



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

AMBIENTE PEDAGÓGICO INTERATIVO SOBRE O COMPORTAMENTO E O DIMENSIONAMENTO DE VIGAS MISTAS AÇO CONCRETO

Maria Aparecida Gozzi Siqueira Costa – aparecida.costa@arcelor.com.br

Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST ARCELOR BRASIL, CEP 29162-970, Serra, ES

Walnório Graça Ferreira – walgraf@npd.ufes.br

Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Departamento de Engenharia Civil, Vitória, ES

Rodrigo Camargo – rodrigo_camargo2000@hotmail.com

PPGEC – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFES - Universidade Federal do Espírito Santo - Vitória, ES

***Resumo:** O aprendizado de um tópico em engenharia requer um enorme esforço intelectual, pois envolve o uso de conceitos da física, de soluções de equações diferenciais e também mais importante ainda para o engenheiro, o adequado conhecimento sobre o comportamento de uma estrutura sob efeito de ações. Foi com esse espírito que se desenvolveu o ambiente pedagógico sobre vigas mistas, apresentando didaticamente telas sobre as vigas mistas, ilustrando seu comportamento, os tipos de vigas mistas, o escorregamento entre a viga de aço e a laje de concreto, as classes de perfis de aço e apresentando um relatório de dimensionamento com detalhamento passo-a-passo dos cálculos. O ambiente permite ao usuário fazer simulações com variadas condições para o aperfeiçoamento dos conhecimentos e a prática de projetar no que diz respeito a esse tipo de estrutura mista, sendo desenvolvido em Visual Basic. O trabalho mostra-se útil aos alunos de graduação e de pós-graduação, assim como a profissionais da área de projetos que necessitem de um software, em língua portuguesa, que possa introduzi-los ao assunto.*

***Palavras-chave :** Ensino na engenharia, Vigas mistas, Visual Basic*

1. INTRODUÇÃO

A viga mista é o sistema formado por elementos mistos aço-concreto que visa aproveitar as vantagens de cada material, perfis de aço e laje de concreto, ligados por conectores. Com a associação de uma parcela da laje como aba colaborante e aba superior da viga de aço, há um

sensível aumento na capacidade da viga e correspondente redução das deformações, resultando numa economia do peso das vigas de aço. A viga fica travada lateralmente na face comprimida, o que impede a sua perda de estabilidade.

Como o dimensionamento de vigas mistas está se tornando algo cada vez mais presente nos escritórios de cálculo de estruturas, então a formação de engenheiros familiarizados com o assunto se torna de maior importância.

Para facilitar o aprendizado e com objetivos de ensino, foi criado o programa descrito neste trabalho, que de uma maneira prática e intuitiva, explica clara e detalhadamente os passos a serem seguidos para o completo cálculo e análise de vigas mistas.

Sob o aspecto pedagógico, as telas mostradas nas Figuras 2, 3 e 4 condensam praticamente todas as informações importantes sobre o comportamento e o dimensionamento das vigas mistas. A Figura 2 apresenta os tipos possíveis de interação entre a viga de aço e a laje de concreto, mostrando o diagrama da distribuição das tensões de cisalhamento horizontal e o diagrama das deformações para viga sem interação, com interação total e com interação parcial. A Figura 3 ilustra as duas soluções possíveis de projeto, a saber, viga não escorada e viga escorada, adicionalmente mostrando também o pequeno escorregamento relativo entre a viga de aço e a laje de concreto, quando se opta por interação parcial.

A Figura 4 apresenta as duas possibilidades de vigas de aço na composição de viga mista: viga compacta (classe 1 ou 2) ou não compacta (classe 3). No primeiro caso, a figura mostra os diagramas compostos por blocos retangulares de tensões, caracterizando plastificação total da seção mista, com aproveitamento máximo dos materiais. No segundo, os diagramas são lineares, com o material trabalhando na fase elástica. As outras telas complementam as informações sobre o assunto, apresentando as possibilidades de lajes nervuradas (lajes mistas) ou maciças, os tipos de conectores (pino com cabeça ou cantoneiras) e viga interna ou de extremidade, finalizando com a apresentação de um relatório com os procedimentos de cálculo passo-a-passo do projeto de uma viga mista. Esse foi o processo pedagógico adotado para o ensino de vigas mistas, quanto ao comportamento e ao dimensionamento.

1.1 Ambiente Computacional Pedagógico

São apresentadas abaixo, telas do programa pedagógico elaborado na linguagem de programação Visual Basic, para análise e dimensionamento de vigas mistas biapoiadas de acordo com a Norma NBR8800/86. O programa consiste de telas interativas onde o usuário insere os dados para o cálculo de Vigas Mistas, descritas abaixo:

- Na Figura 1 é mostrada a tela inicial do programa.
- Nas Figuras 2, 3 e 4 são mostradas as telas com teoria resumida sobre vigas mistas, pois o foco principal é mostrar os cálculos descrito nos relatórios final e resumido, de uma forma didática.
- Perfil Metálico - Figura 5 - consiste na tela de escolha do perfil, através de entrada de dados nas caixas de dimensões ou de uma tabela de perfis I existente. As propriedades do perfil são calculadas e exibidas na tela.
- Laje - Figura 6 e 7 - permite a escolha de laje maciça ou nervurada (steel deck), com entrada das medidas através de digitação. Os dados do f_{ck} e o γ_c do concreto são requeridos no programa.
- Posicionamento – Figura 8, permite a escolha do posicionamento da viga, se interna ou de borda. É requerido: o comprimento da viga, distância entre vãos e escolha do tipo de construção, se escorada ou não escorada. Caso a laje escolhida na tela da Figura 7 for do

tipo nervurada (steel deck), o programa permite a escolha do posicionamento das nervuras transversais ou longitudinais ao perfil.

