

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RENATO JOSÉ DOS SANTOS

**LAJE NERVURADA UTILIZANDO FÔRMAS PLÁSTICAS
PARA SEU ENCHIMENTO**

ANÁPOLIS / GO

2015

RENATO JOSÉ DOS SANTOS

**LAJE NERVURADA UTILIZANDO FÔRMAS PLÁSTICAS
PARA SEU ENCHIMENTO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: JULLIANA SIMAS RIBEIRO

ANÁPOLIS / GO: 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, RENATO JOSÉ.

Laje nervurada utilizando fôrmas plásticas para seu enchimento [Goiás] 2015

62P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Laje nervurada
3. Fôrmas plásticas
I. ENC/UNI

2. Viga-faixa
4. Capitéis
II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, R. J. Laje nervurada utilizando fôrmas plásticas para seu enchimento, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 58p. 2015

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Renato José dos Santos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Laje nervurada utilizando fôrmas plásticas.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2015

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

RENATO JOSÉ DOS SANTOS

**LAJE NERVURADA UTILIZANDO FÔRMAS PLÁSTICAS
PARA SEU ENCHIMENTO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**PROFESSORA MESTRA JULLIANA SIMAS RIBEIRO
(ORIENTADORA)**

**PROFESSOR ESPECIALISTA AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORA DA
SILVA
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de NOVEMBRO de 2015.

Dedico esse meu trabalho à
minha família, em especial aos
meus pais Antônio e Sandra e
minha irmã Bruna Rayla, pelo
apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, presente em todos os momentos de minha vida e que sem ele nada poderia ser possível.

Aos meus pais, pelo apoio total e irrestrito em todas as fases da minha vida, pela educação e pelo exemplo de vida, e não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa na minha vida.

A minha irmã por sempre estar ao meu lado.

Aos meus familiares, amigos e todos aqueles que de uma forma direta ou indiretamente contribuíram para realização deste sonho.

À professora Julliana Simas Ribeiro, pela paciência e empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

RESUMO

O mercado construtivo está cada vez mais exigente e busca a cada dia englobar qualidade, segurança e economia em seus projetos construtivos, mantendo a qualidade do serviço. Logo há a necessidade de se pensar em novas alternativas para suprir os interesses/exigências desse novo mercado. E, a concepção de laje nervurada traz essa ideia de qualidade associada a baixos custos e economia em materiais. Uma vez que esse tipo de laje é excelente alternativa na construção de pavimentos em edificações, pois são capazes de alcançar grandes vãos com altos índices de produtividade, versatilidade e, principalmente, reduzindo o peso próprio e o custo do sistema. Ressaltando que suas nervuras podem ser moldadas no local com a utilização de fôrmas plásticas reaproveitáveis de polipropileno ou pré-moldadas utilizando materiais de enchimento como blocos cerâmicos, EPS etc. O objetivo desse trabalho foi averiguar a viabilidade do uso do sistema de laje nervurada em relação ao sistema de laje maciça.

Palavras-chave: Laje Nervurada. Blocos cerâmicos. EPS.

ABSTRACT

The construction market is becoming more demanding and searching every day encompass quality, safety and economy in their construction projects, maintaining the quality of service. So there is the need to think of new alternatives to meet the interests/needs of this new market. And the design of ribbed slab brings this idea of quality associated with low costs and savings in materials. Since this type of slab is an excellent alternative in floors in buildings, as they are able to achieve large spans with high productivity, versatility and, above all, reducing his weight and system cost. Noting that those ribs can be molded in places with the use of reusable plastic molds of polypropylene or pre-cast using filler materials such as ceramic plates, EPS etc. The aim of this study was to investigate the feasibility of using the waffle slab system in relation to the slab system.

Key words: Slab Ribbed. Ceramic blocks. EPS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Laje nervurada moldada no local	15
Figura 2 – Imagem da primeira laje nervurada registrada	19
Figura 3- Estruturação de uma laje nervurada	20
Figura 4 – Laje com capitel	20
Figura 5- laje com vigas-faixa	21
Figura 6 - viga de concreto armado	24
Figura 7 – Laje de concreto protendido	25
Figura 8 – estrutura de uma viga treliçada	25
Figura 9- laje nervurada como blocos cerâmicos	27
Figura 10- Disposição dos elementos de EPS e as armaduras para laje treliçada bidirecional	28
Figura 11 - Montagem de uma laje nervurada com cubas plásticas	29
Figura 12- Projeto aprovado para execução	30
Figura 13- Pedido de compra	31
Figura 14- Detalhe das formas plásticas	32
Figura 15- Escoramento da laje	33
Figura 16- Forro da laje	33
Figura 17- Distribuição das cubetas	34
Figura 18- Detalhe da montagem das armaduras para laje nervurada	35
Figura 19- Laje com capitel	35
Figura 20- Laje com vigas-faixas	36
Figura 21- Espaçadores modelo SL para lajes	37
Figura 22- Espaçadores modelo GU para nivelamento de laje	37
Figura 23- <i>Slump test</i>	38
Figura 24- Lançamento do concreto	40

Figura 25- Adensamento do concreto	41
Figura 26- Cura do concreto	42
Figura 27- Reescoramento da laje	43
Figura 28- Pano da laje L16	44
Figura 29- Pedido de compra das formas plásticas	45
Figura 30- Dimensionamento da armadura positiva	46
Figura 31- Dimensionamento da armadura negativa	46

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Levantamento quantitativo de custos da laje nervurada	45
QUADRO 2 - Levantamento quantitativo de custos da laje maciça	47

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Custo da laje nervurada x laje maciça em sua primeira utilização	48
GRÁFICO 2 - Custo da laje nervurada x laje maciça em sua segunda utilização	49
GRÁFICO 3 - Custo da laje nervurada x laje maciça em sua terceira utilização	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFC	Clorofluorcarboneto
Cm	Centímetros
EPS	Poliestireno Expansível
FCK	Resistência Característica do Concreto
IN LOCO	No Próprio Local
kN	Quilonewton
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico
mm	Milímetro
MPA	Mega Pascal
NBR	Normas Brasileiras Registradas
R\$	Reais
SLUMP TEST	Teste de Abatimento do Concreto
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

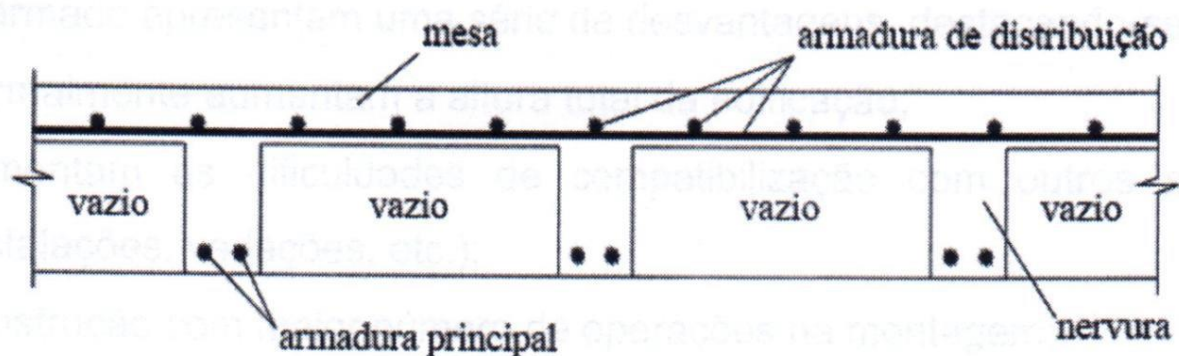
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
2 LAJE MACIÇA E LAJE NERVURADA	17
2.1 VANTAGENS.....	17
2.2 DESVANTAGENS.....	18
2.3 CONCEPÇÃO DE PROJETO: LAJES NERVURADAS	18
2.4 CONTEXTO HISTÓRICO DO SURGIMENTO DAS LAJES NERVURADAS	18
2.5. IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DA LAJE NERVURADA COM FORMAS PLÁSTICAS TIPO CUBETAS	22
2.5.1 Laje moldada no local	22
2.5.2 Laje com nervuras pré-moldadas	23
2.5.3 Materiais de enchimento	26
3 ESTUDO DE CASO	29
3.1 APRESENTAÇÃO	29
3.2 A EMPRESA	29
3.3 O EMPREENDIMENTO	30
3.4 PROCESSO CONSTRUTIVO	30
3.4.1 Aquisição de materiais	31
3.4.2 Montagens das fôrmas	32
3.4.3 Montagem do aço	34
3.4.4 Concretagem da laje	36
3.4.5 Lançamento do concreto	39
3.4.6 Adensamento do concreto	40
3.4.7 Cura	41
3.4.8. Desforma	42
4 ANÁLISE DE CUSTOS: LAJE NERVURADA X LAJE MACIÇA	44
4.1 LAJE NERVURADA	44

4.2 LAJE MACIÇA	46
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS	52
ANEXO	54

1 INTRODUÇÃO

A Norma Brasileira Registrada NBR 6118 (ABNT, 2014) conforme o item 14.7.7 define “laje nervurada como lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para os momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”, observado na (Figura 1).

Figura 1- Laje Nervurada moldada no local



Fonte: SILVA; SILVA, 2010.

Segundo Faria (2010), as estruturas eram construídas sujeitas apenas às cargas distribuídas e vãos relativamente pequenos. Adotando-se assim estruturas convencionais com lajes maciças. Tendo em vista a redução de custos e tempo de execução, torna-se indispensável um conhecimento maior de novas técnicas que proporcionam atenuar as perdas na construção civil.

Com o crescimento acelerado na área da construção civil, se fez necessário o acompanhamento das tecnologias usadas, com isso chegam ao mercado novas soluções para se adequar a essas intensas mudanças que cada vez exige mais e gastando menos, surgindo assim a opção da laje nervurada.

As lajes nervuradas apresentam algumas vantagens sobre outros tipos de laje, pois podem vencer amplos vãos, serem submetidas a grandes sobrecargas, possibilitam redução no consumo de concreto e de armação, devido seu vão entre as nervuras serem vazios e conseqüentemente menor peso sobre a fundação.

Segundo Dias (2004), esse sistema tem sua origem em 1954, quando William Boutland Wilkinson patenteou um sistema em concreto armado de pequenas vigas regularmente espaçadas, onde os vazios entre as nervuras foram obtidos pela colocação de moldes de gesso, sendo uma fina capa de concreto executada como plano de piso.

1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo realizado com laje nervurada utilizando fôrma plástica para seu enchimento surgiu a partir da necessidade de se utilizar materiais com menor custo financeiro, de modo a vencer grandes vãos arquitetônicos aliados ao menor tempo de execução, haja vista que o mercado está cada vez mais exigente e competitivo. Levando assim os profissionais da área a buscarem métodos construtivos mais econômicos e com melhor qualidade. Diante do exposto e, levando em consideração o processo de crescimento construtivo, são necessários estudos que busquem cada vez mais inovação, qualidade e baixo preço, e as lajes nervuradas são alternativas para tais considerações. Por isso, justifica-se a análise crítica do caso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar análise de custos, de modo a apresentar a viabilidade econômico-financeira da utilização deste material quando comparado à laje maciça.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os processos construtivos das lajes nervuradas com capitéis e vigas-faixas;
- Descrever as vantagens de se utilizar as fôrmas plásticas na construção das lajes nervuradas;
- Apresentar uma revisão de literatura para o sistema estrutural adotado (laje nervurada), descrevendo suas principais características, assim como destacar as suas vantagens em relação à laje maciça.

2 LAJE MACIÇA E LAJE NERVURADA

Segundo Lopes (2012), as lajes maciças de concreto armado são placas de espessura uniforme composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiadas em vigas ou paredes ao longo das bordas. Lajes com bordas livres são casos particulares das lajes apoiadas nas bordas.

De acordo com Spohr (2008) o sistema convencional de concreto armado é aquele que pode ser constituído por lajes maciças, viga e pilares, sendo que as lajes recebem os carregamentos oriundos da utilização, os quais são transmitidos para as vigas, onde estas descarregam seus esforços aos pilares e esses as fundações.

A laje a maciça não é adequada para vencer grandes vãos, e se torna viável economicamente um valor médio entre 3,5m e 5m. As lajes nos edifícios de vários pisos respondem pela elevada parcela de consumo de concreto, porém os múltiplos pórticos garantem uma boa rigidez ao sistema estrutural (FRANCA; FUSCO, 1997).

Segundo a NBR 6118 (2014), nas lajes maciças devem ser respeitados os seguintes limites mínimos para a espessura:

- 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 suportam veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- 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.

2.1 VANTAGENS

Destacam-se as vantagens da utilização da laje maciças:

- Facilidade de lançamento do concreto (FARIA 2010);
- Por ser um dos sistemas mais utilizados nas construções de concreto, a mão-de-obra treinada facilita a execução da obra (SPOHR 2008);

- Existência de muitas vigas formando pórticos, que acabam garantindo uma rigidez a estrutura de contraventamento (ALBUQUERQUE 1999);

2.2 DESVANTAGENS

- Grande consumo de fôrma e escoramento (SPOHR 2008);
- Grande consumo de concreto e aço para vãos grandes (FARIA 2010);
- Uma grande quantidade de vigas, deixando a fôrma do pavimento muito recortada, diminuindo a produtividade da construção (ALBUQUERQUE 1999);

2.3 CONCEPÇÃO DE PROJETO: LAJES NERVURADAS

De acordo com Silva (2005), para se projetar uma estrutura composta de lajes, vigas e pilares é necessário definir inicialmente o tipo de pavimento que será empregado (principalmente em função da finalidade da edificação, dos vãos a vencer e das ações de utilização), para então determinar as ações finais e, a partir delas, calcular e detalhar os elementos da estrutura.

