

APRENDENDO A DESENVOLVER E UTILIZAR PLANILHAS E PROGRAMAS COMPUTACIONAIS PARA ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS

Raquel F. Kischlat - kischlat@cttmar.univali.br

Luiz A. Duarte Filho - duarte@cttmar.univali.br

Universidade do Vale do Itajaí, Curso de Engenharia Civil

Rua Uruguai, 458 – Centro

88302-202 – Itajaí – SC

***Resumo:** Este trabalho relata as experiências em sala de aula e em trabalhos de conclusão do curso, ministradas e orientadas pelo grupo de estruturas, no curso de engenharia civil da UNIVALI. Aborda a utilização de programas comerciais, na sua versão educacional, e de programas desenvolvidos pelos próprios alunos, em diferentes ambientes, dependendo do conteúdo e formação dos alunos. O uso destes programas visa auxiliar na aprendizagem de teoria das estruturas e estruturas metálicas, de madeira e de concreto, ministradas no curso e definidas como temas em trabalhos de final do curso. Esta abordagem reflete a percepção dos professores da necessidade de relacionar teoria e prática, imprescindível no processo de aprendizagem. A visão do aluno também é importante. Uma enquete, realizada durante quatro anos, mostra que os alunos têm esta expectativa, almejam relacionar teoria e prática. A prática, para estruturas, está intimamente ligada ao uso de programas de análise e dimensionamento, respaldada pelo acompanhamento em canteiro de obras e de procedimentos de fabricação ou montagem. Na universidade, são utilizados programas disponíveis na versão educacional e programas desenvolvidos pelos alunos. Estes últimos são gerados em planilhas excel e em linguagem de programação orientada a objeto. Estas atividades motivam os alunos e auxiliam na assimilação e aplicação do conhecimento. Várias são as descobertas feitas na caminhada do quadro-negro e do caderno para o computador e vice-versa. Os resultados não foram medidos, mas são perceptíveis. Busca-se, assim, implementar a criação e o uso de ferramentas computacionais, visando auxiliar no aprendizado do aluno.*

***Palavras-chave:** Aprendizagem, Estruturas, Planilhas excel, Programas computacionais*

1. INTRODUÇÃO

Educação e tecnologia são áreas que têm passado por profundas mudanças de paradigmas e recursos. Novos modelos estão sendo aplicados na educação, revolucionando a relação professor-aluno e auxiliando no processo de aprendizagem.

Conforme LÉVY (1993), os avanços da tecnologia computacional têm revolucionado as formas de escrita, leitura, interatividade, simulação e visualização, proporcionando uma dinâmica maior em sala de aula. Todos estes recursos permitem uma melhor compreensão dos processos físicos, assim como dos modelos geométricos mais complexos. A visualização é o

ponto chave do processo de aprendizagem dos conceitos da engenharia (*apud* NORONHA *et al.*, 2000).

Visando auxiliar a abordagem do extenso conteúdo das disciplinas de estruturas, buscou-se utilizar planilhas e programas computacionais. Assim foi possível reduzir o tempo gasto em operações sucessivas, tornando as aulas mais atraentes e simulando atividades de um escritório de cálculo. Além disso, foram exigidas atividades extra classe que desafiaram e motivaram os estudantes.

Toda esta nova dinâmica, de sala de aula e de pesquisa, reflete bastante as expectativas dos alunos. A visão do aluno neste ponto é importante, pois é ele o foco principal deste processo. É necessário que o aluno se identifique com o processo de aprendizagem, uma vez que parte destas mudanças reflete um pouco as transformações dos perfis dos alunos.

Apresenta-se, então, a experiência de professores e alunos que desenvolveram algumas ferramentas computacionais e utilizaram programas educacionais para auxiliar na aprendizagem.

Como instrumento de sala de aula, utilizou-se a planilha EXCEL, que é uma ferramenta mais difundida e que não requer muito tempo de aprendizado. De fácil aplicação e boa apresentação, foi utilizada durante as aulas e em trabalhos em casa, auxiliando os alunos na compreensão do conteúdo e na análise dos resultados obtidos.

Ainda no contexto de sala de aula, foram utilizados programas comerciais, na sua versão educacional, que serviram como referência para os alunos. Entre eles estão o DESMET (programa de dimensionamento de estruturas metálicas), o FTOOL e o SAP2000 (programas de análise estrutural).

Como instrumento de pesquisa, com alunos que possuíam interesse na área de programação, foram utilizados ambientes de desenvolvimento mais sofisticados, os quais permitem a implementação de códigos baseados em OOP (Programação Orientada a Objeto). Estes estudos foram importantes para a busca de novas percepções do conteúdo e formação complementar dos estudantes.

2. VISÃO DOS ALUNOS

Segundo ALVES (2000), é importante que o aprendizado esteja associado ao prazer. Há necessidade de prazer para se ter disciplina no aprender. Portanto, é importante que, no processo de aprendizagem, o aluno tenha prazer, para que este se concretize. Aprender é um processo que implica em três ações: conhecer, compreender e aplicar um determinado conteúdo. Estas ações são independentes cronologicamente, mas ao mesmo tempo são interdependentes no processo, pois o aprender não se efetiva se uma delas vier a faltar.

Sendo assim, surgem as seguintes questões: no que se refere ao contexto de aprendizagem, em que o aluno tem mais prazer? Quais são as estratégias pedagógicas com as quais o aluno mais se identifica e que permitem relacionar teoria e prática?

