

**PPGEC**

Programa de  
Pós-Graduação em  
Engenharia Civil



**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

# **A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE ESTRUTURAS: EPISTEMOLOGIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**

**Luciano Andreatta Carvalho da Costa**



**LUCIANO ANDREATTA CARVALHO DA COSTA**

**A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE  
ESTRUTURAS: EPISTEMOLOGIA, TECNOLOGIA E  
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia

Porto Alegre

Julho 2004

C837a Costa, Luciano Andreatta Carvalho da

A avaliação da aprendizagem no ensino de estruturas: epistemologia, tecnologia e educação à distância / Luciano Andreatta Carvalho da Costa. - 2004.

Tese (doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS.

1. Engenharia – ensino – novas tecnologias. 2. Ensino à distância – avaliação - engenharia. 3. Estruturas – ensino. 4. Avaliação da aprendizagem. I. Guilherme, Juan Creus da, orient. II. Franco, Sérgio Roberto Kieling, co-orient. III. Título.

CDU 62:378.4(043)



# ppgec-ufrgs

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PÓS  
ENG  
UFRGS

- PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EM ENGENHARIA -

ATA N° 58

Ata de defesa de Tese de Doutorado do candidato **LUCIANO ANDREATTA CARVALHO DA COSTA** ao título de *Doutor em Engenharia*. Aos vinte e oito dias do mês de junho de 2004, realizou-se às 10 horas na sala 327 do Prédio 12105 – CINTED (Av. Paulo Gama, 110) desta Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a defesa de Tese de Doutorado de *Luciano Andreatta Carvalho da Costa*, intitulada "A Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Estruturas: Epistemologia, Tecnologia e Educação a Distância". A Banca Examinadora constituiu-se dos Professores Guillermo Juan Creus (orientador), D.Sc., COPPE/UFRJ; Sérgio Roberto Kieling Franco (co-orientador), Dr., UFRGS; João Carlos Teatini de Souza Climaco (UnB/DF), Ph.D., Polytechnic of Central London/Inglaterra; Lúcia Maria Martins Giraffa (PUC/RS), Dra., UFRGS e Ronald José Ellwanger, D.Sc., COPPE/UFRJ. Também participou, através o sistema de videoconferência, o Prof. José Manuel Martins Ferreira (FEUP/DEEC, Porto/Portugal), Dr. Pela FEUP – Faculdade de Engenharia da Univ. do Porto/Portugal. Após a apresentação do candidato pelo Presidente da Banca, Professora Guillermo Juan Creus, o mesmo expôs seu trabalho de tese, sendo, logo a seguir, argüida pelos componentes da Banca Examinadora. A tese apresentada foi considerada adequada para a concessão do título de "Doutor em Engenharia", desde que o candidato efetue as correções indicadas pelos examinadores dentro do prazo regimental. Essas correções serão avaliadas pelo professor Guillermo Juan Creus. Os examinadores atribuíram ao trabalho de tese apresentado os seguintes níveis: Prof. João Carlos Teatini de Souza Clímaco A, Profª Lúcia Maria Martins Giraffa A e Prof. Ronald José Ellwanger A, resultando o nível médio A (A). E, para constar, foi lavrada a presente ata que vai assinada pelos componentes da Banca Examinadora. Porto Alegre, 28 de junho de 2004.

Prof. Guillermo Juan Creus:

Prof. Sérgio Roberto Kieling Franco:

Prof. João Carlos Teatini de Souza Clímaco:

Profª Lúcia Maria Martins Giraffa:

Prof. Ronald José Ellwanger:

Dedico este trabalho à minha querida avó, Nair Giunta  
Andreatta.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao finalizar esta caminhada, percebo que este trabalho não seria possível sem a colaboração de muitos colegas, professores, amigos, familiares e instituições. Gostaria de agradecer a todos que participaram direta ou indiretamente deste trabalho, principalmente:

Ao Prof. Sérgio Roberto Kieling Franco, pela orientação, pelo incentivo, e principalmente por acreditar nesta proposta, desde o dia em que participou da Banca da minha dissertação de Mestrado;

Ao Prof. Guillermo Juan Creus, por aceitar o tema da Educação na Engenharia;

À Prof. Helena Cury, pelo seu importante apoio nesta etapa da minha vida acadêmica;

Aos professores que participaram das Bancas de defesa da Tese e da Qualificação, pelas suas importantes contribuições;

Aos auxiliares de pesquisa, Marco Aurélio Lisboa Silveira e Jonatas Passos Delgado, graduandos de Engenharia Elétrica desta Universidade;

À minha família, em especial ao meu pai, Otacílio Carvalho da Costa, e ao meu tio Manoel Silva Neto, por me proporcionarem uma formação capaz de me possibilitar a realização deste Doutorado;

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, representada pelas seguintes unidades: Escola de Engenharia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Departamento de Engenharia Civil, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação e Faculdade de Educação – Programa de Pós-Graduação em Educação.

Aos alunos que participaram das investigações realizadas, em especial àqueles que participaram dos cursos de extensão;

À CAPES e à PROPESQ/UFRGS, pelo apoio financeiro parcial.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES.....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 ASPECTOS QUE MOTIVARAM A REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO .....	19
1.2 ESTRUTURA DA TESE .....	20
1.3 OBJETIVOS .....	21
1.4 METODOLOGIA.....	21
<b>2. UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA E TECNOLÓGICA DA ENGENHARIA ESTRUTURAL</b>	<b>23</b>
2.1 O CONSTRUTIVISMO E A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA.....	23
2.2 A CRIAÇÃO DE NOVIDADES: O CERNE DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA .....	27
2.3 EPISTEMOLOGIA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA .....	34
2.3.1 <i>Pré-história Européia</i> .....	36
2.3.2 <i>Etrúria e Roma</i> .....	38
2.3.3 <i>Revolução Industrial</i> .....	43
2.3.4 <i>As Primeiras Pontes de Concreto – o Concreto Protendido</i> .....	44
2.3.5 <i>O Método dos Elementos Finitos</i> .....	45
2.4 TECNOLOGIA.....	46
<b>3. ENSINO DE ESTRUTURAS .....</b>	<b>49</b>
3.1 O ENSINO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL: UM DIÁLOGO ENTRE DOIS PARADIGMAS .....	49
3.2 RECURSOS COMPUTACIONAIS E SUA INFLUÊNCIA NO ENSINO DE ESTRUTURAS .....	56
3.3 ELABORANDO QUESTÕES .....	59
3.3.1 <i>O Conhecimento Prévio</i> .....	59
3.3.2 <i>Abstração Reflexionante</i> .....	64
3.3.3 <i>Construção Histórica dos Conceitos de Engenharia Estrutural</i> .....	67
<b>4 A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....</b>	<b>76</b>
4.1 AVALIAÇÃO FORMATIVA: CONTÍNUA E PROCESSUAL .....	79
4.2 AUTO-AVALIAÇÃO .....	80
4.3 ALUNO ELABORANDO QUESTÕES.....	81

4.4	UMA NOVA POSTURA DIANTE DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO .....	82
4.4.1	<i>O Respeito ao Ritmo Individual de Aprendizagem</i> .....	82
4.4.2	<i>A Consideração do Erro na Aprendizagem</i> .....	84
4.5	A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM E A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA.....	86
4.5.1	<i>A Legislação em Educação a Distância</i> .....	86
4.5.2	<i>As Peculiaridades da Educação a Distância</i> .....	87
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM .....</b>	<b>91</b>
5.1	DEFINIÇÃO CLARA DE UMA BASE EPISTEMOLÓGICA .....	92
5.2	A CONSIDERAÇÃO DA INTERNET COMO UM ESPAÇO CONSTRUÍDO TAMBÉM PELOS ESTUDANTES.....	92
5.3	POSSIBILIDADE DE PROMOVER AUTONOMIA AO ESTUDANTE .....	94
5.4	A INTERATIVIDADE EM AVA'S.....	96
5.5	POSSIBILIDADE DE PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM COLABORATIVA.....	97
<b>6.</b>	<b>GPA<sub>REDE</sub> – GERADOR PARAMETRIZADO DE AVALIAÇÕES VIA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES – DESCRIÇÃO TÉCNICA.....</b>	<b>101</b>
6.1	UM BREVE HISTÓRICO .....	101
6.2	DESCRIÇÃO TÉCNICA .....	102
6.2.1	<i>Arquivo Porticosbala.mdb</i> .....	103
6.2.2	<i>Interface com a Internet</i> .....	110
6.2.3	<i>Disponibilização dos Dados na Internet</i> .....	115
<b>7.</b>	<b>PRIMEIRA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DO GPA<sub>REDE</sub>.....</b>	<b>141</b>
7.1	DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA EXPERIÊNCIA .....	141
7.1.1	<i>Aplicação da Lista de Exercícios</i> .....	142
7.1.2	<i>Correção das Provas pelo Professor</i> .....	143
7.1.3	<i>Visualização dos Resultados das Provas</i> .....	144
7.1.4	<i>Comunicação entre Professor e Aluno, a Avaliação Formativa</i> .....	145
7.1.5	<i>Controle sobre o Envio de Respostas</i> .....	146
7.1.6	<i>Seleção de Questões para Revisão da Matéria</i> .....	147
7.1.7	<i>Envio de Questões pelos Alunos</i> .....	148
7.2	APRENDIZAGENS A PARTIR DESSA PRIMEIRA EXPERIÊNCIA .....	148
8.1	CRIAÇÃO DA PLATAFORMA.....	151
8.2	FUNCIONALIDADES DO PRODUTO FINAL .....	151
8.3	TECNOLOGIA.....	151
<b>9.</b>	<b>CURSO DE EXTENSÃO SOBRE DIAGRAMAS EM MODELOS ESTRUTURAIS – UMA SEGUNDA EXPERIÊNCIA DE INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>152</b>
9.1	EQUIPAMENTOS E ESTRUTURA FÍSICA.....	152
9.2	PÚBLICO-ALVO.....	153
9.3	DIVULGAÇÃO E REALIZAÇÃO DAS INSCRIÇÕES.....	153

9.4 REALIZAÇÃO DO CURSO DE EXTENSÃO .....	153
<b>10 REFLEXÕES A PARTIR DAS PERGUNTAS NORTEADORAS .....</b>	<b>157</b>
10.1. PRIMEIRO BLOCO DE PERGUNTAS .....	157
10.1.1 <i>Como a avaliação da aprendizagem em Engenharia Estrutural via GPA<sub>REDE</sub> pode contribuir para uma melhoria na <u>aprendizagem colaborativa</u>?</i> .....	157
10.1.2 <i>De que maneira os <u>princípios construtivistas</u> podem auxiliar na concepção de <u>processos de avaliação</u> que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em <u>Engenharia Estrutural</u> ?</i> 161	
10.1.3 <i>De que forma o GPA<sub>REDE</sub> pode ser um ambiente propício à construção de conceitos de Engenharia Estrutural no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem ?</i> .....	172
10.2 SEGUNDO BLOCO DE PERGUNTAS .....	174
10.2.1 <i>O GPA<sub>REDE</sub> possibilita a avaliação formativa ? De que forma ?</i> .....	174
10.2.2 <i>Quais perspectivas são abertas a partir da inserção do sistema numa intervenção didática a distância ?</i> .....	177
10.2.3 <i>Que necessidades de complementação o GPA<sub>REDE</sub> tem no que tange a recursos telemáticos ? O GPA<sub>REDE</sub> contempla os pressupostos teóricos desta Tese?</i> .....	180
10.3 TERCEIRO BLOCO DE PERGUNTAS .....	181
10.3.1 <i>Como o computador deve ser usado na educação a distância para que efetivamente se tenha uma melhoria na aprendizagem ?</i> .....	181
10.3.2 <i>Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ?</i> .....	184
10.3.3 <i>Como se pode gerar uma nova tecnologia educacional a partir recursos computacionais ?</i> .....	185
<b>11. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>186</b>
11.1 COMENTÁRIOS PESSOAIS .....	187
11.2 PERSPECTIVAS FUTURAS .....	189
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>190</b>
<b>APÊNDICE A – ATIVIDADE PARA OS ALUNOS NA EXPLORAÇÃO DO SOFTWARE DR BEAM</b>	<b>198</b>
<b>APÊNDICE B– ENTREVISTAS .....</b>	<b>201</b>
<b>APÊNDICE C –ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PARA O CURSO DE EXTENSÃO.....</b>	<b>207</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmide Educacional Brasileira – valores aproximados .....	18
Figura 2– Modelo de uma viga simplesmente apoiada.....	28
Figura 3– Lei de Hooke.....	32
Figura 4– Distribuição de tensões na direção vertical .....	33
Figura 5- Ponte “Tarr Steps”, na Inglaterra. ....	37
Figura 6– Noções iniciais de equilíbrio.....	38
Figura 7– Modelo teórico dos arcos .....	38
Figura 8 - Arco semicircular.....	39
Figura 9 - Arco parabólico .....	40
Figura 10 - Comparação entre arcos.....	40
Figura 11 - Arco trapezoidal com diagramas não-nulos.....	41
Figura 12 - Arco trapezoidal com diagramas nulos.....	41
Figura 13 – Modelo matemático de um arco.....	42
Figura 14– Pont Du Gard – França – 18 a. C. ....	42
Figura 15 - Ponte de Coalbrookdale.....	43
Figura 16- Ponte de concreto protendido de Freyssinet .....	44
Figura 17– Modelo de uma viga.....	51
Figura 18 – Diagramas de momento fletor .....	52
Figura 19– Modificação no diagrama.....	54
Figura 20– Aplicativo para uma viga biapoiada com duas cargas concentradas.....	57
Figura 21– Perguntas relacionadas à magnitude e às dimensões da carga .....	58
Figura 22 – Ponte natural situada na costa nordeste da ilha de Aruba.....	60
Figura 23– Utilização de conhecimentos matemáticos.....	61
Figura 24 - Obtenção dos diagramas por conceitos físicos.....	63
Figura 25– Modelo de uma viga com o respectivo diagrama de esforço cortante.....	64
Figura 26 - Generalização de relação matemática .....	66
Figura 27 - Analogia com a cinemática.....	67
Figura 28– Perfil da ponte de Parati.....	69
Figura 29– Tabuleiro da ponte de Parati.....	70
Figura 30– Seção Transversal da ponte de Parati.....	70
Figura 31– Modelo matemático.....	71
Figura 32 – Questão sobre hiperestaticidade .....	73
Figura 33 – Estrutura isostática .....	73
Figura 34 - Estrutura Hiperestática. a) Apoio direito sem deslocamento. b) Apoio direito com deslocamento ....	74
Figura 35 – Cálculo dos Momentos Máximos.....	75

Figura 36 – Avaliação integrada ao ensino e à aprendizagem.....	83
Figura 37 - Tabelas do Gerenciador do Banco de Dados .....	104
Figura 38 - Tabela Provas.....	105
Figura 39 - Formulário Manutenção.....	106
Figura 40 - Acesso às imagens pela tabela .....	107
Figura 41 - Lista de consultas.....	108
Figura 42 - Escolha de parâmetros .....	109
Figura 43 - Consulta obtida .....	109
Figura 44 - Códigos do Parâmetro Forma de Resolução .....	109
Figura 45 - Configuração ODBC.....	110
Figura 46 - ODBC já configurado .....	111
Figura 47 - Exemplo de visualização de página .....	112
Figura 48 - Exemplo de formulário na Internet.....	113
Figura 49 - Arquivo testeprova1.asp .....	114
Figura 50 - Escolha das colunas da tabela do banco de dados.....	115
Figura 51 - Página principal do GPA .....	115
Figura 52 - Página acessada a partir do botão <i>Aluno</i> .....	116
Figura 53 - Dados cadastrais do aluno.....	116
Figura 54 - Utilização do porticosbala.mdb .....	117
Figura 55 - Cadastramento de alunos .....	117
Figura 56 - Visualização das atividades .....	118
Figura 57 - Atividade I .....	118
Figura 58 - Animação.....	119
Figura 59 - Envio de arquivos .....	119
Figura 60 - Envio de formulário de resposta .....	120
Figura 61 - Correção das atividades usando formulário .....	120
Figura 62 - Correção das atividades através de envio de arquivos .....	121
Figura 63 - Resposta do aluno.....	122
Figura 64 - Correção do professor.....	122
Figura 65 - Lista não-corrigida.....	123
Figura 66 - Webfólio no GPA <sub>REDE</sub> .....	123
Figura 67 - Webfólio: envio de arquivos.....	124
Figura 68 - Webfólio: enviar novos arquivos.....	125
Figura 69 - Avaliação Formativa.....	125
Figura 70 - Criar novo assunto - aluno .....	126
Figura 71 - Ver assuntos - aluno.....	126
Figura 72 - Exemplo de assunto criado .....	127
Figura 73 - Lista de exercícios .....	127

Figura 74 - Exercícios extras .....	128
Figura 75 - Questões a serem respondidas .....	128
Figura 76 - Resolução dos exercícios extras.....	129
Figura 77 - Resposta do exercício extra .....	129
Figura 78 - Criação de questões .....	130
Figura 79 - Página acessada a partir do botão <i>Professor</i> .....	130
Figura 80 - Identificação do professor.....	131
Figura 81 - Cadastro de professores .....	131
Figura 82 - Área do professor na Avaliação Formativa.....	132
Figura 83 – Ver assuntos - professor .....	132
Figura 84 - Criar novo assunto - professor .....	133
Figura 85 - Participação de um aluno específico.....	133
Figura 86 - Identificação do professor.....	134
Figura 87 - Correção das atividades .....	134
Figura 88 - Planilha de correção.....	135
Figura 89 - Interface do visitante.....	136
Figura 90 - Explicação.....	137
Figura 91 - Acesso aos <i>Webfólios</i> .....	137
Figura 92 – Exemplo de Webfólio .....	138
Figura 93 – Exemplo de comentário.....	139
Figura 94 - Comentário do visitante .....	139
Figura 95 – Janela explicativa do Webfólio .....	140
Figura 96- Página do Portal.....	142
Figura 97 - <i>Layout</i> de uma das provas.....	143
Figura 98- Página de correção das questões.....	144
Figura 99– Visualização das correções dos exercícios.....	144
Figura 100- Página da Avaliação Formativa (Professor).....	146
Figura 101- Página com as notas finais dos alunos .....	147
Figura 102– Auto-avaliação do aluno .....	147
Figura 103– Alunos enviando questões para o banco de dados.....	148
Figura 104 - Primeira edição do curso.....	153
Figura 105 - Aprendizagem colaborativa - surgimento de atividades extras.....	158
Figura 106 - Webfólio reestruturação de conceitos .....	159
Figura 107 - Atividade 4.....	164
Figura 108 - Momento Fletor por equilíbrio.....	165
Figura 109 - Atividade 7.....	166
Figura 110 - Esforço cortante obtido na forma tradicional.....	167
Figura 111 - Relação entre a Matemática e a Engenharia .....	168
Figura 112 - A Lei de Hooke e a Abstração reflexionante .....	169
Figura 113 - Webfólio Epistemologia histórico .....	169

Figura 114 - Correção a partir de arquivo enviado pelo aluno .....	176
Figura 115 - Utilização da Avaliação Formativa.....	177
Figura 116 - Atividade comentada .....	179
Figura 117 - Utilização de relações matemáticas .....	183
Figura 118 - Animação Atividades I, III, IV, V e VI .....	207
Figura 119 - Animação Atividade II.....	208
Figura 120 - Animação Atividades VII e VIII.....	210
Figura 121 – Primeira ilustração Atividade VIII.....	210
Figura 122 - Segunda ilustração Atividade VIII.....	211
Figura 123 - Atividade IX .....	212

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Variedade de condições da Engenharia Estrutural.....	55
Tabela 2 - Comparação de soluções atividade 4.....	165
Tabela 3 - Comparação de soluções atividade 7.....	167

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Expressão analítica dos diagramas .....	62
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

GPA<sub>REDE</sub> – Gerador Parametrizado de Avaliações via Rede Mundial de Computadores

EAD – Educação a distância

MIT – Massachusetts Institute of Technology

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais

AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem

ABENGE – Associação Brasileira de Ensino de Engenharia

COBENGE – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

ASEE - American Society for Engineering Education

MEF – Método dos Elementos Finitos

PC – Personal Computer

LIG – Laboratório de Informática do prédio da Engenharia Nova da UFRGS

UERGS – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

## RESUMO

O ensino e a aprendizagem a partir de ambientes informatizados e a educação a distância têm sido amplamente difundidos tanto em meios profissionais quanto acadêmicos. As suas aplicações em diferentes áreas de conhecimento nem sempre têm sido sensíveis às especificidades de cada área, representando muitas vezes uma mera digitalização dos conteúdos didáticos tradicionalmente trabalhados, sem que haja uma ressignificação da prática pedagógica.