Para Giongo (2007), a prática usual consiste em projetar lajes nervuradas para vãos maiores que os previstos em lajes maciças. As lajes são apoiadas em vigas nas bordas mais rígidas que as nervuras. Lembra-se que as lajes nervuradas apresentam inércia menor que as lajes maciças, de tal modo que as alturas precisam ser maiores para haver controle de deformações e, por conseguinte, dos deslocamentos. A decisão de projetarem lajes nervuradas e não maciças é tomada analisando não só os aspectos estruturais como também os relativos aos custos.

2.4 CONTEXTO HISTÓRICO DO SURGIMENTO DAS LAJES NERVURADA

Segundo Dias (2004), William Boutland Wilkinson (1819-1902), foi o primeiro a patentear um sistema de lajes em concreto armado em 1854. Este esquema, extremamente avançado na questão da tecnologia de elaboração de lajes, pode ser considerado como as primeiras lajes nervuradas da história do concreto armado. Essa consistia em uma série de blocos de gesso que funcionavam como caixões perdidos que serviam de suporte para colocar o concreto de maneira uniforme, moldando uma série de nervuras com um plano de laje na

parte superior. As armaduras das nervuras e das vigas de sustentação seguiam razoavelmente as trajetórias das trações. A laje tinha um vão de aproximadamente 4m em cada direção e uma malha de barras de ferro era colocada na parte inferior da camada de concreto de 4 cm de espessura que cobria as nervuras, conforme pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 – Imagem da primeira laje nervurada registrada



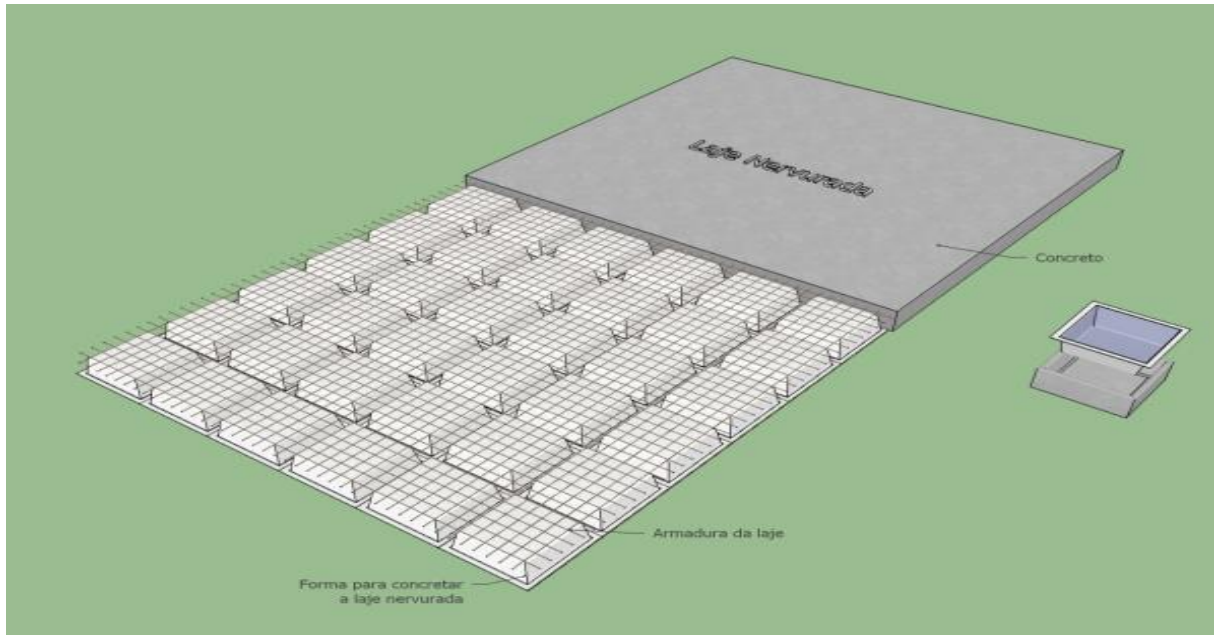
Disponível em: <https://cddcarqfeevale.wordpress.com/2012/07/11/lajes-nervuradas/>.

Acesso em: 05 set. 2015.

De acordo com Ribeiro (2011) a laje nervurada é fruto de um longo processo evolutivo, que teve início bem antes de ser patenteado por William Boutland Wilkinson. Acredita-se que esse tipo de laje surgiu com os romanos, quando descobriram o concreto como material construtivo. Ela foi bastante utilizada até a queda do Império Romano do Ocidente, quando deixou de existir por um longo tempo. No entanto, voltou a ser utilizado na metade do século XIX, e em maior escala após a descoberta do cimento Portland, pelo construtor inglês, Joseph Aspdin, que o patenteou em 1824.

Hoje, com as evoluções arquitetônicas, e a busca cada vez mais por produtos de qualidade, associado a preços baixos e economia de material, a laje nervurada é uma excelente alternativa, uma vez que possuem espaços vazios ou preenchidos com materiais leves, proporcionam economia de materiais, de mão-de-obra e de formas, um grande diferencial, uma vez que além de se buscar valores econômicos nas construções, busca-se também preservar e economizar material com visão de preservação ambiental. Na Figura 3, pode-se verificar um detalhamento da laje nervurada.

Figura 3- Estruturação de uma laje nervurada



Disponível em: <https://cddcarqfevale.wordpress.com/2012/07/11/lajes-nervuradas/>. Acesso em: 09 set. 2015.

As lajes nervuradas apresentam algumas características como a presença de capitéis e de vigas-faixa. As figuras 4 e 5 especificam:

Figura 4 – Laje com capitel



Fonte: Próprio Autor.

Figura 5- Laje com vigas-faixa



Fonte: Próprio Autor.

Ainda segundo Araújo (2007) podem-se ter, para as lajes nervuradas, painéis apoiados em vigas mais rígidas que as nervuras, num sistema chamado de convencional. Contudo também são aplicadas em pisos de lajes sem vigas, gerando assim um teto de espessura única, sem elementos abaixo da linha inferior das nervuras, o que é vantajoso na determinação das alturas livres internas de compartimentos de uma edificação. Nesse caso tem-se o apoio diretamente no pilar, sendo necessário que a região em torno dos pilares seja maciça para absorver os momentos negativos que surgem no entorno dos pilares internos e resistir ao efeito de puncionamento, que é a tendência à perfuração da laje pelo pilar, que ocorre nessas regiões.

De acordo com Pinheiro e Razente (2003) as lajes nervuradas de capitéis e de vigas-faixa em regiões de apoio, tem-se uma concentração de tensões transversais, podendo ocorrer ruína por punção ou por cisalhamento. Por serem mais frágeis, esses tipos de ruína devem ser evitados, garantindo-se que a ruína, caso ocorra, seja por flexão. Além disso, pode ser que apareçam esforços solicitantes elevados, que necessitem de uma estrutura mais robusta. Nesses casos, entre as alternativas possíveis, pode-se adotar medidas para evitar ruína; observe as (Figura 4 e 5): Enfatizando região maciça em volta do pilar, formando um capitel; e observando também faixas maciças em uma ou em duas direções, constituindo vigas-faixa

2.5 IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DA LAJE NERVURADA COM FORMAS PLÁSTICAS TIPO CUBETAS

A concepção de laje nervurada representa uma grande evolução na estrutura de concreto armado. Visto que parte deste avanço ocorreu, sobretudo, pela evolução dos materiais utilizados na fabricação desse tipo de laje; da necessidade de criar alternativas para economizar mais em cada projeto desenvolvido e sem duvidadas pelos avanços nos programas computacionais que analisam e projetam essas estruturas.

Segundo Araújo (2008) as lajes nervuradas que utilizam cubetas surgiram como alternativas construtivas eficientes, ágeis e flexíveis diante da exigência, cada vez mais incisiva dos arrojados projetos arquitetônicos industriais, residenciais ou comerciais. E, a opção por estar utilizando esse tipo de laje deve-se a evolução nos materiais e do desenvolvimento dos sistemas estruturais computacionais, que permite aos projetistas uma melhor compreensão deste tipo de processo e uma grande aceitação por parte do mercado da construção civil que está cada vez mais exigente em termos de qualidade e custos – perspectivas de reduzir gastos sem perder a qualidade e pensar em gastar menos materiais.

Portanto, pensar em evolução na Engenharia Civil, sobretudo na concepção de adotar modelos econômicos e manter a qualidade do serviço, é pensar nessas novas alternativas que vão surgindo. E, a concepção de laje nervurada traz essa ideia de qualidade associada a baixos custos e economia em materiais.

Nesse sentido, segundo Flório (2004) laje nervurada são moldadas no local ou que apresenta nervuras pré-moldadas cuja a zona de tração para momentos positivos deve estar localizada nas nervuras entre as quais pode colocado materiais inertes.

As lajes nervuradas são constituídas por um conjunto de vigas que se cruzam, solidarizadas pela mesa. E podem ser constituídas por dois tipos: Laje moldada no local ou laje com nervuras pré-moldadas. Nos itens 2.5.1 e 2.5.2 estão apresentados maiores detalhes destes dois tipos de lajes.

2.5.1 Laje moldada no local

Todas as etapas de execução são realizadas no local (in loco). Portanto, é necessário o uso de fôrmas e de escoramentos, além do material de enchimento. De acordo com Silva e Silva (2010) a laje maciça moldada "in loco" é o sistema estrutural de lajes mais utilizado e

difundido no meio técnico. Para sua realização deve ser montada uma estrutura de fôrmas e escoras.

O posicionamento das armaduras deve ser executado com o auxílio de espaçadores, também usualmente em material plástico ou argamassa de cimento e areia. Suas características mais importantes são descritas da seguinte maneira:

- Oferecer funções de placa e membrana;
- Pode ser considerada uni ou bidirecional;
- Possuir bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços;
- Apropriada a situações de singularidade estrutural (exemplo: um, dois ou três bordos livres).

Para Silva e Silva (2010) suas desvantagens estão relacionadas ao elevado consumo de fôrmas, escoras, concreto e aço. Assim, elevando peso próprio implicando em maiores reações nos apoios (vigas, pilares e fundações). Elevando também o consumo de mão-de-obra referentes as atividades dos profissionais carpinteiro, armador, pedreiro e servente.

Outras desvantagens estão relacionadas a capacidade de propagação de ruídos entre pavimentos; limitação quanto a sua aplicação a grandes vãos por conta da demanda de espessura média de concreto exigida para esta situação; posicionamento de armaduras por meio de espaçadores e o custo relativamente elevado.

2.5.2 Laje com nervuras pré-moldadas

Nessa alternativa, as nervuras são compostas de vigas pré-moldadas, que dispensam o uso do tabuleiro da fôrma tradicional. Essas vigas são capazes de suportar seu peso próprio e as ações de construção. Além das vigas, essas lajes são constituídas de elementos de enchimento, que são colocados sobre os elementos pré-moldados, e também de concreto moldado no local. Há três tipos de vigas: concreto armado, concreto protendido e vigas treliçadas.

De acordo com Basto, (2015) as vigas de concreto armado, mostrada na (figura 6) resistem a carregamentos externos principalmente pela mobilização de momentos fletores e

forças cortantes, ou seja, o dimensionamento a flexão e o deslocamento vertical determinam as dimensões das seções transversas e a armadura longitudinal.

Figura 6 - Viga de concreto armado



Disponível em: < <http://pedreiralajinha.com.br/site/pre-moldados/viga-de-concreto-armado/>>.
Acesso em: 17 set. 2015.

As lajes de concreto protendido mostrado na figura 7, para Veríssimo *et al.* (1998) muito comum pré-moldadas levam em consideração a quantidade de equipamentos e matérias envolvidos no processo construtivo, bem como a necessidade de um concreto de melhor qualidade, onde as construções das peças são realizadas em canteiros de obras apropriados, em que são possíveis executar as protensões e processar a cura do concreto em condições favoráveis com rigoroso controle tecnológico. Em que a protensão com aderência inicial é largamente empregada na produção de elementos pré-fabricados em pista de protensão.

Ainda de acordo com Veríssimo *et al.* (1998) utilizam-se fios ou cordoalhas de aço especial, estirados ao ar livre com o auxílio de macacos hidráulicos, que se apoiam em blocos na cabeceira da pista. As peças então são concretadas e, após o suficiente ganho de resistência do concreto, os fios ou cordoalhas são liberados, ficando diretamente em contato com o concreto, aderido apenas pelo atrito.

Figura 7 – Laje de concreto protendido



Disponível: < <http://construindo.org/laje-alveolar-laje-protendida-de-concreto-pre-moldado/>>.
Acesso em: 09 set. 2015.

As vigas treliçadas são grandes alternativas à disposição dos projetistas quando a demanda por maiores vãos é importante, observado na (figura 8). A treliça permite uma alta relação resistência/ peso do sistema estrutural, pois, em tese, por ser constituída apenas por elementos tracionados ou comprimidos, permite o emprego de seções transversais relativamente esbeltas, podendo compor um sistema de grande altura, com conseqüente grande envergadura, sem agregar muito peso.

Figura 8 – Estrutura de uma viga treliçada



Disponível em: <http://www.premoldadosmg.com.br/produtos.php>. Acesso em: 02 set. 2015.