Nos últimos quatro anos, foram colhidos alguns dados em relação a estas questões. Foram feitas enquetes, com alunos do 5º e 7º período do curso de engenharia civil da UNIVALI, nas quais estas questões foram parcialmente abordadas.

A Figura 1 mostra que a maioria dos alunos inicia o semestre com a expectativa de aprender tudo. Com certeza, existem aqueles que se contentam em aprender pouco e outros que estão preocupados apenas em serem aprovados. Entretanto, vale ressaltar que existe o desejo de gostar da disciplina e que esta apresente uma visão prática. Estes são aspectos importantes, pois o gostar e a prática auxiliam no aprendizado.

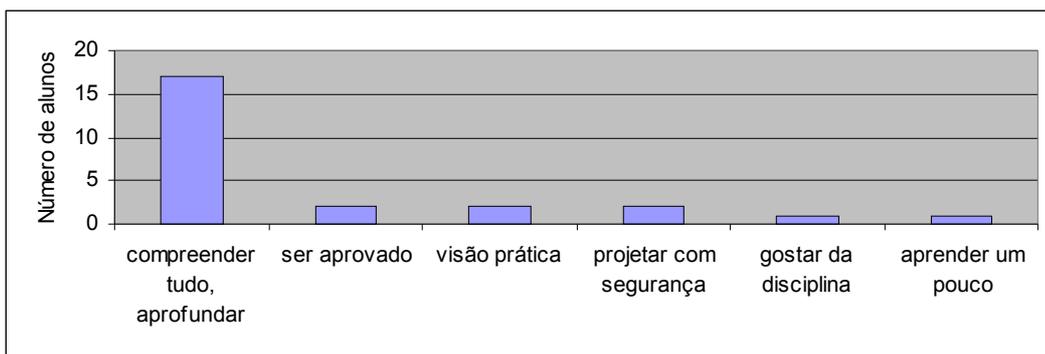


Figura 1 – Dados das expectativas em relação à disciplina.

Quanto à metodologia adotada pelo professor, os alunos esperam que as aulas sejam ministradas de forma didática e dinâmica (ver Figura 2). Alguns chegam a definir o formato e são decididos quando demonstram que gostariam que as aulas fossem com exercícios. A relação teoria e prática também é esperada. Alguns estudantes a definem como trabalho, projeto e visita.

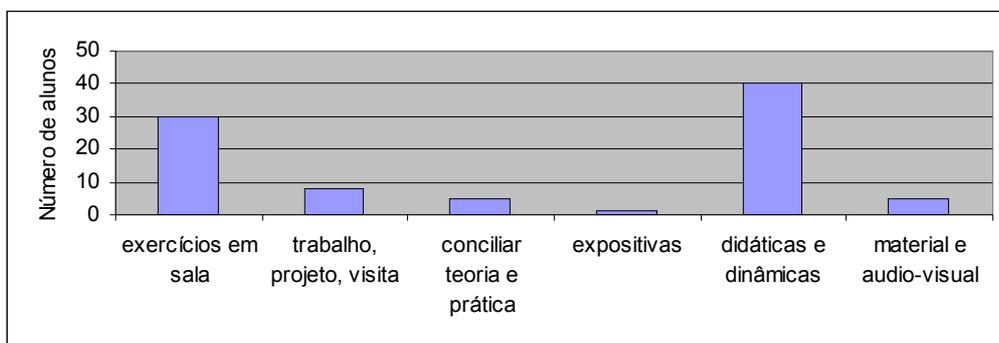


Figura 2 – Dados sobre as preferências em relação às aulas.

Outro aspecto abordado é a avaliação. Os alunos temem este momento, mas reconhecem ser também uma forma de aprendizagem. Alguns ainda se contentam com o velho formato, ou seja, a prova. Outros já preferem formas alternativas. A maioria opta por formas práticas, e alguns especificam “projetos e trabalhos”, conforme mostra a Figura 3.

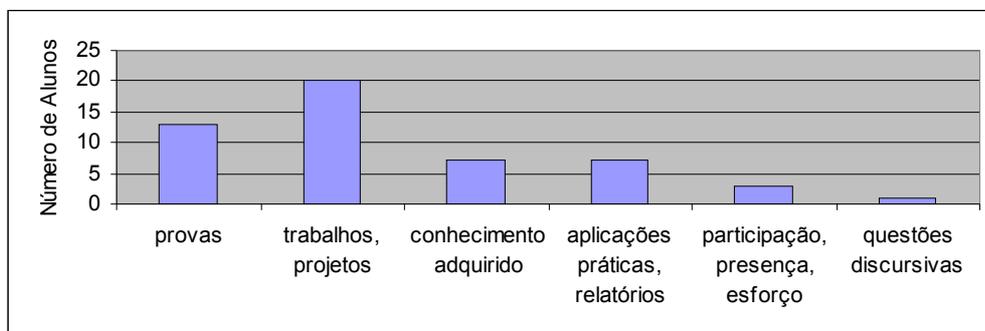


Figura 3 – Dados sobre as preferências com relação às avaliações.

Logo, a experiência relatada neste trabalho reflete as expectativas dos alunos. A prática, no caso de análise e dimensionamento de estruturas, é realizada em escritórios de cálculo e

está intimamente ligada ao uso de programas e planilhas. Estes passam, então, a fazer parte do processo de aprendizagem, seja no conhecimento, na compreensão ou na aplicação do conteúdo.