A partir de uma abordagem interdisciplinar, este trabalho investiga como os recursos informáticos podem contribuir para uma melhoria nas relações pedagógicas, numa proposta de avaliação da aprendizagem no ensino de Engenharia Estrutural.

Inserido nesse contexto, propõe-se o GPA<sub>REDE</sub>, um ambiente virtual de avaliação da aprendizagem no ensino de Engenharia Estrutural, concebido para uma proposta de educação a distância. O gerenciamento de informação, via formulários e transferência de arquivos, e o desenvolvimento de webfólios são recursos empregados para prover um ambiente propício à construção do conhecimento, no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem. A partir das perguntas norteadoras da pesquisa e da primeira investigação realizada, são definidas categorias de análise para as reflexões e as conclusões desta Tese.

Os resultados obtidos indicam que o uso de ambientes virtuais para a avaliação da aprendizagem no ensino de Estruturas permite mediações pedagógicas construtivistas, contribuindo para a consolidação de um paradigma pedagógico para a educação a distância.

## ABSTRACT

Teaching and learning through telematic resources and distance learning have been widely spread out in professional and academic usage. Sometimes, the applications of these resources in different areas of knowledge does not take into account particular aspects of each area, representing not more than translations of didactic materials from traditional to on-line media, where pedagogical practice is not transformed.

Using an interdisciplinarity approach, this work investigates how information technology resources can contribute to improve the pedagogical relations in a proposal of learning assessment for structural engineering education.

Through this conception, it is proposed a virtual environment for learning assessment in structural engineering called GPA<sub>REDE</sub>, that was conceived for distance learning. Information management through forms and files transfer and the development of webfolios are resources developed to provide an environment that makes possible knowledge construction, where the teaching-learning process and learning assessment are integrated. From the questions that were proposed in the Qualifying Exame and from further investigations, standards of analysis are defined for the analysis of the reflections and conclusions of this work.

Results show that the use of virtual environments for learning assessment in Structural Engineering education allows constructivist pedagogical mediations, contributing for the consolidation of a pedagogical paradigm in distance learning.

## 1 INTRODUÇÃO

O impacto da tecnologia da informação no cotidiano das pessoas é algo indiscutível, de modo que imaginar uma pessoa que adormece na metade do século XX e desperta na realidade atual torna-se um interessante exercício para se verificar esse impacto. Certamente, não serão vistos os mesmos automóveis e os mesmos equipamentos hospitalares. Constatar-se-á que foram descobertas curas para muitas doenças, novos medicamentos, novas formas de se fazer política e, principalmente, uma substancial diferença no tratamento da informação. Será muito mais fácil verificar o saldo no banco e a previsão da temperatura para o final de semana bem como se comunicar com pessoas espalhadas pelo mundo. Conseguir-se-á ouvir uma emissora de rádio de Londres, de Paris; saber, em questão de segundos, o que aconteceu no Japão ou nos Estados Unidos minutos atrás; ter seu computador infectado por um vírus criado por um usuário americano e, em questão de segundos, acessar os principais jornais do mundo. E se essa pessoa visitar uma escola, encontrará mudanças substanciais? Ficará surpresa e admirada com as novas formas de aprendizagem? Num mundo em constante transformação, onde a informação passa a ter um valor cada vez maior, deparamos-nos com um conceito de escola ainda atrelado à era industrial. Alava (2002, p.19) reforça essa posição afirmando que “[...] a escola, como uma ‘bela adormecida no bosque’, demora a despertar para as tecnologias do século XX.” Ramal (2000) considera que a escola organizada por níveis homogêneos de escolaridade já cumpriu o seu papel, quando tinha uma função de formação em massa e a quantidade de informação disponível era bem menor, sendo o professor um dos poucos responsáveis pela sua transmissão. Atualmente, diante da tecnologia computacional disponível, o professor deixa de ter o papel de mero transmissor de uma informação à qual tem (ou tinha) acesso privilegiado. Será mais importante neste novo contexto mediar o acesso à informação, o que pode levar a um redimensionamento dos atores envolvidos, conforme será delineado no capítulo 4 (p. 76). É importante salientar a diferença entre informação e conhecimento, especialmente pela facilidade com que se obtém a informação atualmente. Gravina (2001) salienta a importância da análise crítica da informação, e não simplesmente a transmissão da mesma. Deve-se aproveitar os recursos do computador para a comunicação, a cooperação e a colaboração, ao invés de simplesmente utilizá-lo para disseminar e recuperar dados (GUERRA, 2000). Segundo o referencial teórico que será apresentado no capítulo 2 (p. 23), informação só se transforma em conhecimento quando o sujeito passa a estabelecer relações com o seu conhecimento prévio, a partir de

interações com o meio. Por exemplo, a informação referente à evolução ao longo do tempo do nível de desemprego de uma região só terá sentido se o sujeito souber os critérios para definir uma pessoa desempregada, bem como se tiver uma noção sobre a região que está sendo consultada. Para que se possa construir uma crítica a partir da informação, mais relações e mais estudos precisarão acontecer. À medida que se deseja interpretar a informação, mais dados são consultados, como, por exemplo, o nível de desemprego de outras regiões do país, a relação desse nível com a industrialização e o PIB de cada região, bem como a contextualização desses índices com a realidade mundial. Vê-se, a partir desse exemplo, que é longo o caminho a ser percorrido até que uma informação se transforme em conhecimento.

Todavia, o uso do computador não garante a melhoria pedagógica. Papert (1994) alerta com propriedade para o perigo de se criarem as tradicionais aulas de Informática oficialmente presentes no currículo como uma disciplina, sem uma integração com as demais. Este pode ser um dos erros mais graves daqueles que pretendem estar inseridos na Cibercultura<sup>1</sup> (LEVY, 1993). Citando como exemplo a Mecânica Estrutural, o importante é que o professor dessa disciplina utilize recursos computacionais ao longo do seu curso, ao invés de os recursos serem trabalhados de forma compartimentada em aulas de Informática. Guerra (2000) vai ainda mais longe, argumentando que o uso inadequado do computador na educação pode inclusive amplificar os problemas já existentes. Reforça-se, concordando-se com Longo (1999), que a máquina não substitui o contato humano, que consiste em algo fundamental na educação. O caminho parece utilizar-se do computador como um meio para se atingir um fim, e esse fim deve ser educacional, não tecnológico (KIRKWOOD, 1998).

A realidade social do sistema educacional brasileiro tem sido alvo de muita preocupação nos últimos anos, apresentando indicadores que evidenciam alguns problemas. Conta-se com uma expectativa de 13,4 anos para a escola formal, contra 15,4 da França e 15,3 dos EUA (dados de 2000/2001) (UNESCO, 2004a). Quanto ao índice de alfabetismo entre 15 anos e 24 anos de idade, o Brasil está em 95,8 % contra 99 % do Chile e 99,8% da Itália (UNESCO, 2004b). Outro aspecto preocupante é a evasão escolar. Segundo o Censo Escolar 2002

---

<sup>1</sup> A Cibercultura abrange os fenômenos relacionados ao Ciberespaço, ou seja, os fenômenos associados às formas de comunicação mediadas por computadores. Segundo Levy (1993), Cibercultura representa o conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, de atitudes, de modos de pensamento e de valores que se desenvolvem juntamente com o crescimento do Ciberespaço.

realizado pelo INEP (2004), enquanto pouco menos de 6 milhões de alunos se matricularam na primeira série do Ensino Fundamental, aproximadamente 2,2 milhões se matricularam na 3ª série do Ensino Médio. Ingressaram nas Universidades, neste mesmo ano, aproximadamente 1,4 milhão de alunos. O número de alunos concluintes foi na ordem de 460.000, ou seja, em torno de 33 % dos ingressantes no Ensino Superior e apenas 8 % daqueles que se matricularam na primeira série do Ensino Fundamental. A **Figura 1** sintetiza esses dados.

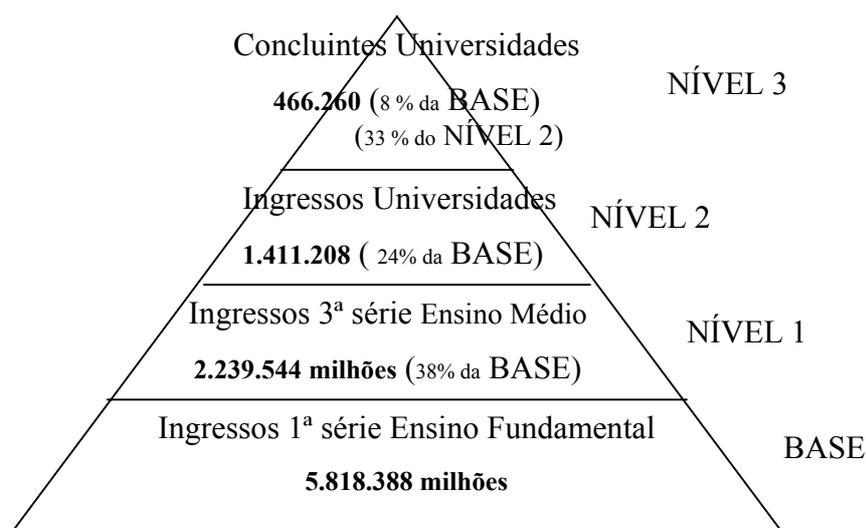


Figura 1 – Pirâmide Educacional Brasileira – valores aproximados  
(Fonte: Censo Escolar 2002)

Os números apresentados na Figura 1 mostram que muito precisa ser feito para se tentar diminuir a evasão e possibilitar que uma parcela maior daqueles que se matriculam no Ensino Fundamental possam realizar o sonho de ter um diploma de Curso Superior. A educação a distância pode contribuir para a diminuição dessa evasão na passagem do nível 2 para o nível 3. Parte desses 66% de alunos evadidos da Universidade podem estar sem tempo disponível para cursar as disciplinas nos horários usuais. Um trabalho a distância seria importante no sentido de flexibilizar o horário e tornar o aluno apto a concluí-la.

Peters (2001) apresenta importantes relatos a respeito do ensino a distância (EAD)<sup>2</sup> desde os seus primórdios, descrevendo a iniciativa da *University of South Africa*, realizada na

<sup>2</sup> Não consiste num conceito com fronteiras bem definidas. Neste trabalho, a educação a distância será abordada segundo a visão proposta no Art. 1º do Decreto Presidencial nº 2494, de 10 de fevereiro de 1998, qual seja: “Educação a distância é uma forma de ensino que possibilita a auto-aprendizagem, com a mediação de recursos didáticos sistematicamente organizados, apresentados em diferentes suportes de informação, utilizados isoladamente ou combinados, e veiculados pelos diversos meios de comunicação”.

metade do século XX. Tal iniciativa foi particularmente interessante na África do Sul, por se tratar de um país com elevado índice de segregação racial e problemas sociais, permitindo a abertura das Universidades “brancas” aos negros, especialmente no período correspondente à política do *apartheid*. Esse é um rico exemplo que pode ser pensado num projeto voltado para a realidade educacional brasileira.

### 1.1 Aspectos que motivaram a realização deste trabalho

Além das questões tecnológicas inseridas no contexto social, como essas apresentadas nos parágrafos anteriores, também serão tratadas questões epistemológicas. Ou seja, pensar uma aplicação pedagógica de uma tecnologia implicará necessariamente pensar o contexto dessa aplicação, seja ele social ou epistemológico. Nesse sentido, minha experiência pessoal contribuiu para a escolha do tema bem como para a definição da abrangência pretendida. Ingressei efetivamente na educação em 1996, quando passei a lecionar para Ensino Fundamental e Ensino Médio. Já estava formado em Engenharia Civil, trabalhando naquele período em uma empresa da construção civil, podendo assim acompanhar o contexto social de uma parcela da população excluída da educação formal, os operários da construção civil. A experiência docente me levou a cursar a licenciatura em Matemática e ingressar no Mestrado em Engenharia. O Centro de Mecânica Computacional e Aplicada – CEMACOM, por intermédio do meu orientador, Prof. Guillermo Juan Creus, já havia iniciado pesquisas relacionadas ao ensino de Engenharia (CREUS, G., 1990; EIFLER, 1990). Na minha dissertação (COSTA, 2000), trato da questão da avaliação a partir da proposta de um gerador chamado GPA (Gerador Parametrizado de Avaliações), com o intuito de propor uma ferramenta computacional que possibilite realizar a avaliação de um curso de Mecânica Estrutural ao longo do processo. Iniciei em 2001 o Doutorado, contando então com a co-orientação do Prof. Sérgio Roberto Kieling Franco, professor da Faculdade de Educação da UFRGS. O projeto de Doutorado foca questões específicas do ensino de Estruturas, com ênfase mais aprofundada na aprendizagem e no aperfeiçoamento do sistema de avaliação desenvolvido na dissertação, com o intuito de transformá-lo em um ambiente virtual para avaliação da aprendizagem. Posteriormente, foram publicados outros trabalhos (COSTA et al, 2000; COSTA et al, 2001a), procurando analisar a questão epistemológica com mais profundidade e apontando reflexões sobre incorporações de novas tecnologias no ensino de

---

Estruturas. No segundo semestre de 2001, o projeto do qual eu participo foi contemplado no edital Material Didático da UFRGS (COSTA et al, 2001c), o qual possibilitou contar com um bolsista de graduação e mais alguns recursos que possibilitaram aperfeiçoar o sistema desenvolvido na dissertação. Foi possível o desenvolvimento de uma interface do banco de questões, anteriormente desenvolvido com a Internet, bem como de ferramentas voltadas para a avaliação da aprendizagem, tal como a disponibilização de webfólios dos alunos. O sistema passa a ser chamado de  $GPA_{REDE}$ , pois agora está consolidada a interface com a Internet. Essa nova etapa do trabalho de tese foi publicada na conferência anual da American Society for Engineering Education – ASEE (COSTA et al., 2002). Minha preocupação tem-se concentrado na questão da avaliação da aprendizagem em ambientes telemáticos, de forma que tenha ferramentas adequadas para propor um trabalho a distância. Outro fórum interessante de construção de alternativas tem sido a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia – ABENGE, a partir de publicações e participações anuais nos Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia (COSTA et al, 2000, 2001a, 2002b, 2003b) e na revista científica da Associação (COSTA et al, 2003a).

## 1.2 Estrutura da Tese

Na medida em que se trata de um tema interdisciplinar, torna-se fundamental uma clara definição epistemológica que fundamente as análises específicas de cada área envolvida. O capítulo 2 (p. 23) apresenta uma reflexão sobre o ponto de convergência entre os diferentes enfoques desta Tese, qual seja o acesso ao conhecimento. É na Epistemologia que se sustenta toda a referência científica deste trabalho, tendo sempre como horizonte a utilização de ambientes informatizados e o ensino de Estruturas. No capítulo 3 (p. 49), é localizado o ensino de Estruturas, procurando indicar caminhos, no sentido de proporcionar uma melhoria nas relações de aprendizagem deste tema, com ênfase na utilização de ambientes informatizados. O capítulo 4 (p. 76) se encarrega de tratar da questão da avaliação da aprendizagem, no sentido de propor uma melhoria no processo ensino-aprendizagem, abordando o tema também como instrumento de reconhecimento institucional. Finalizando os fundamentos teóricos, o capítulo 5 (p. 91) apresenta considerações sobre ambientes virtuais de aprendizagens (AVA's), procurando estabelecer conexões entre o quadro teórico apresentado nos capítulos anteriores e as questões pertinentes à educação a distância.

Fundamentando-se nesse quadro teórico e na perspectiva de uma postura de entusiasmo

frente às possibilidades vislumbradas por recursos informáticos, parte-se para o desenvolvimento do GPA<sub>REDE</sub>.

O ambiente virtual para a avaliação da aprendizagem proposto é descrito no capítulo 6 (p. 101), onde são apresentados os recursos disponíveis bem como os softwares utilizados no desenvolvimento do ambiente. No capítulo 7 (p. 141), é abordada a primeira experiência investigativa, que teve como foco as questões de funcionalidade técnica. A seguir, no capítulo 8 (p. 150), é delineada a proposta de pesquisa, lançando o restante dos questionamentos que nortearam a realização da investigação final. No capítulo 9 (p. 152), descreve-se a realização da investigação final, e, no capítulo 10 (p.157), procura-se responder às perguntas norteadoras da pesquisa, que estão novamente apresentadas nos capítulos 1, 2, 7 e 8.

O capítulo 11 (p. 186) descreve as conclusões parciais e apresenta considerações finais da tese.

### 1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é proporcionar uma melhoria no processo de avaliação da aprendizagem no ensino de Estruturas numa proposta de EAD. Para isso, trabalha-se com os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um ambiente telemático para a avaliação da aprendizagem aplicado ao ensino de Engenharia Estrutural.
- Verificar o impacto da utilização desse ambiente na avaliação da aprendizagem a distância.
- Contribuir para uma melhoria efetiva na aprendizagem a partir da utilização do ambiente, situando-se num quadro epistemológico e tecnológico bem definido.

### 1.4 Metodologia

A linha metodológica deste trabalho baseia-se na concepção, no desenvolvimento e na testagem e avaliação de um experimento-piloto realizado na plataforma do GPA<sub>REDE</sub> – o ambiente telemático objeto desta investigação. Como produto final, propõe-se um sistema de avaliação da aprendizagem para ser utilizado numa intervenção didático-pedagógica a distância. Foi, para isso, fundamental uma coleta de dados junto aos alunos que acessaram o

sistema, para obter os dados necessários para elaboração de conclusões. Ao longo do texto da tese são feitas perguntas norteadoras que subsidiaram as investigações realizadas, permitindo criar categorias de análise para delimitar as reflexões realizadas.

## 2. UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA E TECNOLÓGICA DA ENGENHARIA ESTRUTURAL

Etimologicamente, Epistemologia significa discurso (logos) sobre a ciência (episteme) (LISINGEN et al, 1999). Piaget (1980, p.20) atribui à Epistemologia a fonte mais fecunda da filosofia, argumentando que as renovações epistemológicas ocorrem devido à reflexão sobre as ciências. Numa conceituação simplificada e ao mesmo tempo abrangente, esse autor define Epistemologia como o “estudo da passagem dos estados de menor conhecimento aos estados de conhecimento mais avançado.” Segundo Japiassu (1993 apud LISINGEN et al, 1999, p. 52), pode-se considerar a Epistemologia como “[...] o estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, da sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais”. Segundo Lisingen et al (1999), situar o lugar do conhecimento científico, estabelecer os seus limites e definir a natureza da ciência também são atribuições da Epistemologia. Ciência, conhecimento e saber se inter-relacionam e se completam no âmbito da conceituação em questão. Não se tem como objetivo esgotar e muito menos sacramentar visões sobre temas tão dinâmicos e tão importantes para o desenvolvimento de uma sociedade. O que se busca no âmbito desta Tese é definir uma estratégia de avaliação, que implica um método pedagógico<sup>3</sup>, inerente a qualquer ato educativo. Segundo Becker (1999, p.179), “[...] é necessário incluir as contribuições da Epistemologia, especialmente da Epistemologia Genética, na compreensão do ato educativo.” Indo mais além, ele enfatiza que o conhecimento constitui a matéria-prima do fazer do professor. Nesse sentido, torna-se fundamental uma abordagem epistemológica.

### 2.1 O Construtivismo e a Epistemologia Genética

Uma das principais referências teóricas deste trabalho é a Epistemologia Genética, cujas origens estão em Piaget. Como biólogo e com uma forte abordagem psicológica, ele foi um marco no quadro teórico sobre questões cognitivas, especialmente por representar um novo

---

<sup>3</sup> No capítulo 4 justifica-se teoricamente a relação intrínseca entre avaliação e aprendizagem, o que justifica a definição de um método pedagógico ao se conceber uma estratégia de avaliação. Cabe ressaltar desde já que a Epistemologia Genética e o Construtivismo não constituem um método pedagógico. Segundo Franco (1997, p. 15), o Construtivismo deve “[...] ajudar o professor a entender a realidade do seu aluno, e a partir desse entendimento ele passa a criar modos (métodos e técnicas) de agir em sala de aula” .

paradigma de acesso ao conhecimento. Segundo a análise histórica (GADOTTI, 1993), a teoria de Piaget insere-se no pensamento pedagógico da Escola Nova, que surge como um movimento de renovação frente ao paradigma sociológico vigente. Deixando de majorar aspectos sociais nas questões de acesso ao conhecimento, polarizados pelo movimento elitista burguês (positivismo) e pelo movimento popular socialista (marxismo), essa renovação expressava-se como um resgate da pedagogia de Rousseau<sup>4</sup>, valorizando a autoformação e a atividade espontânea da criança. Passa a enfocar aspectos epistemológicos e psicológicos. Franco (1999) alerta que esse movimento de aproximação com a psicologia da Escola Nova nem sempre foi fiel ao ideal de Rosseau. Se isso ocorreu nas idéias aprioristas<sup>5</sup> que centravam a aprendizagem no aluno, o mesmo não se pode dizer sobre a teoria comportamentalista de Skinner, um psicólogo que construiu sua teoria baseada no condicionamento e no controle do corpo e da mente. Sua teoria ficou conhecida como a Psicologia Behaviorista, inserida na abordagem epistemológica empirista<sup>6</sup>, que se apóia na visão aristotélica de que o conhecimento provém dos objetos (NITZKE, 2002).