- Conectores – Figuras 9 e 10 - tela de escolha do conector, se pino com cabeça (stud bolt) ou perfil U, através de entrada de dados nas caixas de dimensões ou através de tabelas de conectores existentes. Permite também a escolha do tipo de interação da laje de concreto com viga de aço, se total ou parcial, onde, nesse último caso, deve-se colocar o grau de interação. Os dados f_u e f_y do aço que compõe o conector são requeridos.
- Resolução – Figura 11 - gera o relatório didático com todos os passos para o cálculo da viga mista com formulação e resolução dos resultados finais, com os seguintes itens:

1- Propriedades dos materiais

1.1 - Vigas de aço

1.2 - Conectores

1.3 - Laje de concreto

2 - Propriedades geométricas

2.1 - Perfil de aço da viga mista

2.2 - Conectores Stud-Bolt/ tipo U

2.3 - Laje Steel-Deck

3 - Carregamentos

3.1 - Cálculo da largura de influência

3.2 - Carregamentos antes da cura

3.3 - Carregamentos depois da cura

3.4 - Carregamentos devido à sobrecarga

3.5 - Composição de carregamentos

4 - Dimensionamento como viga de aço isolada

4.1 - Flambagem local da alma (FLA)

4.2 - Flambagem local da mesa (FLM)

4.3 - Flambagem lateral por torção (FLT)

4.4 - Resistência nominal ao momento fletor

5- Dimensionamento da viga mista

5.1- Cálculo da largura efetiva

5.2- Definição da classe da viga

5.3- Verificação da posição da linha neutra

5.4- Considerações para interação da viga

5.5- Cálculo da seção transformada

5.6- Considerações para o escoramento da viga

6- Verificação da flecha

7- Verificação do esforço cortante na alma da viga

8- Conectores de cisalhamento

8.1- Cálculo do número de conectores

8.2- Disposições construtivas

- Resumo – Figura 12 - gera um relatório resumo com os principais tópicos do resultado final, com os seguintes itens:
 - 1 - Dimensionamento como viga de aço isolada
 - 2 - Dimensionamento da viga mista
 - 3- Verificação da flecha
 - 4- Verificação do esforço cortante na alma da viga
 - 5- Conectores de cisalhamento