3. PLANILHA EXCEL

Segundo MORAN (2000), o conhecimento precisa ser significativo, ou não será apreendido. O ser significativo está bastante ligado à visualização e aplicação dos conteúdos. A partir do instante em que aluno visualiza ou aplica um conteúdo, ele passa a ter referência, a ter um significado. Afinal, a disciplina não nasce apenas de um conhecimento e de uma reflexão interna sobre si mesma, mas também de um conhecimento externo.

Pensando desta forma, passou-se a utilizar a planilha Excel como estratégia de aprendizagem em algumas disciplinas do curso. Citam-se aqui aquelas que fazem parte da área de estruturas.

Após o primeiro contato com a planilha Excel, na disciplina de Cálculo Numérico, os alunos passam a utilizá-la nas disciplinas de Teoria das Estruturas, Construções Metálicas e de Madeira e Construções de Concreto.

Em cada uma destas disciplinas, conceitos básicos da engenharia são resgatados e aplicados, consolidando-os. Esta aplicação passa pelo dimensionamento, que é um processo que requer numerosos cálculos e, em algumas situações, diversas interações que tornam esta tarefa manual laboriosa e maçante (SALES e SANTOS, 2002).

Considerando que, por questões didáticas, no decorrer das aulas são apresentadas diferentes situações, esta tarefa pode ser tornar ainda mais desgastante. Isto porque cada situação implica em alguma variação no exercício, podendo tornar a tarefa ainda mais cansativa e comprometendo o processo de aprendizagem. Sendo assim, recorre-se ao uso de planilhas Excel.

O quadro negro e o caderno são os principais protagonistas na etapa inicial de conhecimento e compreensão parcial do conteúdo. Em seguida, o computador entra em cena e os alunos passam a transferir para a planilha o conhecimento adquirido, mais precisamente, os exercícios resolvidos em sala de aula. Neste instante, atinge-se uma melhor compreensão por meio da aplicação do conteúdo.

A primeira aplicação das planilhas nas disciplinas de estruturas ocorre na 5ª fase, na disciplina de Teoria das Estruturas III. Como os alunos têm pouca prática no laboratório de informática, normalmente não sabem por onde começar. As sugestões do professor são que coloquem primeiro todos os dados de entrada referentes ao problema e que estes estejam juntos em uma determinada região da planilha. Em seguida, que comecem a inserir as fórmulas, verificando, a cada etapa, os resultados da planilha com aqueles obtidos no caderno. E por último, que insiram os condicionais, que fazem parte da decisão do aluno no cálculo manual, mas que precisam ser “programados” na planilha através de relações de igualdade, de maior ou menor. Em todas estas etapas é requerido que coloquem as unidades de medida, imprescindível no processo final do cálculo, onde são comparados valores de mesma grandeza.

Na Figura 4, observa-se que houve uma tentativa de agrupar os dados de entrada: no topo e à esquerda. Parte do raciocínio de cálculo é registrado, buscando uma melhor compreensão do conteúdo: material, $\sigma_{adm} \geq \sigma_{at}$, tipo de barra. As unidades são definidas e, para melhor visualização ou até mesmo descontração, existe a presença de cores, identificando elementos na planilha.

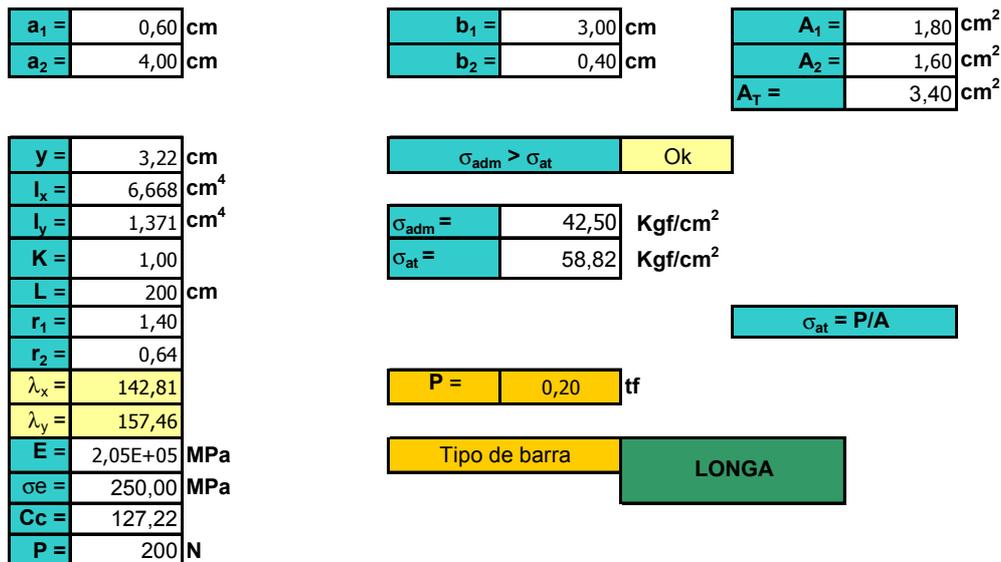


Figura 4 – Resolução de exercícios no Excel (feito em dupla de alunos, em 2004).

É importante ressaltar que muitos alunos se identificam com esta ferramenta e passam a utilizá-la em outras disciplinas. Afinal, a planilha é um recurso disponível no mercado, versátil e fácil de usar. SALES e SANTOS (2002) afirmam ainda que a planilha Excel apresenta uma interatividade direta e imediata com o usuário. Ao se modificar uma informação da entrada de dados, todas as demais informações da planilha são atualizadas imediatamente e pode-se verificar a influência dessa modificação no problema em estudo.

