico “subestimam-se os deslocamentos, pois não é considerada a fissuração do concreto; também não se pode dizer que os esforços na situação de ruptura, usados no cálculo da armadura, são proporcionais aos obtidos em serviço”.

Neste método o dimensionamento das lajes é baseado na Teoria da Elasticidade, “cujas hipóteses variam conforme o tipo de placa admitida. Neste caso, considera-se que as placas são constituídas de material homogêneo, elástico, isótropo, linear fisicamente e têm pequenos deslocamentos” (FARIAS E BOLINA, 2018, p. 2).

Para simplificação do cálculo e facilitação da obtenção de resultados são feitas algumas considerações, como: considerar o concreto armado um material homogêneo, apesar dele não ser; a laje não transmite momento de torção para as vigas, sua única influência sobre elas está nas forças verticais uniformemente distribuídas; as vigas de contorno são verticalmente indeslocáveis; e as condições de apoio das bordas são apoios livres ou engastes. (CARVALHO E FIGUEIREDO FILHO, 2014).

De acordo com Carvalho e Figueiredo Filho (2014), podem ser considerados neste método alguns modelos de cálculo, sendo eles:

- d) Equação equivalente;
- e) Diferenças finitas;

- f) Elementos finitos;
- g) Grelha equivalente;
- h) Determinação dos esforços por meio de séries;

O modelo abordado neste trabalho consiste na utilização de séries através de tabelas desenvolvidas por Bares. Através da geometria e das condições de contorno das lajes, as tabelas possibilitam e facilitam a determinação dos momentos e deslocamentos máximos.

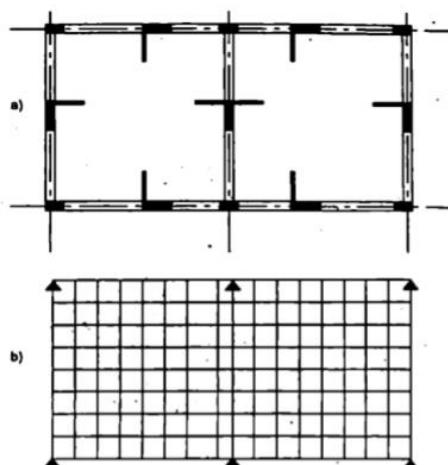
Para isso, o pavimento deve ser discretizado, ou seja, cada laje deve ser tratada individualmente, de acordo com sua vinculação às demais (só são possíveis bordas – contorno – simplesmente apoiadas ou engastadas). De maneira geral, considera-se que as lajes menores e menos rígidas são engastadas nas maiores e mais rígidas (CARVALHO E FIGUEIREDO FILHO, 2014, p. 330).

2.1.4. Dimensionamento por Software

O software a ser utilizado neste trabalho é o programa Eberick. Este software é destinado ao projeto de edificações em concreto armado. Através do modelo de grelhas, pórtico espacial e diversos outros recursos, ele é capaz de dimensionar e detalhar diversos elementos estruturais: vigas, lajes, pilares, escadas, sapatas, etc. O programa possui uma interface de lançamento simples e objetiva, o lançamento dos elementos são feitos diretamente sobre a planta arquitetônica, o que permite uma visualização completa do projeto. Além da possibilidade da geração de vistas 3D da estrutura, o programa ainda fornece todos os resultados em forma de planilhas (ALTOQI, 2020).

Para o cálculo de lajes, o Eberick faz uso do modelo de grelhas, que segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014, p. 326), “consiste em substituir a placa (laje) por uma malha equivalente de vigas (grelha equivalente). Neste procedimento “as cargas distribuídas se dividem entre os elementos da grelha equivalente de acordo com a área de influência de cada elemento. Podem ser consideradas uniformemente distribuídas ao longo dos elementos ou, dentro de certa aproximação, concentradas nos nós” (CARVALHO E FIGUEIREDO, 2014, p. 326).

FIGURA 2 - a) Planta de forma de um pavimento. b) Grelha representando o pavimento



Fonte: Carvalho e Figueiredo, 2014.

Conforme diz Carvalho e Figueiredo (2014), o uso desse método associado a um programa de informática – o Eberick é um exemplo – torna possível dimensionar e detalhar grandes projetos, assim como resolver problemas onde os contornos não são regulares e até mesmo lajes sem vigas.