Telas do programa

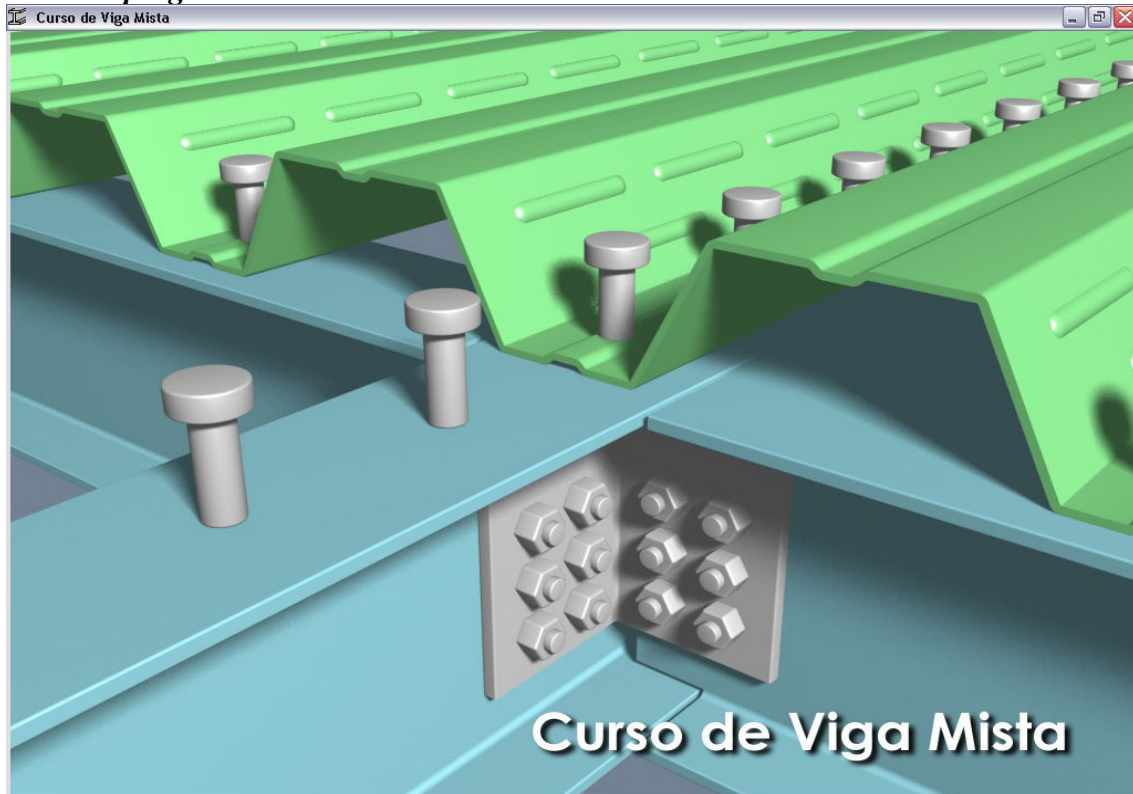


Figura 1 – Tela de apresentação do programa

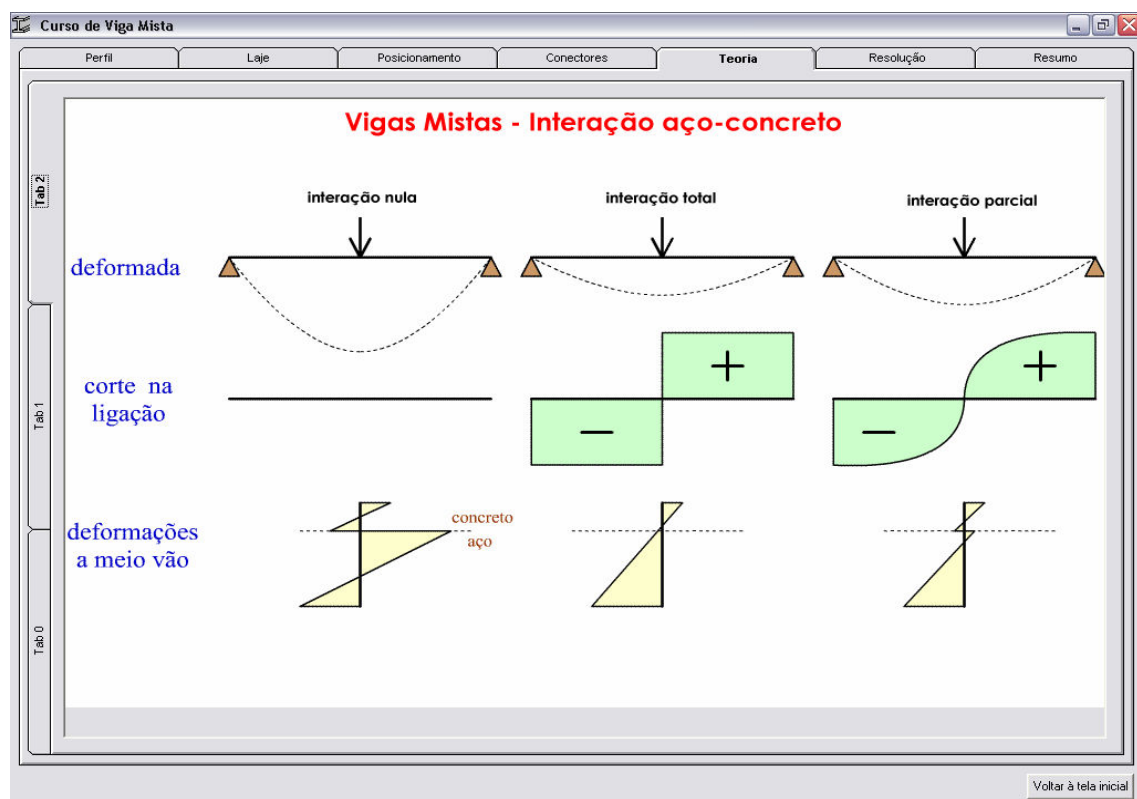


Figura 2 – Tela exposição do resumo da teoria sobre vigas mistas – parte 1/3

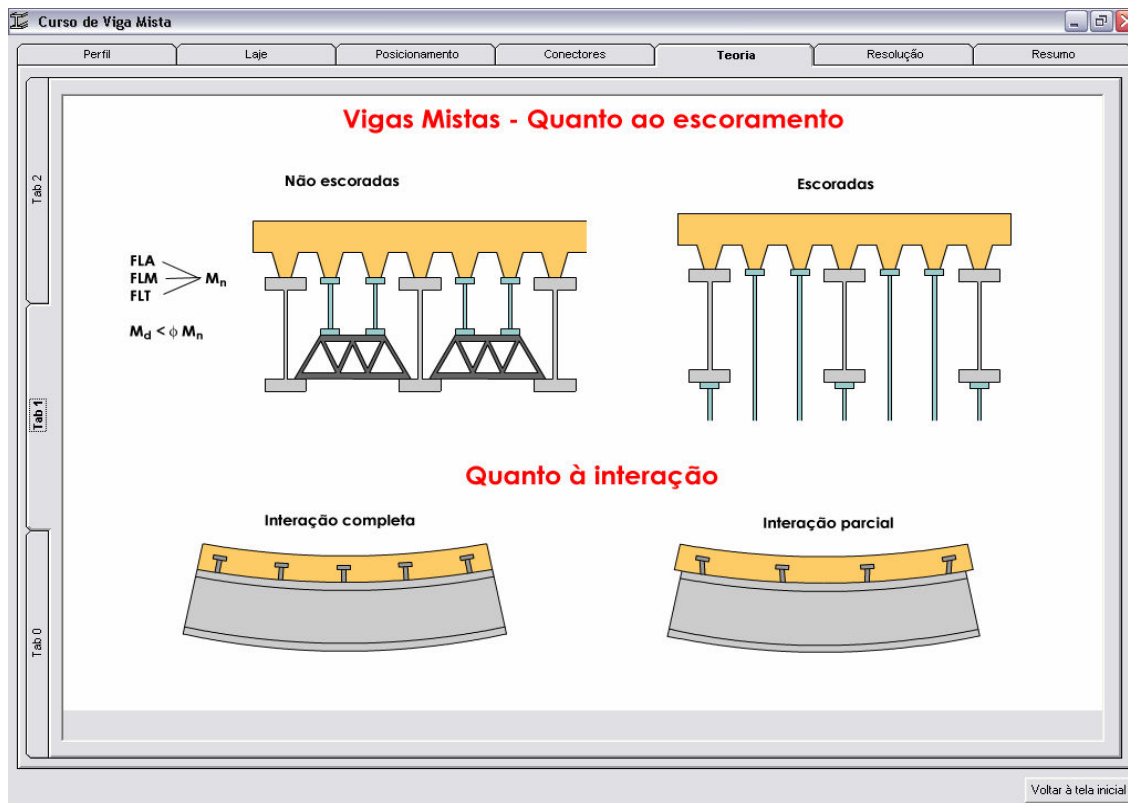