2.5.3 Materiais de enchimento

Um dos principais objetivos em se optar por uma laje nervurada é a diminuição da quantidade de concreto, na região tracionada, onde pode-se utilizar materiais de enchimento. Pois, além de reduzir o consumo de concreto, há um alívio do peso próprio. Ressaltando que o material de enchimento deve ser o mais leve possível, no entanto, apresentando resistência suficiente para suportar as operações de execução de acordo com Pinheiro e Razente (2003).

Segundo Silva e Silva (2010) os materiais de enchimento são utilizados tanto nas lajes nervuradas no local como nas lajes nervuradas com nervuras pré-moldadas. Sua função principal é substituir o concreto abaixo da linha neutra da laje, ou seja, na região tracionada. Elas devem ser o mais leve possível, devendo resistir apenas às operações de execução. Com isso, obtém-se o principal objetivo da utilização das lajes nervuradas: a redução do peso-próprio da estrutura. Vale lembrar que os materiais inertes não colaboram na resistência à tração, sendo essa função destinada às nervuras.

E, os materiais de enchimento, podem ser de vários tipos, entre eles: blocos cerâmicos, blocos vazados de concreto e blocos de poliestireno expandido (EPS), também conhecido como isopor, e formas plásticas. Esses blocos podem ser substituídos por vazios, obtidos com fôrmas constituídas por caixotes reaproveitáveis.

Segundo Vitalli (2010) blocos cerâmicos: são utilizados em lajes pré-moldadas devido à facilidade na execução. São melhores isolantes térmicos comparados ao concreto maciço. Para haver uma diminuição do consumo de concreto é necessário tapar os furos dos tijolos para impedir que penetrem durante a concretagem da laje. As principais desvantagens desse material são: peso elevado, absorção da água do concreto.

Os autores afirmam ainda que os blocos cerâmicos apresentam algumas vantagens como material de enchimento para laje nervurada, são elas:

- Apresentam facilidade de aquisição, com um baixo custo;
- Facilidade de execução;
- Melhores isolantes térmicos que a laje convencional;

A figura 9 exemplifica uma laje nervurada com blocos cerâmicos como material de enchimento.

Figura 9- Laje nervurada como blocos cerâmicos



Fonte: SILVA; SILVA, 2010.

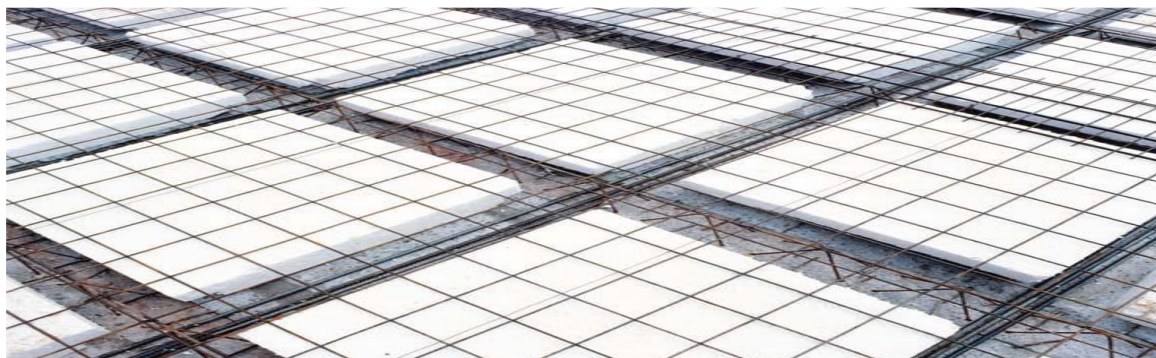
Os blocos de Poliestireno Expandido (EPS) – Conhecido popularmente como isopor, é um plástico celular rígido, resultado da polimerização do estireno em água. Segundo Faria (2010) o produto final são pérolas de até 3 mm de diâmetro, que se destinam à expansão. No processo de transformação, essas pérolas aumentam em até 50 vezes o seu tamanho original, por meio de vapor, fundindo-se e moldando-se em formas diversas. Expandidas, as pérolas apresentam em seu volume até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. E, é uma alternativa que cada vez mais vem ganhando espaço no processo de execução de lajes nervuradas, visto que, são utilizadas em conjunto com as vigas treliçadas e pré-moldadas.

De acordo com Faria (2010) os blocos de EPS vêm ganhando espaço na execução de lajes nervuradas, sendo utilizados principalmente junto com as vigas treliçadas pré-moldada. Onde apresentam algumas características, dentre elas: Permite execução de teto plano; Facilidade de corte com fio quente ou com serra; resiste bem às operações de montagem das armaduras e de concretagem, com vedação eficiente; Coeficiente de absorção muito baixo, o que favorece a cura do concreto moldado no local; Baixo módulo de elasticidade, permitindo uma adequada distribuição das cargas; isolante termo acústico.

De acordo com Silva e Silva (2010) o bloco de EPS é um produto que está em evidências por várias características importantes, seja na diminuição de custos, resistências químicas, a umidade, mecânicas, isolante térmico, qualidade no serviço, etc. se comparado a laje maciça convencional. Levando em consideração que o processo produtivo deste material, não utiliza o gás clorofluorcarboneto (CFC) ou qualquer um de seus substitutos. Uma vez que o agente expensor emprega-se o pentano, um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, o que não compromete o meio ambiente. Como resultado os produtos finais de EPS são inodoros, não contaminam o solo, água e ar são 100% reaproveitáveis e recicláveis, podendo, inclusive, voltar à condição de matéria-prima.

A figura 10 especifica a montagem de uma laje nervurada utilizando o EPS como material de enchimento.

Figura 10- Disposição dos elementos de EPS e as armaduras para laje treliçada bidirecional.



Fonte: VIZOTTO; SARTORTI, 2010.

As fôrmas plásticas foram desenvolvidas para executar lajes que necessitam de vãos maiores entre os pilares. Um exemplo é em garagens de edifícios, onde os pilares ficam mais espaçados. O acabamento do concreto com a fôrma plástica é de ótima qualidade, podendo ser deixada como acabamento final ou revestida com forro falso (SILVA; SILVA, 2010).

O objetivo desse tipo de enchimento é reduzir o consumo de aço e concreto, além de permite a liberdade na criação de layouts diferenciados.

Existem dois processos de montagem das formas, o primeiro processo as formas ficam apoiadas sobre painéis de compensado. E no segundo processo de montagem as formas, com abas mais curtas, são apoiadas diretamente sobre escoras, dispensando o painel de compensado.

O processo de cura é feito de acordo com as recomendações normatizadas e a desforma ocorre obedecendo aos padrões normais.

Figura 11 - Montagem de uma laje nervurada com cubas plásticas



Fonte: Próprio Autor.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 APRESENTAÇÃO

O presente estudo de caso tem como finalidade estudar o método construtivo de lajes com capitéis e vigas faixas utilizando cubetas plásticas para seu enchimento.

3.2 A EMPRESA

Fundada há mais de três décadas, a EMISA ENGENHARIA E COMÉRCIO vem construindo obras de urbanização, condomínios residenciais, indústrias e edifícios comerciais e públicos. A empresa atua, sobretudo, nas cidades de Goiânia e Anápolis, onde tem se destacado na execução de inúmeros empreendimentos imobiliários, sempre com sua marca registrada: ótimas localizações, conforto e projetos que privilegiam a segurança.

A qualidade de seus produtos fez da EMISA uma das incorporadoras de maior credibilidade no mercado goiano. Também colaboraram para isso o cumprimento dos prazos de entrega e a assistência técnica de alto padrão. A conquista da Certificação ISO 9001 é o reconhecimento ao bom desempenho do seu trabalho.

Reconhecimento merecido, afinal, a construção de empreendimentos há mais de 30 anos que assegurem a total satisfação de seus clientes tem orientado toda a política de qualidade da empresa. Por isso, é confiável. Um imóvel da EMISA apresenta-se como investimento seguro, a verdadeira realização de um sonho para a vida inteira.

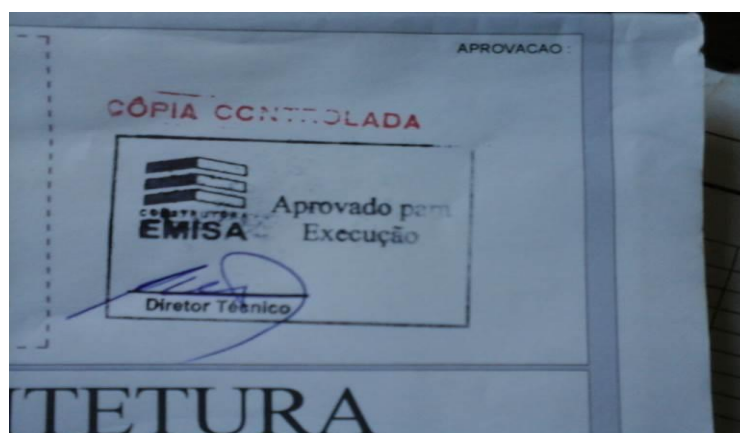
3.3 O EMPREENDIMENTO

O empreendimento escolhido foi o Ânima Centro Hospitalar LTDA. Localizada na Avenida Brasil Norte esquina com a Rua Bernardo Sayão Qd. 08 Lt. 01 Cidade Universitária, Anápolis-GO, obra esta que será um hospital, uma construção vertical com 4 pavimentos mais um subsolo, fundação do tipo tubulão e estaca broca, em estrutura de concreto armado com predominância em lajes nervuradas apoiadas em lajes com vigas mais rígidas que as nervuras, vigas faixas e capitéis e em algumas ocasiões lajes maciças, com 13.186,96 m² de área construída. A escolha deste empreendimento motivou-se pela realização do meu estágio na própria construção.

3.4 PROCESSO CONSTRUTIVO

O processo construtivo se inicia antes mesmo do começo da obra, este início se dá na concepção dos projetos, projetos esses que serão analisados pelo diretor técnico da empresa, e após sua aprovação será executado, como podemos ver na figura 12, com a definição do projeto arquitetônico, se parte para o projeto estrutural ao qual definirá o melhor sistema a ser usado neste empreendimento, ao qual foi encontrado o sistema de concreto armado utilizando laje nervurada. Por ser um hospital demanda grandes vãos e um bom isolamento acústico e térmico o que ajudou na escolha deste tipo de laje.

Figura 12 - Projeto aprovado para execução



Fonte: Próprio Autor.

3.4.1 Aquisição de materiais

O processo de aquisição de materiais para construção da laje é todo realizado de acordo com o projeto. A empresa conta com um departamento de compras ao qual realiza a pesquisa de preços e qualidade, sendo assim repassado ao diretor técnico para que possa decidir qual material e a quantidade, após a decisão é preenchido um formulário chamado pedido de compra como visto na figura 13 que será enviada para obra para que possa ser realizado a conferência do material ao chegar, neste pedido contém os dados do fornecedor, material, quantidade, local de entrega, local de faturamento, valor, data de entrega entre outros.

Figura 13 – Pedido de compra

Pedido de Compra

Faturar para: Anima Centro Hospitalar Ltda
 Avenida Senador José Luízeno Dias, N.º 631, Setor Central, ANAPOLIS - GO, CEP 75020010

Fornecedor: Formplast - Indústria e Comércio de Plásticas Ltda
 Rua Carlos Vasconcelos, Sala 02, N.º 794, Meireles, Fortaleza - CE

Endereço de Pagamento:
 Avenida Brasil S/n, nº 3150, Jami Miguel ANAPOLIS - GO, CEP 75124520, (62) 3313-1396, (62) 3313-1060

Endereço de Entrega:
 Av. Brasil s/n, com Rua Bernardo Sarzo e Rua Souza Od. 08, Lotes 1110, Colônia Universitária ANAPOLIS - GO, CEP 75083440, Fone: (62) 3313-1396 Fax:

Código	Descrição	UN	Marca	Qtde	Preço Unit.	Total
PE5762	Fôrma (câmara) com reforço metálico nas bordas para laje nervurada, cor branca, resíduo 99cmx48cmx26cm - abas 6cm	Formplast	1	100,0000	70,000000	77.000,00

Total IPI: 0,00
 Total ICMS: 0,00
 Total: 77.000,00
 Desconto: 0,00
 Total Líquido: 77.000,00

Observações Gerais:
 Frete combinado com o Sr. Josevalter - (85) 3463-1047/8776-4913 - Rápido Maranhense - no valor R\$ 4.300,00 (quatro mil e trezentos reais) conforme pedido de compra n.º 204

Observações da Empresa:
 **As mercadorias serão recebidas somente em dias úteis de Segunda-feira à Quinta -Feira das 7:00h às 11:00h e 12:00h às 17:00h e Sexta-feira das 7:00h às 11:00h e 12:00h às 16:00h. **IPI Incluso. **ICMS Cheio

Observações do Fornecedor:
 *O faturamento da nota fiscal deve ser feito de acordo com os dados detalhados no cateçalho deste pedido, favor verificar o CNPJ dos campos "Faturar para:" e "Fornecedor:" **Constar no corpo da Nota Fiscal o endereço para entrega e o número deste pedido

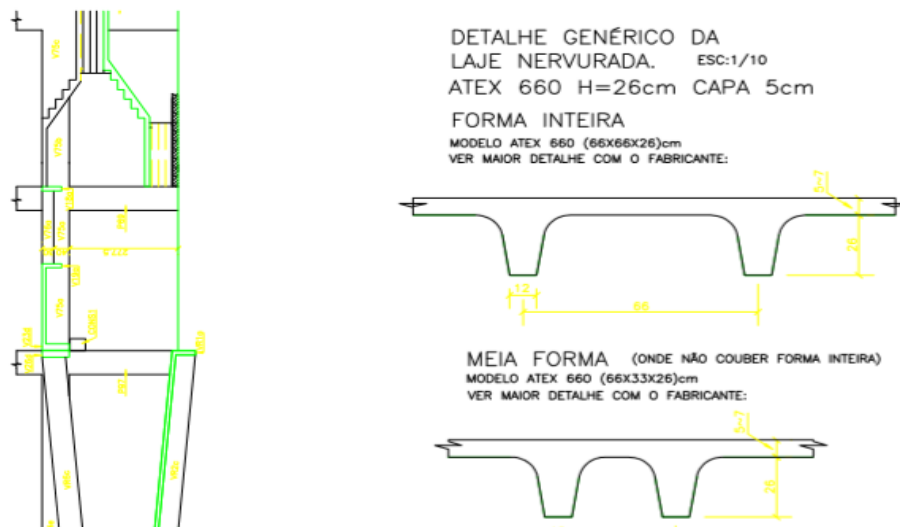
Assinaturas:
 Ricardo de A. Lima - Dept. Compras
 Diretora

Data: 27/11/2013
 Assinatura: Ricardo

Fonte: Próprio Autor.