Piaget, que construiu sua teoria numa constante divergência em relação ao Empirismo e ao Apriorismo, propôs uma epistemologia que recorre à gênese dos processos cognitivos, procurando entender o adulto estudando a criança. Segundo Piaget (1990, p.7), “[...] a vantagem de um estudo do desenvolvimento dos conhecimentos que remonta às suas raízes

---

<sup>4</sup> O maior expoente do pensamento pedagógico iluminista, que surge como expressão do apego à racionalidade e da luta pela liberdade individual. Pela primeira vez na história da educação, aborda-se o tema da infância. Foi a partir de Rosseau que a criança deixa de ser considerada como um adulto em miniatura. Segundo Gadotti (1993, p. 87-88), a criança “[...] vive em um mundo próprio que é preciso compreender; o educador para educar deve fazer-se educando de seu educando; a criança nasce boa, o adulto, com sua falsa concepção de vida, é que perverte a criança”.

<sup>5</sup> O apriorismo tem suas origens em Darwin e Galton (NITZKE, 2002), que acreditavam na hereditariedade da inteligência a exemplo de outras características pessoais. O conhecimento já está determinado *a priori* na bagagem genética do indivíduo. Os famosos testes de QI pertencem a essa concepção epistemológica. Segundo Becker (1999), o inatismo [apriorismo] usou as aptidões, a prontidão e os coeficientes de inteligência para justificar seu fracasso pedagógico.

<sup>6</sup> O Empirismo baseia-se na transmissão do conhecimento. Paulo Freire (1998) classifica esta prática pedagógica como educação bancária, a partir da qual o conhecimento é “depositado” na cabeça dos alunos, a qual funciona como uma espécie de tábua rasa que vai recebendo a informação de forma transmissiva. Becker (1999) alerta para a visão essencialmente comportamentalista dessa concepção, argumentando que Skinner, um dos maiores teóricos do Empirismo, acreditava que o homem não é um ser autônomo, podendo ser controlado pelo ambiente a partir de um comportamento passivo.

consiste em fornecer uma resposta à questão mal resolvida da direção dos processos cognitivos iniciais”. Segundo ele, se não houver esse recurso investigativo à gênese, não restará outra alternativa “senão indagar se toda informação cognitiva emana dos objetos, informando de fora o sujeito, conforme supunha o Empirismo tradicional, ou se, pelo contrário, o sujeito está desde o início munido de estruturas endógenas que importará aos objetos, segundo as diversas variedades de Apriorismo ou de Inatismo.” (PIAGET, 1990, p.7). O alcance pedagógico da teoria piagetiana é significativo, justamente devido ao seu conteúdo epistemológico (GRAVINA, 2001).

Esse recurso à gênese é minuciosamente descrito nos quatro estágios cognitivos propostos por Piaget, quais sejam o sensório-motor, o pré-operatório, o operatório-concreto e o operatório-formal.

O estágio **sensório-motor** ocorre antes da aquisição da linguagem. Nesse estágio todo ato de inteligência refere-se a ações isoladas, não coordenadas entre si. Ocorre uma indiferenciação entre sujeito e objeto.

No estágio **pré-operatório**, formam-se as funções simbólicas e a criança adquire a linguagem. Torna-se possível reconstruir o passado, planejar o futuro e pensar sobre objetos que não estão presentes. Nesse estágio, ocorre a passagem da ação à operação a partir de uma descentração fundamental no indivíduo, que possibilitará o agrupamento operatório. A operação se constitui quando as ações são ajustáveis umas às outras, até que se pode “compô-las em sistemas gerais aplicáveis a todas as transformações.” (PIAGET, 1973, p. 105). Operar então significa coordenar as ações e transformá-las por meio da representação simbólica. Nesse estágio, ainda não se tem as noções de conservação e reversibilidade, fundamentais para a estruturação definitiva das operações. Entende-se que a operação se constitui a partir da reversibilidade e da conservabilidade da ação, que se estabelece a partir de funções constituídas. Por exemplo, ao seriar uma dezena de varetas, inicia-se comparando-se por pares (uma grande e uma pequena) ou por trios (uma pequena, uma média e uma grande), sem coordená-las numa série única. Ao se constituir a operação, o sujeito reconhece que uma vareta A, menor que uma vareta B, também será menor que todas as varetas maiores que B. Ocorrerá assim a antecipação e a retroação simultâneas, caracterizando a reversibilidade do sistema (Piaget, 1990).

Estruturam-se as operações e compreendem-se os conceitos de reversibilidade, conservação e transitividade. Constrói-se o número a partir da classificação e da seriação. Alcança-se o estágio **operatório-concreto**.

No estágio **operatório formal**, as operações libertam-se do contexto temporal e psicológico das ações isoladas do sujeito, que se torna capaz de operar não apenas sobre objetos, mas operar sobre operações<sup>7</sup>, baseando-se em hipóteses e proposições. Segundo Piaget (1990, p. 45), “o conhecimento supera o próprio real para inserir-se no possível e ligar diretamente o possível ao necessário sem a mediação indispensável do conceito”. Os conceitos de densidade (peso e volume), tensão (força e área) e trabalho (força e distância percorrida) pertencem a esse estágio, pois são relações de segundo grau.

Conforme Nitzke (2002), mesmo em nível universitário os estudantes podem não ser capazes de realizar o pensamento formal em determinados campos de atuação. Passa-se a maior parte do tempo executando-se atividades que recorrem ao pensamento operatório-concreto. Dirigir, abrir a caixa de correio eletrônico e assistir TV são exemplos de atividades operatório-concretas. Não há elaboração de hipóteses nem a necessidade de se construir novas estruturas. O mesmo ocorre com o estudante de graduação. A grande tarefa do professor consiste em proporcionar momentos de aprendizagem que permitam o alcance a estágios cognitivos mais apurados.

Para mostrar como um adulto pode recorrer a um estágio anterior, utiliza-se um exemplo de Engenharia Estrutural. Sabe-se que o peso, resultante da ação da gravidade, é um dos conceitos físicos mais importantes desta área de conhecimento. Supõe-se então que não há mais atração gravitacional, o que torna necessário reconstruir conceitos previamente estabelecidos. O Equilíbrio (sentido físico) terá de ser compreendido num contexto completamente diferente, fazendo com que construções ocorridas no período sensório-motor percam o sentido. É claro que a forma de acesso do adulto é diferente, a começar porque ele já possui a linguagem; porém, a investigação genética e a compreensão gradual da construção do conhecimento são fundamentais para subsidiar a prática docente. Voltando ao exemplo da compreensão da atração gravitacional, o professor precisa conhecer os diferentes estágios de construção desse conceito, para poder interferir com mais propriedade no aprendizado do estudante. Precisa entender como os primeiros atos de inteligência ocorreram e quais foram os primeiros esquemas<sup>8</sup> que desencadearam a construção do referido conceito.

---

<sup>7</sup> Operar sobre operações: Piaget (1990) também define como relações de segundo grau, ou seja, relações de relações. Cita como exemplo as relações entre o peso ou uma força e as grandezas espaciais. Ambas são relações, mas a pressão, por exemplo, que relaciona força com superfície, é uma relação de segundo grau.

<sup>8</sup> Piaget chama de esquemas a forma como o indivíduo estrutura suas ações e suas representações ao entrar em contato com o meio. A partir dos esquemas, é possível interpretar e dar significado ao meio. A compreensão dos esquemas depende do processo de adaptação, que é detalhado posteriormente neste capítulo.

Apesar da complexidade da questão, acredita-se ser possível construir uma base teórica que permita criar uma ferramenta pedagógica a serviço do processo avaliativo, que trate de questões como essas; que tal ferramenta leve em consideração o nível de desenvolvimento cognitivo e crie um ambiente propício à construção do pensamento formal, indispensável para o ensino de Estruturas<sup>9</sup>

## 2. 2 A criação de novidades: o cerne da Epistemologia Genética

O que precisa ser mais detalhado é a questão da construção de um novo conceito. Já que os mesmos não provêm dos objetos nem estão pré-determinados no sujeito, como eles são construídos? Quais as circunstâncias que levam o sujeito a passar de um conhecimento menos estruturado para um mais estruturado? Esse é um problema essencialmente epistemológico e está no cerne desta teoria.

Para se compreender a forma como se estabelece uma nova construção, no âmbito da Epistemologia Genética, é necessário inicialmente que se compreenda o processo de adaptação, composto pelos conceitos de assimilação e acomodação. Posteriormente será preciso abordar a noção da abstração reflexionante e da criação de novidades<sup>10</sup>.

O sujeito assimila quando modifica o objeto, transformando-o a partir dos seus esquemas. Por isso, Piaget (1982) considera a assimilação como um “ato de julgamento” do sujeito frente ao objeto.

---

<sup>9</sup> No capítulo 3, será detalhado o Ensino de Estruturas e sua interface com o quadro teórico proposto neste capítulo.

<sup>10</sup> Piaget(1990) aborda o Construtivismo e a criação de novidades sob a perspectiva genética, tratando inclusive dos aspectos biológicos envolvidos na construção de conhecimentos novos.

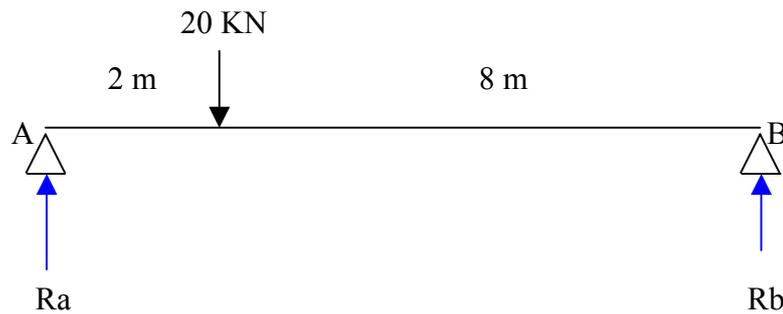


Figura 2– Modelo de uma viga simplesmente apoiada

O que representaria o modelo da Figura 2 para um sujeito que não seja estudante de Engenharia ? Quais seriam os esquemas mentais de representação que ele usaria para modificar o objeto ? Para sujeitos da área da Engenharia, costuma-se entender a figura como um modelo matemático de uma viga, com dois apoios que restringem apenas as translações horizontais e verticais (os apoios permitem que ocorra o giro).  $R_a$  e  $R_b$  representam as reações dos apoios A e B sobre a viga, que reagem à carga de 20 kN. Foi apresentado esse modelo a pessoas com diferentes formações, conforme descrito a seguir.

- Uma estudante de Licenciatura em Artes Plásticas

Ao ser indagada sobre o que representa o modelo, a estudante responde:

$R_a$  – Uma fórmula matemática [...] a representação de um cálculo ou de um espaço, um segmento de reta.

Perguntou-se então o que seriam os símbolos ali representados:

$R_a$  – 2 metros e 8 metros são as dimensões [...] Se fosse kg ao invés de kN seria o peso do segmento de reta.

- Um professor de Administração de Empresas

$R_u$  – Estou procurando uma lógica [...] uma fórmula matemática, um esquema, um modelo.

O professor considerou que as flechas representam indicações de entrada de dados, que seriam então processados dentro do segmento AB.

Perguntei então se não haveria uma saída de dados, já que, pela forma como ele assimilou, só há flecha de entrada. Ele respondeu que o processamento resolve a relação entre A e B.

A partir desses simples exemplos, pode-se identificar como os sujeitos assimilaram o objeto de uma forma diferente em função das suas estruturas internas de representação. A estudante de Artes Plásticas deu ênfase para a representação espacial, enquanto para o

professor de Administração o mais importante foi a compreensão de um sistema com uma entrada de dados definida e uma região de processamento.

Ao mesmo tempo em que o objeto é assimilado, o sujeito modifica sua organização, **acomodando-se**. A acomodação é ao mesmo tempo causa e consequência da assimilação, e é esse um dos grandes pilares da teoria piagetiana. Enquanto os aprioristas defendiam que o conhecimento inicia no sujeito e os empiristas no objeto, Piaget sustentou que o conhecimento se inicia na ação, no contato com o objeto, não sendo completamente independente deste. Conforme Piaget (1982), o objeto não é um dado, mas o resultado de uma construção.

Voltando ao exemplo inicial, a estudante precisou modificar seus esquemas, especialmente quando indagada sobre o que seriam as letras e números indicados no modelo. Deixou de considerar como uma fórmula matemática e passou a justificar a hipótese de ser a representação de um espaço. Ocorreu a acomodação dos seus esquemas simultaneamente à assimilação anteriormente descrita. O professor, que desde o início disse que estava procurando uma lógica, acomodou-se diante da compreensão descrita acima. Este é um exemplo da **adaptação**, em que o objeto foi efetivamente construído pelo sujeito, representando algo bem diferente do que uma viga simplesmente apoiada, que seria o entendimento de um estudante de Engenharia.

O processo de adaptação está no cerne da conhecida noção de equilíbrio, que propõe o desenvolvimento cognitivo baseado num processo de auto-regulação. Não é uma sucessão de fatos agrupados de forma linear que vai desencadear a construção do conhecimento, e sim um constante restabelecimento do equilíbrio via processo de adaptação, ocorrendo a reorganização dos organismos num estágio de desenvolvimento ulterior. Segundo Luz (1994), a equilíbrio constitui-se num processo que se estabelece, e não num estado que se alcança. A auto-regulação é abordada por Capra (1997, p.274) quando se refere ao princípio básico de auto-organização da natureza. Segundo ele, “[...] em cada nível de complexidade encontramos sistemas integrados, todos auto-organizadores, que consistem em partes menores e, ao mesmo tempo, atuam como partes de totalidade menores”.

Conforme Franco (1999), a teoria da abstração reflexionante<sup>11</sup> integra e supera a equilíbrio, explicando como se dá o processo de desenvolvimento cognitivo. Enquanto a

---

<sup>11</sup> Nessa conceituação inclui-se a abstração empírica, que será descrita a seguir. Piaget também abordou a abstração pseudo-empírica, como um caso particular da abstração reflexionante, um estágio intermediário entre esta e a abstração empírica. Seria quando propriedades não-observáveis são extraídas do objeto, mas os objetos

abstração empírica permite que o sujeito se aproprie dos conhecimentos físicos dos objetos, a abstração reflexionante dá-se pela coordenação de ações sobre os objetos. A primeira não gera a construção de novas estruturas nem proporciona a auto-regulação; é a segunda que leva o sujeito à elaboração do pensamento formal. Piaget (1980, v. 2, p. 462) exemplifica a partir dos conhecimentos físicos e dos conhecimentos matemáticos. “Os conhecimentos físicos elementares são tirados do objeto por abstrações simples [empírica]”, e “as estruturas lógico-matemáticas elementares são pelo contrário tiradas das ações do sujeito sobre o objeto, o que não é de nenhum modo idêntico, e a abstração em causa é reflexionante”. A criança descobre o peso dos objetos ao agir sobre eles, tirando essa noção dos próprios objetos. Conforme Piaget (1980, v. 1, p. 89), “a ação de pesar não introduz o peso nos objetos mas leva a descobri-los neles”. A descoberta da soma de uma coleção (conhecimento lógico-matemático/ abstração reflexionante) dá-se na ação sobre os objetos, introduzindo neles propriedades que não teriam por si mesmos.

Não fugindo à regra do paradigma auto-regulador proposto por Piaget, diferindo por completo da abordagem linear, a abstração reflexionante também precisa ser compreendida como um processo dinâmico e integrador. Franco (1999) refere a teoria de Piaget como simultânea e provisória; é a partir dessas noções que a abstração reflexionante precisa ser entendida. Simultânea por considerar o patamar inferior e superior<sup>12</sup> ao mesmo tempo; e provisória, por prever patamares infinitamente superiores, sempre como constituição de relações sobre relações.

Para exemplificar o processo de abstração reflexionante, utiliza-se a compreensão da deformação, da Lei de Hooke<sup>13</sup> e da Mecânica da Fratura. São conceitos fundamentais para a Engenharia Estrutural e que podem perfeitamente ser compreendidos segundo a perspectiva epistemológica proposta nesta tese. Piaget (1990, p. 86-87) aborda o conceito de deformação

---

ainda são necessários. Gravina (2001) situa a abstração pseudo-empírica no estágio operatório-concreto, entre a empírica (estágio pré-operatório) e a reflexionante (operatório formal).

<sup>12</sup> Piaget utiliza essa terminologia para diferenciar diferentes estágios do desenvolvimento cognitivo. Convém sempre lembrar que esse crescimento não ocorre via desenvolvimento linear, e sim por um construtivismo dialético (FRANCO, 1999)

<sup>13</sup> Robert Hooke (1635-1703) nasceu em Freshwater, Ilha de Wight, Inglaterra. Trabalhou com ótica, movimento harmônico simples e tensões em cordas tracionadas. Ficou conhecido internacionalmente pelo seu livro *Micrografia*, que apresenta imagens de objetos vistos por um microscópio desenvolvido por ele. Sua maior contribuição para a Resistência dos Materiais foi a Lei da Deformação Elástica dos Materiais, conhecida como a Lei de Hooke. Esta lei é explicada na página seguinte.

citando uma pesquisa sobre a distributividade no estiramento de um elástico. O sujeito inicia a raciocinar em termos aditivos, imaginando que o alongamento ocorre apenas na extremidade, sendo independente do tamanho do elástico. A partir da experiência, ele constata que, quanto maior for o elástico, maior é o alongamento. A fase seguinte inicia com a compreensão da proporcionalidade, “[...] mas é essencial notar que esta não resulta sem mais nem menos das experiências: ela constitui o instrumento de assimilação necessário para a leitura dessas últimas”. Se foi a experiência que provocou a construção<sup>14</sup>, “[...] foi necessário, para efetuar-la, a atividade do sujeito”. Foi na experiência com diferentes elásticos que se constituiu a proporcionalidade, a partir de ações coordenadas, por abstração reflexionante. Na última fase, ocorre a explicação do estiramento “por uma transmissão distributiva e, portanto, homogênea da força.” Cada nova fase integra e supera a anterior, e surge como condição necessária ao estabelecimento de um novo equilíbrio.

A Lei de Hooke constitui a fase que integra a tensão com a deformação. A deformação consiste numa razão entre a variação do comprimento de uma barra e o seu comprimento inicial, e a tensão uma razão entre a força aplicada e a área da seção transversal da barra. Hooke, a partir de seus experimentos, comprovou a relação de linearidade entre a tensão e a deformação. Quanto maior for o módulo de elasticidade da estrutura, maior será a inclinação da reta que representa graficamente a relação entre a tensão e a deformação. É pertinente lembrar que somente no século XVII se estabeleceu a relação entre tensão e deformação. Não foram os egípcios, com suas pirâmides, nem os gregos, a partir de Arquimedes e seus estudos sobre condições de equilíbrio e centro de gravidade dos corpos. Não foram também os romanos, com seus templos, arcos e fortificações. Isso mostra que a compreensão epistemológica da Lei de Hooke precisa ser tratada com bastante atenção nos cursos de Engenharia. Conforme descrito anteriormente, essa lei pertence ao estágio operatório-formal, pois constrói-se como relações sobre relações.

---

<sup>14</sup> Cabe ressaltar que as construções autônomas são provocadas, e não ditadas pela experiência.

