



Procedimentos para modelagem BIM de lajes nervuradas de concreto armado em edificações



<https://doi.org/10.56238/levv15n40-040>

Glauco José de Oliveira Rodrigues

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

E-mail: glauco.grengenharia@gmail.com

Danielle Malvaris Ribeiro

Universidade Veiga de Almeida

E-mail: daniellemalvaris@hotmail.com

RESUMO

É impossível deixar de admitir que as ferramentas computacionais comerciais para análise e detalhamento estrutural tornaram-se indispensáveis nas diversas aplicações de Engenharia Estrutural nos dias atuais. A importância destas ferramentas dotadas de interfaces gráficas baseadas em ambiente BIM (*Building Information Modeling*), verifica-se, sobretudo, devido à flexibilização e facilidade na realização de correções e alterações comuns durante a etapa de elaboração, bem como a proposição de diferentes concepções estruturais, nem sempre inovadoras, porém quase sempre arrojadas, como no caso das lajes nervuradas em concreto armado.

A utilização de lajes nervuradas em concreto armado é uma prática antiga em Engenharia Estrutural, que tem incentivado a adaptação das ferramentas computacionais comerciais, tanto no desenvolvimento de formulações matemáticas estruturalmente consistentes, bem como no desenvolvimento de bancos de dados específicos, dotados de informações de fabricantes de moldes e materiais destinados à execução deste tipo de lajes.

Apresenta grande eficiência em estruturas prediais nas quais existem inúmeros problemas de interferências de elementos estruturais com elementos de instalações, como por exemplo, tubulações de grande diâmetro de águas servidas, esgoto, gás, incêndio, e até mesmo de dutos de ar condicionado, exaustão e elementos arquitetônicos.

Esta eficiência deve-se, principalmente, ao fato de não se considerar vigas de grandes alturas em seus apoios, tornando a face inferior da laje, praticamente sem obstáculos às tubulações prediais, e também é devida a pouca espessura média de concreto utilizado no pavimento em comparação com lajes convencionais retangularmente apoiadas e lajes cogumelo planas.

Entretanto, nem sempre é possível a obtenção de um resultado final ótimo, mesmo com todas as adaptações anteriormente descritas, devido, principalmente a problemas de ordem executiva e de modelagem computacional.

Este trabalho pretende então, apresentar uma metodologia de modelagem estrutural possível, que fornece resultados dentro dos limites da exequibilidade da laje, tanto no aspecto de construção do modelo estrutural computacional, bem como da possibilidade de emprego de materiais de fabricantes e mão de obra, utilizando-se uma ferramenta computacional comercial para análise e detalhamento estrutural.

Palavras-chave: BIM, Laje nervurada em concreto armado.

1 INTRODUÇÃO

Conforme é sabido, a espessura de uma laje de concreto armado depende, além da sobrecarga à que se destina, do vão a ser vencido.

Esta espessura deve ser suficiente a fim de se evitar grandes deformações ou vibrações indesejáveis.

Entretanto, em se tratando de grandes vãos, as lajes maciças podem atingir espessuras tão grandes que a maior parte de sua resistência seria utilizada para combater as solicitações devidas ao peso próprio, o que pode causar uma prática onerosa, do ponto de vista econômico.

Desta forma, partiu-se para a alternativa de reduzir o peso próprio da estrutura, suprimindo-se a parte do concreto que não trabalha, ou seja, utilizando-se apenas o a quantidade de concreto suficiente, de modo a envolver as armaduras nas zonas tracionadas.

Às regiões de tração com armaduras concentradas em faixas chamamos de nervuras. No espaço entre as nervuras costuma-se colocar materiais de baixo peso próprio, com a capacidade de, simultaneamente, permitir um acabamento plano do teto e servir de formas para as nervuras.

A economia total é função, não somente do alívio do peso próprio, mas também da diferença de custos (inclusive de execução) entre o concreto e o material inerte que tem por função substituí-lo.

As lajes nervuradas têm sua aplicação em edifícios residenciais ou comerciais, principalmente em pavimentos destinados à garagens, que geralmente demandam de grandes vãos e sobrecargas mais elevadas.

Para a execução das nervuras, geralmente são utilizadas formas reaproveitáveis de polipropileno, conforme mostrado na Figura 1.