Observando as orientações do projeto estrutural como podemos ver na figura 14 foi adquirido as fôrmas plásticas, material escolhido em consenso do diretor técnico com o projetista estrutural, foi averiguado que o próprio material se adequa a economia financeira, pois as fôrmas serão reutilizadas em todas as lajes do empreendimento.

Figura 14- Detalhe das formas plásticas



Fonte: Próprio Autor.

3.4.2 Montagens das fôrmas

Para ser executado o forro da laje o material utilizado é madeira, são adquiridos chapas de compensados, que posteriormente serão recortadas através de serra circular de bancada, por profissionais devidamente qualificados e treinados para este serviço, seguindo rigorosamente o projeto estrutural. Iniciamos o processo de montagem de fôrmas pelo seu escoramento, são utilizadas escoras metálicas com regulagem, que suspendem os barrotes metálicos em seção transversal, como pode ser visto na figura 15. Com isso formando uma base para as chapas de compensado que formam um tipo de forro na laje como podemos ver na figura 16 chapas essas que podem ser reutilizadas, podendo assim receber as cubetas plásticas.

Figura 15- Escoramento da laje



Fonte: Próprio Autor.

Figura 16- Forro da Laje



Fonte: Próprio Autor.

Após a conclusão da montagem do forro da laje vem a distribuição das cubetas plásticas como pode ser visto na figura 17, terminado o serviço de distribuição das cubetas é aplicado o desmoldante para que possa facilitar a sua desforma.

Depois de concluído todo o processo da montagem das fôrmas é realizado o nivelamento da laje, a empresa utiliza um nível alemão ao qual é nivelado todos os barrotes que apoiam o assoalho da laje garantindo assim o nivelamento da mesma.

Figura 17- Distribuição das cubetas



Fonte: Próprio Autor.

- Laje com capiteis, como este tipo de laje não se utiliza vigas de centro. Ao redor dos pilares será criado uma região maciça formando um capitel.
- Laje com vigas-faixas, neste tipo de laje é utilizado o forro com chapas de compensado com as dimensões das vigas, os forros das vigas ficam no mesmo nível da laje ganhando assim altura em seu pé direito.

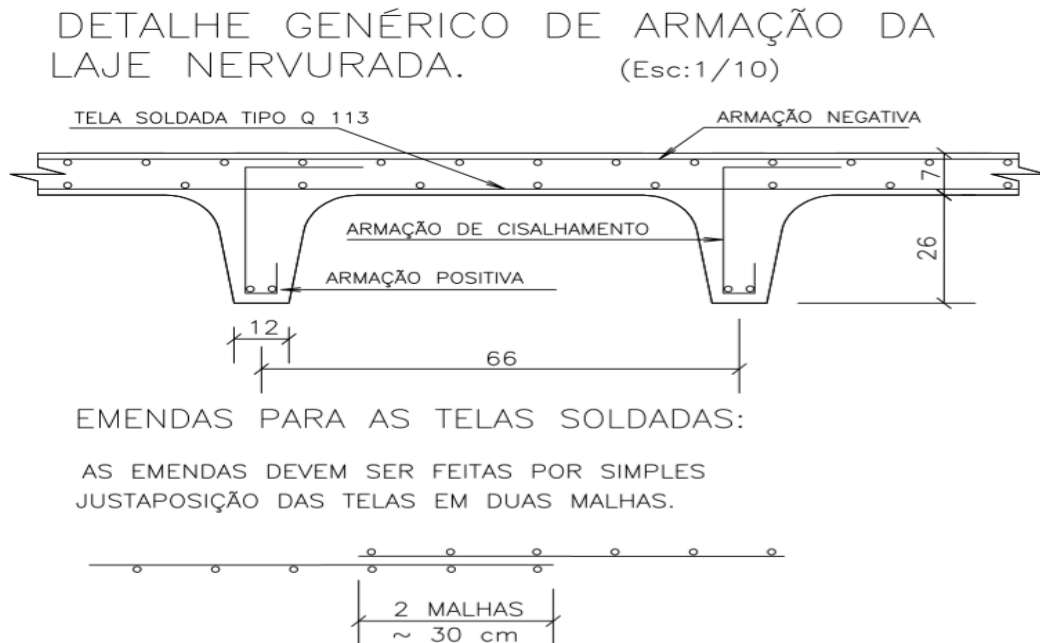
3.4.3 Montagem do aço

Neste processo de montagem do aço será descrito os três tipos de laje: com vigas mais rígidas que as nervuras, capitéis e vigas-faixas.

O aço adquirido pela empresa já vem cortado e dobrado de acordo com o projeto, os armadores só executarão o serviço da montagem do aço, ou seja, vão posicionar as barras de acordo com o projeto estrutural.

- Laje com vigas mais rígidas que as nervuras: na primeira etapa vem a armadura positiva que fica localizada na parte inferior da nervura como podemos ver na figura 18, logo após é distribuído a tela de aço, neste tipo de laje, a tela tem fundamental importância na capa de compressão, evitando o aparecimento de trincas, depois temos a montagem das armadura negativa que fica posicionada acima da tela no que dizemos mesa, como pode ser visualizado na figura 18, e por último a armadura de cisalhamento ao qual ela forma tipo de “gancho” pegando a armadura positiva e a armadura negativa ao qual pode ser visto na figura 18

Figura 18- Detalhe da montagem de armadura para laje nervurada



Fonte: Próprio Autor.

- Laje com capitéis: as lajes com capitéis seguem o mesmo roteiro das lajes com vigas mais rígidas que a nervura, com algumas alterações nas regiões dos pilares, onde se forma o capitel, na armadura do capitel teremos o acréscimo da armadura de punção que fica posicionada entre a armadura positiva e a tela de aço. Ainda segundo a NBR 6118 (2014) em lajes com capitéis, as barras inferiores interrompidas, além de atender às demais prescrições, devem penetrar pelo menos 30 cm ou 24ϕ no capitel, como podemos ver na figura 19.

Figura 19 - Laje com capitel



Fonte: Próprio Autor.

- Laje com vigas-faixas: Segue o mesmo roteiro da laje com vigas mais rígidas que a nervura, com apenas uma mudança, as vigas-faixas ficam no mesmo nível das cubetas plásticas, conseguindo assim ganhar altura em seu pé direito, como podemos visualizar na figura 20.

Figura 20- Laje com vigas-faixas

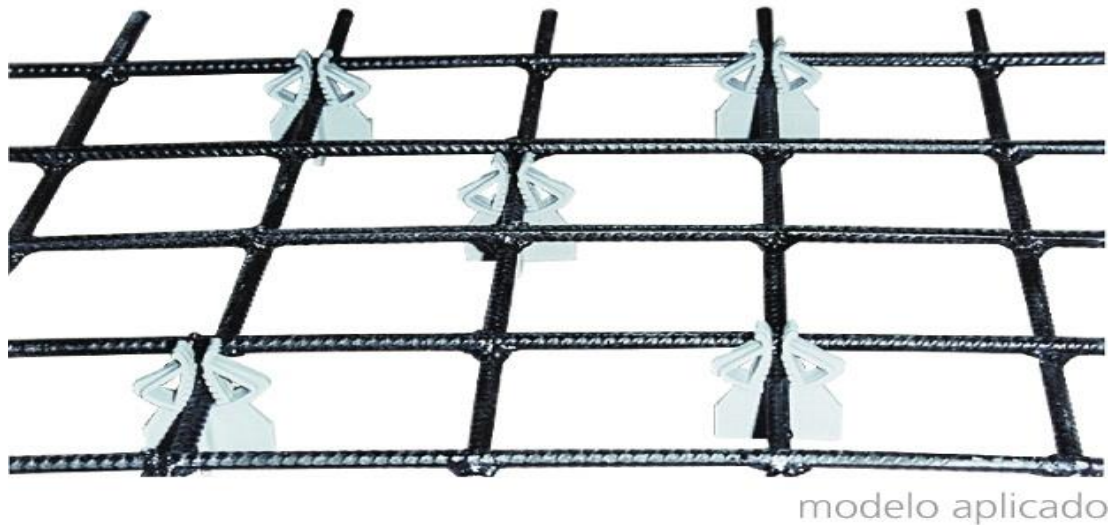


Fonte: Próprio Autor.

3.4.4 Concretagem da laje

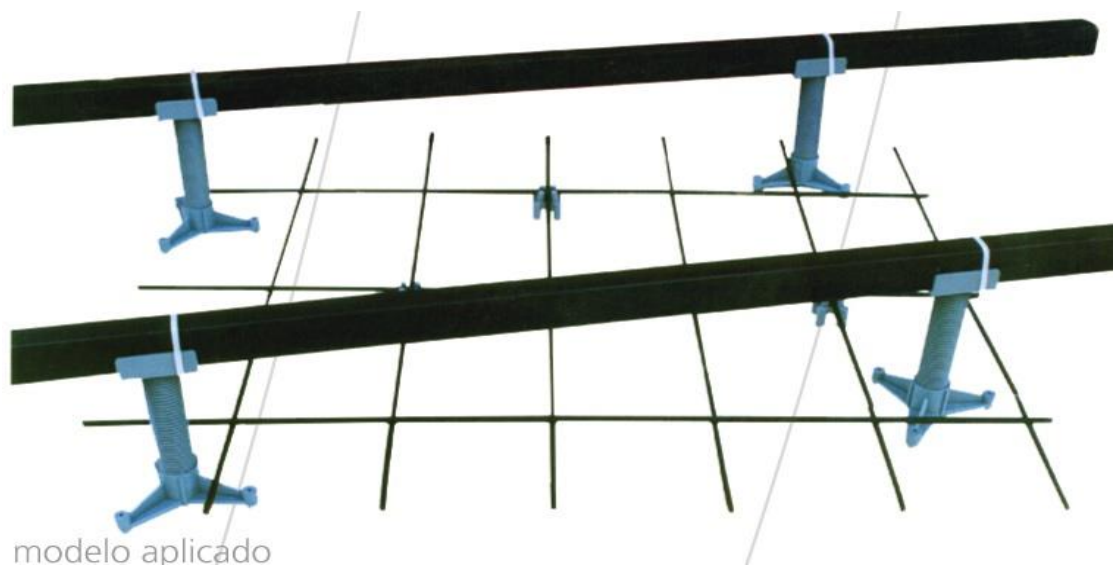
A preparação da laje para receber o concreto começa com a colocação dos espaçadores SL, como podemos ver na figura 21, que garante o cobrimento das armaduras, exigido pelo projetista, o segundo passo é o nivelamento da laje que é obtido através de metalon de 20 x 30 mm fixado através de espaçadores modelo GU, como podemos ver na figura 22, cada um desses espaçadores são nivelados com o auxílio do nível alemão, no terceiro passo é feita a limpeza de toda laje, retirando qualquer tipo de sujeira, como plástico, arames, papéis entre outros, e depois com o auxílio de uma máquina de jato de água é realizado a limpeza completa da laje.

Figura 21 - Espaçadores modelo SL para lajes



Disponível em: <<http://jeruelplast.com.br/pt/loja/lajes-pisos-fundos-de-vigas/modelo-sl>>. Acesso em: 16 set. 2015.

Figura 22 - Espaçadores modelo GU para nivelamento de laje



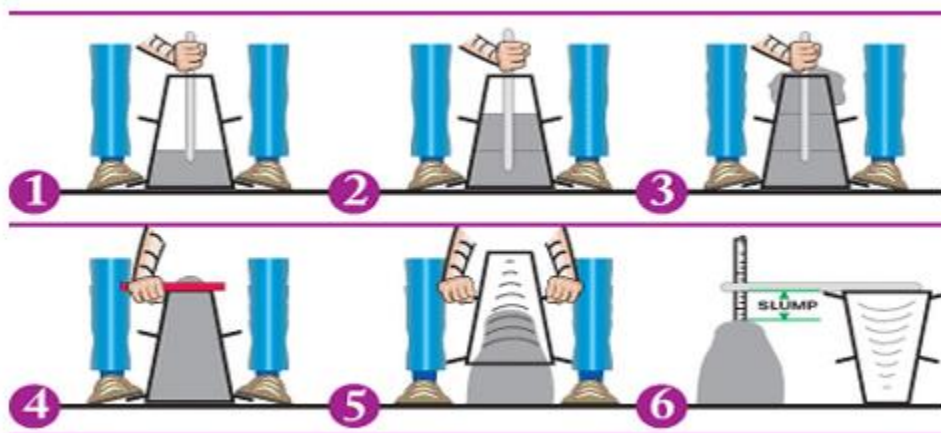
Disponível em: <http://jeruelplast.com.br/pt/loja/nivelamento-de-lajes/modelo-gu>. Acesso em: 03 set. 2015.