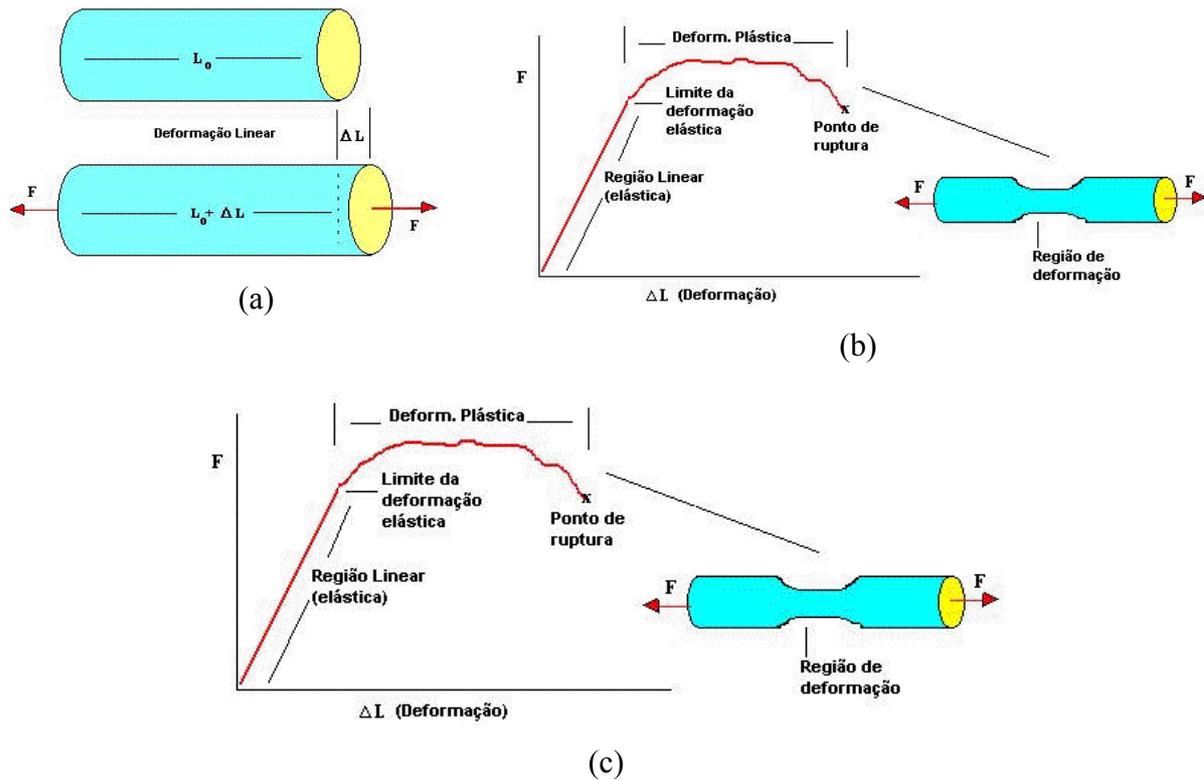


Figura 3– Lei de Hooke

Extraído de <http://www.labplan.ufsc.br/~Guilherme/hooke/deforma.htm>

A **Figura 3** apresenta o diagrama tensão-deformação de uma peça sujeita a um ensaio de tração. Hooke desenvolveu seus estudos na região elástica, onde há a proporcionalidade direta entre tensão e deformação referida anteriormente.

Gordon (1978) apresenta uma importante descrição histórica do estudo da Resistência dos Materiais, que converge com a seqüência proposta. Segundo ele, a teoria de Hooke começa a ser generalizada por Euler e Young<sup>15</sup> e, posteriormente, por Augustin Cauchy (1789-1857) que, num trabalho dirigido à Academia Francesa de Ciências em 1822, descreve os conceitos de tensão e deformação unitária. Novamente se alcança um patamar epistemológico superior<sup>16</sup>. Diferentemente de se considerar tensão e deformação como uma relação dissociada entre duas grandezas, agora precisa-se considerá-las como uma grandeza tensorial. Cada elemento

<sup>15</sup> Leonhard Euler (1707-1783) e Thomas Young (1773-1829): passaram a considerar a relação entre forças e deslocamentos em qualquer ponto da estrutura.

<sup>16</sup> Convém reforçar que o patamar alcançado não anula o anterior. As relações anteriormente descritas são verdadeiras. O que se tem agora é o que chamo de uma superação integrada.

infinitesimal de uma peça estrutural está então sujeito a um determinado estado de tensões, um conceito que agora se constitui de forma independente das relações anteriormente estabelecidas. Tanto as tensões como as deformações em diferentes direções podem ser mapeadas ao longo de uma peça.

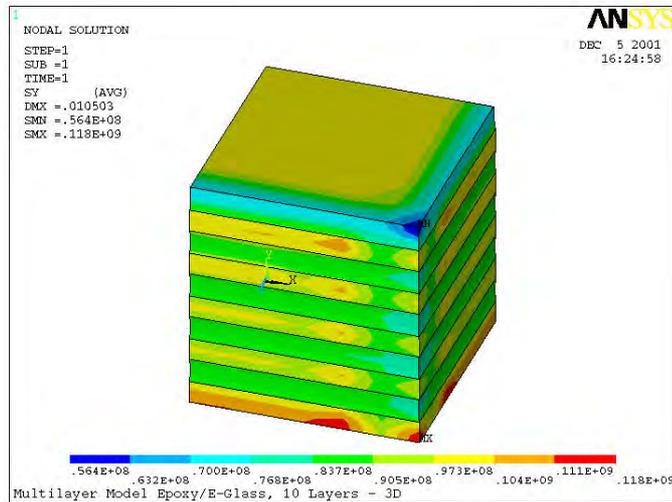


Figura 4– Distribuição de tensões na direção vertical

A Figura 4 apresenta o caso da distribuição de tensões na direção vertical. Enquanto Hooke trabalhava com barras submetidas a ensaio de tração, pode-se agora generalizar essa grandeza para qualquer ponto no interior da peça em qualquer direção.

Gordon segue descrevendo o contexto histórico do início da utilização da energia de deformação e da Mecânica da Fratura no cálculo de estruturas. Surge um novo conceito: a Energia de Deformação<sup>17</sup>. O produto entre tensão e deformação constitui a energia, que será um critério para se obter os limites de utilização de peças segundo a Mecânica da Fratura. Consegue-se agora monitorar a propagação de trincas a partir de um novo patamar epistemológico.

A criação de novidades foi a abordagem feita por Piaget nas suas últimas obras, apresentando importantes reflexões sobre a questão de um conhecimento novo. Ele cita o caso do primeiro lançamento de um satélite artificial. Seria a criatividade das ações humanas, em especial a técnica, uma novidade? Até que ponto as técnicas não estariam pré-determinadas? Ele diferencia “[...] uma combinação que se realiza fatalmente entre múltiplos fatores

<sup>17</sup> Gordon utiliza o exemplo dos amortecedores dos carros para exemplificar a importância da Energia de Deformação. São eles que permitem a transmissão suave de energia potencial em cinética através do armazenamento em energia de deformação durante o funcionamento de um veículo

pertencentes a um número considerável de séries heterogêneas (desde os dados astronômicos até a natureza do combustível)” (PIAGET, 1990, p.101), do caso em que se tem a idéia de procurar essa combinação. Segundo Piaget, é justamente a idéia que constitui o fator de novidade. Mesmo sendo o resultado da “[...] culminação de uma série de projetos anteriores [...] ”(p. 102), “[...] a combinação realizada resulta de escolhas e de relacionamentos não contidos naqueles”. Surgem novos objetos a partir de “[...] aproximações ativamente procuradas” (PIAGET, 1990, p.102). A compreensão dessas novidades passa pela constante superação de patamares inferiores em nível de complexidade, gerando um novo patamar, como consequência do primeiro e resultado de um desequilíbrio causado por uma atividade do sujeito. Nunca é demais insistir que esta Tese propõe uma abordagem epistemológica que não considera o conhecimento como algo pré-determinado nos objetos físicos. Também não estão esses conhecimentos pré-formados no sujeito, como se os objetos matemáticos<sup>18</sup>, por exemplo, existissem independentemente da sua construção. O que ocorre é o que Piaget denomina assimilação recíproca, em que a estrutura superior deriva da inferior através de transformações, sendo que a primeira enriquece a última, integrando-se a ela. No item seguinte, são apresentadas evoluções conceituais em Engenharia Estrutural, procurando mostrar como a assimilação recíproca ocorre em cada mudança de paradigma conceitual.

### 2.3 Epistemologia: uma abordagem histórica

O processo de criação de novidades citado anteriormente é contemplado por uma abordagem epistemológica que analisa a progressão histórica do conhecimento científico. Franco (1997, p. 17) propõe que se parta da Gnosiologia (conhecimento do conhecimento) na direção das “construções sistemáticas deste conhecimento feitas pelo homem: as ciências”. A definição de Epistemologia citada anteriormente<sup>19</sup> faz referência tanto a questões sobre conhecimento quanto à sua sistematização histórica expressa pela ciência. Acreditando ser a ciência a maior expressão do conhecimento construído sistematicamente pela humanidade em sua evolução (FRANCO, 1997), é pertinente a proposição de uma análise histórica da

---

<sup>18</sup> Piaget utilizou esse exemplo ao escrever sobre a interpretação platônica, segundo a qual, citando Russel, seria a partir da percepção que teríamos acesso às idéias eternas, que existem independentes de nós.

<sup>19</sup> “Em última análise seremos levados a definir a Epistemologia, em segunda aproximação, como o estudo da passagem dos estados de menor conhecimento aos estados de conhecimento mais avançado” (PIAGET, 1980, p.20).

evolução dos conceitos em Engenharia Estrutural para que se possa entender como o estudante realiza essa construção. Não se tem a pretensão de entender a evolução de todo o conhecimento relativo ao ensino de Estruturas; por isso, será feito um recorte dessa teoria, analisando apenas os conceitos utilizados para vencer grande vãos.

Conforme foi mencionado anteriormente, a Epistemologia pode ser vista a partir de dois prismas: como um processo de construção histórica do conhecimento e como uma (re)construção daquele conceito por parte do sujeito. Não é coincidência ocorrerem descobertas científicas semelhantes em locais distintos, cujos protagonistas simplesmente não se conheciam. Kuhn (2001, p. 92) refere-se à ciência normal<sup>20</sup> afirmando que “[...] uma novidade científica significativa emerge simultaneamente em vários laboratórios [...]”, sendo uma consequência da atividade tradicional da ciência. Ele cita o exemplo da descoberta do oxigênio, ocorrida por volta de 1770, sugerindo que pelo menos três sábios têm o direito de reivindicá-la. Afirma também que muitos cientistas desse período podem ter produzido o oxigênio nos seus experimentos sem o saberem. O que ocorreu foi uma nova construção a partir de estruturas anteriormente construídas pela comunidade científica. Ambos partiram da mesma base e dos mesmos conceitos, fato que foi determinante na semelhança da descoberta. Este é o Construtivismo e a criação de novidades, que foi detalhado no item 2.2, cuja noção fundamental é que a Epistemologia jamais pode esquecer que a percepção humana sobre o universo está em constante evolução e revisão. O que ocorre é uma permanente criação de novidades, que recorre constantemente às origens dos processos cognitivos, justificando a denominação Epistemologia Genética (E. G.). Será feito então um breve estudo genético da Engenharia Estrutural enfocando os conceitos envolvidos na execução de pontes. Serão considerados os seguintes momentos históricos:

- Pré-história européia;
- Etrúria e Roma;
- Revolução Industrial;
- Primeiras pontes de concreto;
- O estado da arte.

---

<sup>20</sup> O autor analisa a estrutura das revoluções científicas e classifica como ciência normal toda atividade científica fundamentada no paradigma vigente. Em Estruturas, por exemplo, grande parte da pesquisa acadêmica realizada atualmente fundamenta-se no paradigma epistemológico do Método dos Elementos Finitos.

Apesar de muito se argumentar, de forma às vezes simplista, que a evolução desses conceitos deu-se a partir de tentativa e erro, convém explicitar alguns argumentos nesse sentido. Em primeiro lugar, poderia ser pertinente perguntar o que leva a escolher determinada tentativa. Piaget (1982) analisa minuciosamente essa questão, separando as tentativas em dois casos: dirigido e não-sistemático. No primeiro caso, tem-se uma estrutura anterior que irá nortear a definição da estratégia, enquanto no segundo parte-se para uma situação totalmente aleatória. Na verdade, pode-se dizer que, no contexto da necessidade de um novo paradigma, têm-se muitas vezes uma composição dessas duas situações. Certamente, quando se sentiu a necessidade de vencer vãos maiores, pôde-se perceber que os materiais teriam de resistir a esforços de tração, algo que pode ser observado na natureza. Ou seja, o fato de ter-se optado por materiais dessa natureza não foi algo essencialmente aleatório, e sim uma novidade sobre o quadro lógico-matemático e físico presente no paradigma anterior.

### 2.3.1 Pré-história Européia

Apesar das limitações tecnológicas presentes nesse período histórico, obras de Engenharia de grande porte já se realizavam, como a ponte “Tarr Steps”<sup>21</sup>, na Inglaterra.

---

<sup>21</sup> Extraído de <http://www.lmc.ep.usp.br/people/otavio/estruturas/pph.htm>, em 12 de abril de 2002

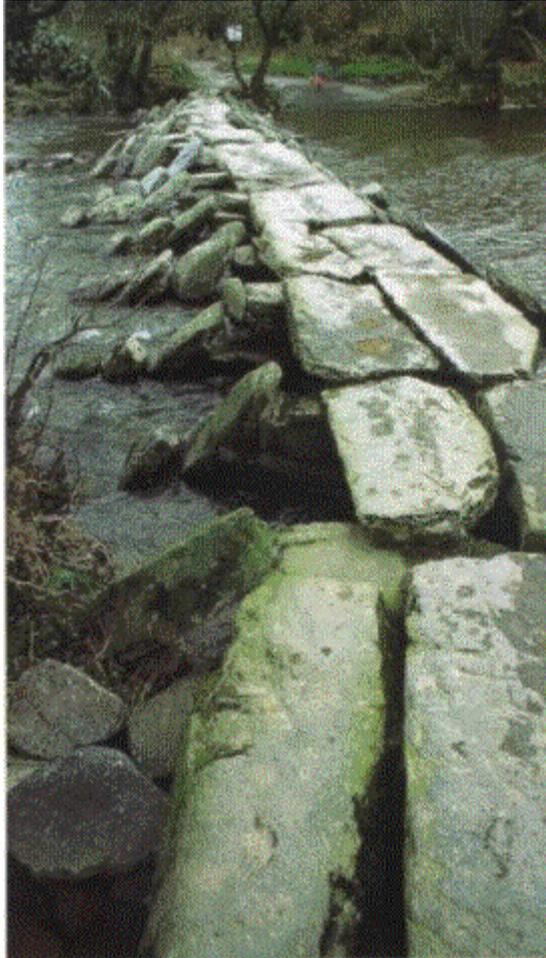


Figura 5- Ponte “Tarr Steps”, na Inglaterra.

No exemplo da Figura 5, observam-se como modelo vigas simplesmente apoiadas. O obstáculo epistemológico (DION & PACCA, 1998), caracterizado como resistências conceituais dos diferentes momentos históricos, consistia na compreensão de que os materiais resistiam apenas à compressão. Tal paradigma permaneceu ainda no período seguinte.

- Estrutura lógico-matemática e física

Não se tem um registro histórico do período de execução que permita inferir sobre as hipóteses e os cálculos utilizados na execução dessa ponte, mas pode-se supor que já representa uma superação de simplesmente colocar troncos de árvores sobre riachos. Supõe-se também que conceitos já verificáveis desde o estágio sensório-motor são aplicados com sucesso na constituição desse modelo.

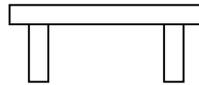


Figura 6– Noções iniciais de equilíbrio

A partir da foto da ponte (figura 5), pode-se inferir que foram considerados vários modelos (

Figura 6) colocados lado a lado. Estima-se então que foram utilizados esquemas construídos basicamente na ação direta sobre objetos.

### 2.3.2 Etrúria e Roma

A utilização de arcos foi empregada pelos etruscos com bastante propriedade. A grande novidade foi que os arcos permitiram a utilização de elementos que resistem somente à compressão, fazendo-se necessária a compreensão do modelo presente. Tal sistema estrutural apresenta conceitos físicos facilmente observáveis, sendo que a compreensão lógico-matemática possibilita uma generalização para diferentes modelos reais.

- Estrutura lógico-matemática e física

Inicia-se com a compreensão do modelo físico:



Figura 7– Modelo teórico dos arcos

Se o arco é parabólico e a carga é distribuída, conforme Figura 7, demonstra-se que o momento fletor será nulo, pois o momento gerado pelas reações horizontais será exatamente o mesmo gerado pela carga distribuída, porém como sinal contrário. Dessa forma não se tem também esforço cortante. Isso ocorre sempre que a geometria do estrutura for a mesma que a

geometria do diagrama de momento fletor. Segundo Timoshenko (1953), os romanos utilizavam usualmente arcos semicirculares, o que mostra que ainda não dominavam a construção matemática descrita acima. Tal construção se obtém, conforme foi descrito anteriormente, por abstração reflexionante. Os romanos e os etrúrios provavelmente edificaram seus arcos, baseando-se em observações retiradas diretamente dos objetos, por abstração empírica. A comparação entre arcos semicirculares e arcos parabólicos representa um rico exemplo para a compreensão desse momento histórico. Enquanto nos primeiros a existência de forças horizontais não elimina o momento fletor ao longo do elemento, no arco parabólico eliminam-se totalmente essas solicitações. Maior ainda será a importância desse exemplo quando se passa a verificar em obras civis atuais a presença de arcos parabólicos.

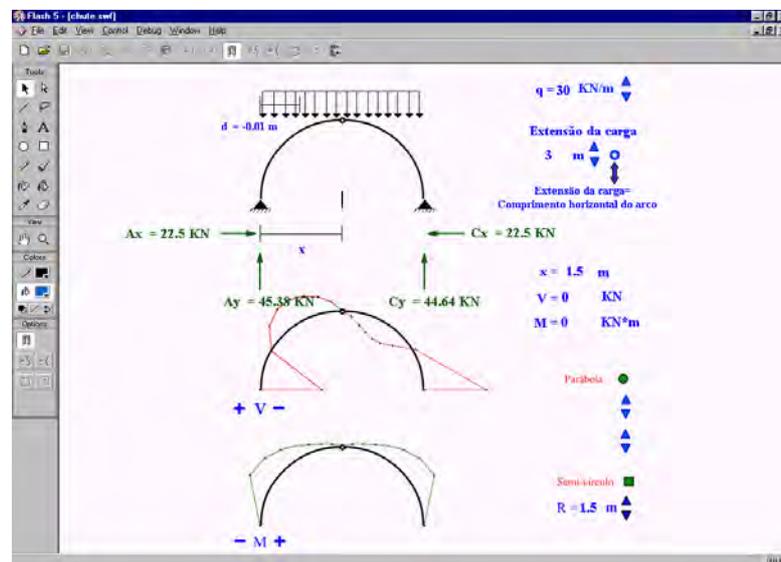


Figura 8 - Arco semicircular

Na **Figura 8** pode-se verificar os diagramas de esforço cortante e momento fletor de um arco semicircular submetido a uma carga distribuída em toda a extensão do arco. Se simplesmente for alterada a geometria desse arco, sem alterar os demais dados do problema, eliminam-se os momentos e esforços de corte, conforme pode-se verificar na **Figura 9**.

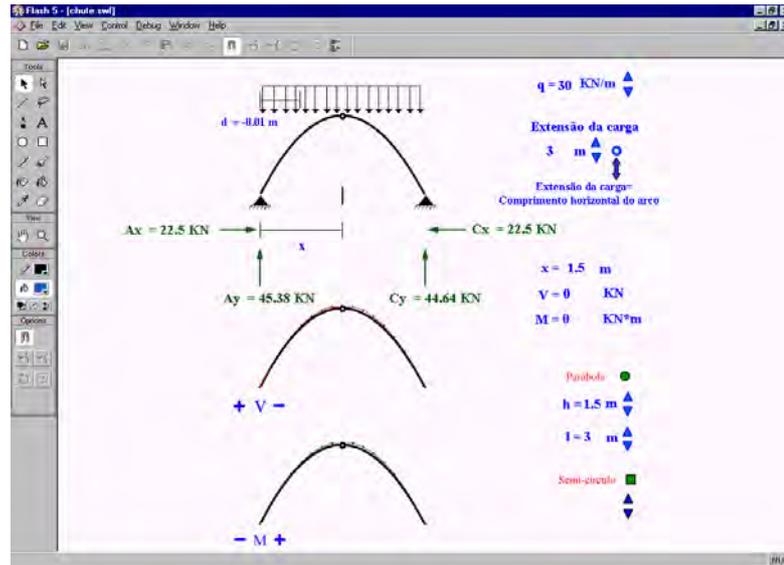


Figura 9 - Arco parabólico

Cabe ressaltar que essa eliminação ocorreu em função de a carga estar distribuída em toda a extensão da viga. Caso o carregamento não esteja distribuído em todo o arco, haverá esforço cortante e momento fletor também no arco parabólico, conforme se verifica na Figura 10.