Figura 3 – Tela exposição do resumo da teoria sobre vigas mistas – Parte 2/3

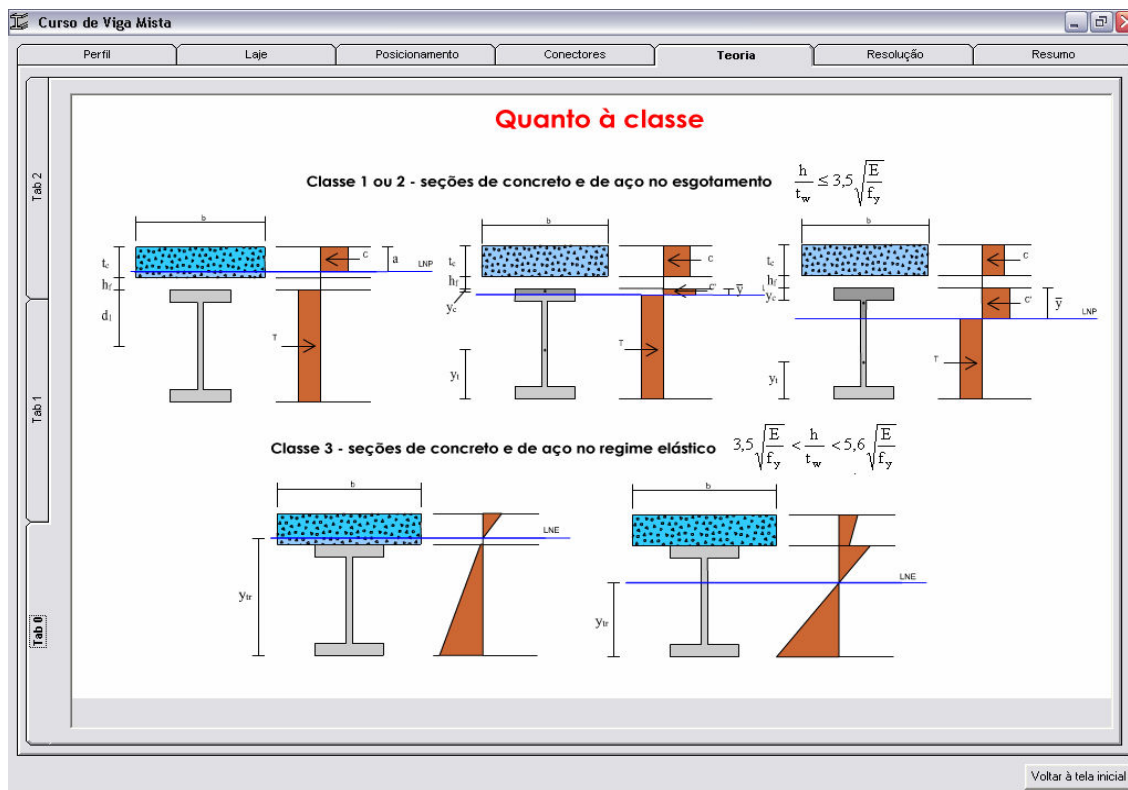


Figura 4 – Tela exposição do resumo da teoria sobre vigas mistas – parte 3/3

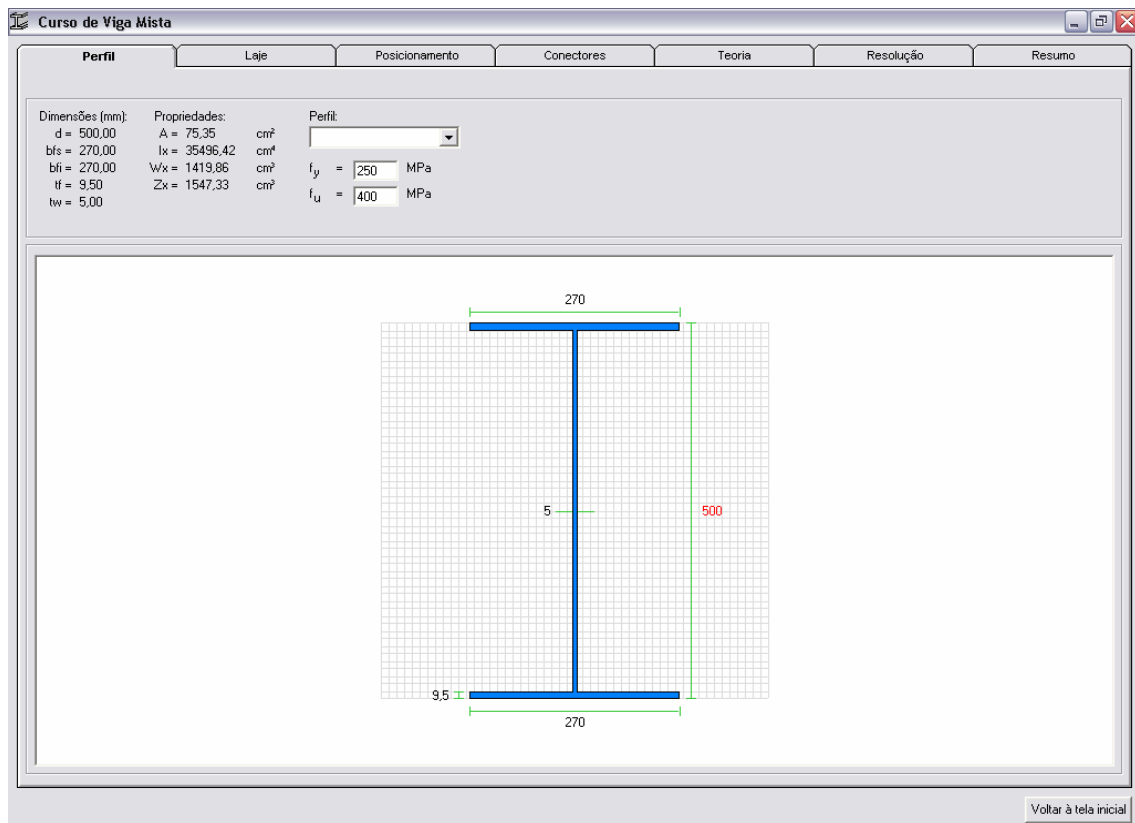


Figura 5 – Tela de definição das dimensões do perfil de aço e cálculo das propriedades.