Após a conclusão de todas essas etapas é feito o pedido do concreto, a empresa trabalha com concreto usinado bombeado, seguindo as especificações do projeto, resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) 25 Mega Pascal (MPa), abatimento (*slump test*) 12+- 2, a empresa conta com um sistema de qualidade bastante rígido, o concreto ao chegar a obra passa por algumas verificações, que são realizadas por uma empresa terceirizada que é responsável pelo controle tecnológico do concreto:

- No primeiro passo é verificado se os dados da nota estão de acordo com o pedido, se o caminhão betoneira está lacrado, e dentro do prazo de validade do concreto.
- No segundo passo, é realizado o teste de slump para verificar se está de acordo com o projeto.

Slump Test – Ensaio de abatimento: muito utilizado em todo o mundo devido sua simplicidade, define o grau de utilização e consistência do concreto para trabalhabilidade em seu estado fresco, através de seu abatimento. Esse teste demonstra o efeito direto da resistência à compressão do concreto e sua relação água cimento. A norma que padroniza esse ensaio no Brasil é a NBR NM 67 (1998), segundo ela, o método não é aplicável a concreto que possua agregado graúdo com dimensão nominal superior a 37,5 mm, sua utilização é aceitável em concretos plásticos e coesivos que tenham assentamento igual ou maior que 10 mm. Não é adequado para concretos muito fluidos e indicado para concretos muito secos, pois a massa do material se desagrega ao ser erguida a fôrma (TARTUCE; GIOVANNETTI, 1999). Na figura 23, temos a demonstração de como é realizado o *slump test*.

Figura 23 - Slump Test



Disponível em: <http://www.mastour.com/blog/concrete-slump-test/>. Acesso em: 30 ago. 2015.

- No terceiro passo são moldados quatro corpos de provas por caminhão betoneira, que serão depois levados para teste em laboratório ao qual será verificado o fck.
- Após os três passos o concreto é liberado para ser utilizado na obra.

3.4.5 Lançamento do concreto

O lançamento do concreto é realizado com o auxílio de uma bomba que realiza o bombeamento do concreto até o local desejado, como podemos ver na figura 24.

Segundo a NBR 14931 (2004) o concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura, além dos componentes embutidos previstos no projeto, seja adequadamente envolvida na massa de concreto.

Em nenhuma hipótese deve ser realizado o lançamento do concreto após o início da pega.

O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição definitiva, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras.

O concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação entre seus componentes, observando-se maiores cuidados quanto maiores forem a altura de lançamento e a densidade de armadura. Estes cuidados devem ser majorados quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2 m, no caso de peças estreitas e altas, de modo a evitar a segregação e falta de argamassa (como nos pés de pilares e nas juntas de concretagem de paredes). Entre os cuidados que podem ser tomados, no todo ou em parte, recomenda-se o seguinte:

- Emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequados, a exemplo de concreto com características para bombeamento;
- Lançamento inicial de argamassa com composição igual à da argamassa do concreto estrutural;
- Uso de dispositivos que conduzam o concreto, minimizando a segregação (funis, calhas e trombas, por exemplo).

Figura 24 - Lançamento do concreto



Fonte: Próprio Autor.

3.4.6 Adensamento do concreto

O adensamento do concreto é realizado com o auxílio de vibradores de imersão, como podemos ver na figura 25.

Segundo a NBR 14931 (2004) devem ser tomadas algumas precauções na utilização de vibradores de imersão para o adensamento do concreto:

- A espessura da camada deve ser aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha
- Ao vibrar uma camada de concreto, o vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior.
- Tanto a falta como o excesso de vibração são prejudiciais ao concreto.
- Preferencialmente aplicar o vibrador na posição vertical;
- Vibrar o maior número possível de pontos ao longo do elemento estrutural;
- Retirar o vibrador lentamente, mantendo-o sempre ligado, a fim de que a cavidade formada pela agulha se feche novamente;
- Não permitir que o vibrador entre em contato com a parede da fôrma, para evitar a formação de bolhas de ar na superfície da peça, mas promover um adensamento

uniforme e adequado de toda a massa de concreto, observando cantos e arestas, de maneira que não se formem vazios;

- Mudar o vibrador de posição quando a superfície apresentar-se brilhante.

Figura 25 - Adensamento do concreto



Fonte: Próprio Autor.

3.4.7 Cura

De acordo com a norma NBR 14931 (2004) enquanto não atingir o endurecimento satisfatório o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para:

- Evitar a perda de água para a superfície exposta;
- Assegurar uma superfície com resistência adequada;
- Assegurar a formação de uma capa superficial durável;

Recomendações do projetista estrutural.

1. O início da cura deve se dar tão logo a superfície do concreto esteja endurecida e apresente resistência suficiente à ação da água.
2. A água empregada na cura deverá ser isenta de substâncias deletérias.
3. Processos de cura:

3.1 Coberturas integral da superfície do concreto com água ou inundação, através do represamento de água sobre o concreto (realizar um filete de argamassa na projeção da edificação/aberturas e manter uma lâmina de água sobre a estrutura);

3.2 Manutenções das formas - molhagem com frequência para dilatá-las e impedir a evaporação da água através das juntas e fendas;

3.3 Aspersão de água em intervalos frequentes - deve ser feito com cuidado para que a frequência de molhagem seja tal que não permita a secagem;

3.4 Aplicações de membranas de cura (cura química);

3.5 Empregos de materiais impermeáveis que se constituam em barreira à saída de água da estrutura;

4. Tempo de cura recomendável:

4.1 meses úmidos: 1 a 3 dias;

4.2 meses secos: 5 a 7 dias.

A obra segue rigorosamente as recomendações do projetista, o processo de cura utilizado é o 3.1 como podemos ver na figura 26.

Figura 26 - Cura da laje



Fonte: Próprio Autor.

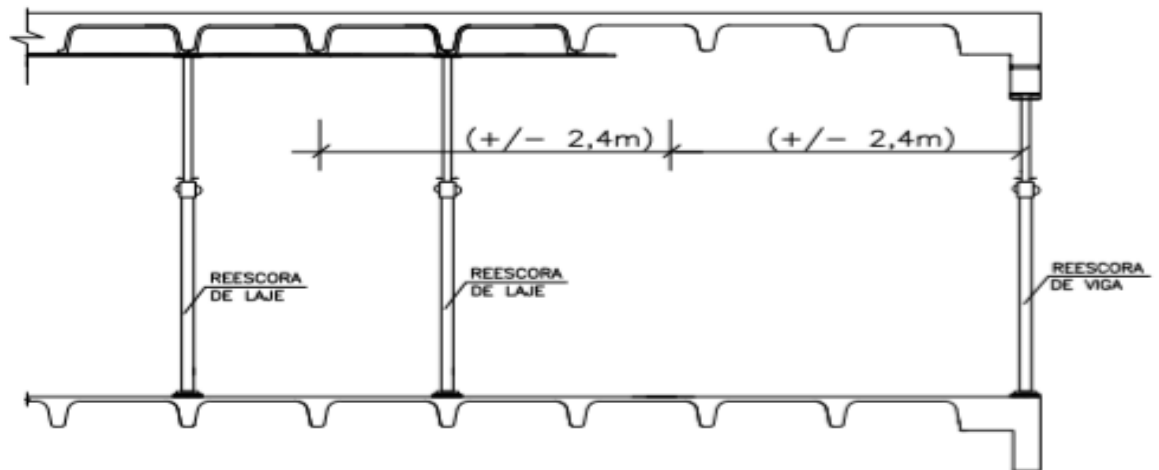
3.4.8 Desforma

O tempo da desforma da laje é realizado seguindo as devidas recomendações do projetista estrutural, que nos diz que após 7 dias podemos retirar os painéis da laje mais mantendo os mesmos rescorados durante 28 dias.

Procedimento para reescoramento seguindo o projeto de fôrmas é realizado em duas etapas:

- Na primeira etapa: as reescoras apoiarão as faixas que prenderão as cubetas, em seguida serão desformados os painéis e cubetas livres de reescoramento.
- Na segunda etapa: serão colocadas novas escoras diretamente nas nervuras mais próximas às reescoras da primeira etapa, para desformar as faixas e cubetas que ficaram presa como podemos ver na figura 27.

Figura 27 – Reescoramento da laje



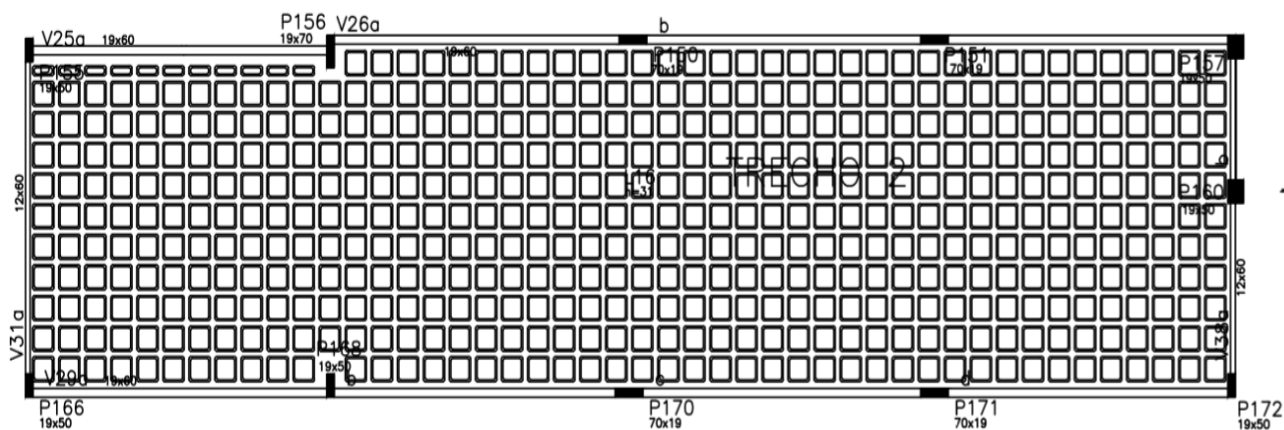
Fonte: Próprio Autor.

4 ANÁLISE DE CUSTOS: LAJE NERVURADA X LAJE MACIÇA

4.1 LAJE NERVURADA

O estudo contempla o 1º pavimento trecho 2 e pano L16 como podemos ver na figura 28, do setor de consultórios do edifício hospitalar, sistema adotado foi de laje nervurada e partindo do pressuposto que o projeto original está dimensionado de maneira correta e válida, foi realizado o levantamento quantitativo de concreto, aço e formas, como pode ser verificado no quadro 1, para realizar este levantamento utilizou-se as composições do Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil (SINAPI), com a data base de fevereiro de 2015, exceto para fôrmas plásticas ao qual seu valor foi obtido através do pedido de compra da própria obra com a Formplast –Indústria e comércio de plásticos LTDA. Como podemos ver na figura 29. Como o pedido foi realizado em novembro de 2013, foi utilizado a tabela de índices econômicos do sindicato da indústria da construção do estado de Goiás (sinduscon-go) com base no índice nacional de custos da fundação Getúlio Vargas INCC (FGV) como podemos ver nos anexos 1 e 2 para atualizar o valor para a data base do levantamento.

Figura 28 – Pano de laje L16



Fonte: Próprio Autor.

Quadro 1- Levantamento quantitativo de custos da laje nervurada

Levantamento Quantitativo						
Item	Código	Discriminação	Quant.	Unid.	PREÇO	TOTAL
					UNITÁRIO	R\$
		Execução de Laje Nervurada 1º Pavimento-Trecho 2-L16				
1.1	FORMPLAST.	FORMA DE POLIPROPILENO COM REFORÇO METÁLICO NAS BORDAS PARA LAJE NERVURADA, COR BRANCA, MEDINDO 66CMX66CMX26CM-ABAS 6CM,INCLUINDO ELEMENTOS DE APOIO DESMOLDANTE	487,50	UNID.	75,86	36.981,75
1.2	SINAPI-1347	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE 1,10 X 2,20 M, E=12MM	224,20	M²	24,17	5.418,91
1.3	SINAPI-39	AÇO CA-50, 6,3 MM, VERGALHÃO	102,00	KG	4,63	472,26
1.4	SINAPI-33	AÇO CA-50, 8,0 MM, VERGALHÃO	40,00	KG	5,20	208,00
1.5	SINAPI-34	AÇO CA-50, 10 MM, VERGALHÃO	69,00	KG	4,42	304,98
1.6	SINAPI-31	AÇO CA-50, 12,5 MM, VERGALHÃO	1.359,00	KG	4,21	5.721,39
1.7	SINAPI-27	AÇO CA-50, 16 MM , VERGALHÃO	1.120,00	KG	4,21	4.715,20
1.8	SINAPI-74138/003	CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL, CLASSE DE RESISTÊNCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP= 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVIÇO DE BOMBEAMENTO (NBR8953)	41,90	M³	346,65	14.524,64
Total do subitem						75.536,93

Fonte: Próprio Autor.