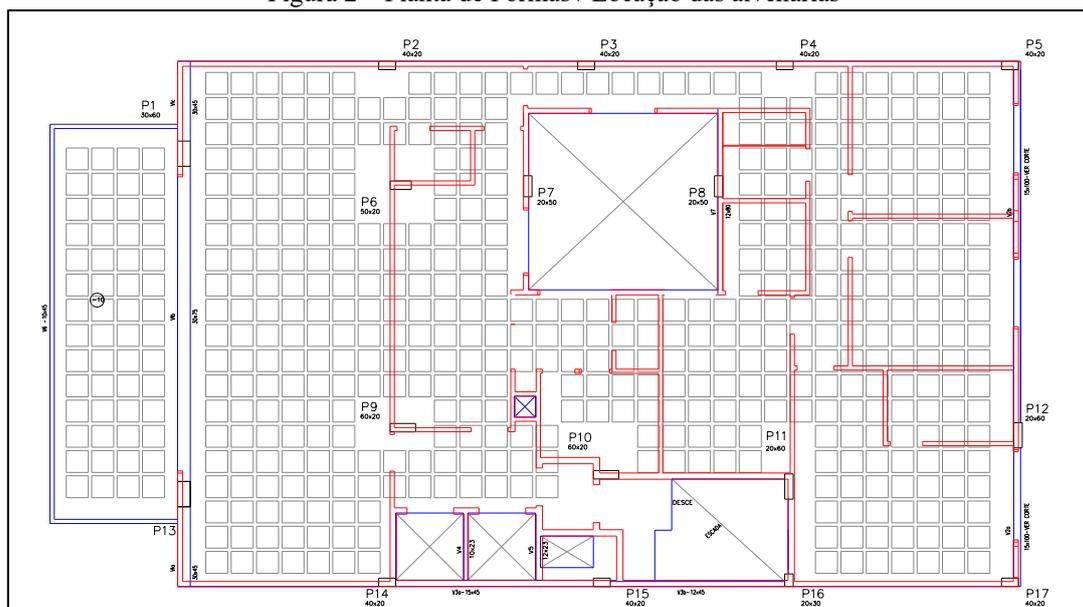
Figura 1 – Cubeta que serve como forma das nervuras da laje Atex



2 DADOS DO PROJETO MODELO ESTRUTURAL

A fim de se ter uma idéia de como se projetar uma laje nervurada em concreto armado com o software Cypecad [1], tomemos como exemplo a planta de formas mostrada na Figura 2. Trata-se de uma estrutura de apenas um teto, dotada de capitéis nos pilares e engrossamentos nas regiões onde não foi possível a colocação das formas devido a limitações geométricas. A utilização de capitéis nos pilares se justifica pelo combate aos esforços de puncionamento dos pilares sobre as lajes quando estas são desprovidas de vigas nestas regiões.

Figura 2 – Planta de Formas / Locação das alvenarias



Conforme se pode observar, a planta de formas exibida na Figura 2 acima, já tem posicionadas as alvenarias do projeto arquitetônico. Para facilitar a modelagem, os pilares e vigas já estão pré-dimensionados. Desta forma podemos dedicar nossa atenção apenas ao dimensionamento da laje nervurada.

Para o lançamento da estrutura são definidas diversas características do projeto, tais como: fck do concreto (adotado 25MPa), Classe do aço (adotado 50A), sobrecarga de utilização (adotada 200 kg/m²) e o revestimento (adotado 150 kg/m²). As vigas de contorno são de seção retangular e em alguns extremos não foram dispostas vigas, ficando o apoio por conta do engrossamento da laje nestas regiões. O peso próprio dependerá do valor informado pelo fabricante em seu catálogo, conforme será visto na Figura 4, e será gerado automaticamente na estrutura.

3 MODELAGEM BIM

A estrutura é modelada exatamente como um estrutura em laje maciça. A diferença surge no momento em que escolhemos o tipo de laje que vai preencher os painéis vazios, conforme mostrado

na Figura 3. Há a opção de geração automática das regiões maciças, em especial no entorno dos pilares, objetivando-se mitigar os efeitos devidos ao punçãoamento.