Na seqüência, os alunos passam para uma segunda etapa: alterar os dados do problema inicial e perceber a diferença de resultados. Entretanto, nestas alterações, é necessário realizar algumas atualizações na planilha, o que exige deles um maior domínio do conteúdo. Os alunos fazem as alterações, adaptam as planilhas e registram algumas análises feitas com os resultados. Na Figura 5, observa-se o registro do tipo de barra em relação à vinculação.

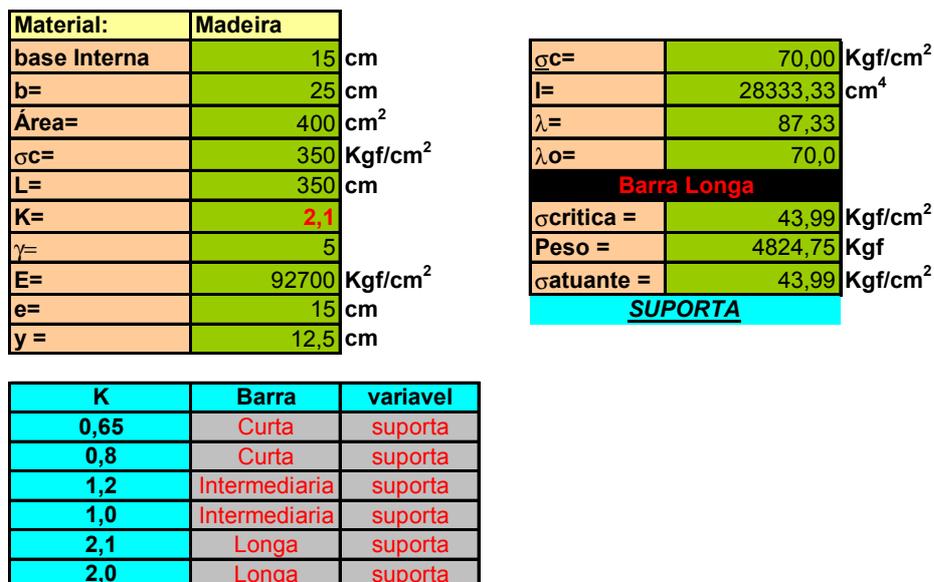


Figura 5 – Atualização e registro da análise dos resultados, desenvolvido em grupo de 3 alunos, em 2004.

Esta prática de ensino continua ao longo do curso, nas disciplinas de Construções Metálicas e de Madeira e Construções de Concreto (7º e 8º períodos, respectivamente). Estas disciplinas tratam sobre análise e dimensionamento de estruturas, conteúdos mais extensos, baseados em normas brasileiras e que requerem várias verificações e interações que exigem um tempo considerável.

Como nas outras disciplinas, o conteúdo é apresentado aos alunos e alguns exemplos são realizados em sala de aula. À medida que os conceitos e exemplos vão sendo passados, os estudantes vão desenvolvendo os trabalhos com o auxílio da planilha Excel.

No caso de Construção Metálica e de Madeira, todos os cálculos são lançados em planilha Excel, o que permite uma agilidade no cálculo de várias colunas, vigas e contraventamentos. Os alunos vão apresentando as dúvidas, que vão sendo socializadas no grande grupo, e são avaliados por etapas. A Figura 6 apresenta um exemplo de uma planilha de cálculo para dimensionamento de colunas de um pórtico.

C10	
Pé direito	2,93 m
Distância Livre	2,93 m
Características do Perfil (CS 250x52)	
d = 250,00 mm	rT = 6,79 cm
bf = 250,00 mm	I _y = 18,40 cm ⁴
tf = 9,50 mm	ec = 5,00 mm
tw = 8,00 mm	U = 1,48 m ² /m
h = 231,00 mm	P = 51,80 Kg/m
A = 66,00 cm ²	
Eixo X-X	
I _x = 7694,00 cm ⁴	
W _x = 616,00 cm ³	
r _x = 10,80 cm	
Z _x = 978,00 cm ³	
Eixo Y-Y	
I _y = 2475,00 cm ⁴	
W _y = 1,98 cm ³	
r _y = 6,12 cm	
Z _y = 300,60 cm ³	
Características do Material	
Aço MR 250	
E = 20.500 kN/cm ²	
G = 7.885 kN/cm ²	
f _y = 25,00 kN/cm ²	
f _r = 11,50 kN/cm ²	
Resultantes das Cargas	
N = 546,60 kN	
Q = 38,10 kN.m	
M = 123,80 kN.m	
vão = 4,53 m	
I viga = 894,00 cm ⁴	
Verificações	
Quanto a Cortante:	
a/h = 19,61	
K _v = 5	
γ = 1,1	
λ = 28,88	
λ _p = 70,43	
λ _r = 87,72	
V _{rk} = 990,00 KN	
V _{rd} = 900,00 KN	dimensionado
Quanto à compressão	
γ = 1,00	
AA) l = 28,875	AL) l = 13,158
l _r = 42,667	l _r = 15,812
	K _c = 0,744
	Q _s = 1,00
Q _a = 1,00	
Q = 1,00	
N _{pl} = 1.650,00 KN	G _a = 1,000
N _e = 1.674,23 KN	G _b = 8,560
l _o = 0,99	K = 1,867
	d/b = 1,00
X = 0,484	curva c
N _{rd} = 798,60 kN	dimensionado
Quanto à Flexão	
γ = 1,10	
FLT	λ = 47,876
	λ _p = 50,399
	λ _r = 455,700
M _{rd} = 24.450,00 kN.m	
FLA	λ = 28,875
	λ _p = 63,041
	λ _r = 119,414
M _{rd} = 24.450,00 kN.m	
FLM	λ = 13,158
	λ _p = 107,670
	λ _r = 163,223
M _{rd} = 24.450,00 kN.m	
M _{rd} = 24.450,00 kN.m	dimensionado
Quanto à Flexo-Compressão	
γ = 1,10	
N _{sd} /N _{rd} = 0,684	
a) 0,689	0,689 ≤ 1,0
b) 0,347	dimensionado

Figura 6 – Trabalho na disciplina de Construção Metálica e de Madeira (desenvolvido em grupo, em 2004).