Figura 29 - Pedido de compra das fôrmas plásticas

Pedido de Compra

Empresa: Anima Centro Hospitalar Ltda
Endereço: Rua José Lourenço Dias, Nº 843, Setor Central, ANAPOLIS - GO, CEP 73000-000
Telefone: (62) 3313-1946
Fax: (62) 3313-1946
Contato: RICARDO ANÁLDO
Endereço de Pagamento: Rua Miguel ANAPOLIS - GO, CEP 73000-000
Endereço de Entrega: Rua Bernardo Sayão e Rua Souza OS 08, Jd. São José, ANAPOLIS - GO, CEP 73004-440

Código	Descrição	Un	Qtde	Preço Unit.	Total
PE5762	Forma (interna) com reforço metálico nas bordas para laje nervurada, cor branca, medindo 66cmx66cmx26cm, abas 6cm	UN	1.000.000	77,000000	77.000,00

Total IPI: 0,00
Total ICMS: 0,00
Total: 77.000,00
Desconto: 0,00
Total Líquido: 77.000,00

Assinatura: Ricardo de S. Lima
Data: 27/11/2013

Observações:
 **As mercadorias serão recebidas somente em dias úteis de Segunda-feira à Quinta -Feira das 7:00h às 11:00h e 12:00h às 17:00h. Sexta-feira das 7:00h às 11:00h e 12:00h às 16:00h.
 **IPI Incluso **ICMS Checo
 Anima Centro Hospitalar Ltda
 **O faturamento da nota fiscal deve ser feito de acordo com os dados detalhados no cabeçalho deste pedido, favor verificar o CNPJ dos campos "Fatura para:" e "Fornecedor"
 **Constar no corpo da Nota Fiscal o endereço para entrega e o número deste pedido.
 Formaplast, Indústria e Comércio de Plásticos Ltda.

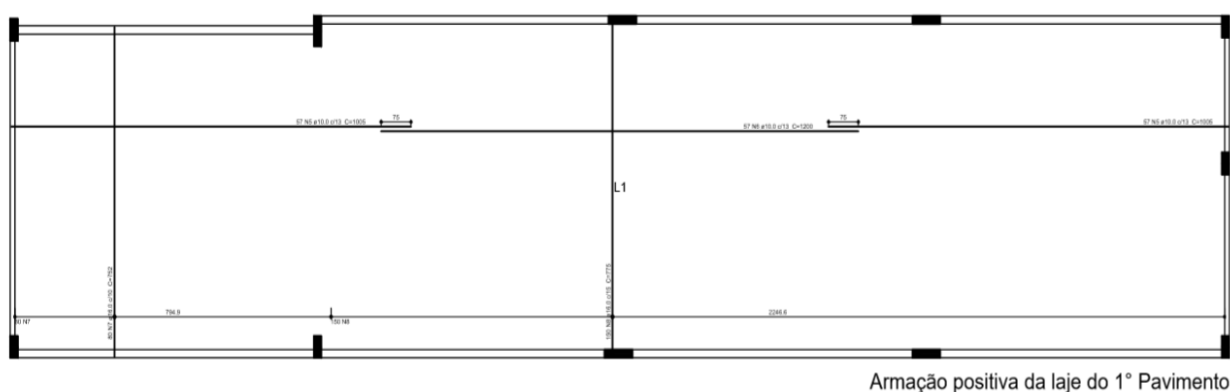
Fonte: Próprio Autor.

4.2 LAJE MACIÇA

Seguindo o modelo da planta de formas do projeto do pavimento modelo em sua versão original, foi realizado o cálculo da estrutura para o modelo de laje maciça seguindo todo o dimensionamento estrutural de pilares e vigas do pavimento modelo, com o intuito de se verificar somente as devidas alterações quanto ao modelo de laje nervurada para laje maciça.

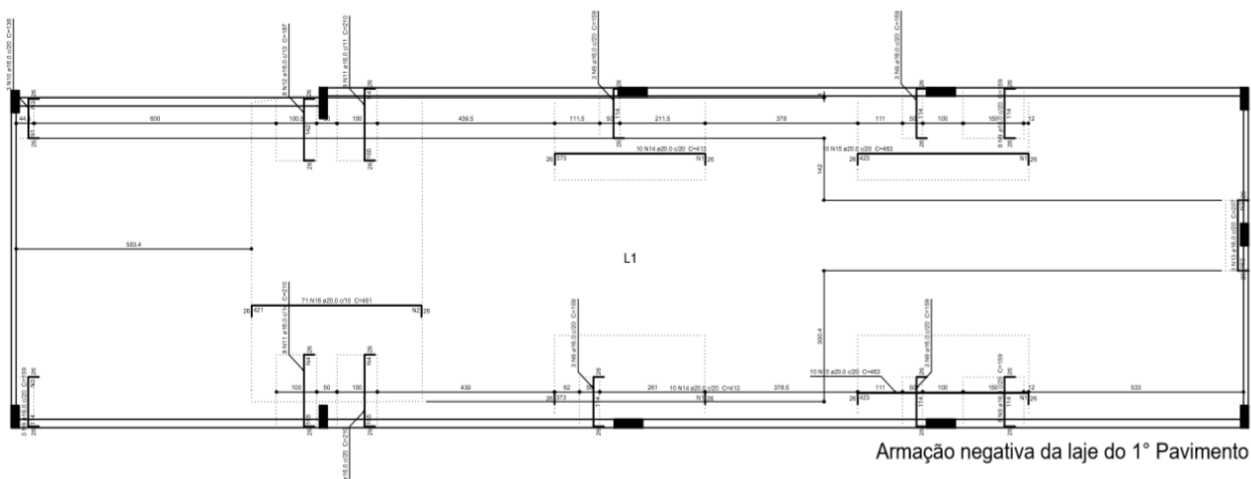
O dimensionamento da laje foi realizado através do software AltoQi Eberick V8 Gold, seguindo os dados do pavimento modelo em laje nervurada como, cargas e fck do concreto, obteve-se os resultados que seguem nas figuras 30 e 31.

Figura 30 – Dimensionamento armadura positiva



Fonte: Próprio Autor.

Figura 31 – Dimensionamento armadura negativa



Fonte: Próprio Autor.

Com isso obtém-se o levantamento quantitativo de concreto, aço e formas, como pode ser verificado no quadro 2.

Quadro 2 - Levantamento quantitativo de custos da laje maciça.

Levantamento Quantitativo						
Item	Código SINAPI	Discriminação	Quant.	Unid.	PREÇO	TOTAL
					UNITÁRIO - R\$	R\$
SERVIÇOS PRELIMINARES						
1		Laje Maciça 1° Pavimento-Trecho 2-L16				
1.1	1347	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE 1,10 X 2,20 M, E=12MM	224,20	M ²	24,17	5.418,91
1.2	39	AÇO CA-60, 5,0 MM, VERGALHÃO	1560	KG	4,39	6.848,40
1.3	34	AÇO CA-50, 10 MM, VERGALHÃO	1829,7	KG	4,42	8.087,27
1.4	31	AÇO CA-50, 12,5 MM, VERGALHÃO	135	KG	4,21	568,35
1.5	27	AÇO CA-50, 16 MM, VERGALHÃO	2546,2	KG	4,21	10.719,50
1.8	74138/003	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTÊNCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP= 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVIÇO DE BOMBEAMENTO (NBR8953)	67,26	M ³	346,65	23.315,68
Total do subitem						64.163,72

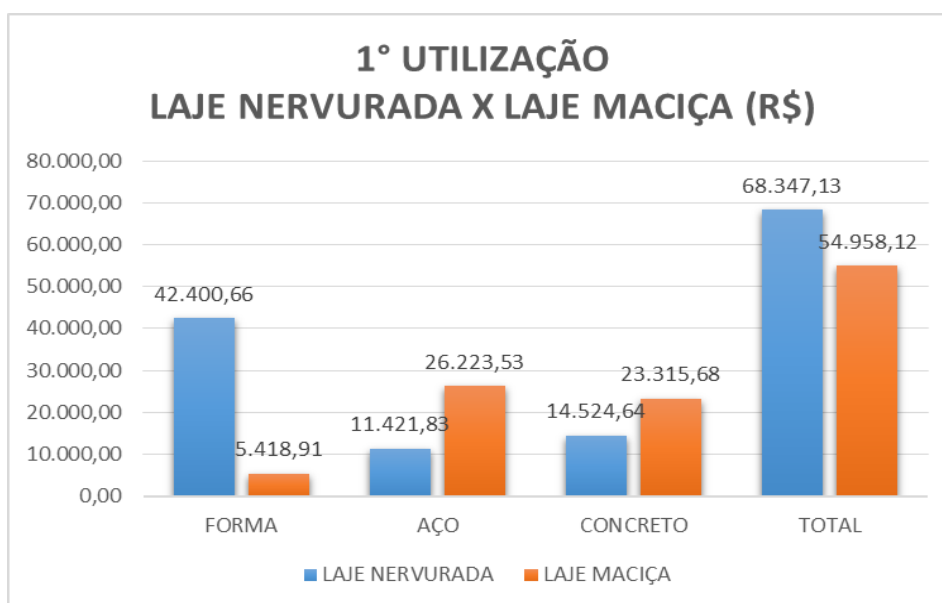
Fonte: Próprio Autor.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Partindo do projeto original de formas com laje nervurada, elaboraram-se os quantitativos de custos de armadura, concreto e formas. Por meio do dimensionamento da laje maciça elaborou-se os quantitativos de custos de armadura, concreto e formas obtendo-se assim os custos que cada alternativa gerou.

Como pode ser observado no gráfico 1, o custo total da laje nervurada ficou superior ao custo total da laje maciça motivado pela alta diferença entre os valores das fôrmas, que é dado pelo fato da laje nervurada utilizar formas de polipropileno e chapas de compensado, e a laje maciça utilizar somente chapas de compensado, podemos também notar que o consumo de aço da laje nervurada é menor que o da laje maciça podendo ser explicado pelo grande vão da laje, o consumo de concreto da laje nervurada também foi menor em relação a laje maciça devido a eliminação do concreto em sua zona tracionada.

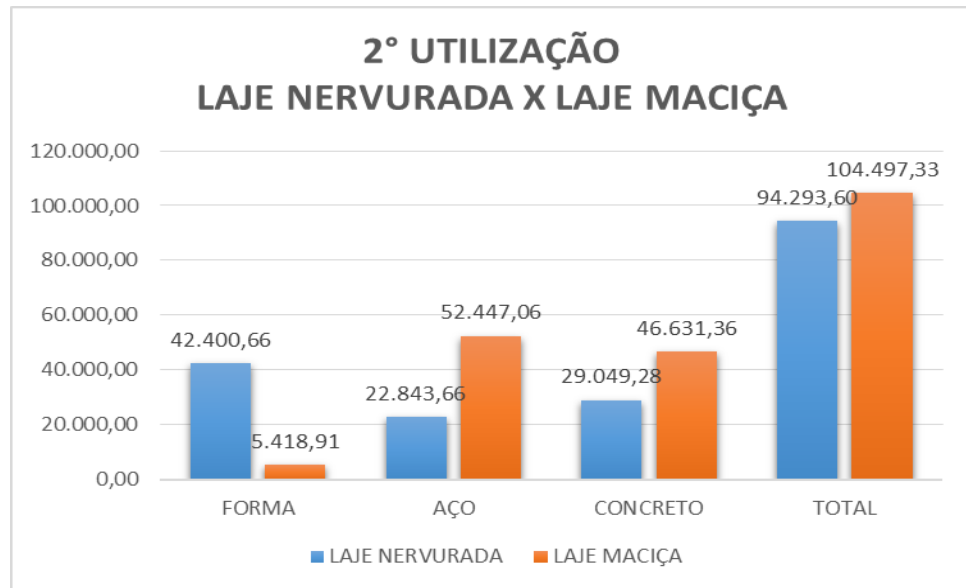
Gráfico 1 – Custo da laje nervurada x laje maciça em sua primeira utilização



Fonte: Próprio Autor.

Na segunda utilização de ambas as lajes podemos verificar que o custo total da laje maciça ficou superior ao da laje nervurada como pode ser visto no gráfico 2, devido as formas já terem sido adquiridas para a sua 1ª utilização e contando que elas serão reaproveitadas.