Figura 3 – Estrutura modelada no Cypecad 3D antes do preenchimento dos painéis

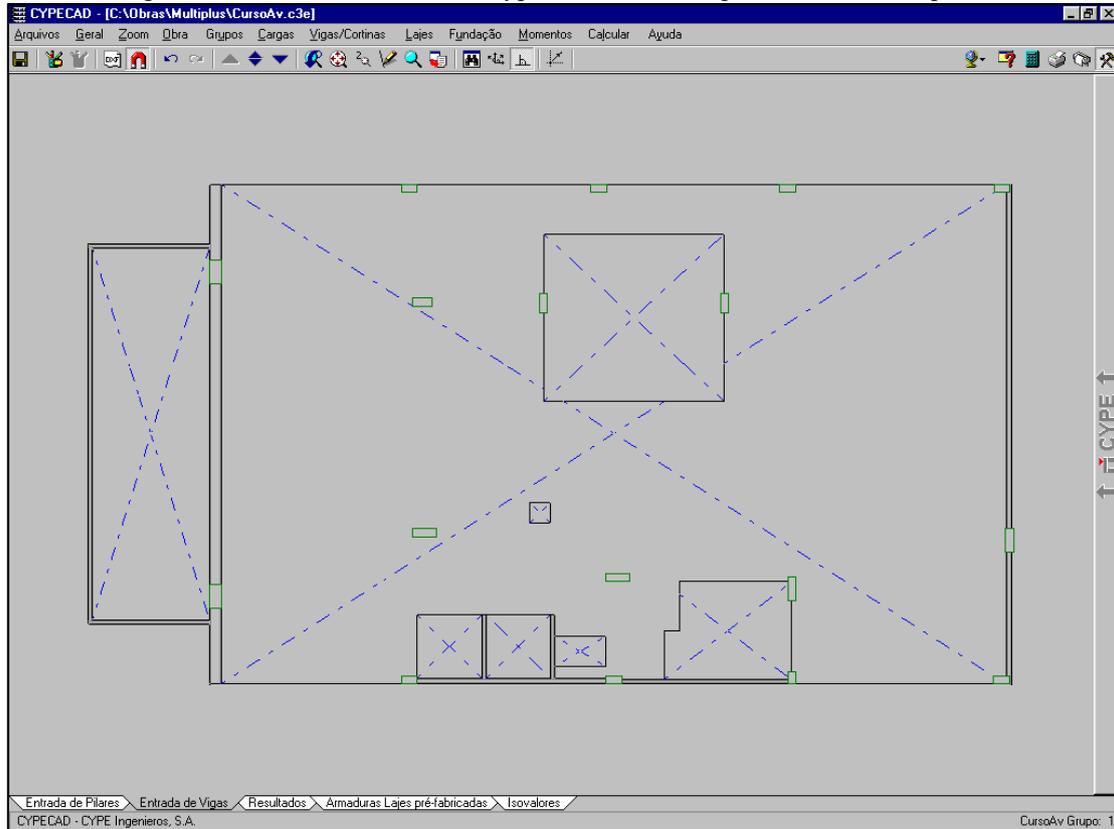
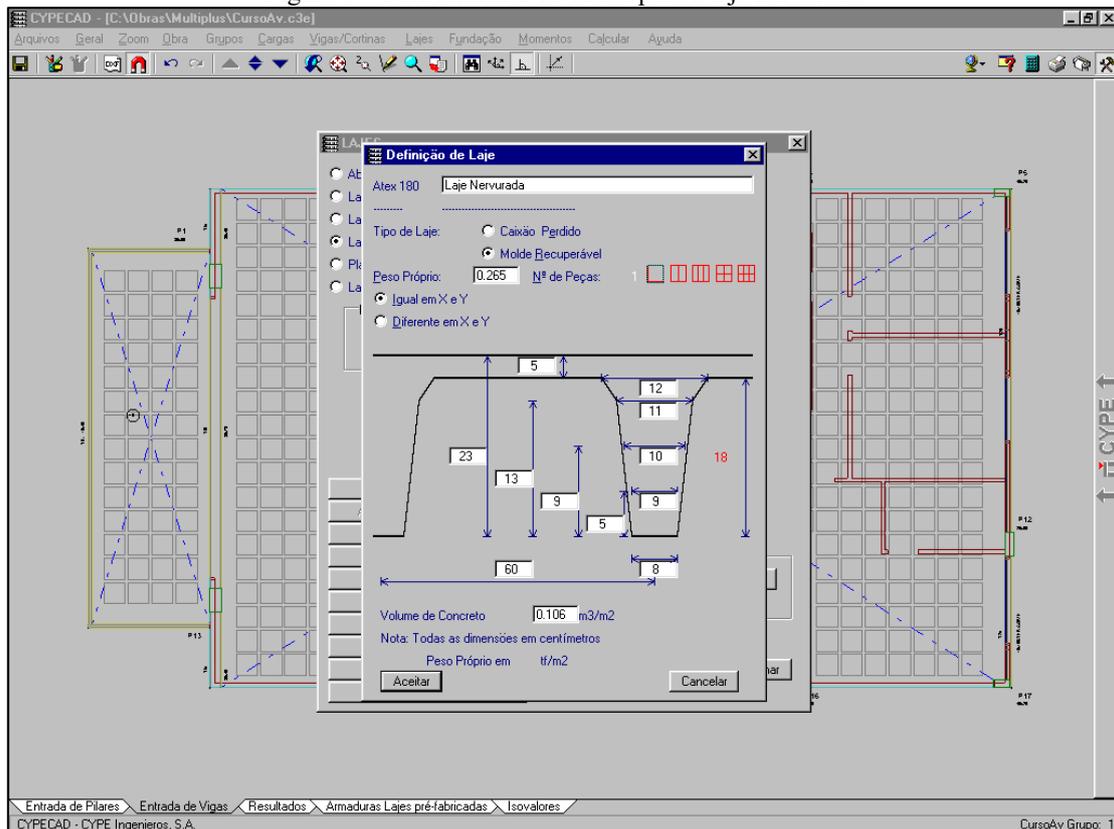