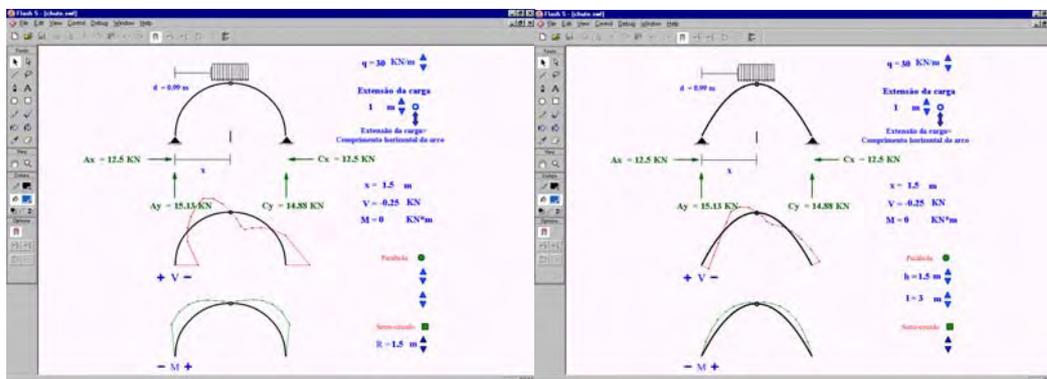


Figura 10 - Comparação entre arcos

Para que se compreenda a análise em questão, torna-se pertinente iniciar com arcos triangulares ou trapezoidais, pois a formulação matemática é menos complexa. A utilização de animações representa um importante recurso para a compreensão desses conceitos, pois permitirá ao aluno fazer conjecturas a partir dos modelos apresentados. Quando forem analisadas as investigações realizadas em capítulos posteriores, aparecerão alguns depoimentos de alunos que reforçam a importância da utilização de animações. Na Figura 11 (p. 41) apresenta-se um arco trapezoidal sujeito a duas cargas concentradas com os

respectivos diagramas de esforço cortante e momento fletor.

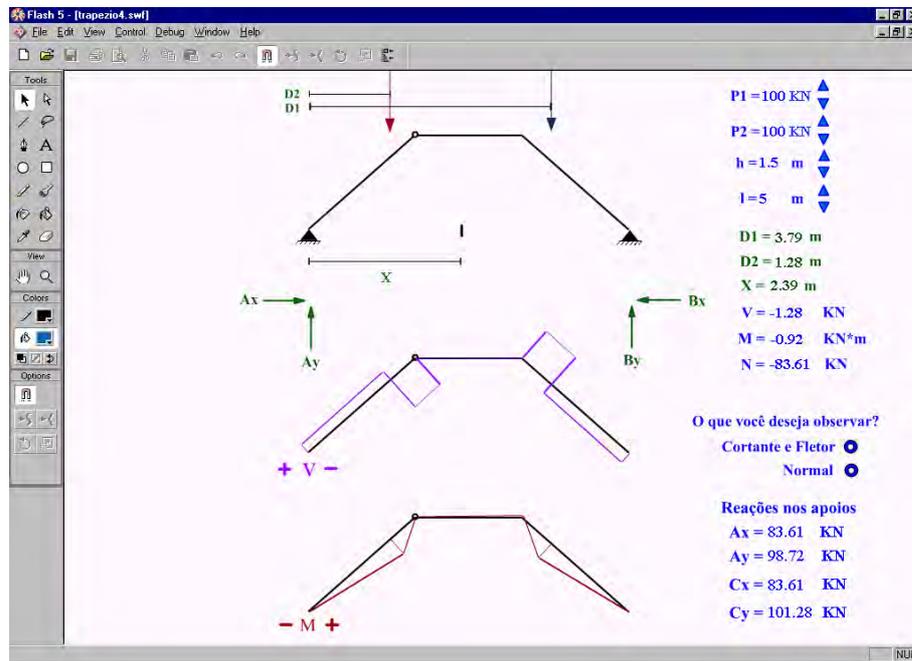


Figura 11 - Arco trapezoidal com diagramas não-nulos

Para que não haja esforço cortante e momento fletor, é necessário que as cargas estejam aplicadas nos nós, o que caracterizaria um diagrama de momento fletor trapezoidal para o caso de uma viga reta. Tal diagrama tem a mesma geometria do arco trapezoidal da Figura 12.

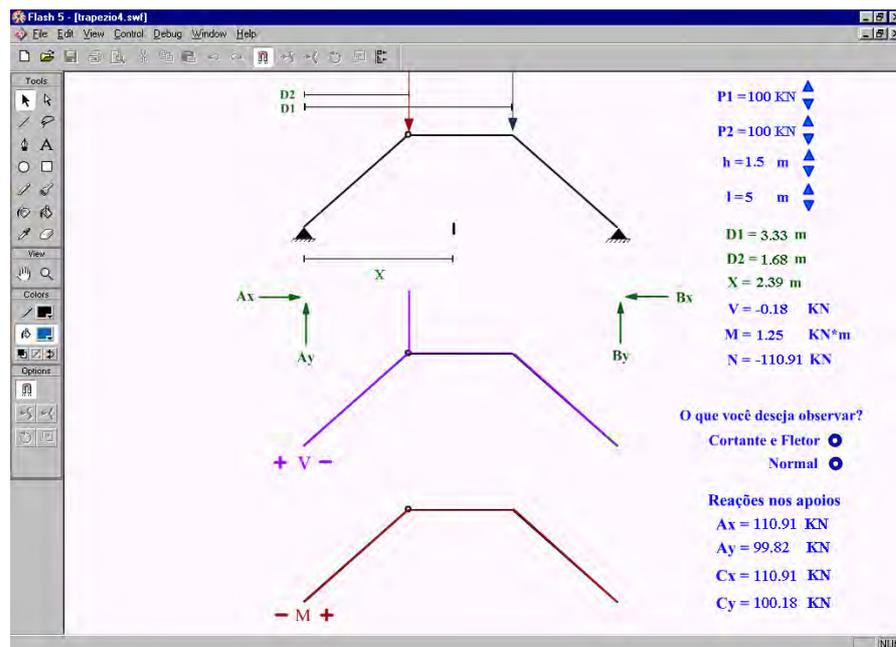


Figura 12 - Arco trapezoidal com diagramas nulos

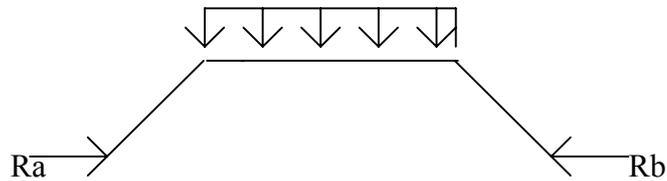


Figura 13 – Modelo matemático de um arco

Voltando ao momento histórico dos etruscos e dos romanos, a noção de que as reações horizontais  $R_a$  e  $R_b$  (Figura 13) contribuem para resistir à carga vertical aplicada sobre o modelo, pode ser obtida agindo diretamente sobre os mesmos, sem que seja necessária uma modelagem matemática. De qualquer forma, já se observa uma evolução considerável com relação ao período pré-histórico. Na Figura 14 está a ponte Du Gard, edificada no ano 18 a. C. Nessa época, Arquimedes já havia feito suas rigorosas provas sobre as condições de equilíbrio e o método de determinação do centro de gravidade dos corpos, o que mostra que já se tinha um claro domínio sobre os conhecimentos físicos dos modelos estruturais no que diz respeito a sua condição estática.

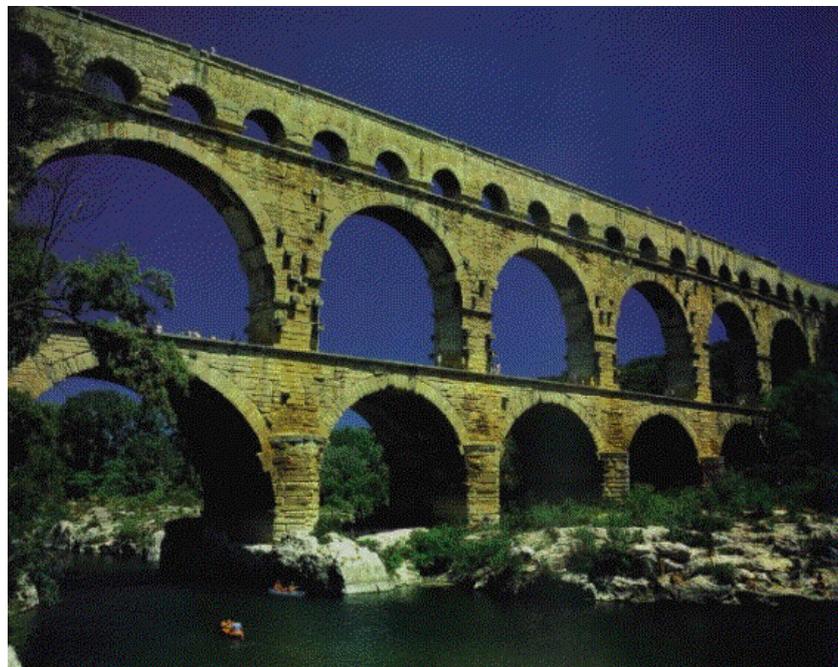


Figura 14– Pont Du Gard – França – 18 a. C.

Extraído de <http://www.lmc.ep.usp.br/people/otavio/estruturas/gard.htm>

### 2.3.3 Revolução Industrial

A partir desse momento histórico se tornou possível a utilização do ferro na edificação de pontes. Em 1779 foi edificada a Ponte de Coalbrookdale, sobre o rio Severn, na Inglaterra. Foi a primeira ponte de ferro de todos os tempos (<http://www.lmc.ep.usp.br/people/otavio/estruturas/coal.htm>), vencendo um vão de mais de 30 metros.



Figura 15 - Ponte de Coalbrookdale

Não se têm neste momento maiores alterações no quadro lógico-matemático. Na verdade, parte-se para a obtenção de novas estruturas ainda baseadas em sistemas de arcos, porém com a flexibilidade que o ferro fundido possibilita. A grande questão desse período consistiu em inovações nos sistemas de construção civil, que não é objeto desta análise. Além disso, envolveu uma mudança de paradigma cultural muito forte, o que se torna evidente quando se identifica essa edificação com a Revolução Industrial. Nessa época, a Resistência dos Materiais começava a se desprender dos problemas práticos e iniciava a utilização da matemática, especialmente do Cálculo Infinitesimal. Em 1729, Belidor (1697 – 1761) publicou o livro *La Science des Ingénieurs*, que passa a propor uma abordagem mais racional nos cálculos de vigas. Levava em considerações sistemas estruturais mais complicados do que as vigas propostas por Galileu Galilei. Ele considerava que era preciso considerar a complexidade das estruturas reais (Timoshenko, 1954).

Em 1798, Girard publicou o livro *Traité Analytique de la Résistance des Solides*, que analisa com mais propriedade a distribuição de tensões no interior de uma viga e a simultaneidade entre tração e compressão na mesma seção. A grande evolução epistemológica do período refere-se às formulações matemáticas. É o período em que a abstração reflexionante começa a se constituir historicamente no ensino de Estruturas.

#### 2.3.4 As Primeiras Pontes de Concreto – o Concreto Protendido

Nesse novo período, obtém-se uma efetiva contribuição nos modelos matemáticos. Está presente então uma nova estrutura cognitiva, sendo necessário compreender efeitos combinados de compressão e tração, a partir da solicitação de flexão. A compreensão da proporcionalidade precisará estar presente, pois um estudo mais aprofundado da Resistência dos Materiais se faz necessário.



Figura 16- Ponte de concreto protendido de Freyssinet

- Estrutura lógico-matemática e física

A flexão precisa ser compreendida a partir de uma modelagem lógico-matemática. Não basta mais compreender deslocamentos, e sim deformações, que precisam estar relacionadas

com o estudo das tensões, gerando o famoso diagrama tensão-deformação, que só é compreendido quando o conceito de proporcionalidade estiver efetivamente construído. A compreensão da deformação ocorre segundo a análise feita anteriormente sobre a deformação de um elástico. A generalização do comportamento para elásticos de diferentes tamanhos e diferentes materiais está no cerne da Resistência dos Materiais, e só é possível a partir de uma generalização do princípio multiplicativo: a proporcionalidade. No item 2.2 desta Tese, quando se aborda a Lei de Hooke, podem-se verificar aspectos relacionados com a construção do conceito de proporcionalidade, já que a Lei de Hooke é uma consequência desse conceito. Através do princípio aditivo, que consiste nos primeiros esquemas operatórios, o sujeito é capaz de reconhecer que quanto maior a força de tração de um elástico, maior será o alongamento. Posteriormente, o princípio multiplicativo permitirá o reconhecimento de que o alongamento será tanto maior quanto maior for o elástico, podendo-se concluir que um elástico com o dobro do tamanho terá um alongamento duas vezes maior. A proporcionalidade se estabelecerá quando se compreender que esse aumento proporcional entre alongamentos e comprimentos de elásticos leva o problema a uma mesma situação. Ou seja, os problemas apresentam elásticos com a mesma deformação, que consiste na razão entre o alongamento e o comprimento inicial do elástico. A proporcionalidade se torna mais complexa ao se estabelecer a relação entre a deformação e a tensão à qual está submetido o elástico. Alongar 10cm um elástico de 100 cm significa o mesmo que alongar 20cm um elástico de 200 cm, pois o alongamento representa 10% (deformação) do tamanho inicial. Para que se tenha uma deformação maior, precisa-se aplicar uma tensão maior. Tem-se então o regime elástico quando houver a proporcionalidade linear entre tensão e deformação. Caso seja aplicado o dobro da tensão, a deformação será de 20%, para aquele mesmo material.

### 2.3.5 O Método dos Elementos Finitos

Hoje tem-se uma nova abordagem epistemológica. Depois do surgimento do Método dos Elementos Finitos (MEF), novas questões e novas estruturas surgem. Buscam-se, atualmente, análises cada vez mais microscópicas, sendo mais importante deixar de considerar a estrutura como um único material. O MEF trata das leis matemáticas que discretizam as estruturas em elementos finitos e passa a analisar cada elemento dessa estrutura. Além disso, pode-se focar o comportamento de trincas, efeito do vento e outros efeitos de alta complexidade. Não costuma ser objeto de estudo de estudantes de graduação em Engenharia tal método; porém, convém tratar com os alunos os alcances dessa teoria, para situá-los no nível que uma análise estrutural pode comportar.

## 2.4 Tecnologia

A referência que se faz a transformações tecnológicas da era industrial raramente deixa de exaltar o papel que o engenheiro exerceu naquele contexto. Processos fabris e grandes empreendimentos de Engenharia realizaram-se nesse período. Todavia, vive-se agora numa nova era, em que a velocidade da informação passa a ser o grande diferencial. Alguns a chamam da era da informação. Como fica agora o papel do engenheiro ? Quais as conseqüências desse redimensionamento de tecnologias na formação do engenheiro ? Quais os novos paradigmas da ciência ?

À educação tecnológica têm sido associadas, na literatura, várias finalidades que, na sua essência, convergem para o desenvolvimento do indivíduo para uma atuação ativa e transformadora no mundo material. (SOUZA, 1999, p. 14).

Sim, torna-se necessária uma ação transformadora. Os recursos energéticos já se tornam escassos, o consumo de água começa a preocupar as nações, as relações de trabalho se modificam, os postos de trabalho diminuem, mas o sonho da realização de empreendimentos permanece nas cabeças dos jovens engenheiros. Considera-se que o engenheiro será o protagonista quando, efetivamente, estiver inserido nas discussões abrangentes sobre a tecnologia, incluindo suas causas, seus custos, seus benefícios, seus prejuízos e suas conseqüências. Não é raro que se encontrem posições antagônicas diante da tecnologia. Sancho (1998) contrapõe com muita propriedade essas duas visões, a partir do confronto entre os tecnófobos e os tecnófilos. Historicamente se tem observado esse comportamento. Ele lembra o filósofo grego Sócrates, que resistiu à tecnologia da escrita, argumentando que prejudicaria o desenvolvimento da inteligência, caracterizando uma postura tecnófoba. No início dos anos 70, constatou-se uma postura contrária ao emprego dos retroprojetores. Os mais idealistas acreditavam na possível substituição do professor por tal tecnologia. Ora, os recursos computacionais presentes no mundo contemporâneo podem perfeitamente ser contextualizados historicamente, fazendo com que se tenha que refletir filosoficamente sobre a tecnologia. É importante que não se perca o entusiasmo pelos avanços tecnológicos, pois somente acreditando e sendo protagonistas desses avanços é que se conseguirá estabelecer uma viabilidade prática de um projeto tecnológico. Todavia, é fundamental que não haja

ilusão com o senso comum que muitas vezes atribui à tecnologia a possível solução dos problemas de um país. Importar tecnologia sem levar em consideração a realidade local pode trazer sérios danos a uma nação e satisfazer apenas interesses comerciais em detrimento de interesses acadêmicos. Levy (1993) traz importantes contribuições sobre essa questão, referindo-se à tecnologia digital, apoiada num novo modelo de hierarquização de informações presente na Internet.

Guerra (2000) reflete sobre várias questões presentes, ao propor o uso do computador na educação, entre elas as seguintes: o cuidado com a possível amplificação de problemas existentes no ensino tradicional; a necessidade de se conhecer as limitações e as exigências de cada nova tecnologia proposta; a importância de se propor mudanças pedagógicas profundas na educação; nunca confiar cegamente na máquina; aproveitar o potencial da Internet para comunicação, colaboração e cooperação, ao invés de ser apenas um instrumento para recuperar informação e procurar integrar aspectos tecnológicos com humanos, dentro de uma perspectiva pedagógica inovadora. Burleson et al (2001) posicionam-se na direção de uma integração dos recursos multimídia com o currículo da Engenharia, especialmente por tais recursos estarem presentes no cotidiano das pessoas. Na perspectiva de uma proposta pedagógica adequada, torna-se fundamental uma interface via Internet bem projetada. No seu projeto, Chandra & Kumar (2001) consideraram três premissas: interface amigável, modularidade (distinção clara entre assimilação e disseminação das informações) e viabilidade técnica. Os recursos computacionais também podem viabilizar um trabalho colaborativo, a partir do compartilhamento de informações e ferramentas. Larson (2001) apresenta resultados de um projeto em que foram compartilhadas ferramentas para a construção de conceitos matemáticos. Ele descreve que não esperava que a simples iniciativa de produzir um texto interativo em multimídia fosse se transformar num ambiente colaborativo integrado, possibilitando um dinamismo com conseqüências pedagógicas positivas. No capítulo 5 (p. 91) será novamente tratado o tema da aprendizagem colaborativa, em especial a partir da utilização de recursos em multimídia.

O trabalho de Tese aqui apresentado propõe novas tecnologias para a educação a distância. Porém, é importante salientar que esse não é o principal objetivo. Considerando-se o contexto da Engenharia Estrutural, pretende-se responder, pelo menos em parte, às seguintes perguntas:

- Como o computador deve ser usado na educação a distância para que efetivamente se tenha uma melhoria na aprendizagem ?

- Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ?
- Como se pode gerar uma nova tecnologia educacional<sup>22</sup> a partir de recursos computacionais ?

---

<sup>22</sup> Considera-se a tecnologia educacional a partir das reflexões acerca da Educação Tecnológica proposta por Souza (1999). Ou seja, gerar uma nova tecnologia educacional significa pensar uma nova forma de inserir o indivíduo a partir de sua ação transformadora no mundo material. A Internet pode levar a uma nova tecnologia educacional, apoiando-se num novo modelo de hierarquização de informações (LEVY, 1993). Todavia, não será uma novidade se deixar de proporcionar uma nova forma de haver transformação a partir da participação ativa dos indivíduos.

### 3. ENSINO DE ESTRUTURAS

Quando se trabalha com conceitos estruturais nas faculdades de Engenharia, parece claro que se faz referência a projetos realizados a partir da intervenção do engenheiro, que, a partir de determinada finalidade, projeta os elementos estruturais de um empreendimento. Não se identificam grandes divergências entre os alunos quanto ao objetivo de se estudar tal assunto, consistindo num tema de relevância incontestável para o desenvolvimento da Engenharia. O que motiva efetivamente a realização desse trabalho é como se compreendem esses conceitos, muitas vezes com grandes possibilidades de se estabelecer relações intuitivas, embora com formulações físicas e matemáticas, por vezes complexas. Na literatura técnica, podem-se encontrar muitas obras que enfatizam o cálculo de estruturas, concentrando grande parte do trabalho na resolução de problemas propostos, sem fazer referência às variáveis que antecedem o cálculo.

Acredita-se que os aspectos da teoria construtivista apresentados no capítulo 2 podem contribuir para indicar alguns caminhos que levem os alunos a pensar em um problema de Engenharia desde o seu início. De que forma é possível mobilizar o conhecimento prévio do aluno, permitindo que sua intuição o ajude na resolução do problema, é um dos desafios aqui propostos. Será dada ênfase aos conceitos pertinentes à construção de diagramas em modelos estruturais e aos princípios básicos da Resistência dos Materiais<sup>23</sup>, procurando considerar um problema de Engenharia Estrutural não só a partir do método de resolução, mas que torne o aluno capaz de prever mudanças na solução, a partir da modificação dos parâmetros iniciais.