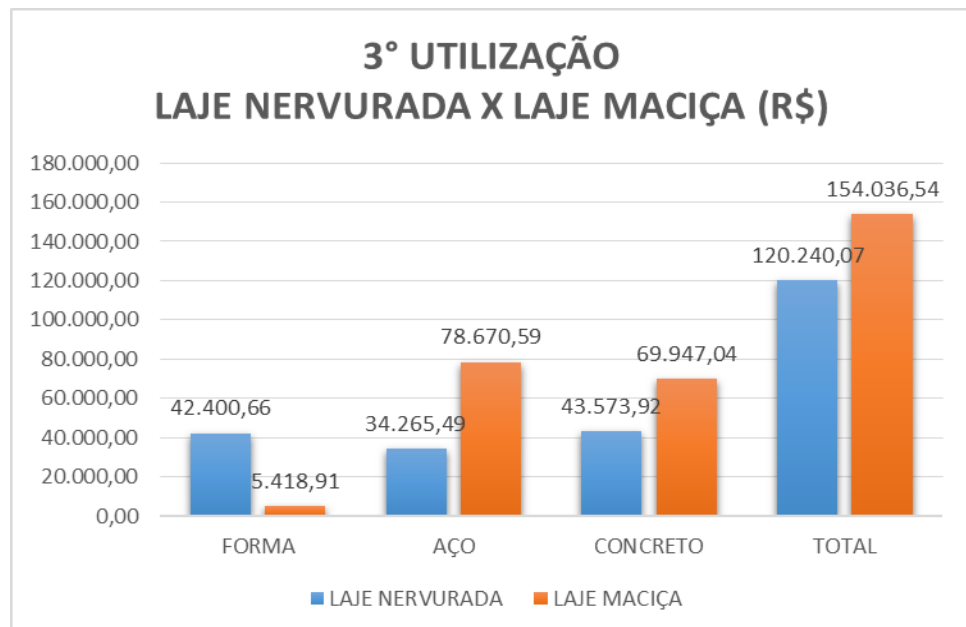
Gráfico 2 – Custo da laje nervurada x laje maciça em sua segunda utilização



Fonte: Próprio Autor.

Como este pano de laje é constituído por três pavimentos em seu projeto original, foi calculado os custos de aço, concreto e forma para os três pavimentos como podemos ver no gráfico 3.

Gráfico 3 - Custo da laje nervurada x laje maciça em sua terceira utilização



Fonte: Próprio Autor.

Pode ser observado que a laje nervurada torna-se viável a partir da segunda utilização, quando a economia com o aço e concreto passa a suprir os gastos com a forma de polipropileno.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho foi analisado vários tipos de materiais de enchimento, ao qual é de extrema importância uma escolha bem-sucedida, podendo resultar em uma economia de custos levando em consideração alguns fatores, como peso próprio do material, reutilização, menor consumo de materiais. Com isso podemos notar que a escolha das formas plásticas foi correta levando em consideração que não haverá carga na estrutura devido o material, pois ele será removido posteriormente e será reutilizado até o término da edificação, diminuindo também o consumo de aço e concreto devido não haver peso deste material em relação a estrutura.

Pode ser visto também os processos construtivos das lajes com capiteis e vigas-faixas ao qual pode ser bastante útil quando necessário uma maior altura de pé-direito, pois a laje terá o mesmo nível.

Este estudo teve como objetivo principal o levantamento de custos de aço, concreto e formas de um pano de laje nervurada comparado ao mesmo pano de laje maciça.

O sistema adotado pela empresa neste caso foi o da laje nervurada, embora na primeira utilização o custo total tenha ficado 19,59% superior em comparação com a laje maciça, destacando que o custo da formas foi 87,23% superior para a laje nervurada, levando em consideração que as formas plásticas foram adquiridas pela empresa, já no aço obteve-se uma economia de 56,44% em relação a laje maciça, no concreto seu custo ficou 37,70% abaixo da laje maciça.

Na segunda utilização o custo total da laje nervurada ficou 19,59% abaixo da laje maciça.

Na terceira utilização notamos que o custo total da laje nervurada ficou 21,94% abaixo da laje maciça.

Na segunda e terceira utilização se justifica esse menor custo total, devido a economia do aço e do concreto. Lembrando que as chapas de compensando serão reutilizadas 10 vezes e as formas plásticas até o final da obra, com isso os custos da formas continuam os mesmos.

Levando em consideração que a construção abrange três pavimentos para aquele tipo de vão podemos notar que os valores se tornam significativos.

Conclui-se então que a definição de qual escolha se torna mais viável economicamente em relação ao custo de aço, concreto e forma, depende da quantidade de pavimentos que serão executados no edifício.

Para trabalhos futuro sugere-se:

- Levantamento de custo de mão-de-obra para cada tipo de estrutura
- Inclusão de outros tipos sistemas estruturais.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A.T. **Análise de alternativas para edifícios em concreto armado.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos,1999.
- ARAÚJO, A.R. **Estudo técnico comparativo entre pavimentos executados com lajes nervuradas e lajes convencional.** Monografia de graduação. Anhembi Morumbi. São Paulo, 2008.
- ARAÚJO, T.M, **Análise dos processos de planejamento e execução de uma laje nervurada com utilização de ferramentas computacionais.** Monografia de graduação. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora,2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 6118 – Projeto de estrutura de concreto armado.**Rio de Janeiro,2014.221p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. 28p. (BT-106), São Paulo, 2002.
- BASTOS, P.S.S. **Dimensionamento de vigas de concreto armado à força cortante.**pg. 1-78 Bauru, 2015.
- DIAS,R.H. (2004) **Sistemas estruturais para grandes vãos em pisos e a influência na concepção arquitetônica.**São Paulo.Disponível em www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.044/622 Acesso em março/2015.
- DIÓGENES, B.H.N. **O emprego do concreto armado na arquitetura de Fortaleza.** ANAIS DO 48º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2006.
- FARIAS, M.P. **Estruturas para edifícios em concreto armado: analise comparativa de soluções com lajes convencionais e nervurada.** Monografia de graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto alegre ,2010.
- FLÓRIO, M.C. **Projeto e execução de laje unidirecionais com vigotas com concreto armado.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.
- FRANCA,A.B.M.; FUSCO, P.B. **As lajes nervuradas na moderna construção de edifício.** AFALAX E APRABEX, São Paulo,1997.
- JUNIOR, C.F.B; GIONGO, J.S. **Concreto armado: projeto e construção de laje nervurada.** Monografia de graduação, Universidade de São Paulo, São Carlos,2007.
- LOPES, A.F.O. **Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento.** Monografia de graduação, Universidade Federal de Pernambuco,Caruaru,2012.
- MORIKAWA, M.S.; DEMARZO, M.A. **Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado.** Sinergia, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 104-108, jul./dez. 2003.
- PINHEIRO, L. M.; Razente, J. A. **Estruturas de Concreto – Capítulo 17.** 2003.

RIBEIRO, A.S. **Estudo comparativo entre laje nervurada e laje maciça em função de seus vãos.** Monografia de graduação, Universidade de São Paulo, São Carlos,2011.

SILVA, H.V.; SILVA, S.T. **Soluções alternativas para blocos de enchimento em lajes nervuradas.** Monografia de graduação. Universidade da Amazônia do Centro de Ciências Exatas e tecnologia. 4ed Belém, 2010.

SILVA, M.A.F. **Projeto e construção de laje nervuradas de concreto armado.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos,2005.

SPORH,V.H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estrutura de lajes nervuradas.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2008.

STRAMANDINOLI, J.S.B. **Contribuições à análise de lajes nervuradas por analogia de grelha.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis , 2003.

TARTUCE, R., GIOVANNETTI, E., 1999,**Princípios básicos sobre concreto de cimento Portland.** Ed. Pini, São Paulo.

TENÓRIO, D.A. et al. **Aspectos Técnicos e Econômicos de Lajes Nervuradas Unidirecionais e Bidirecionais.** ANAIS DO 51º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – CBC, 2009.

VERÍSSIMO, G.S.; JUNIOR, K.M.C. **Concreto protendido: fundamentos básicos.**, Pq 1-78, 1998.

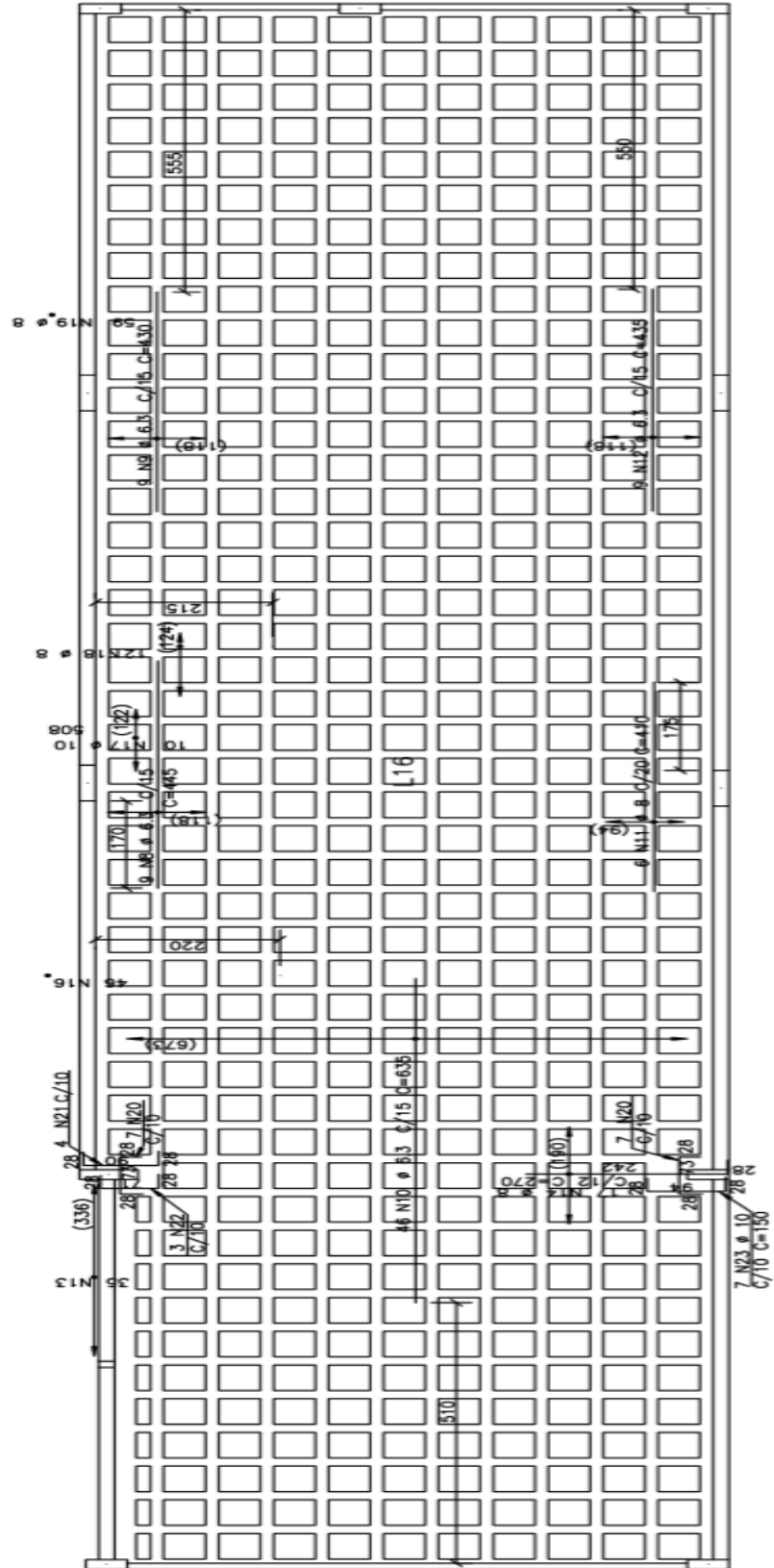
VITALLI, L. **Estudo comparativo entre lajes nervuradas com diferentes materiais de enchimento.** Monografia de Graduação. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2010.

VIZOTTO, I. ; SARTORT, A.**Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: análise comparativa.** Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.15, p.19-28, Abril, 2010.

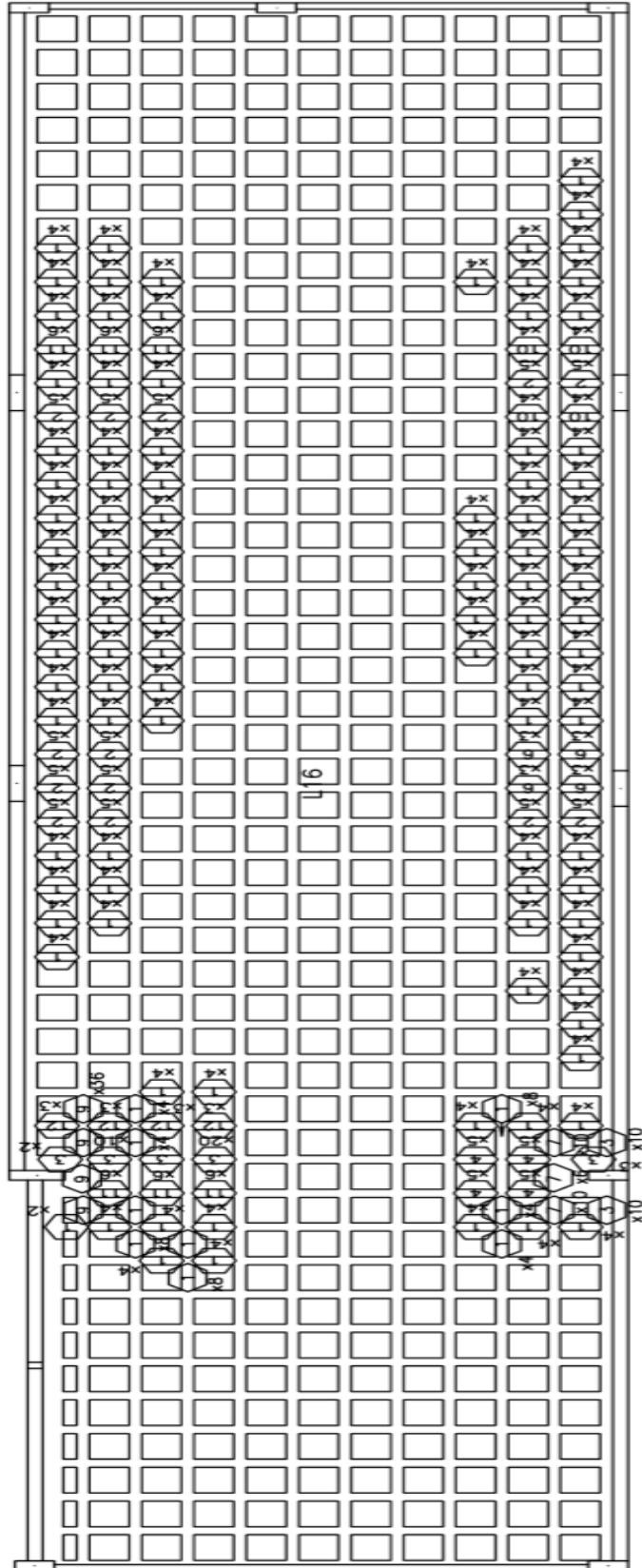
Anexo B - Tabela índices econômicos Sinduscon-GO