2.2. Metodologia

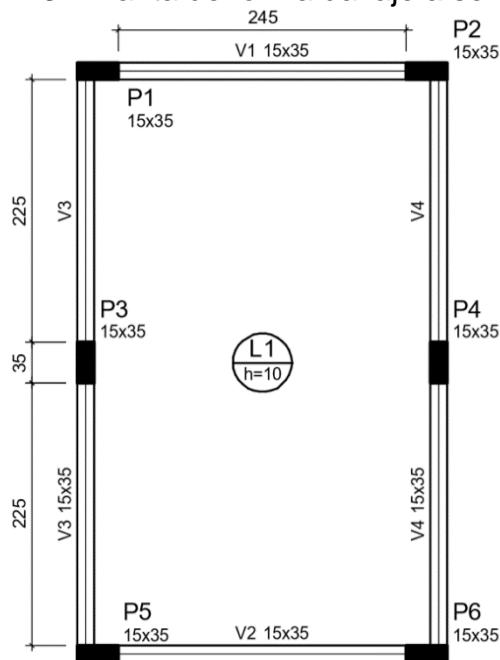
A metodologia aplicada neste trabalho é de abordagem quantitativa, com intuito de gerar dados mensuráveis e assim comparar os métodos estudados, é também de natureza aplicada pois tem como objetivo proporcionar maior entendimento acerca do assunto apresentado.

Esta seção apresentará os critérios estabelecidos para o dimensionamento da laje, bem como o procedimento realizado para o cálculo manual.

2.2.1 Critérios de Cálculo

O dimensionamento a ser desenvolvido neste trabalho será baseado em uma laje hipotética criada pelo próprio autor.

FIGURA 3 - Planta de forma da laje a ser dimensionada



Fonte: Autor, 2020.

Como mostra a Figura 1, a laje a ser calculada será retangular, com dimensões de 2,45 metros na direção “x” (seu menor vão), 4,85 metros na direção “y” (seu maior vão) e 10cm de espessura. Será admitido também que a presente laje não possui vínculos com lajes adjacentes, ela está simplesmente apoiada. Os pilares e vigas representados na planta são meramente ilustrativos, uma vez que não serão dimensionados neste trabalho.

A laje apresentada faz parte, hipoteticamente, da cobertura de uma residência térrea localizada em um centro urbano. Sendo assim, a agressividade ambiental sobre a estrutura é de classe II (moderada), portando a resistência característica do concreto

a ser considerada para cálculo será de 25Mpa, e o cobrimento mínimo estabelecido pela ABNT NBR 6118 – 2014 para estruturas inseridas em ambientes com esta classe de agressividade é de 25mm.

Foi definido também a tensão de escoamento do aço que será de 50kgf/mm², ou seja, será utilizado o aço CA 50. Uma vez determinado o tipo de aço a ser usado, ficou estabelecido que para as armaduras positivas será empregado barras de 8mm de diâmetro.

Após a definição da geometria da laje e das características dos materiais foi feita a determinação das ações atuantes sobre a estrutura.

TABELA 1 - Ações atuantes na estrutura

CARGAS PERMANENTES (G)			
PESO ESPECÍFICO (kn/m ³)	ESPESSURA (m)	CARREGAMENTO FINAL (kn/m ²)	
G1 (peso próprio):	25	0,1	2,5
G2 (argamassa):	21	0,02	0,42
CARGAS ACIDENTAIS (Q)			
Q (terraços):	xxxxxx	xxxxxx	0,5
TOTAL DE CARGAS (P)			3,42

Fonte: Autor, 2020.

Todo o carregamento usado no cálculo foi definido segundo a ABNT NBR 6120 – 1980. Para as cargas permanentes foi considerado o peso próprio da estrutura (G1) e um acabamento feito com argamassa (G2). Já em relação a carga acidental, foi considerado que a laje é um terraço inacessível a pessoas.