#### 3.1 O ensino de Engenharia Estrutural: um diálogo entre dois paradigmas

Segundo Brohn (1992), grande parte da análise e do processamento dos cálculos se faz hoje a partir de recursos computacionais, e isso gerou um novo paradigma para a Engenharia Estrutural. Ele diferencia e analisa o velho e o novo paradigma da Engenharia Estrutural. Enquanto o velho enfatiza questões quantitativas, numéricas e apoiadas em formulações complexas, o novo apoia-se em ferramentas qualitativas, sendo mais importante a compreensão dos princípios e do comportamento dos modelos estruturais. Essa diferenciação

---

<sup>23</sup> Não se tem a pretensão de propor uma nova abordagem para o Ensino de Estruturas como um todo. O principal objetivo é indicar caminhos em conceitos iniciais para que se desenvolvam trabalhos futuros envolvendo os demais conceitos de Engenharia Estrutural.

entre dois paradigmas apresenta convergências com a abordagem epistemológica apresentada no capítulo 2 (p.23), onde o Construtivismo é comparado com o Empirismo. Enquanto o primeiro propõe a mediação, a construção e o dinamismo, o segundo considera como premissas epistemológicas a transmissão do conhecimento e a estaticidade das relações pedagógicas. Pietro & Oliveira (2001, p.2-3) caracterizam o velho paradigma como o paradigma da produção massiva, caracterizado industrialmente por trabalhadores não habilitados, altas quantidades e produtos padronizados, identificando-se com a visão empirista. Esses autores comparam o sistema educacional do velho paradigma com uma linha de montagem, em que “o aluno é o produto que está sendo educado ou ‘montado’ e os professores são os ‘montadores do conhecimento do aluno’”. O conhecimento é fragmentado e colocado em ordem crescente de complexidade, cabendo ao aluno “assimilar esse conteúdo molecular, cada vez mais fracionado.” O resultado desse modelo é um aluno passivo, sem capacidade crítica e autonomia. No ensino de Estruturas, essa postura se reflete numa abordagem meramente quantitativa, analisando-se essencialmente através da Física e da Matemática sob a forma de equações. Em uma das entrevistas realizadas com professores de Estruturas<sup>24</sup>, foi afirmado que *os alunos têm mais dificuldades em conceitos que exigem formulações matemáticas mais complexas, tendo-se que abstrair da experiência*. A excessiva passividade dos alunos também foi mencionada. Um dos professores caracterizou os alunos como “re-ativos”, *cumprindo metas apenas para se livrar*. Capra (1982) faz referência a esse paradigma, descrevendo-o como o pensamento racional e analítico, gerando inclusive atitudes profundamente antiecológicas<sup>25</sup>.

O novo paradigma, referido por Brohn, com convergências em Capra (1982) e Pietro & Oliveira (2001), enfatiza questões qualitativas. É importante destacar que não se abandonam características quantitativas. O que Pietro & Oliveira propõem é uma abordagem inicial qualitativa, ocorrendo posteriormente o estudo quantitativo. Essa posição foi reforçada pela entrevista feita com um profissional de Estruturas, quando o mesmo disse que *na faculdade recebemos e aceitamos os modelos prontos, de forma que se torna fundamental construir o modelo físico-matemático a partir da realidade*. O que talvez tenha faltado é a abordagem

---

<sup>24</sup> Foram entrevistados professores da disciplina Mecânica Estrutural I da UFRGS e profissionais da área de Estruturas. A íntegra das mesmas está no APÊNDICE B.

<sup>25</sup> Ele utiliza como um dos exemplos de atitude antiecológica a monocultura na produção agrícola, baseada na utilização de produtos petroquímicos que interferem negativamente na saúde das pessoas e no ciclo ecológico do solo. O argumento que justifica esse processo é a produtividade, que se baseia no fato de que a natureza não precisa ser preservada, devendo atender incondicionalmente às necessidades humanas.

qualitativa inicial. Calcular os diagramas de momento fletor e esforço cortante de um modelo estrutural dado (vide Figura 17) não deixa de ser importante, porém o que se está propondo, baseado nas referências teóricas descritas acima, é que se inicie com uma compreensão intuitiva<sup>26</sup> do comportamento de uma estrutura.

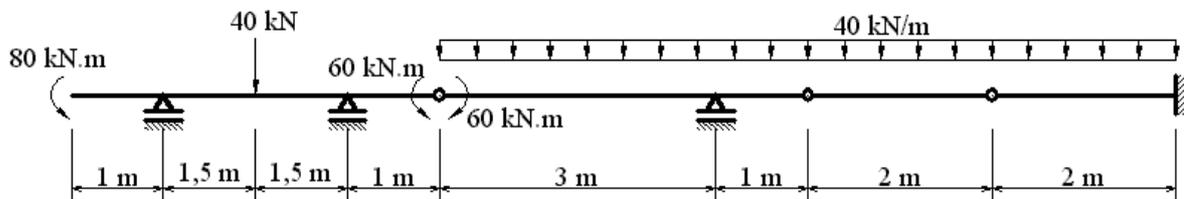


Figura 17– Modelo de uma viga

Morreau (1990) enumera algumas habilidades que indicam a compreensão do comportamento de uma estrutura: fazer a distinção entre estrutura e mecanismo e entre estabilidade e equilíbrio; identificar o caminho das cargas e quais estados de tensão elas geram e prever a forma deformada da estrutura; diagramas de esforço cortante e momento fletor. Essa compreensão pode se apoiar em estruturas do dia-a-dia, como o conjunto arco e flecha, um trampolim, um conjunto de caixas de fósforo empilhadas entre outras (Botelho, 1998). A distinção entre estruturas iso e hiperestáticas, exemplo apresentado em Jennings & Gilbert (1988), representa um conceito que pode ser perfeitamente construído na perspectiva da compreensão do comportamento da estrutura.

---

<sup>26</sup> Sabe-se da complexidade do conceito de intuição. No contexto deste trabalho, a intuição é compreendida a partir da teoria construtivista descrita no capítulo 2. Significa considerar o conhecimento prévio dos alunos e os seus modos de representação para compreender qualitativamente o comportamento estrutural numa abordagem inicial.

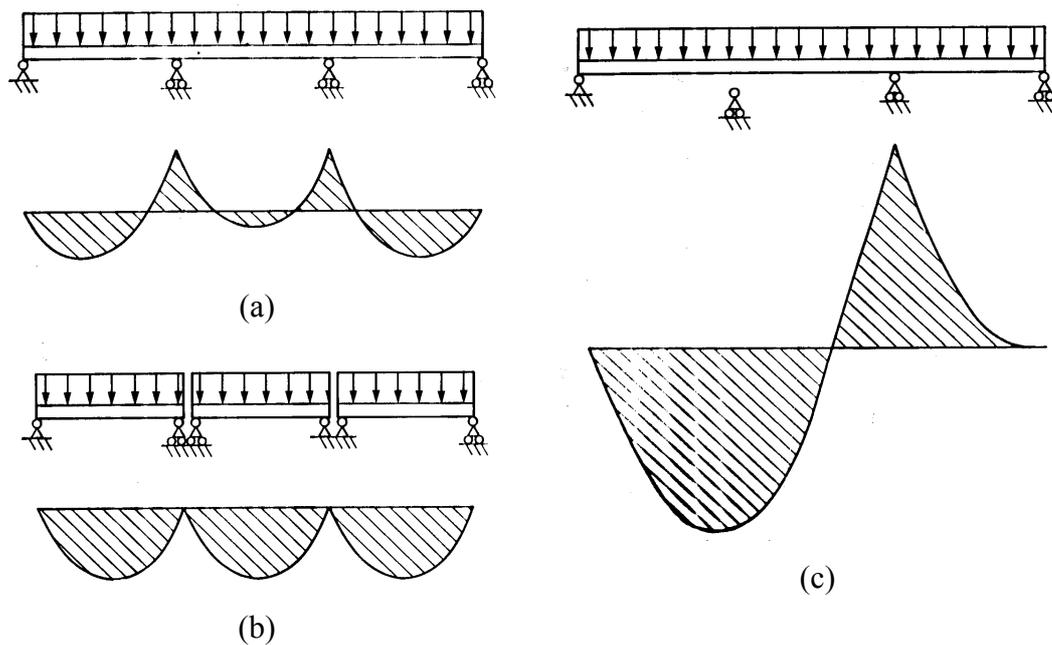


Figura 18 – Diagramas de momento fletor

- (a) Viga contínua hiperestática (b) 3 vigas simplesmente apoiadas exercendo a mesma função  
 (c) Viga contínua após o rompimento de um apoio  
 Fonte: Jennings & Gilbert (1988)

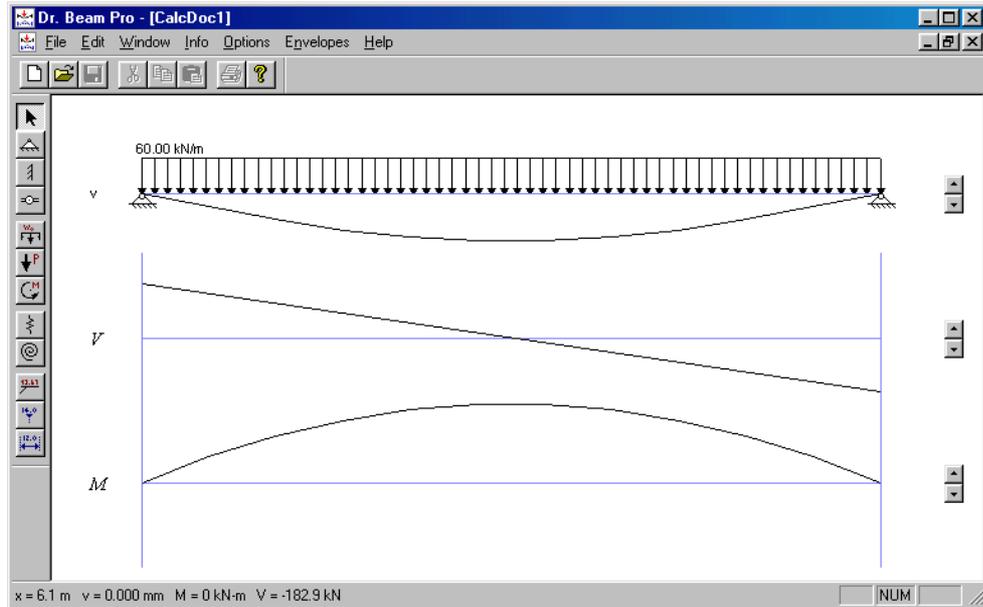
Segundo eles, os alunos diferenciam estruturas isostáticas de hiperestáticas a partir de seus diferentes métodos de resolução. Como as estruturas hiperestáticas apresentam mais apoios que o necessário, não podem ser resolvidas pelas tradicionais equações de equilíbrio<sup>27</sup>. Se essa diferença fosse a mais importante, não haveria mais motivo para o estudo das estruturas hiperestáticas, pois os métodos computacionais usualmente utilizados não fazem essa distinção de método de resolução. A diferença mais importante entre tais estruturas refere-se ao comportamento estrutural, e não à forma de resolução. As forças internas de uma estrutura hiperestática dependem de variações térmicas, da rigidez relativa de cada elemento e da não-linearidade no comportamento do material. Comparar os modelos (a) e (b) da **Figura 18** pode contribuir para a compreensão do comportamento estrutural de cada caso, observando-se que o modelo isostático (b) apresenta um momento fletor máximo maior. Botelho (1998) utiliza essa situação para mostrar que aproximar uma estrutura hiperestática a uma isostática usualmente leva a uma segurança maior nos cálculos, pois se superestimam os momentos

<sup>27</sup> Devem ser resolvidas utilizando-se o Método das Forças, o Método dos Deslocamentos ou o Processo de Cross, pois o número de incógnitas supera o número de equações de equilíbrio, gerando um sistema de equações indeterminado.

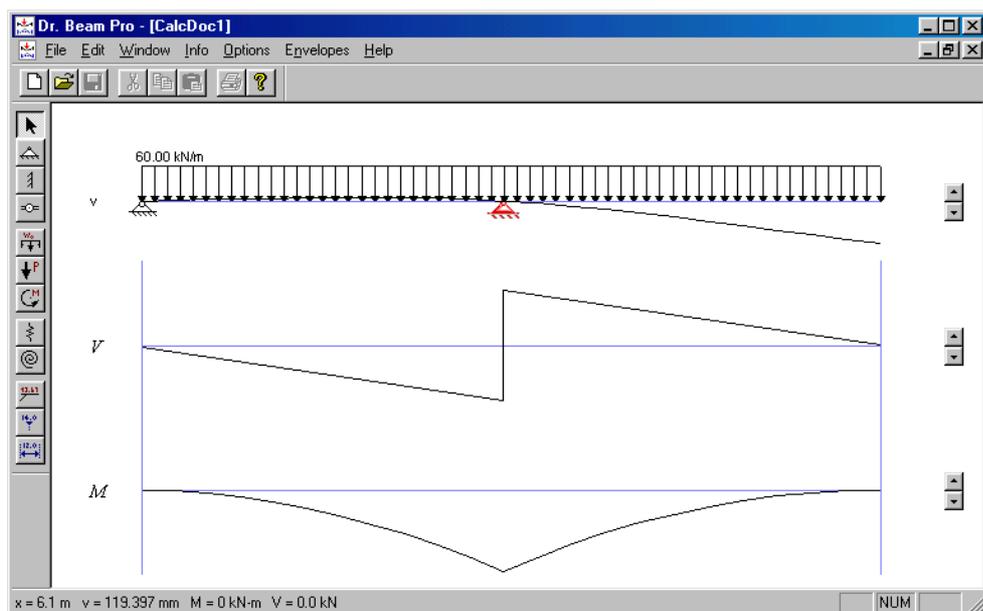
fletores máximos, apesar de gerar momentos negativos junto aos apoios. A análise do modelo da letra (c) mostra a consequência do rompimento de um dos apoios da viga: um aumento considerável no momento fletor máximo da estrutura. Galileu Galilei (1988), um dos precursores no estudo da Resistência dos Materiais, apresenta um importante exemplo que reforça a necessidade de se compreender o grau de estaticidade de uma estrutura a partir de seu comportamento estrutural, na seguinte passagem:

....devo contar um caso digno de ser conhecido, como são todos os acidentes que acontecem de forma imprevista, principalmente quando a precaução tomada para evitar um inconveniente acaba sendo a causa principal da desordem. Uma coluna muito grande de mármore estava deitada e apoiada próximo de suas extremidades sobre dois pedaços de viga. Depois de algum tempo, um mecânico pensou que seria oportuno acrescentar um terceiro apoio no meio [tornando a estrutura hiperestática], para evitar que se quebrasse nesse lugar, devido ao seu próprio peso. Parecia a todos muito oportuna a idéia; o resultado, porém, demonstrou ser o contrário, visto que, passados alguns meses, a coluna foi encontrada rachada e quebrada exatamente sobre o novo apoio do meio (p.12).

Galileu descreve a causa da ruptura a partir da falha de um dos apoios, que cedeu com o decorrer do tempo, deixando a coluna apoiada sobre a extremidade que não cedeu e sobre o apoio acrescentado no meio, ou seja, novamente uma estrutura isostática.



(a)



(b)

Figura 19– Modificação no diagrama<sup>28</sup>

- (a) Primeira situação: coluna de mármore apoiada sobre apoios próximos de suas extremidades (b) Segunda situação: coluna de mármore apoiada sobre um apoio central e sobre outro em um das extremidades<sup>29</sup>

<sup>28</sup> “V” significa Esforço Cortante e “M” Momento Fletor

<sup>29</sup> O software Dr Beam (Dr Beam, 2001), que gerou as figuras, apresenta o diagrama de momento fletor (positivo para cima) com convenção diferente daquela usualmente apresentada na bibliografia (positivo para baixo). Assim, (a) apresenta momentos fletores positivos e (b) momentos fletores negativos.

Como pode-se observar na Figura 19, ocorre uma mudança de sinal nos momentos fletores, não havendo mudança nos valores absolutos dos mesmos<sup>30</sup>. A obra original de Galileu Galilei é do século XVII, e não é de se esperar que haja uma explicação detalhada e clara da causa da ruptura. Todavia, acredita-se que a mudança de comportamento estrutural ocorrida está entre as causas principais. Esse exemplo ilustra a importância de se entender as estruturas hiperestáticas, a partir de uma abordagem diferente daquele tradicionalmente feita, que enfoca essencialmente a forma de resolução. Um dos fatores que contribui para essa compreensão tradicional é a forma como os alunos assimilam os conceitos, sempre com ênfase na resolução matemática do modelo, sem que se façam simulações e conjecturas nos modelos propostos, o que facilitaria a compreensão a partir do comportamento estrutural. Uma das alternativas para que se possa reverter tal quadro pode ser a utilização de atividades que explorem, através de simulações e conjecturas, possíveis resultados a partir de variações nas variáveis de um problema. Dessa forma, será possível levar o aluno a pensar sobre a estrutura, antes mesmo de efetivamente calculá-la. Ao conceber as atividades do curso de extensão, que serão posteriormente descritas neste trabalho, tinham-se em mente as seguintes questões: como proporcionar o “pensar sobre” a estrutura, como induzir o aluno a pensar com ênfase no comportamento estrutural e nas conseqüências de alterações nos dados do problema.

Torroja (S/D) apresenta exemplos elucidativos desse novo paradigma. Além disso, reflete sobre diversos fatores de ordem qualitativa que interferem no processo de intervenção da Engenharia Estrutural, sistematizando matematicamente da seguinte forma:

<b>EQUAÇÕES</b>	<b>INCÓGNITAS</b>
Finalidade do projeto	Material
Função estática	Tipo estrutural
Qualidades estéticas	Forma e dimensões resistentes
Condições econômicas	Processo de execução

Tabela 1– Variedade de condições da Engenharia Estrutural

Tal sistema apresenta uma mútua influência entre as incógnitas e as equações, sendo impossível satisfazer (resolver) todas as relações (equações) envolvidas. Uma variação no

---

<sup>30</sup> No item 3.3 (p.59) esse exemplo será trabalhado novamente, demonstrado a igualdade entre os valores absolutos dos momentos fletores máximos de cada caso, bem como detalhando o modelo matemático de cada situação.

material (trocar concreto armado por aço, por exemplo) altera o tipo estrutural, as formas e as dimensões e o processo de execução, assim como o elevado custo de determinados processos de execução podem inviabilizar a utilização de um determinado tipo estrutural. Segundo esse autor, a partir de recursos de cálculo pode-se otimizar a forma e as dimensões da estrutura, porém o restante das incógnitas não pode ser obtido por métodos dedutivos. Obter a solução mais econômica também é possível, todavia a opção escolhida sempre se dará de forma subjetiva. Nesse sentido, enfatiza-se que projetar estruturas necessita muito mais de arte do que de ciência e técnica.

Segundo Vasconcelos (2002a), o computador não alerta para a concepção da estrutura, citando um exemplo do desabamento de uma estrutura, causado pela economia na plotagem das plantas. Foi assumida a simetria da estrutura (possibilitando a mesma planta para elementos simétricos) e vigas com diferentes carregamentos foram desenhadas iguais às do primeiro andar. O operador do “plotter” desenhou as plantas pelo pilar menos carregado. Um único pilar, que possuía o carregamento igual ao dobro do seu simétrico, causou o desabamento da estrutura. A idéia desse autor era mostrar a importância de não se pensar exclusivamente no custo ao se contratar um projeto, mostrando que existem outras incógnitas que precisam ser consideradas no projeto, reforçando a complexidade e a inter-relação descrita por Torroja.

### 3.2 Recursos computacionais e sua influência no ensino de Estruturas

É importante insistir na necessidade de se rever os paradigmas apoiados na existência de ferramentas computacionais concebidas para o cálculo estrutural. Shepherdson (1998) alerta que a interatividade com o programa deve ir além da simples análise, dependendo da habilidade do usuário em entender o comportamento estrutural e suas implicações. Além disso, reforça que o conhecimento humano na Engenharia é insubstituível, direcionando a questão para o ensino de Engenharia na graduação. O trabalho dessa autora, que consiste em uma tese de Doutorado do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do MIT<sup>31</sup>, ainda apresenta alguns aplicativos destinados ao ensino de Estruturas.

---

<sup>31</sup> Massachusetts Institute of Technology, localizado na cidade de Cambridge, estado de Massachusetts. A tese citada pertence ao grupo de pesquisa coordenado pelo Prof. Jerome J. Connor, que tem entre seus interesses de pesquisa métodos inovadores para o ensino virtual de Engenharia Estrutural.