		Registro de Qualidade:												Página:	
		RQ-30												1/1	
		Data de Revisão:												N° Revisão:	
		06/02/2014												1	
ÍNDICES ECONÔMICOS															
CUB - GO (Sinduscon)	Valor m2	1.323,44	1.325,12	1.328,02	1.328,02	1.328,06	1.333,77	1.335,56	1.338,97	1.338,97	1.338,72	1.400,32	1.400,32	1.408,35	
	Var % Mês	0,272	0,127	0,068	0,000	0,003	0,581	0,134	0,106	0,000	0,206	4,523	0,431		
	Var % Ano	6,143	6,277	6,350	6,350	0,003	0,584	0,719	0,826	0,000	1,033	5,603	6,058		
	Var % 12 meses	6,525	6,389	6,368	6,350	5,756	6,370	6,368	6,463	6,216	5,908	6,454	6,554		
IPC - Goiânia (Seplan)	Valor m2	0,40	1,00	1,19	0,88	1,78	1,55	2,59	0,61	0,56	0,28	1,35	-0,06		
	Var % Mês	5,16	6,21	7,47	8,42	1,78	3,36	6,03	7,29	7,58	9,03	8,97	8,97		
	Var % Ano	7,17	7,55	8,22	8,42	9,12	10,38	11,87	11,70	11,85	13,60	12,80	12,80		
	Var % 12 meses	4,102,90	4,118,49	4,140,32	4,165,99	4,227,64	4,276,60	4,341,26	4,415,37	4,440,36	4,475,17	4,486,36	4,486,36		
INPC (IBGE)	Índice	0,49	0,38	0,53	0,62	1,48	1,16	1,51	0,71	0,89	0,77	0,58	0,25		
	Var % Mês	4,82	5,02	5,57	5,96	1,48	2,66	4,21	4,95	5,99	6,80	7,42	7,69		
	Var % Ano	6,59	6,34	6,33	5,96	7,13	7,68	8,42	8,34	8,76	9,31	9,81	9,88		
	Var % 12 meses	547,839	549,396	554,769	558,213	562,462	564,004	566,536	576,175	578,518	582,401	586,426	588,042		
IGP-M (FGV)	Índice	0,200	0,284	0,978	0,621	0,765	0,270	0,981	1,166	0,406	0,671	0,691	0,276		
	Var % Mês	1,759	2,048	3,046	3,666	3,666	1,037	2,028	3,637	4,333	5,054	5,344	5,344		
	Var % Ano	3,545	2,956	3,662	3,666	3,979	3,861	3,160	3,550	4,110	5,593	6,973	7,553		
	Var % 12 meses	599,823	600,865	603,524	604,026	609,598	611,447	615,248	618,060	623,951	635,403	638,880	642,644		
INCC (FGV)	Índice	0,154	0,174	0,442	0,083	0,917	0,308	0,622	0,457	0,953	1,835	0,547	0,589		
	Var % Mês	6,207	6,392	6,863	6,952	0,917	1,228	1,858	3,223	3,299	5,195	5,770	6,393		
	Var % Ano	6,965	6,870	6,970	6,952	6,964	6,975	7,344	6,889	5,737	6,968	6,757	7,304		
	Var % 12 meses	388,8657	400,4486	403,2181	404,4088	410,8693	415,8606	418,8778	423,4943	428,0692	428,0831	431,7047	434,1382		
IPC (FIPE)	Índice	0,21	0,37	0,69	0,30	1,62	1,22	0,70	1,10	0,62	0,47	0,85	0,56		
	Var % Mês	3,79	4,17	4,89	5,20	4,72	5,36	3,88	4,72	5,36	5,85	6,75	7,35		
	Var % Ano	5,45	5,33	5,57	5,20	5,91	6,65	6,61	7,21	7,60	8,06	8,79	9,04		
	Var % 12 meses	539,849	542,863	549,040	551,149	554,835	557,803	564,568	569,738	572,034	575,938	579,293	581,618		
IGP-DI (FGV)	Índice	0,02	0,59	1,14	0,38	0,67	0,54	1,21	0,92	0,40	0,68	0,58	0,40		
	Var % Mês	1,62	2,22	3,38	3,37	0,67	1,21	2,44	3,37	3,79	4,50	5,11	5,53		
	Var % Ano	3,25	3,21	4,10	3,37	4,06	3,74	3,46	3,94	4,83	6,22	7,43	7,80		
	Var % 12 meses	1,000873	1,001038	1,000483	1,001053	1,000878	1,000198	1,001298	1,001074	1,001153	1,001813	1,002305	1,001867		
TR	Índice	0,0873	0,1038	0,0483	0,1053	0,0878	0,0166	0,1296	0,1074	0,1153	0,1813	0,2305	0,1867		
	Var % Mês	0,600	0,700	0,860	0,860	0,900	0,100	0,230	0,340	0,480	0,640	0,870	1,060		
	Var % Ano	0,76	0,78	0,80	0,86	0,83	0,80	0,90	0,96	1,15	1,15	1,28	1,41		
	Var % 12 meses	0,5877	0,6043	0,5485	0,6058	0,5882	0,5169	0,6302	0,6179	0,6159	0,6822	0,7317	0,6876		
Poupança	Var % mês	724,00	724,00	724,00	724,00	788,00	788,00	788,00	788,00	788,00	788,00	788,00	788,00		
Salário Mínimo	Valor	2,3323	2,4476	2,5477	2,6387	2,6336	2,8158	3,1389	3,0428	3,0611	3,1111	3,2225	3,5137		
Dólar/Com/Vend	Valor último dia	2,3329	2,4493	2,5484	2,6394	2,6342	2,8165	3,1395	3,0432	3,0617	3,1117	3,2231	3,5143		
Dólar/Paral/Vend	Valor último dia														

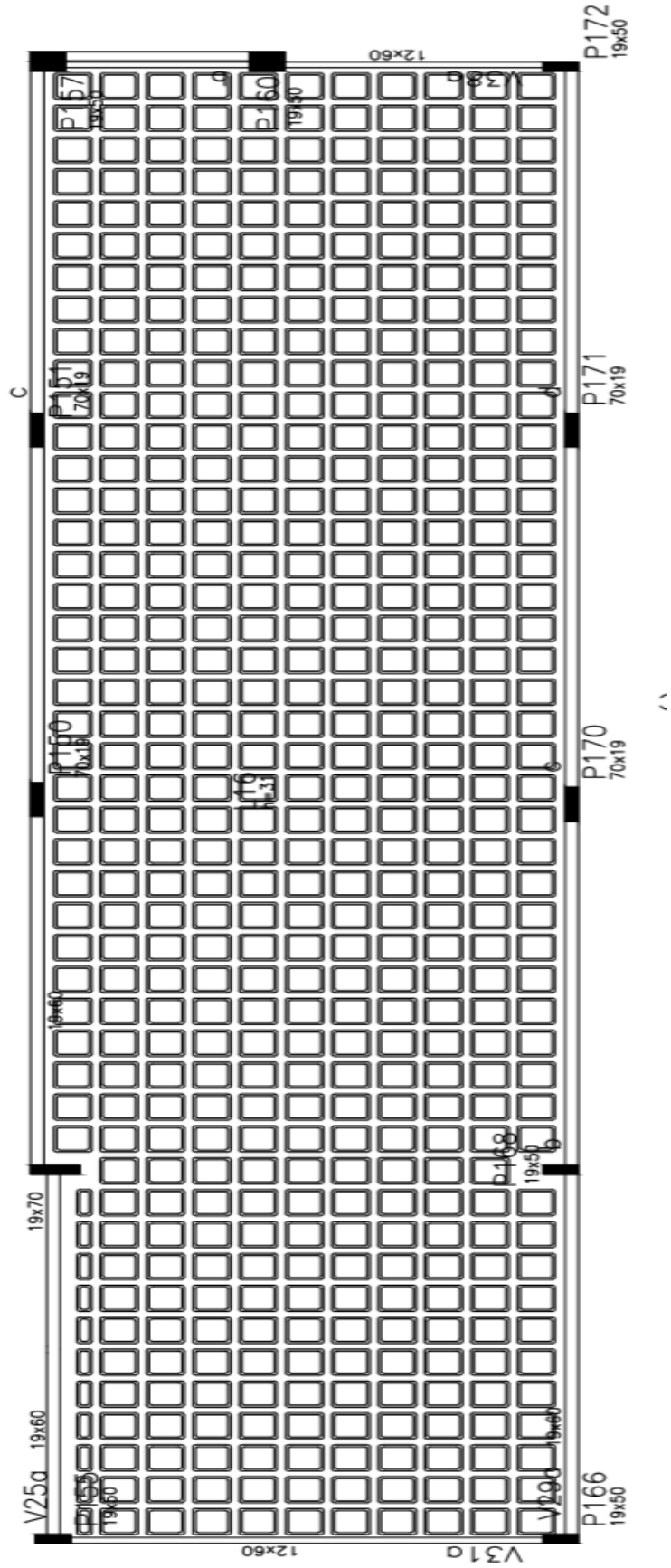
Anexo D - Armadura negativa da laje modelo (Laje nervurada)



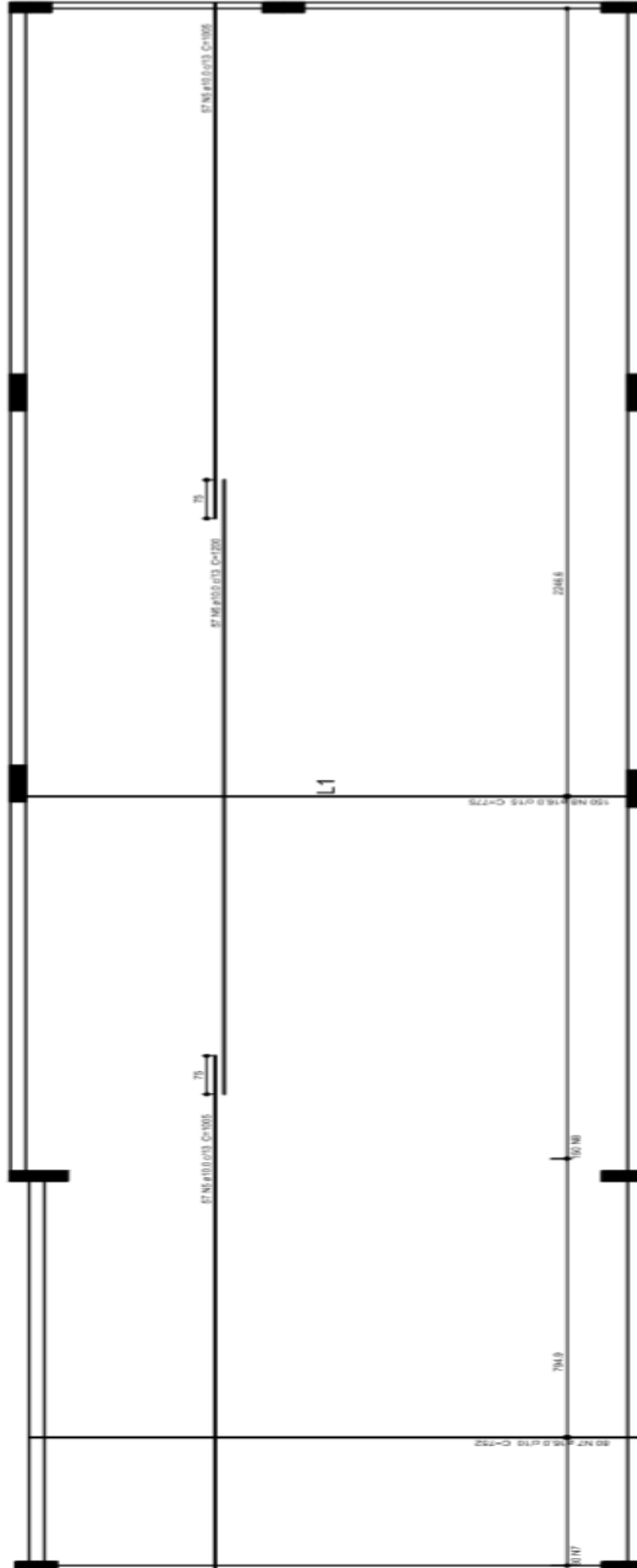
Anexo E - Armadura de cisalhamento da laje modelo (Laje nervurada)



Anexo F - Projeto de formas da laje modelo (Laje nervurada)



Anexo G - Armadura positiva da laje maciça



Armação positiva da laje do 1º pavimento

Anexo H - Armadura negativa da laje maciça