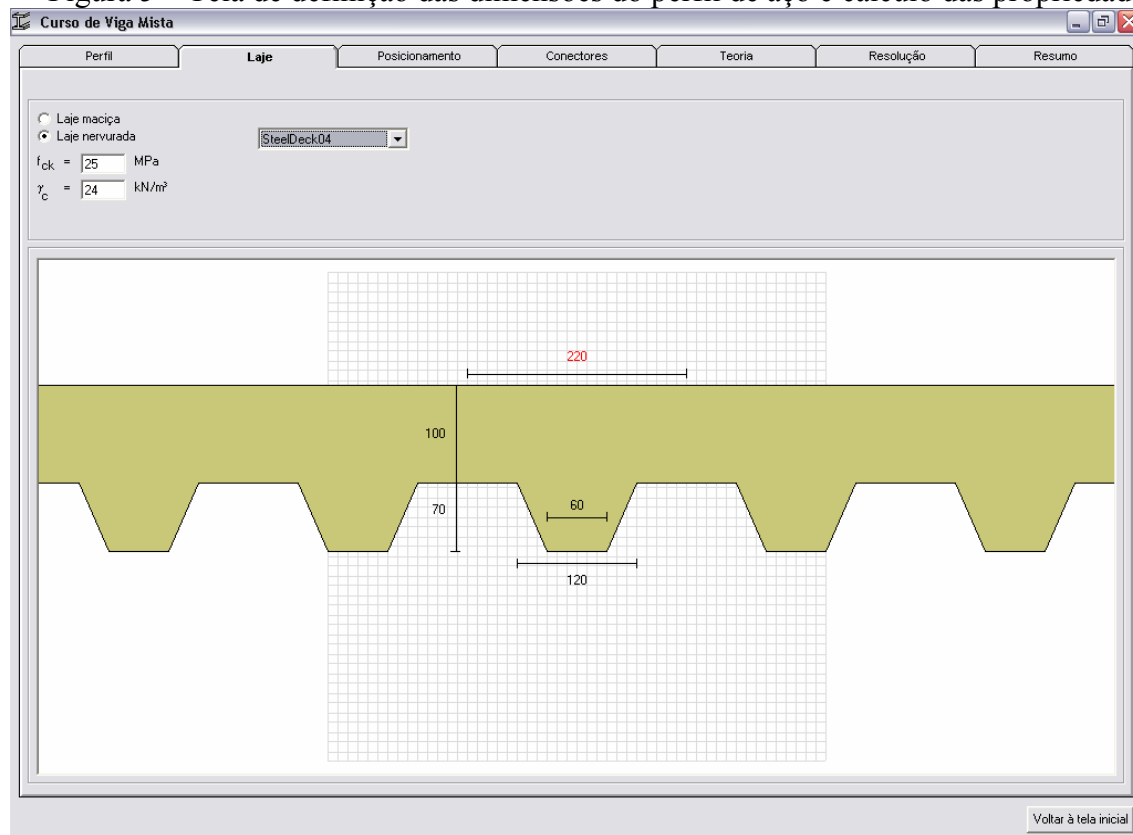


Figura 6 – Tela de definição das dimensões da laje nervurada (steel deck)