2.2.2. Dimensionamento Manual

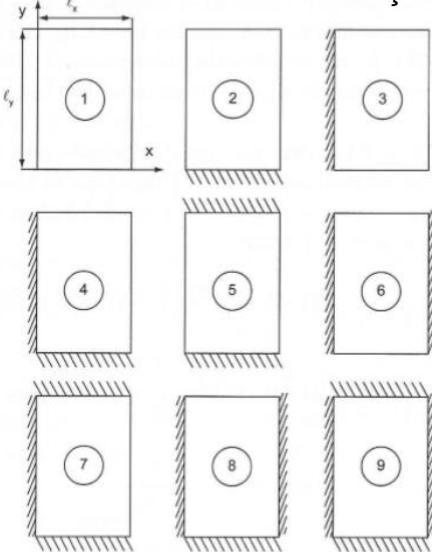
Primeiramente, será realizado o dimensionamento manual da laje. Para este procedimento, será considerado o Método de Bares. Será descrito nas seções seguintes o roteiro utilizado para o cálculo manual da estrutura.

2.2.2.1 Determinação dos Momentos Fletores

Para a determinação dos momentos fletores é primeiro necessário definir o parâmetro λ (equação 1) e o caso de vinculação da laje em questão (figura 2).

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} \quad (1)$$

FIGURA 4 - Casos de vinculação das lajes



Fonte: Carvalho e Figueiredo, 2014.

Feito esta determinação é possível então definir os coeficientes μ_x e μ_y , e posteriormente calcular os momentos solicitantes.

TABELA 2 - Coeficientes para cálculo dos momentos

λ	CASO 1		λ	CASO 1	
	μ_x	μ_y		μ_x	μ_y
1,00	4,41	4,41	1,55	8,12	4,20
1,05	4,80	4,45	1,60	8,34	3,14
1,10	5,18	4,49	1,65	8,62	4,07
1,15	5,56	4,49	1,70	8,86	4,00
1,20	5,90	4,48	1,75	9,06	3,96
1,25	6,27	4,45	1,80	9,27	3,91
1,00	6,60	4,42	1,85	9,45	3,83
1,35	6,93	4,37	1,90	9,63	3,75
1,40	7,25	4,33	1,95	9,77	3,71
1,45	7,55	4,30	2,00	10,00	3,64
1,50	7,86	4,25	∞	12,57	3,77

Fonte: Adaptado de Carvalho e Figueiredo, 2014.

$$m_x = \mu_x * \frac{p * l_x^2}{100} \quad (2)$$

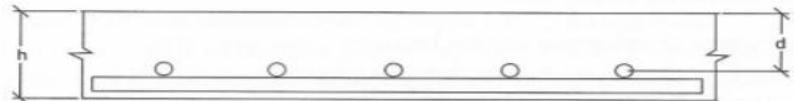
$$m_y = \mu_y * \frac{p * l_x^2}{100} \quad (3)$$

Com as equações 2 e 3 será obtido os momentos positivos atuantes na laje.

2.2.2.2. Verificação da Altura Útil Mínima da Laje

Depois de calculado os momentos é necessário verificar se a altura útil pré-dimensionada atende as solicitações existentes (equação 4).

FIGURA 5 - Altura total e altura útil da laje.



Fonte: Carvalho e Figueiredo, 1981.

$$d_{mín} = \sqrt{\frac{M_d}{bw \cdot fcd \cdot (0,68 \cdot \xi_{34} - 0,272 \cdot \xi_{34}^2)}} \quad (4)$$

2.2.2.3. Cálculo das Armaduras

Para o cálculo das armaduras é preciso primeiro calcular o KMD (equação 5) e em seguida definir KZ através da tabela 3.

$$KMD = \frac{M_d}{bw \cdot d^2 \cdot fcd} \quad (5)$$

TABELA 3 - Coeficientes para cálculo da armadura

KMD	KZ	KMD	KZ	KMD	KZ
0,0100	0,9941	0,1950	0,8678	0,0850	0,9472
0,0200	0,9881	0,2000	0,8638	0,0900	0,9439
0,0300	0,9820	0,2050	0,8597	0,0950	0,9406
0,0400	0,9757	0,2100	0,8556	0,1000	0,9372
0,0500	0,9697	0,2150	0,8515	0,1050	0,9339
0,0550	0,9665	0,2200	0,8473	0,1100	0,9305
0,0600	0,9634	0,2250	0,8430	0,1150	0,9270
0,0650	0,9602	0,2300	0,8387	0,1200	0,9236
0,0700	0,9570	0,2350	0,8343	0,1250	0,9201
0,0750	0,9537	0,2400	0,8299	0,1300	0,9166
0,0800	0,9505	0,2450	0,8254	0,1350	0,9130
0,2500	0,8208	0,1400	0,9094	0,3050	0,7657
0,2550	0,8162	0,1450	0,9058	0,3100	0,7601
0,2600	0,8115	0,1500	0,9022	0,3150	0,7544
0,2650	0,8068	0,1550	0,8985	0,3200	0,7485
0,2700	0,8020	0,1600	0,8948	0,3300	0,7364
0,2750	0,7970	0,1650	0,8911	0,3400	0,7236