Na disciplina de Construções de Concreto, também são realizados vários trabalhos em forma de planilha eletrônica. Na maioria das vezes estes abordam assuntos independentes como: dimensionamento à flexão; dimensionamento ao esforço cortante; momentos em lajes armadas em duas direções, etc. Na Figura 7 é apresentado um trabalho de flexão simples desenvolvido por uma estudante da disciplina. Ressalta-se que para a realização desta planilha é necessário domínio completo do programa e, é claro, de todas as verificações necessárias para o projeto em concreto armado (armadura mínima, armadura simples ou dupla, armadura de pele, etc.).

Planilha para Flexão Simples - Limitações: 4 camadas, seção retangular
As células em **amarelo** devem ser preenchidas e as opções nas listas selecionadas

Dados de Entrada

Características da Seção da Peça					Concreto	Esforço	
bw (cm)	h (cm)	d" (cm)	d' (cm)	c (cm)	fck (MPa)	Momento	M (kN.m)
30.00	60.00	6.00	5.00	2.50	30.00	No Apoio	436.00

Aço Longitudinal	ϕ (mm)	ϕ' (mm)	ϕ_t (mm)	ϕ_{pele} (mm)
CA - 50	20.00	12.50	5.00	6.30

Resultados

Linha Neutra		Armadura de Tração				Armadura de Compressão			Armadura de Pele			
x (cm)	34.86	As (cm ²)	As _{min} (cm ²)	As _{calc} (cm ²)	As _{efe} (cm ²)	A's (cm ²)	A's _{efe} (cm ²)	eh (cm)	Não Precisa			
x _{lim} (cm)	27.00	31.86	3.11	31.86	31.42	4.72	4.91	6.33	As _{pele} (cm ²)	As _{ef} (cm ²)	S (cm)	
Armadura Dupla		10 Barras 20 mm				4 Barras 12.5 mm			0	0	0	
		Nº de Barras/Camada				Nº de Barras/Camada			0 Barras 0 mm			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª			
		6	4	0	0	4	0	0	0			
		eh (cm) → 2.40				Verificações			Verificação Armadura Máxima			
		Verificações				Verificações			p (%)	p _{máx} (%)	Resultado	
		α" (cm)		d"efe (cm)		α" (cm)		d"efe (cm)		2.02%	4%	Ok
		2.60	Ok	5.60	Ok	0.63	Ok	3.63	Ok			

Figura 7 – Trabalho da disciplina de Construções de Concreto. Desenvolvido pela aluna Byanca Amorin, em 2003.

4. PROGRAMAS COMERCIAIS NA VERSÃO EDUCACIONAL

Ao longo do curso, também são utilizados programas comerciais, disponibilizados na versão educacional. Da mesma forma que a planilha Excel, estes programas auxiliam na aprendizagem pelo caráter prático que imprimem ao processo.

Nas disciplinas de Teoria das Estruturas, emprega-se o programa Ftool, desenvolvido pelo Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica (Tecgraf), para determinação de esforços e linha de influência. Os alunos vêm os conceitos em sala, fazem exemplos manualmente e vão para o laboratório de informática aplicar os exercícios no programa Ftool (ver Figura 8).

O Ftool é um programa bastante conhecido no contexto da engenharia. O programa apresenta dois tipos de diagramas: de esforços para carga permanente e acidental (sem ser carga móvel) e de linha de influência para carga móvel. Por apresentar mais recursos, e por não terem elaborado o programa, os alunos têm dificuldade em perceber a diferença entre os diagramas e sua aplicação. Entretanto, a partir da prática e exemplos, a maioria supera esta dificuldade.

O Ftool também é usado na disciplina de Construções Metálicas e de Madeira, na qual é analisada a estrutura no plano. Aqui, percebe-se a dificuldade em definir os tipos de vínculos. Os modelos estruturais são compreendidos, mas não se tem uma percepção ou expectativa de algum resultado, acredita-se no que o programa fornecer.

REBELLO (2001) afirma que a compreensão do comportamento estrutural, e como isto se reflete na concepção do modelo estrutural, se enquadra plenamente no binômio teoria-prática. Este, então, é um dos objetivos a serem alcançados com o uso dos programas educacionais, a compreensão do comportamento estrutural.