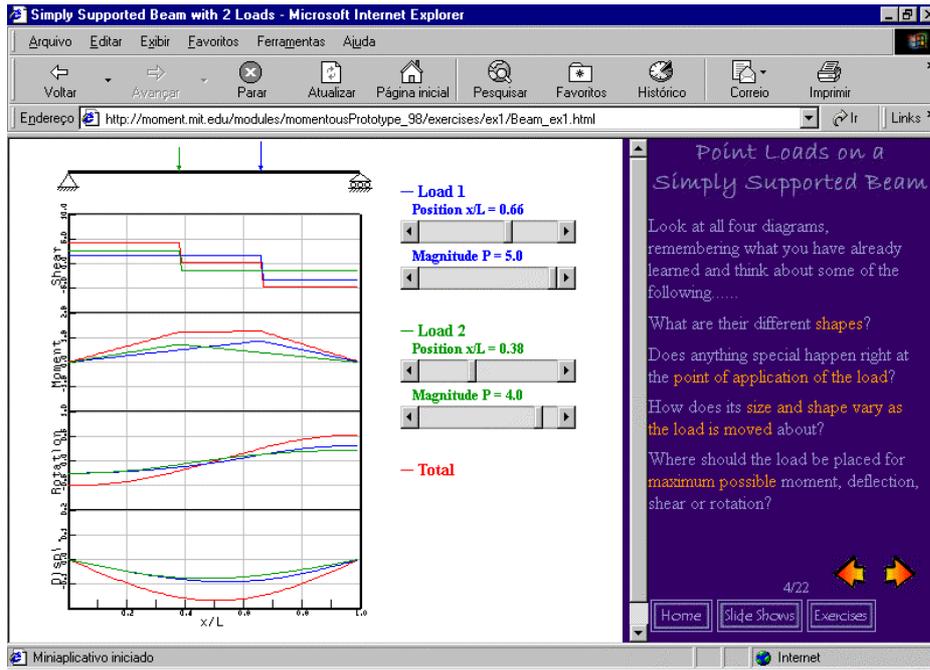


Figura 20– Aplicativo para uma viga biapoiada com duas cargas concentradas

FONTE: Shepherdson (1998)

A Figura 20 apresenta o caso em que o usuário pode definir a magnitude e a posição das cargas, para então analisar as conseqüências nos diagramas de esforço cortante, momento fletor, deformação transversal e rotação. Do lado direito da tela se encontram perguntas e reflexões com características do novo paradigma anteriormente citado. Na Figura 21, são apresentadas algumas delas, relacionadas com a influência da magnitude e do ponto de aplicação da carga.

- Varia a magnitude e a posição da carga azul. Pode observar alguma tendência ?
- Observa os quatro diagramas lembrando o que já aprendemos sobre o assunto e responde:  
Como são suas diferentes formas ?  
Acontece algo especial no ponto de aplicação da carga ?  
Como é a variação da grandeza e da forma quando a carga é deslocada?  
Qual a posição da carga para se obter valores máximos de momento fletor, esforço cortante, deformação transversal e rotação ?
- Aqui estão algumas coisas que observei...  
O esforço cortante é constante até o ponto de aplicação da carga, mudando bruscamente de positivo para negativo ou vice-versa dependendo da direção da carga concentrada. Observaste que a descontinuidade tem a mesma magnitude que a carga ?  
Os valores do esforço cortante em cada lado da descontinuidade são iguais às reações nos apoios. Isso nos leva a concluir que o local onde a carga deve estar aplicada para gerar um esforço cortante máximo é.....

Figura 21– Perguntas relacionadas à magnitude e às dimensões da carga

FONTE: Shepherdson (1998)

No simples caso descrito acima, já se podem abordar os conceitos de forma mais experimental, exploratória e reflexiva. A ênfase se transfere do cálculo dos momentos máximos para uma análise dos fatores que influem no local e na magnitude do momento máximo. O valor é facilmente obtido por simples aplicativos computacionais, mas a possibilidade de fazer conjecturas para possíveis modificações nos modelos, influenciando então o valor máximo, consiste efetivamente na intervenção humana há pouco referida. A diferença consiste em compreender por que se chegou a determinado resultado, e não simplesmente como ele foi alcançado. O diferencial do engenheiro perpassa necessariamente análises qualitativas, que só se realizam com eficácia quando os conceitos envolvidos no problema estão bem consolidados. Considera-se mais relevante saber a interferência do ponto de aplicação da carga no cálculo da solicitação do que calculá-la. Em artigos anteriores propus, em conjunto com alunos da graduação, a utilização da planilha eletrônica na construção dos diagramas de solicitações (COSTA et al, 2001b), apresentando uma proposta de utilização de software através de perguntas com a mesma orientação de Shepherdson, com

ênfase nos conceitos matemáticos que interferem no problema (COSTA et al 2001a). No APÊNDICE A, é apresentada a atividade que foi proposta aos alunos na utilização do software. Tais atividades são exemplos que contribuem para a elaboração de questões em uma avaliação.

### 3.3 Elaborando questões

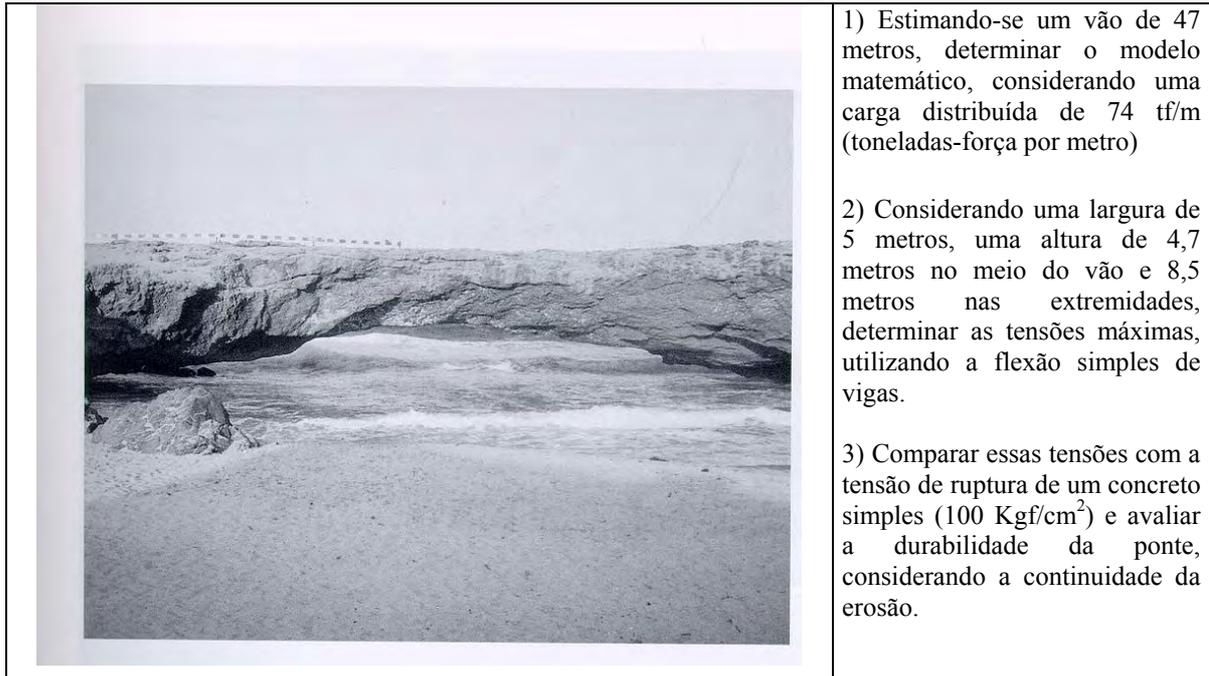
A avaliação da aprendizagem é um dos principais focos desta Tese. Nesse sentido, serão apresentadas algumas questões elaboradas a partir do referencial teórico proposto. Elas serão analisadas sob diferentes enfoques epistemológicos, quais sejam a consideração do conhecimento prévio, da abstração empírica/reflexionante e da construção histórica dos conceitos de Engenharia Estrutural.

#### 3.3.1 O Conhecimento Prévio

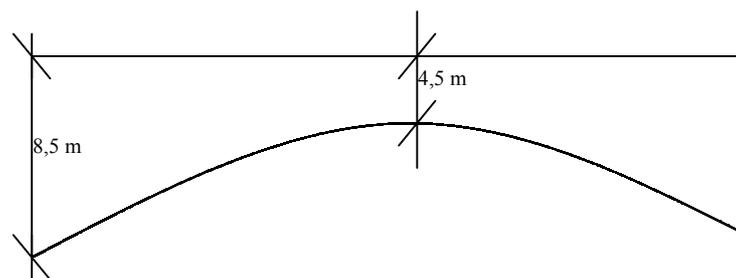
Conforme foi destacado no capítulo 2 (p. 23), o conhecimento prévio consiste na base para toda construção de um novo conceito. Ao se iniciar o estudo da Engenharia Estrutural, é importante que se trabalhe com estruturas conhecidas e de preferência que possam ser manipuladas pelos estudantes. É o momento de se considerar estruturas na natureza e no dia-a-dia. Segundo Pietro & Oliveira (2001, p.4), é necessário

um tratamento inicial, de forma intuitiva e qualitativa, através da observação e da análise da natureza, da beleza das formas estruturais que apresenta e ainda, com o auxílio de modelos que possibilitem a visualização de fenômenos que ocorrem nos modelos estruturais [...]"

Estes autores também reforçam a importância dos recursos computacionais neste contexto, permitindo que se visualizem graficamente deformações e carregamentos em estruturas.



(a)



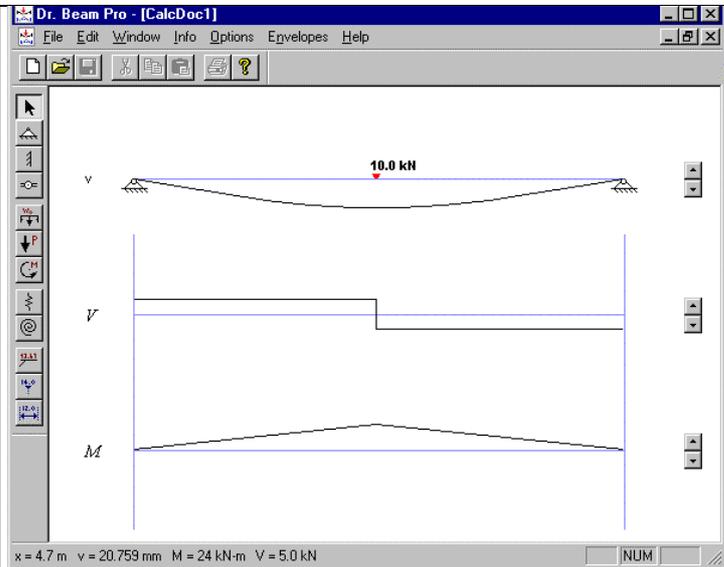
(b)

Figura 22 – Ponte natural situada na costa nordeste da ilha de Aruba  
 (a) Fotografia e exemplo de questões propostas (b) Modelo matemático

FONTE: Vasconcelos (2000, p. 19)

A questão apresentada na Figura 22 refere-se à construção de modelo matemático e resolução de uma ponte moldada pela própria natureza. A proposta é utilizar uma estrutura real e que seja facilmente identificada pelos alunos. Dessa forma é possível, além de fazer a verificação estrutural, fazer com que o aluno imagine diferentes estruturas presentes na natureza e a forma como o efeito da flexão precisa ser considerado. A influência das alturas das seções transversais também pode ser um bom tratamento intuitivo a essa questão. Por exemplo, se as alturas fossem invertidas, a ponte resistiria a uma altura de 8,5 metros no centro do vão? Se a altura da seção transversal fosse 4,5 metros em toda a extensão da ponte, haveria modificações nas tensões obtidas? Conforme Vasconcelos (2000), tudo que o homem

pensa ter inventado já foi inventado antes pela natureza. Assim, seria natural resgatar o conhecimento prévio do aluno, justamente a partir de estruturas presentes na natureza, conhecida dos mesmos desde a formação de suas primeiras construções e aprendizagens.



Defina o comprimento de 10 metros para a viga. Clique no botão  $\downarrow P$  e arraste-o até o ponto médio da viga. Fixe em **10,0 KN**, a magnitude da carga. Arraste o cursor  $\downarrow P$ , **sem** pressioná-lo, até as posições  $x$  selecionadas abaixo e preencha a tabela com os valores correspondentes:

$x$	$V$	$M$
1.2		
2.5		
3.8		
5		
6.2		
7.5		
8.8		

Obtenha as equações das retas  $V=V(x)$  e  $M=M(x)$ .

Figura 23– Utilização de conhecimentos matemáticos

A questão da Figura 23 propõe a construção de uma tabela de valores de solicitações ( $V$  – esforço cortante e  $M$  – Momento Fletor) a partir da utilização do software Dr. Beam, que obtém esses valores em diferentes pontos da viga a partir da movimentação do *mouse*. Preenchida a tabela, são então construídas as funções  $V(x)$  e  $M(x)$  utilizando conceitos matemáticos de funções a partir da utilização de pelo menos dois pontos, pois observa-se no gráfico (Figura 23) que as funções são descritas por retas. É necessário fazer esse procedimento duas vezes, pois a função apresenta comportamentos diferentes antes e depois do ponto de aplicação da carga, sendo necessária a obtenção de duas funções para cada solicitação, uma antes da carga ( $0 < x < 5$  m) e outra depois da carga ( $5 < x < 10$  m).

Antes da carga:

$$x = 1,2 \longrightarrow V = 5 \text{ KN}; M = 6 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$x = 3,8 \longrightarrow V = 5 \text{ KN}; M = 19 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

Esforço cortante é constante :  $V(x) = 5 \text{ KN}$

Momento Fletor é crescente :  $M(x) = 5 \cdot x$  (equação da reta obtida por geometria analítica, que é o conhecimento prévio).

Depois da carga:

$$x = 6,2 \longrightarrow V = -5 \text{ KN}; M = 19 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$x = 8,8 \longrightarrow V = -5 \text{ KN}; M = 6 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

Esforço cortante é constante :  $V(x) = -5 \text{ KN}$

Momento Fletor é decrescente :  $M(x) = -5 \cdot x + 50$  (equação da reta obtida por geometria analítica, que é o conhecimento prévio).

Então a função obtida para cada solicitação é a seguinte:

$$V(x) = \begin{cases} 5 \text{ KN}, & 0 \leq x \leq 5 \text{ m} \\ -5 \text{ KN}, & 5 < x \leq 10 \text{ m} \end{cases} \quad M(x) = \begin{cases} 5 \cdot x, & 0 \leq x \leq 5 \text{ m} \\ -5 \cdot x + 50, & 5 < x \leq 10 \text{ m} \end{cases}$$

Equação 1 - Expressão analítica dos diagramas

A idéia desse exercício é obter as funções utilizando o software Dr Beam e algum conhecimento prévio em geometria analítica, sem que seja necessário estudar os princípios físicos. Todavia, tais princípios serão fundamentais numa segunda abordagem mais aprofundada, a partir de conceitos físicos, conforme descrito na Figura 24 - Obtenção dos diagramas por conceitos físicos. No capítulo 10 (p. 157), é apresentada uma reflexão a respeito dessa questão a partir da investigação realizada no curso de extensão, particularmente na atividade realizada por um dos alunos.

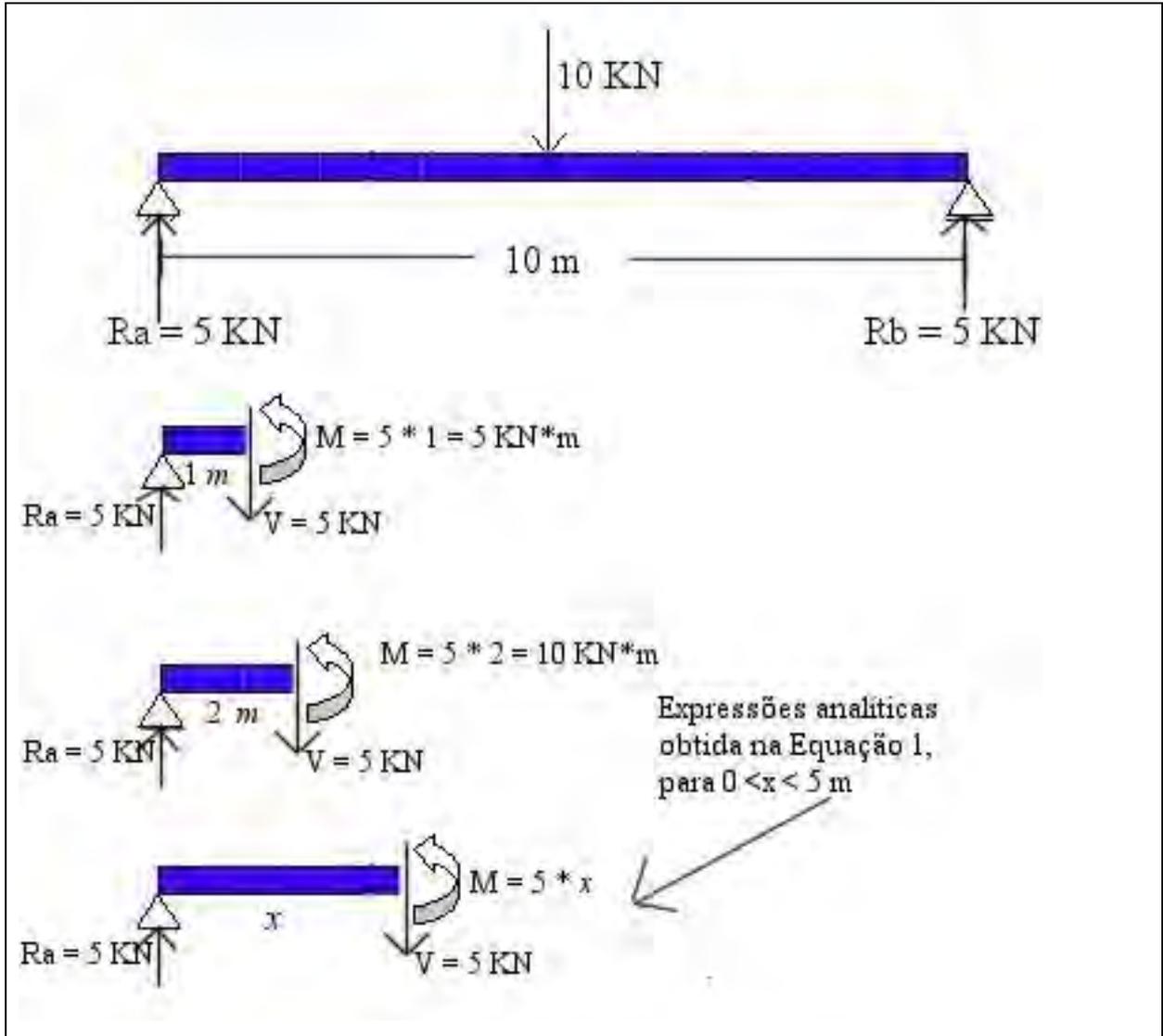


Figura 24 - Obtenção dos diagramas por conceitos físicos

Isola-se um dos lados da viga a partir do ponto onde se quer calcular as solicitações, obtendo-se as mesmas por equilíbrio em cada ponto desejado. Na Figura 24 é mostrado esse processo em  $x = 1$  e  $x = 2$ , e depois para uma seção genérica, obtendo a forma analítica dos diagramas antes da aplicação da carga, conforme se pode conferir na Equação 1, para  $0 \leq x \leq 5 \text{ m}$ . Acredita-se, baseando-se nos fundamentos teóricos apresentados no capítulo 2 (p. 23), que a abordagem inicial baseada nos conhecimentos matemáticos prévios do estudante promove uma significativa mobilização para a compreensão posterior dos novos conhecimentos físicos que serão trabalhados. Para que se possa verificar o estágio em que se encontram os alunos, uma das alternativas é promover atividades que levem o estudante a resgatar os conceitos matemáticos. Nos capítulos seguintes, quando serão descritas e analisadas as atividades propostas no curso de extensão, será possível verificar como se

pretende avaliar o aluno quanto aos conhecimentos matemáticos prévios. Não se pode esquecer que alguns alunos podem não ter os conhecimentos matemáticos prévios suficientes, tornando-se necessário, inicialmente, retomar esses conceitos, pelo menos aqueles que serão imprescindíveis para as construções posteriores.

### 3.3.2 Abstração Reflexionante

Conforme foi abordado no capítulo 2 (p. 23), o processo de abstração reflexionante explicado por Piaget procura descrever o processo de construção de conhecimentos novos. A elaboração de questões para uma avaliação precisa considerar a forma como ocorrem essas novas construções. A compreensão do conhecimento, estabelecendo-se via processo de auto-regulação e de forma integrada com estágios anteriores, pode ser levada em consideração na elaboração das questões.