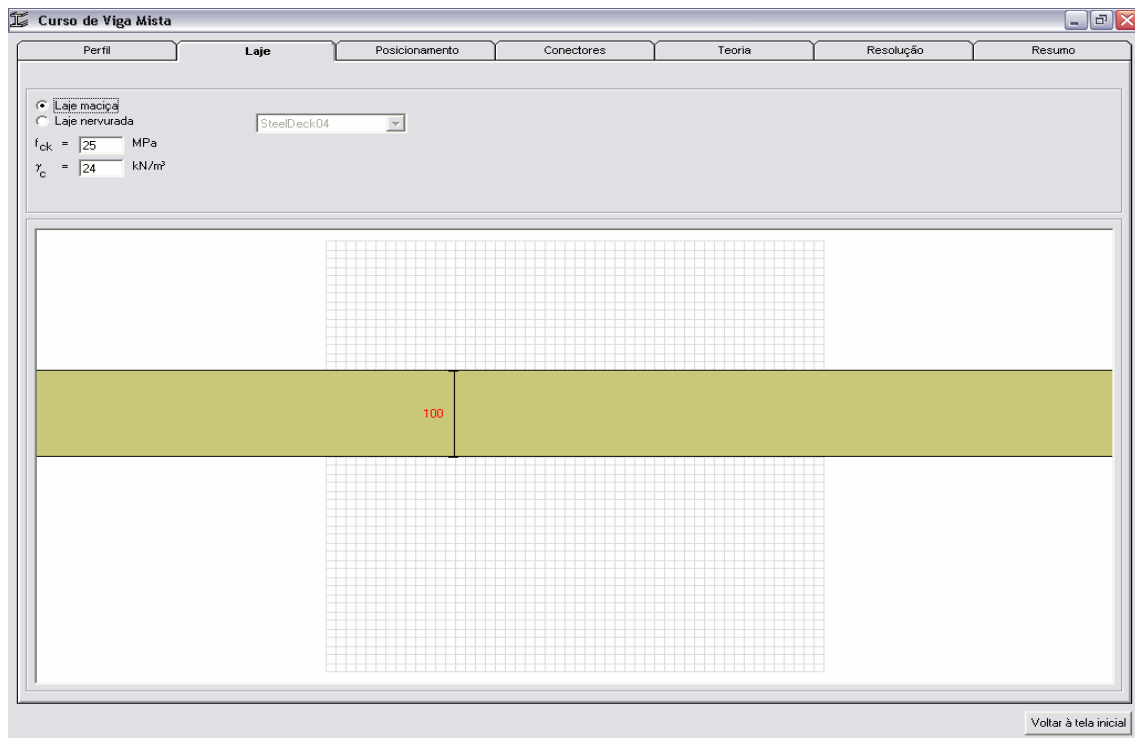


Figura 7 – Tela de definição da espessura da laje maciça

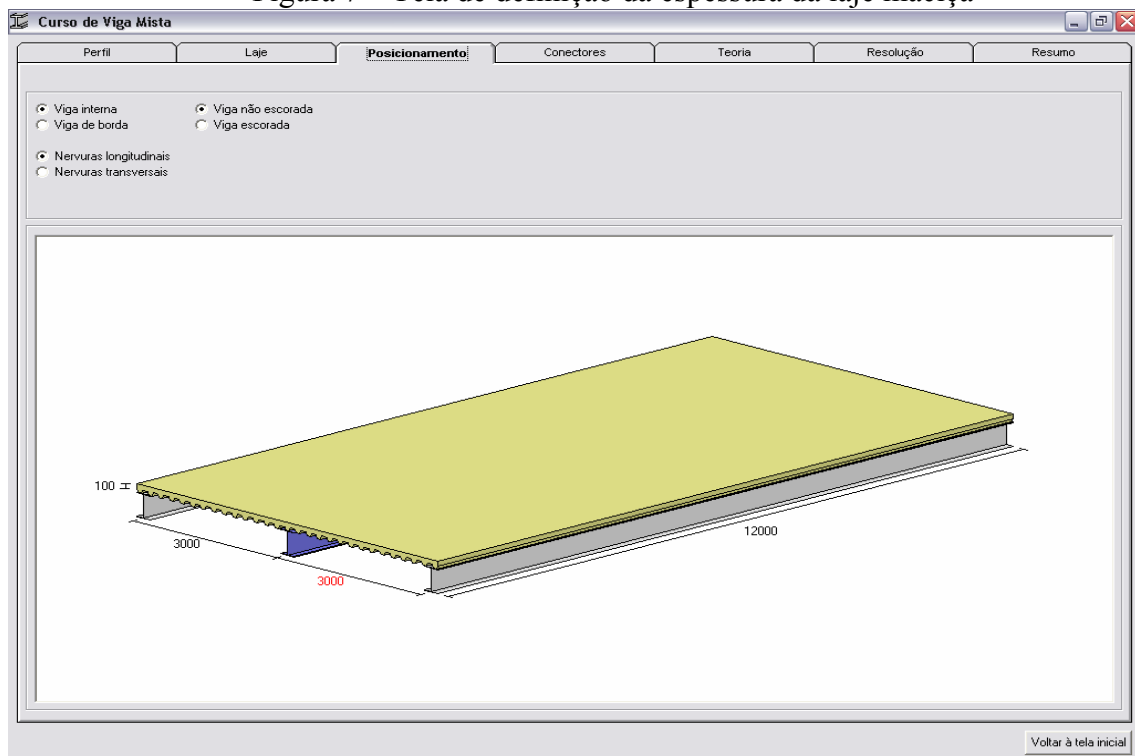


Figura 8 – Tela de definição do comprimento do vão e do espaçamento entre vigas

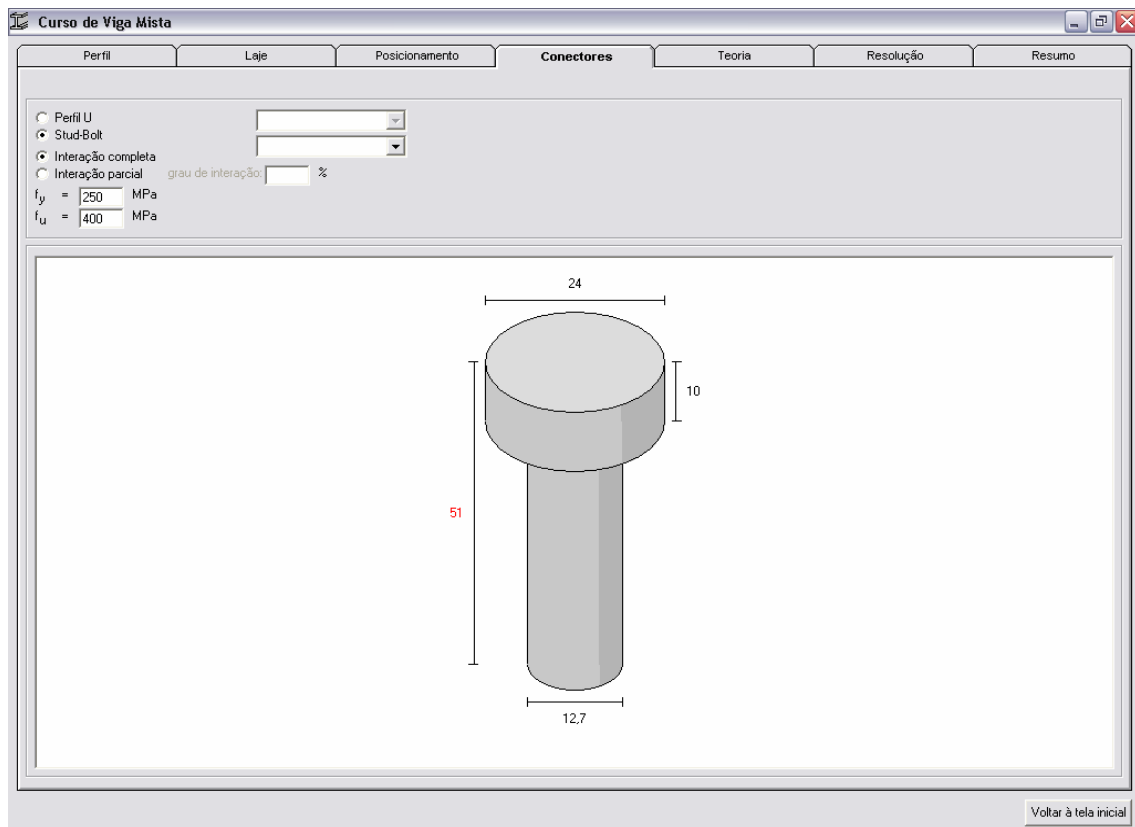


Figura 9 – Tela de definição das dimensões conector stud bolt (pino com cabeça)