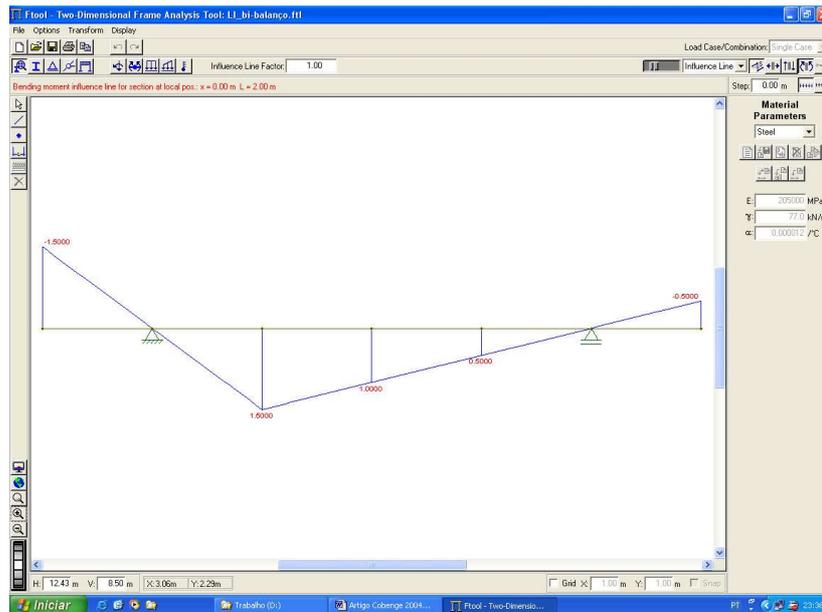


Figura 8 – Ftool: Linha de influência do momento fletor (carga móvel).

Na disciplina de Construções Metálicas e de Madeira, além de desenvolver a planilha, os alunos têm a oportunidade de dimensionar e verificar cada barra do projeto utilizando o programa DESMET. O programa, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, permite o dimensionamento de barras em aço pela NBR8800:1986. Os alunos comparam os resultados e analisam as diferenças apresentadas entre a planilha e o DESMET (Figura 9).

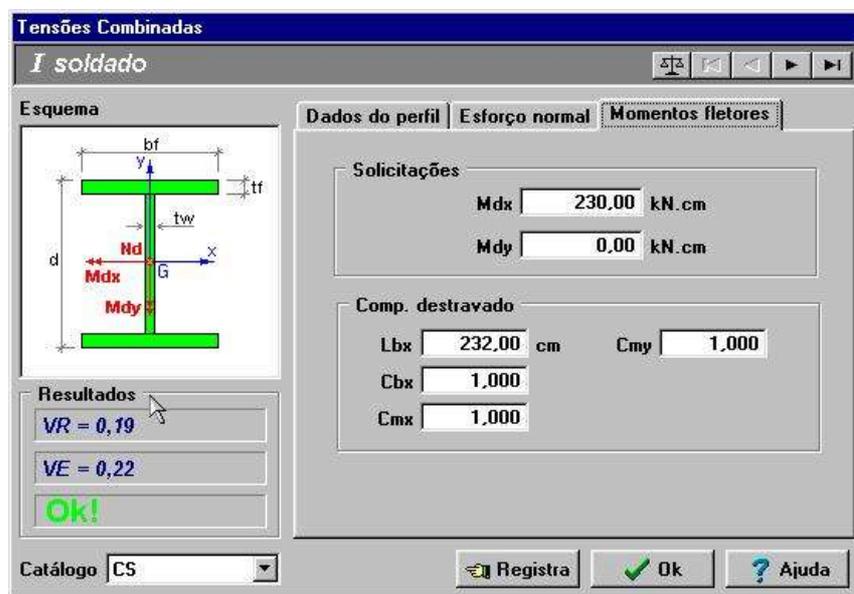


Figura 9 – DESMET: dimensionamento de elementos estruturais metálicos.

Um relato interessante é que, para o dimensionamento das vigas, os alunos fazem todo o dimensionamento na planilha Excel e em seguida utilizam o DESMET. A compreensão das variáveis do DESMET, assim como dos resultados, é praticamente total. Entretanto, no caso das colunas, os alunos fazem um pré-dimensionamento pelo DESMET e então verificaram em suas planilhas. Ao usarem o DESMET, simplesmente aceitam as indicações do professor mas não compreendem o significado das variáveis ou os resultados.

Logo, a interação não é possível, por mais que o programa disponibilize este recurso. Interação é um aspecto importante no processo de aprendizagem. Ela auxilia na assimilação dos conceitos, passo a passo, ao mesmo tempo em que permite que o aluno se auto-avale, através de um simples julgamento de valores. SHEPHERDSON (2000) alerta para a perda de significado da palavra interação:

“Interação é um termo particularmente popular. Todos consideram suas ferramentas ou sites “interativos”, mas usualmente eles são meramente um caminho de transferência de informação de mão única à medida que o usuário simplesmente clica nos botões para efetuar uma operação; nenhum esforço é exigido para forçar um envolvimento mental”.

Nos trabalhos de conclusão de curso, muitas vezes também são utilizados programas educacionais. Destaca-se aqui o emprego do programa SAP2000, o qual é empregado para análise de estruturas através do Método dos Elementos Finitos (MEF).

Durante o curso, os estudantes têm apenas uma introdução ao MEF, dada na disciplina de Tópicos Especiais – Métodos Numéricos. Para os alunos que optam por desenvolver o trabalho de conclusão de curso nesta área, faz-se então uma revisão do método e algumas demonstrações práticas de aplicação na área de estruturas, por meio do programa SAP2000.

O programa tem sido empregado, principalmente, para a análise de lajes planas (lajes apoiadas diretamente sobre pilares) e estudos sobre modelos de lajes nervuradas em concreto armado (analogia de grelha e modelos tridimensionais).

A Figura 10 mostra a discretização de uma laje nervurada em elementos hexaédros de 8 nós. Para obter este modelo, o aluno criou o volume no programa AutoCAD e importou o desenho no SAP2000. Esta análise foi importante para extrair as tensões e comparar os momentos com os modelos de analogia de grelha com diferentes valores para os coeficientes de rigidez à torção.