Figura 4 – Fornecimento de dados para a laje nervurada



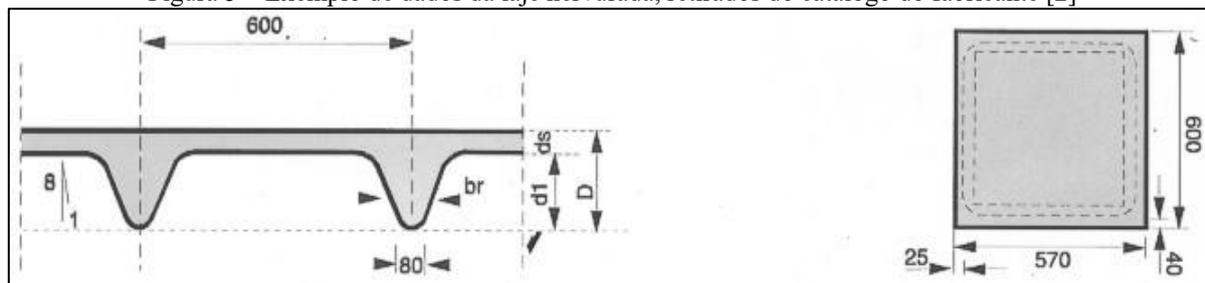
Torna-se, portanto, necessária a criação de padrões de lajes nervuradas com as características mecânicas da mesma, como por exemplo os dados geométricos, entre eixos de nervuras, peso próprio da laje, conforme foi mostrado na Figura 4

Conforme pode ser observado na figura 4b acima, basta uma coleta de dados de propriedades das lajes, tomando-se como referência o catálogo de um fabricante, que neste caso em particular é o da empresa Atex.

Deve ser observado que o número de elementos nos quais fica dividida a cuba da laje nervurada é variável, de um elemento por cuba até 6 elementos por cuba. Devido ao esforço computacional requerido para um número muito grande de elementos, é bem razoável em cubas de até 1.00m de entreixo, a utilização de apenas 1 elemento por cuba

Estes dados são retirados das tabelas fornecidas pelos fabricantes dos moldes [2], conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de dados da laje nervurada, retirados do catálogo do fabricante [2]



4 UTILIZAÇÃO DE ARMADURA EM MALHA DE TELA SOLDADA

Objetivando-se obter um resultado mais homogêneo das armaduras durante a execução da obra, é aconselhável a utilização de um armadura base para as nervuras (armadura positiva). Para isso, basta que a tabela de armaduras que será utilizada no cálculo seja dotada destas malhas e que estas sejam atribuídas antes do cálculo conforme mostrado na Figura 6.

É praxe utilizar uma armadura de malha superior nas nervuras e maciços de 4.2mm, a fim de combater momentos mínimos (desprezíveis) e que induzem o software a fazer armadura de reforço nestas regiões, apesar da pouca necessidade, e por isso descartá-la do detalhamento final.

O detalhe final da armação em uma laje nervurada (típico) pode ser observado, por exemplo, na Figura 7, mostrada a seguir.

Em alguns casos é interessante calcular a mesma estrutura com armaduras de base diferentes e checar na listagem de quantitativos da obra aquela que fornecer a menor taxa de armadura por m³ de concreto. É importante lembrar de considerar o peso adicional da malha considerada em cada rodada, pois ela não é considerada na listagem de quantitativos da obra pelo software.