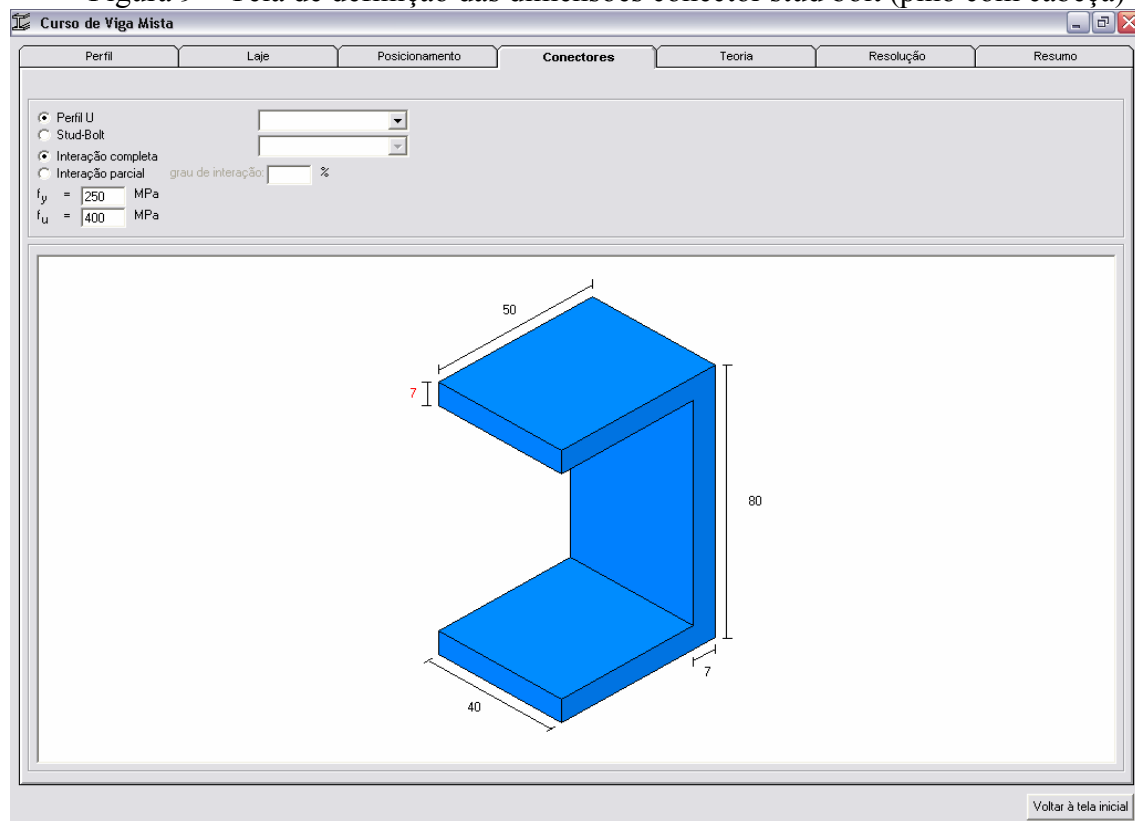


Figura 10 – Tela de definição das dimensões conector perfil U

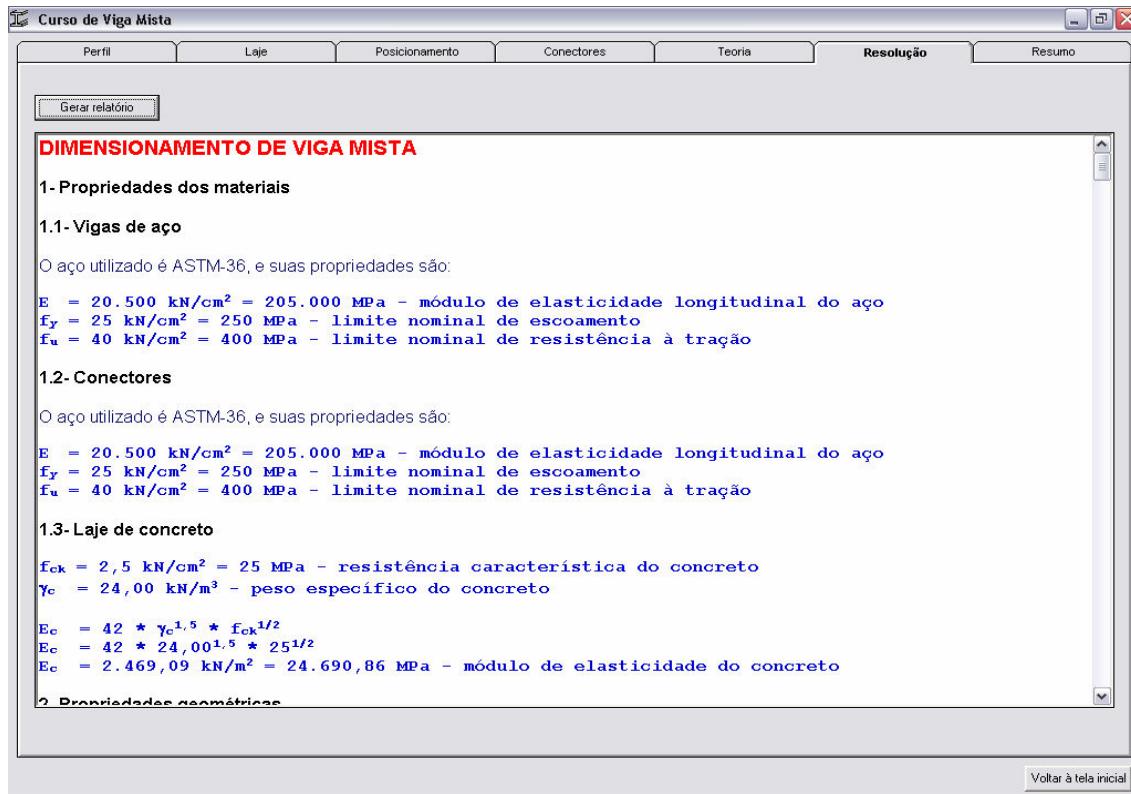


Figura 11 – Tela do relatório de dimensionamento gerado pelo programa

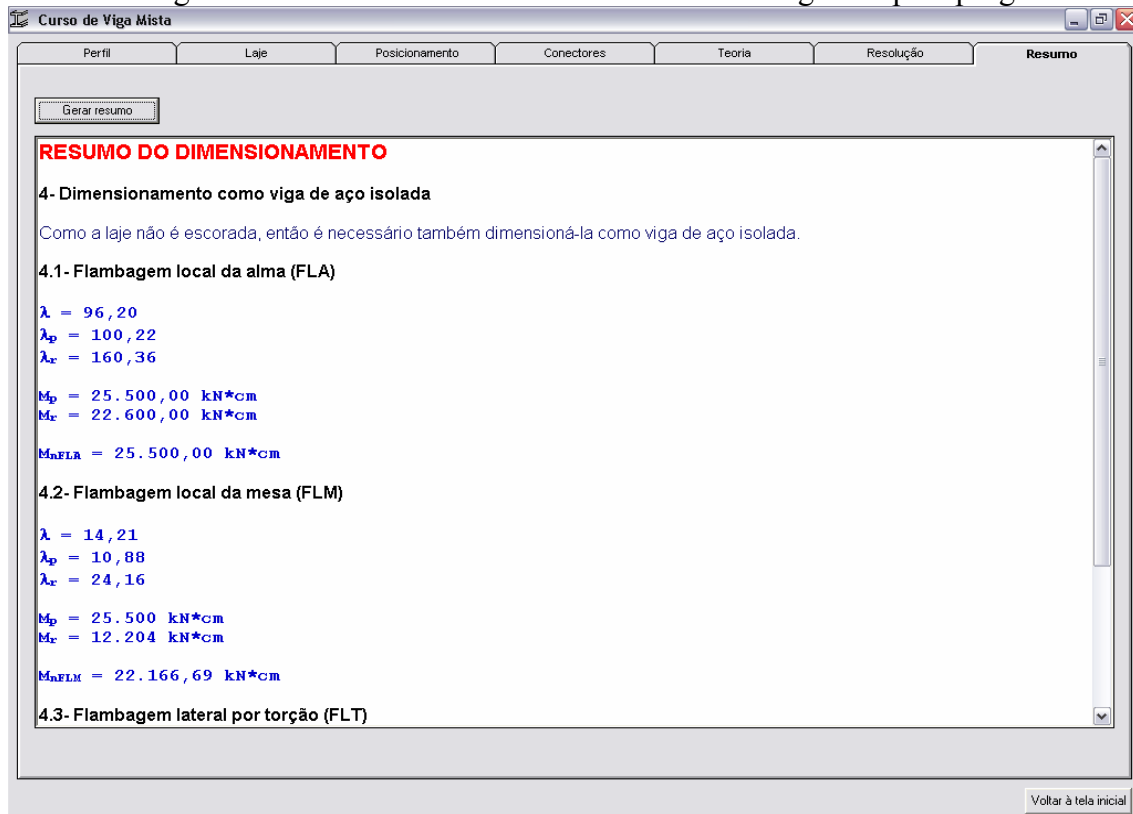


Figura 12 – Tela do resumo do relatório de dimensionamento.

2. CONCLUSÃO

Tratam-se as vigas mistas de uma laje de concreto e de uma viga de aço, sob a laje, unidas por meio de conectores, constituindo um sistema estrutural eficiente para suportar cargas verticais de pisos de edifícios. Esse sistema alia o bom desempenho do concreto na compressão, trabalhando em uma grande área comprimida, na parte superior da viga, com o bom desempenho do aço do perfil metálico, na parte inferior tracionada, proporcionando redução de peso da viga de aço e facilidade de construção. Este trabalho apresenta um ambiente computacional desenvolvido em Visual Basic sobre o comportamento e dimensionamento de vigas mistas, útil para os alunos de graduação e pós-graduação, assim como, um excelente guia para os profissionais interessados no assunto.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Núcleo de excelência em Estruturas Metálicas e Mistas - NEXEM, convênio entre a Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST ARCELOR BRASIL e à Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, pelo apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986. NBR 8800 – **Projeto e execução de estruturas de aço em edifícios**, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. NBR-6118: **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1980. NBR-6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro.
- COSTA, Maria Aparecida S. **Ambiente computacional pedagógico sobre o comportamento e dimensionamento de vigas Mistas em aço e concreto**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- FAKURY, R. H. et al. **Cálculo de Vigas Mistas de Edifícios Segundo a NBR 8800/86**, Décimo Oitavo Seminário Nacional de Estudantes de Engenharia, Salvador, Bahia, 1997.