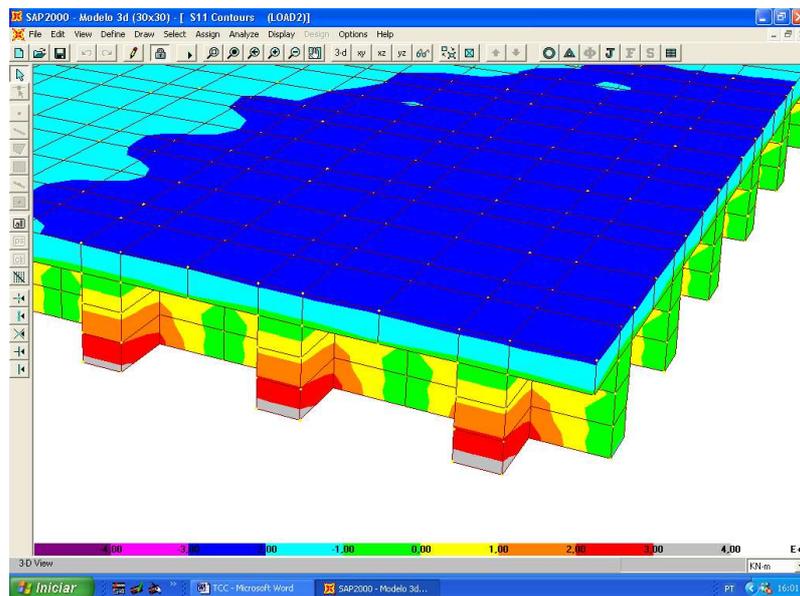


Figura 10 – Análise das tensões na laje nervurada (analisada pelo aluno Reyginaldo da Rosa, em 2004).

Pode-se dizer que o estudo de elementos finitos em nível de graduação é sempre um grande desafio. Para que a pesquisa seja bem sucedida é essencial o comprometimento do professor e, principalmente, a dedicação do estudante. Porém, acredita-se que o engenheiro que sai da universidade conhecendo um pouco sobre a modelagem e análise via MEF possui um grande diferencial para atuar na área de projetos.

5. PROGRAMAS DESENVOLVIDOS PELOS ALUNOS

Nos trabalhos de conclusão de curso (TCC) da Engenharia Civil da UNIVALI que envolvem implementação numérica, procura-se trabalhar sempre com a programação orientada a objetos (OPP).

Esta escolha foi realizada por vários fatores. Em primeiro lugar, desenvolver um programa em um ambiente de programação com inúmeros recursos gráficos é muito mais motivador para o aluno do que trabalhar com programas como o FORTRAN. Outra vantagem clara é o fato dos códigos elaborados em OOP serem facilmente reaproveitados em programas futuros, o que é comum em pesquisas acadêmicas.

Em geral, o estudo dos conceitos de OOP não são rapidamente compreendidos pelos estudantes. O estudo exige dedicação dos professores e alunos e também de um projeto bem definido, no qual o aluno não parte da “estaca zero”. Assim, o aluno pode estudar implementações anteriores e aprender mais facilmente do que aprenderia apenas em livros (BORATTI, 2001).

Apesar de não ser uma etapa simples, após o estudante ter assimilado bem os conceitos de OPP o esforço inicial é recompensado. Durante o desenvolvimento das classes, pode-se ter mais de um estudante participando do mesmo projeto, pois estas implementações são independentes. Outra vantagem é o fato de poder ser estabelecido um padrão claro e definido na forma de escrever o código. Assim, outros alunos que forem estudar o código existente terão mais facilidade em entender os atributos e métodos de cada classe.

A Figura 11 mostra a tela de resultados de um programa desenvolvido em TCC. O programa realiza o dimensionamento de caixas d’água em concreto armado.

RESULTADOS DAS LAJES ISOLADAS									
FUNDO									
			Vão Teórico (m)	Carregamento Total (kgf/m²)	Momento de Cálculo (kgf.m)	As mínima (cm²/m)	As Calculada (cm²/m)	Bitola (mm)	Armadura
FACE EXTERNA	Maior Direção	Vão	4,120	0,0	0,0	1,21	0,00	4,2	
		Bordo	4,120	2.949,7	-1.445,7	1,80	3,95	8,0	Ø 8,0 c/12
	Menor Direção	Vão	3,120	0,0	0,0	1,21	0,00	4,2	
		Bordo	3,120	2.949,7	-2.520,9	1,80	7,51	10,0	Ø 10,0 c/10
FACE INTERNA	Maior Direção	Vão	4,120	2.949,7	1.388,7	1,21	4,34	8,0	Ø 8,0 c/11
		Bordo	4,120	0,0	0,0	1,80	0,00	4,2	
	Menor Direção	Vão	3,120	2.949,7	2.421,5	1,21	7,16	10,0	Ø 10,0 c/11
		Bordo	3,120	0,0	0,0	1,80	0,00	4,2	
TAMPA									
			Vão Teórico (m)	Carregamento Total (kgf/m²)	Momento de Cálculo (kgf.m)	As mínima (cm²/m)	As Calculada (cm²/m)	Bitola (mm)	Armadura
FACE EXTERNA	Maior Direção	Vão	4,120	0,0	0,0	1,21	0,00	4,2	
		Bordo	4,120	650,0	-318,6	1,80	0,67	5,0	Ø 5,0 c/11
	Menor Direção	Vão	3,120	0,0	0,0	1,21	0,00	4,2	
		Bordo	3,120	650,0	-555,5	1,80	1,18	5,0	Ø 5,0 c/11
FACE INTERNA	Maior Direção	Vão	4,120	650,0	306,0	1,21	0,97	5,0	Ø 5,0 c/16
		Bordo	4,120	0,0	0,0	1,80	0,00	4,2	
	Menor Direção	Vão	3,120	650,0	533,6	1,21	1,47	5,0	Ø 5,0 c/13
		Bordo	3,120	0,0	0,0	1,80	0,00	4,2	

Status do Projeto: Reservatório Calculado

Figura 11 – Tela de resultados do programa desenvolvido pelo estudante Ezair Borba Jr, em 2003.