Após o cálculo com aquela configuração que se entenda como ótima (tanto do ponto de vista da segurança estrutural, quanto do ponto de vista econômico), basta que se façam as otimizações finais

nas armaduras de reforço, punção e cisalhamento das nervuras, para que possam ser gerados os desenhos definitivos de armação.

Figura 6 – Tabela de armadura para armadura positiva nas nervuras [3]

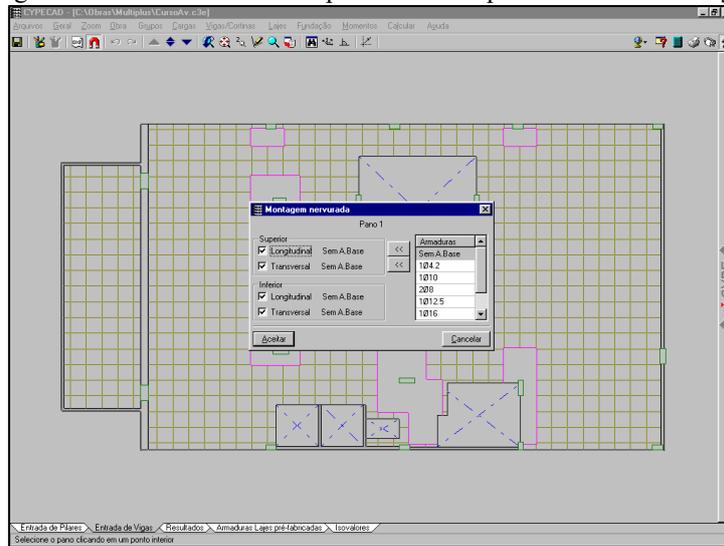
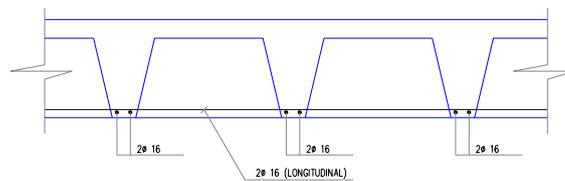
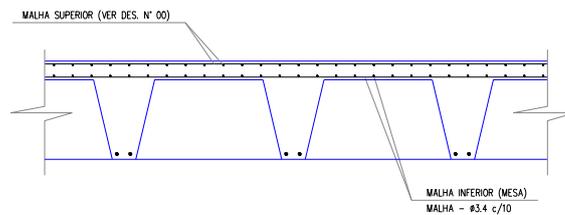


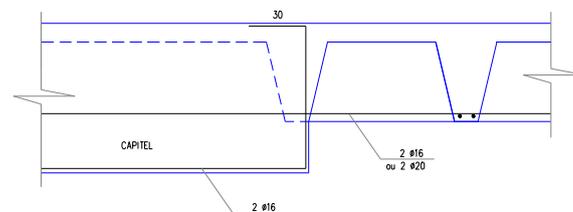
Figura 7 – Detalhamento das armaduras das nervuras



ARMAÇÃO TRANSVERSAL DA NERVURA
DETALHE TÍPICO



DETALHE 1 (TÍPICO)
MALHA NA MESA DA NERVURA



ALTURA DO CAPITEL MAIOR QUE DA LAJE NERVURADA
DETALHE TÍPICO – ARMAÇÃO DA MALHA



5 CONCLUSÕES

O advento da metodologia BIM nos projetos estruturais com a utilização de softwares como por exemplo o Cypecad [1], possibilitou ao engenheiro calculista inovar seus critérios de projeto de modo a projetar estruturas cada vez mais econômicas, tirando-se o máximo proveito possível das propriedades dos materiais utilizados (concreto e aço).

Paralelamente, fornecedores como por exemplo a Atex [2] apresentou o seu sistema que, construtivamente, atende aos requisitos econômicos citados anteriormente.

Desta forma a engenharia de projetos caminha simultaneamente com o desenvolvimento das técnicas construtivas, de modo a obtemos resultados finais com qualidade cada vez melhor.



REFERÊNCIAS

CYPE INGENIEROS. Software Cypecad Espacial: módulo de lajes nervuradas. V. 2024.

ATEX. Formas para lajes nervuradas: catálogo técnico.

GERDAU. Telas soldadas: catálogo técnico.