0,2800	0,7921	0,1700	0,8873	0,3500	0,7100
0,2850	0,7870	0,1750	0,8835	0,3600	0,6955
0,2900	0,7818	0,1800	0,8796	0,3700	0,6799
0,2950	0,7765	0,1850	0,8757	0,3800	0,6627
0,3000	0,7712	0,1900	0,8718		

Fonte: Adaptado de Carvalho e Figueiredo, 2014.

$$As = \frac{M_d}{KZ * d * fy_d} \quad (6)$$

$$As_{mín} = \frac{0,15}{100} * bw * h \quad (7)$$

Com a equação 6 é calculada a área de aço necessária para atender os momentos solicitantes e a equação 7 define a área de aço mínima especificada pela ABNT NBR 6118 – 2014 variando de acordo com as dimensões da laje.

2.2.3. Dimensionamento por Software

Para o dimensionamento por meio de software será utilizado o programa Eberick que tem como base o método das grelhas. A mesma estrutura calculada manualmente ser lançada no programa para obtenção dos esforços e armaduras. E assim, no fim dos dois processos ser realizada a comparação.

2.3. Discussão de Resultados

Após a realização da fundamentação teórica a respeito do tema e definição de todos os critérios de cálculos, foram realizados os cálculos manuais e posteriormente o lançamento da estrutura no software Eberick. Para o dimensionamento manual foi seguido o roteiro apresentado na seção 2.2.2 deste trabalho.

A laje apresentada é uma laje armada em duas direções, portanto obteve momentos positivos tanto em sua direção x quanto direção y. Ela tem também seus apoios livres (simplesmente apoiada em todas as suas bordas), portanto não sofreu a solicitação de momentos negativos.

Os resultados encontrados para os cálculos estão apresentados na tabela 4.

TABELA 4 – Resultados Obtidos no Dimensionamento

	M_x (kNm/m)	As_x (cm ² /m)	M_y (kNm/m)	As_y (cm ² /m)
Resultados Obtidos pelo Método de Bares	2,01	1,05	0,76	0,4
Resultados Obtidos no Software Eberick	4,37	1,46	1,4	1,12

Fonte: Autor, 2020.

Por ser uma laje de cobertura com dimensões não tão grandes, as solicitações encontradas não foram exorbitantes. As áreas de aço necessárias para atender a estas solicitações, foram inclusive, menores que a área mínima estabelecida pela norma. Portanto, será considerada para a comparação a área de aço mínima que é dada pela equação 7, presente na seção 2.2.2.3.

Neste caso, a área de aço mínima encontrada foi de $1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$.

TABELA 5 – Variação percentual encontrada entre cálculo manual e por software

$\Delta x(\%)$	$\Delta y(\%)$	$\Delta sx(\%)$	$\Delta sy(\%)$
117,4	84,2	-2,7	-25,3

Fonte: Autor, 2020.

Entre os momentos, a maior variação encontrada está entre os momentos em x, onde o momento encontrado pelo software é duas vezes maior que o encontrado manualmente.

Já em relação as áreas de aço, a maior diferença está na armadura que será posicionada no eixo y. Constata-se uma redução de aproximadamente $\frac{1}{4}$ da quantidade de aço necessário.

A tabela 5 mostra que apesar do aumento dos momentos ouve um decréscimo nas áreas de aço, porém isto é explicado pelo fato da comparação ter sido feita com a área de aço mínima, já que esta foi maior que as áreas encontradas para os momentos solicitantes encontrados.

As diferenças encontradas eram esperadas, uma vez que os modelos de cálculo utilizados nos dois métodos são diferentes. No cálculo manual – onde foi utilizado o método simplificado das tabelas – a laje é calculada individualmente, neste método ela não é influenciada pelos outros elementos da estrutura e sua influência sobre eles também não é considerada.

Já o dimensionamento realizado pelo Eberick, que utiliza o método das grelhas como base, considera a estrutura como um todo, ela é analisada globalmente. Portanto o aumento dos momentos encontrados pelo software é justificável, já que ele representa mais precisamente o que ocorre na realidade.

3. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho consistia em apresentar e pontuar as diferenças entre o dimensionamento manual e por software de estruturas de concreto armado. Para seu desenvolvimento foi realizada uma pesquisa bibliográfica afim de conceituar os dois métodos e também foi feito o cálculo de uma laje maciça para exemplificar as questões em estudo.

Primeiramente, foi efetuada a revisão bibliográfica acerca do tema. Esta revisão apresentou os modelos de cálculo utilizados em cada um dos métodos: para o método manual foi utilizado o modelo de Bares, já o dimensionamento por software foi realizado através do programa Eberick, desenvolvido pela AltoQi, que tem como base, para o dimensionamento de lajes, o modelo das grelhas. Foi exposto também a importância do desenvolvimento tecnológico e como isso influencia na Engenharia Civil, especialmente no que se diz respeito ao dimensionamento de estruturas, uma vez que, atualmente os softwares de cálculo e dimensionamento são as principais ferramentas

de trabalhos dos engenheiros. No entanto, apesar da relevância dos softwares, é necessário muito mais do que apenas saber manuseá-los. É o conjunto entre o conhecimento das teorias e o uso do software que traz a excelência do projeto.

Após esta revisão, foi proposto então, o dimensionamento de uma laje maciça para exemplificar com números algumas das diferenças entre os métodos em estudo. A laje usada no exemplo foi uma laje hipotética, desenvolvida pelo próprio autor, para ser usada meramente como objeto de ilustração. Todas as considerações realizadas foram baseadas na norma vigente.

Os resultados encontrados no dimensionamento foram considerados satisfatórios, dado que já eram esperados. A divergência constatada entre os resultados dos dois métodos demonstra a importância do conhecimento de diferentes métodos e seus respectivos critérios no momento da escolha de qual será utilizado.

Como exemplo, a diferença encontrada nos resultados deste trabalho é justificada pelo fato de que os métodos utilizados possuem critérios diferentes. No método manual a laje é calculada individualmente, ela não é influenciada pela viga, que neste caso é considerada indeformável, o que resulta em menores valores de momentos e área de aço. Já no cálculo por software, onde as deformações das vigas foram consideradas, ou seja, a estrutura foi calculada de forma global, os resultados foram maiores que os encontrados manualmente, no entanto mais precisos.

A rigidez e deformidade da viga, são então os principais fatores causadores das diferenças encontradas.

Conclui-se então que ambos os métodos são válidos, no entanto é de grande valia o conhecimento deles e consequentemente de suas limitações. É trabalho do engenheiro saber determinar qual método utilizar e onde utilizá-lo, afim de no fim ter em mãos um projeto eficiente – seguro e economicamente viável.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, p. 114. 2014.

KIMURA, Alio. **Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado:** cálculos de edifícios com o uso de sistemas computacionais. São Paulo: Pini, 2007.

ARAÚJO, J. M. de. **Curso de Concreto Armado – Volume 2.** Rio Grande: Dunas, 2014.

ARAÚJO, J. M. de. **Curso de Concreto Armado – Volume 1.** Rio Grande: Dunas, 2014.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado:** segundo a NBR 6118:2014. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

SUSSEKIND, J. C. **Curso de análise estrutural 1:** Estruturas Isostáticas. Porto Alegre – Rio de Janeiro: Editora Globo, 1981.

MORAES, B. G. de.; BARBOSA, G. **Comparativo entre métodos de cálculo de laje maciça.** 2017. Disponível em: <<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/2392/TCC-Bruno%20Garbinatto-Gabriel%20Barbosa-.pdf>>

Comparativo%20entre%20m%C3%A9todos%20de%20laje%20macica.pdf?sequenc
e=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 out. 2020.

FARIAS, V. P. BOLINA, F. L. **Dimensionamento elástico e plástico de lajes de concreto armado:** uma análise sob a perspectiva do consumo de materiais. 2018. Disponível em: <<http://www.abpe.org.br/trabalhos2018/034.pdf>>. Acesso em: 12 de out. 2020.

ALTOQI. **AltoQi Eberick.** 2020. Disponível em: <http://help.altoqi.com.br/eberick/#pageid=altoqi_eberick>. Acesso em: 19 de out. 2020.