6. CONCLUSÕES

Ao longo dos últimos anos de experiências, pode-se dizer que as iniciativas citadas têm sido empregadas com sucesso no curso de Engenharia Civil da UNIVALI. Os resultados não foram medidos, mas é nítida a maior motivação dos estudantes e o melhor desempenho nas disciplinas. Além disso, o aprendizado de alguns recursos computacionais, como as planilhas eletrônicas, pode contribuir bastante para a formação do aluno e o melhor desempenho em outras áreas.

Com relação à planilha Excel, esta é uma ferramenta fácil de usar e que permite aos alunos, de fases iniciais, aplicarem o conteúdo em disciplinas que são, aparentemente, apenas teóricas. Como estas disciplinas possuem um conteúdo menos extenso, é o momento oportuno para aprender a usar a ferramenta. Os alunos aprendem a desenvolver uma planilha de cálculo, percebem quais elementos são essenciais na sua composição, estabelecem critérios de organização e começam a se auto-avaliar, no processo de composição da metodologia de cálculo e análise dos resultados. Em fases finais, serve como referência para outros programas, que têm os seus resultados analisados, com base em um domínio de procedimentos.

Os programas comerciais educacionais possuem mais alternativas de aplicação, já que estão prontos para serem usados e apresentam uma interface amigável. Em contrapartida, em função das alternativas a mais, geram um pouco de confusão; por já estarem prontos, não permitem que os alunos tenham domínio do processo; e apesar de serem amigáveis, requerem um tempo maior de aprendizado. Entretanto, dominado o programa, permite que conceitos mais complexos sejam trabalhados e o tempo, inicialmente perdido, é compensado.

Os programas desenvolvidos são sempre um grande desafio para os alunos. Exigem muito empenho e perseverança para a compreensão do ambiente e da linguagem de programação. Entretanto, vencida esta etapa, abrem portas para muitas outras possibilidades.

Com todos os recursos citados, acredita-se que está sendo possível relacionar teoria e prática na área de estruturas. Entretanto, deve-se salientar que sempre é necessário avaliar, atualizar e criar novas alternativas de aplicação para que as aulas mantenham o caráter dinâmico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. Estórias de quem gosta de ensinar: O fim dos vestibulares. Campinas: Papirus, 168 p.,2000.

BORATTI, I. C., Programação Orientada a Objetos usando Delphi. Florianópolis: Visual Books, 2001.

FTOOL – *Two-Dimensional Frame Analysis Tool - Basic Analysis Reference*, Versão Educacional 2.11. Rio de Janeiro: Tecgraf/PUC-Rio, 2002

MORAN, J. M. Mudar a forma de ensinar e de aprender: Transformar as aulas em pesquisas e comunicação presencial-virtual. Notas de Aula. São Paulo, 2000.

NBR 8800:1986. *Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986.

NORONHA M., BITTENCOURT T. N., PROENÇA S. P. e GUELLO G. A., Multimedia-Based Environment in Structural Engineering Education, International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE2000), São Paulo, 2000.

DESMET – *Dimensionamento de Elementos Estruturais Metálicos – Manual do usuário*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.

REBELLO, Y. C. P. A concepção estrutural e a arquitetura. São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

SALES, J.J. e SANTOS L.B. Construção Metálica. **Artigo**. São Paulo, n. 52, p.18-21, 2002.

SAP 2000 Educational Version - Computer and Structures, Inc. *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures – Basic Analysis Reference*, Berkeley, 1998.

SHEPHERDSON, E. T. Concepts utilizing active learning computer environments. Massachusetts, 2001. 220 p. Tese in Civil Engineer - Massachusetts Institute of Technology.

LEARNING TO DEVELOP AND USE SPREADSHEETS AND COMPUTATIONAL PROGRAMS FOR ANALYSIS AND PROJECTS OF STRUCTURES

Abstract: *This work describes experiences in class and in final works, taught and oriented by the civil engineering structure group at UNIVALI. It's shown here the use of commercial programs, on its educational version, and programs developed by the students, in different programming environments, depending on the subject and the student's background. The purpose of using these programs is to improve the learning process in some courses like stability of structures, steel, wood and concrete structures, and also in the final works. This approach reflects the teachers perception of the necessity to relate theory and practice, indispensable along the learning process. As the student's opinion is also important, some queries were done during four years. The answers show that students have a clear expectation, they wish to relate theory and practice. Practice, in structure engineering, is intimately related to the use of structural programs, supported by observations, as they go along with execution, fabrication and erection procedures. In university, educational commercial programs and programs developed by students having been used. These last ones have been developed in spreadsheets and in Object-Oriented Programming. This activities motivate the students and help them understand and apply the theory. Many are the discoveries in the way from the board to the computer and in the way back. The results have not been measured, but they can be felt. The aim is to incentive the developing and the use of computational programs in the under graduation learning process.*

Key-words: *Learning process, Structures, Spreadsheets, Computational Programs.*