- FERREIRA, W. G. **Dimensionamento de Elementos de Perfis de Aço Laminados e Soldados. Com Exemplos Numéricos**, 2ª. Edição, Grafer Editora. Vitória, 2004.
- GILSON, Q.; PIMENTA, R.P. **Elementos das estruturas mistas aço-concreto**. Editora O Lutador, 336 p., Belo Horizonte, 2001.
- MALITE, M. **Sobre o cálculo de vigas mistas aço-concreto: ênfase em edifícios, Dissertação de Mestrado** – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 1990.
- VASCONCELLOS, A. L. **Cálculo Completo de um Edifício de Aço com Estruturas Mistas**. São Paulo, 2003.
- VIEST, I. M. et al.. **Composite Construction Design for Buildings**. 1997.

PEDAGOGICAL INTERACTIVE ENVIRONMENT ABOUT THE BEHAVIOR AND DESIGN OF COMPOSITE BEAMS

Abstract: *The learning of a subject in engineering demands an enormous intellectual effort, because it involves the use of the physics concepts, of differentiate equations solutions and what is the most important for the engineer skill, the knowledge about structure behavior under loads. It was with this feeling that the authors develop the pedagogic environment on composite beams, presenting in a didactic way screens on composite beams, illustrating your behavior, the types of composite beams, the relative displacement between the steel beam and the concrete slab, the classes of steel beams and presenting the design report with step-to-step calculations. The environment allows the user to do simulations with varied conditions for the knowledge improvement and the design procedure concerning composite beams, being developed in Visual Basic. The work is shown useful to the graduation students and of master degree, as well as to professionals of the area of projects that need a software, in Portuguese language, that can introduce them to the subject.*

Key-words: *Teaching in civil engineering, Composite beams, Visual Basic*