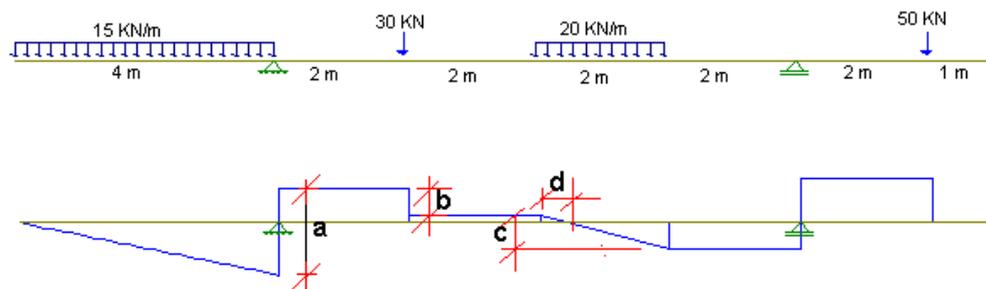


Figura 25– Modelo de uma viga com o respectivo diagrama de esforço cortante.

A partir da Figura 25, pede-se para determinar o diagrama do momento fletor, que pode ser determinado a partir do modelo da viga ou a partir do diagrama de esforço cortante. No primeiro caso seriam constatações obtidas diretamente do modelo, pelo princípio físico do equilíbrio. No segundo caso, será necessário coordenar ações a partir de uma relação menos complexa já existente, e não diretamente a partir do modelo dado. No capítulo 2 (p.23), este tema é tratado, citando o caso do conhecimento matemático, que se estabelece pela abstração reflexionante, ou seja, coordenando ações a partir de relações menos complexas. No exemplo apresentado, a relação menos complexa é o diagrama de esforço cortante, que constitui um patamar inferior, a partir do qual se dará a abstração reflexionante que resultará numa relação mais complexa, qual seja o diagrama de momento fletor. O diagrama de esforço cortante

representa a distribuição das solicitações verticais ao longo de toda viga e pode ser representado por uma função matemática, tendo como variável independente a distância de um ponto qualquer da viga a um ponto de referência<sup>32</sup> (usualmente o extremo esquerdo da viga). Assim, na Figura 25, o apoio esquerdo será em  $x = 4$ , e a carga de 30 KN em  $x = 6$ . É exatamente a partir desses elementos matemáticos que se inicia o processo de abstração reflexionante. As operações e as novas relações (que têm a função matemática como um caso particular) estabelecem-se a partir de quadro lógico-matemático estabelecido. O diagrama de momento fletor representa a distribuição dos momentos fletores ao longo de toda a viga. Momentos são forças verticais multiplicadas por  $x$ , ou seja, esforços cortantes multiplicados por  $x$ .

Uma das formas de levar o aluno a pensar sobre a relação entre momento fletor e esforço cortante pode ser inicialmente pensar na relação entre a velocidade e a distância percorrida, procurando buscar elementos que façam o aluno desprender-se da abstração empírica, para que se possa inicialmente estabelecer o desequilíbrio. Pode-se sugerir que se pense na distância percorrida e na velocidade a partir de suas relações gráficas, procurando entender por que a área do gráfico da velocidade corresponde à distância percorrida em determinado intervalo. Visualiza-se então que a imagem do gráfico da velocidade multiplicada por cada intervalo  $\Delta t$ , quando somados sucessivamente, leva a uma soma de distâncias percorridas, ou seja, uma soma de áreas. Que tipo de particularidade existe entre essas três grandezas, distância percorrida, velocidade e tempo, que caracterizam a relação matemática estabelecida ? Que outras três grandezas apresentam essa característica, para que se possa então generalizar a relação obtida ? A idéia dessa estratégia é promover a compreensão de que, quando uma terceira grandeza, no caso a distância percorrida, resultar da multiplicação entre uma primeira grandeza, o tempo, e uma segunda grandeza, a velocidade, necessariamente tem-se a terceira grandeza como a integral da segunda, conforme ilustra a Figura 26. É importante destacar que a primeira grandeza exerce o papel de abscissa para cada uma das duas outras grandezas, que exercem o papel de ordenada.

---

<sup>32</sup> Essa variável independente passará a ser chamada simplesmente de  $x$ .

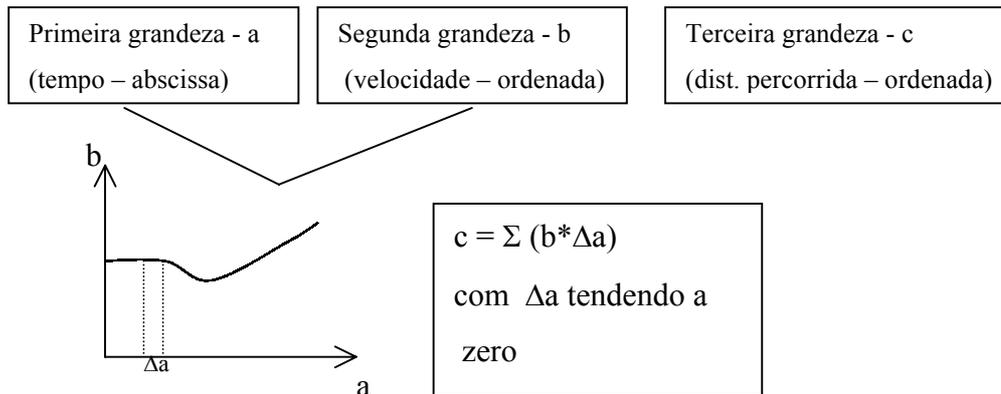


Figura 26 - Generalização de relação matemática

A partir dessa análise, outros exemplos podem surgir, tais como (na ordem – primeira, segunda e terceira grandeza): distância, força e trabalho; tempo, potência e trabalho; tempo, vazão, volume; distância, esforço cortante, momento fletor. A partir dessa analogia com tempo-velocidade-distância percorrida, pode-se entender que a variação do momento fletor em determinado intervalo representa a área do esforço cortante nesse mesmo intervalo. Na Figura 27, o momento fletor entre  $x = 0$  e  $x = 10$  m, variou  $150 \text{ KN}\cdot\text{m}$ , ou seja, a área do esforço cortante para o mesmo intervalo<sup>33</sup>. Analogamente, a distância percorrida variou uma quantidade igual à área do gráfico da velocidade.

<sup>33</sup> Nessa etapa do curso de Engenharia, o aluno já trabalhou com o Cálculo Diferencial e Integral, sabendo então que, quando a variação de uma função  $f(x)$  é a área de outra função  $g(x)$  no mesmo intervalo,  $f(x)$  é a integral da função  $g(x)$ . O Diagrama de Momento Fletor passa a ser entendido como a Integral do Diagrama de Esforço

$$\text{Cortante: } \frac{\partial M}{\partial x} = V \rightarrow M = \int V \cdot dx$$

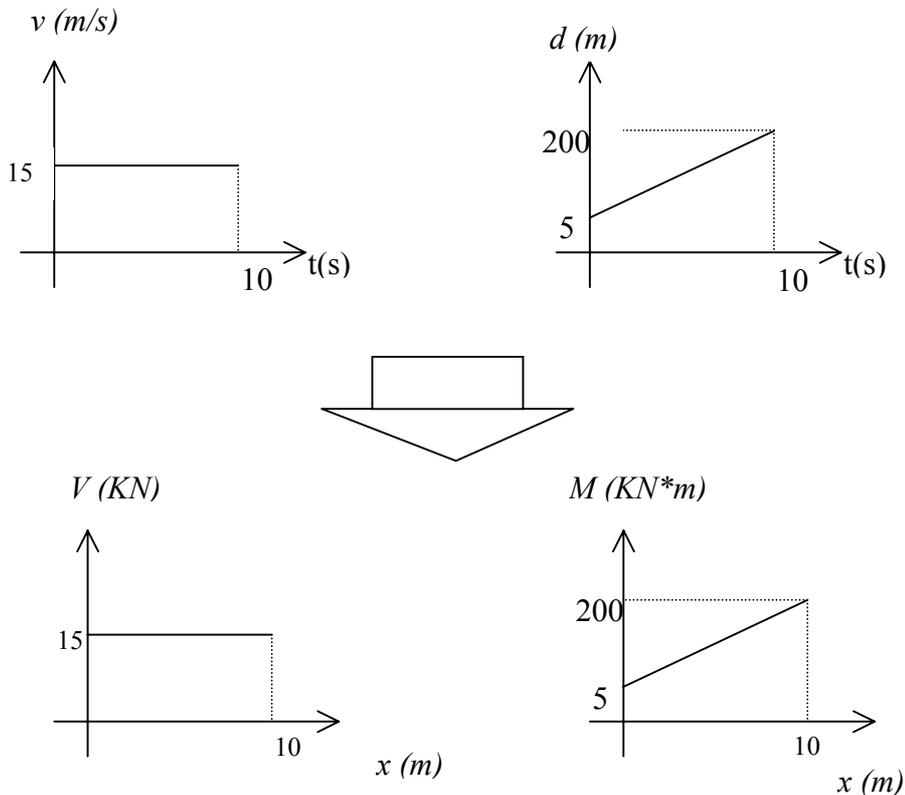


Figura 27 - Analogia com a cinemática

Compreender a variação da distância em função da área da velocidade parece ser “intuitivamente” mais fácil, porque são conceitos extraídos diretamente da experiência. Todavia, ao se considerar a relação entre essas duas grandezas, por abstração reflexionante constrói-se a relação entre o esforço cortante e o momento fletor. Essa é uma seqüência que exemplifica com propriedade o processo dinâmico de auto-regulação da abstração reflexionante. É importante que se proporcionem as condições para que se estabeleça a abstração reflexionante, sendo a mediação fundamental neste processo.

### 3.3.3 Construção Histórica dos Conceitos de Engenharia Estrutural

Para que se possam propor questões que abordem aspectos da história da Engenharia Estrutural, são apresentados exemplos que utilizam estruturas reais e que levam o estudante a uma reflexão a partir do momento histórico em que a estrutura foi executada

Vasconcelos (2002b) descreve alguns elementos da ponte de Parati, uma ponte

localizada na cidade que lhe dá o nome, no extremo sul do estado do Rio de Janeiro. O contexto cultural e histórico é o passo inicial para a definição de questões sobre essa obra. Ele refere-se à obra como

uma pequena ponte em viga curva com 21,50 metros de vão, para uma só via carroçável com apenas 3,87 m de pavimento. Essa ponte, sem registros, deve ser do início do século [XX], pois é toda de concreto armado, armada com barras grossas de  $\phi$  28,6 mm de aço especial St52. O concreto, de boa aparência, pela idade deve ter alcançado a resistência de 20 Mpa (p. 198).

Somente esse trecho já possibilita questões que levem os alunos a reflexões sobre conceitos de Engenharia Estrutural, tais como as seguintes:

- Considerando-se o período correspondente ao início do século XX, era de se esperar a existência de uma ponte de concreto armado no Brasil ?

Tal questão trará à tona uma análise da evolução dos materiais utilizados nas obras de Engenharia. Por isso, torna-se importante a compreensão da evolução histórica descrita no capítulo 2 (p. 23). A utilização inicial de materiais presentes na natureza, sem que se tenha a necessidade de modificá-los era uma necessidade da época, já que predominavam processos artesanais de trabalho. Nada mais natural que o emprego de rochas, materiais resistentes à compressão. Mais tarde, com a Revolução Industrial, introduziu-se o ferro, especialmente na execução de pontes. No contexto do Brasil, a execução de pontes foi uma das primeiras aplicações do concreto armado, justamente no período correspondente à execução da ponte de Parati. O concreto armado também foi utilizado para substituir antigas pontes de madeira e até mesmo pontes metálicas, especialmente para se obter obras mais resistentes (TELLES, 1993). Obras mistas também foram executadas nesse período, com estruturas metálicas e tabuleiros de concreto armado ou pilares de concreto armado para substituir obras de alvenaria.

- Em comparação aos Estados Unidos e aos países da Europa , por que não se encontram muitas pontes metálicas no Brasil?

Questões desse tipo são importantes, especialmente por tratarem da história da Engenharia Estrutural. Lindenberg Neto (2002) justifica a utilização dessa abordagem nos cursos de Engenharia e relata experiências positivas realizadas nas suas aulas. Desde aspectos culturais até a facilidade da compreensão do comportamento estrutural, esse autor enumera diversas razões para o uso da historicidade. O impacto da Revolução Industrial no Brasil bem como as propriedades do aço e do concreto também podem ser trabalhados a partir da proposição da

questão.

- Faça um modelo matemático para uma das vigas longitudinais que sustentam a ponte descrita na citação abaixo:

Houve a intenção do projetista da obra de realizar uma ponte com pequenas dimensões no meio do vão para possibilitar a passagem de pequenas embarcações. Em direção às margens não existia qualquer impedimento em aumentar a altura da viga. Por isso imaginou-se uma viga simplesmente apoiada com balanços de 6,30 m que proporcionassem momentos negativos suficientemente grandes para aliviar o meio do vão. (VASCONCELOS, 2002b, p. 198).

As Figura 28 e Figura 29 mostram o perfil da ponte e a planta do tabuleiro.

Construir um modelo a partir de uma situação real é mais importante do que resolver um modelo dado pelo professor, especialmente diante do uso quase que unânime de ferramentas computacionais para o cálculo de estruturas. Conforme foi mencionado anteriormente, modifica-se o papel do engenheiro, sendo a fase da concepção de modelos uma das mais importantes. Esse é um exemplo de uma estrutura real que pode ser modelada pelo estudante. A prefeitura de Parati fez, em 1994, um levantamento da viabilidade dessa ponte, que constatou que a carga permanente no vão central é de 22,1 KN/m, e nos balanços de 23,3 KN/m, originando um momento em serviço de 955 KN\*m no meio do vão e de 322 KN\*m nos apoios (VASCONCELOS, 2002b). A obtenção dos momentos de serviço a partir das cargas permanentes representa um problema de forte impacto pedagógico.

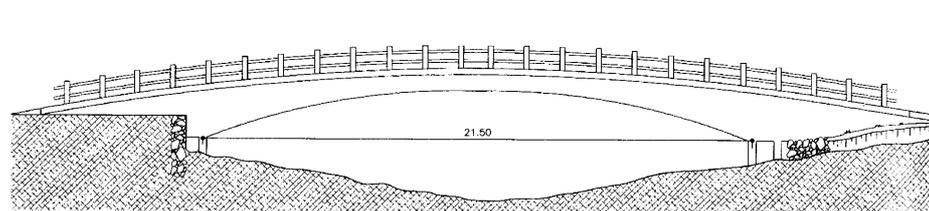


Figura 3.1 — Vista lateral da ponte de Parati com vão central de 21,50 m.

Figura 28– Perfil da ponte de Parati

FONTE: Vasconcelos (2002b)

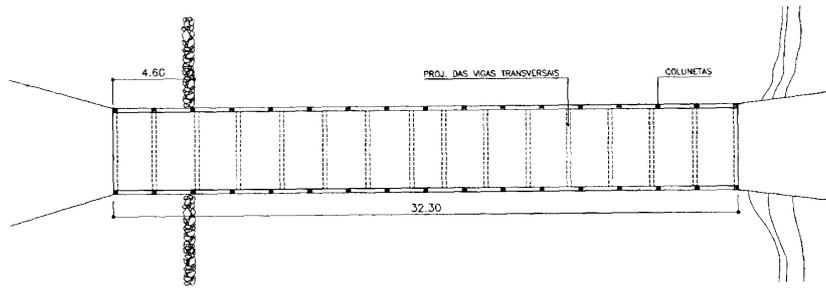


Figura 29– Tabuleiro da ponte de Parati

FONTE: Vasconcelos (2002b)

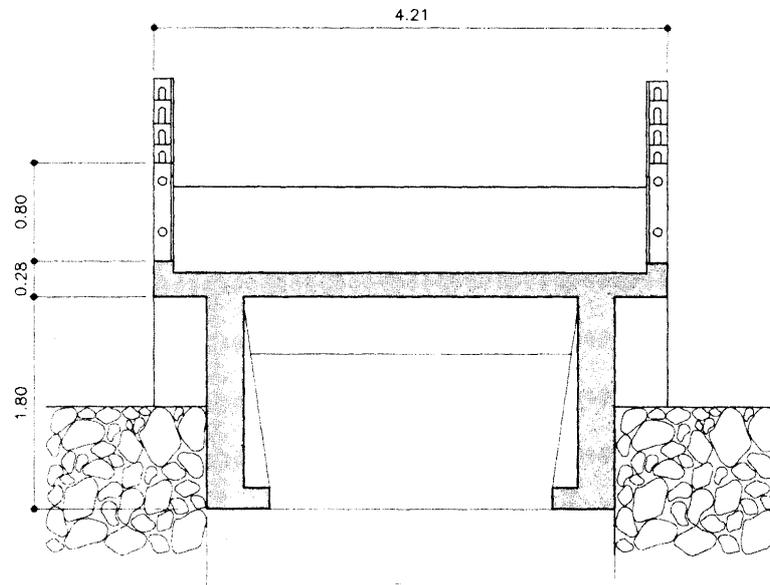


Figura 30– Seção Transversal da ponte de Parati

FONTE: V Vasconcelos (2002b)

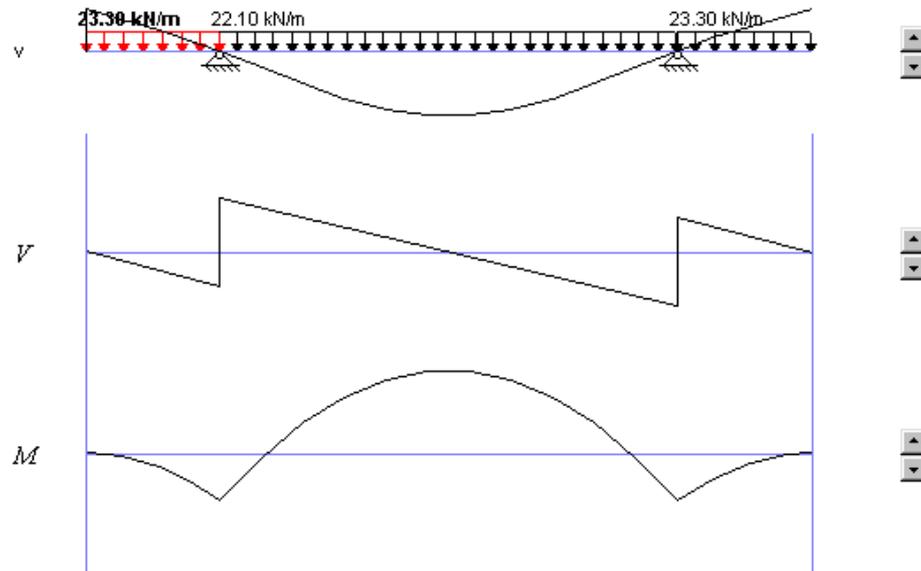


Figura 31– Modelo matemático

A partir do modelo chega-se a valores aproximados dos momentos de serviço. A Figura 31 apresenta o Modelo Matemático seguido dos diagramas de esforço cortante e momento fletor, ambos gerados pelo software Dr. Beam. No diagrama de momento fletor, observa-se um momento fletor máximo no meio do vão, com um valor de 946 KN\*m, e nos apoios o valor do momento é 319 KN\*m, valores bem próximos daqueles indicados por Vasconcelos.

Na Figura 19 apresentam-se as modificações no diagrama de uma viga a partir da modificação dos seus apoios, em um caso descrito por Galileu Galilei (1988). Ao se levar em consideração o estado da arte do conhecimento científico, pode não parecer relevante a problemática apresentada, pois nada mais houve do que a adição de um apoio de segunda ordem no meio do vão e a ruptura do apoio da extremidade direita, alterando completamente os diagramas de esforço cortante e momento fletor. Todavia, conforme foi sustentado em passagens anteriores, a compreensão histórica da Engenharia Estrutural pode proporcionar um impacto pedagógico positivo. Foi através de Galileu Galilei que a teoria e a prática deixaram de ser consideradas separadamente no desenvolvimento do conhecimento científico. Segundo Freire Júnior e & Carvalho Neto (1997, p. 15), o maior legado de Galileu foi a sua maneira de pensar, muito diferente daquela conhecida pelos aristotélicos<sup>34</sup>, pois supõe a

<sup>34</sup> Aristóteles elaborou uma física fortemente enraizada no senso comum, considerando a terra imóvel e localizada no centro do universo. Construiu um sistema teórico altamente sofisticado e coerente. Dividiu o

formulação de uma “hipótese matematizada – portanto uma abstração – das relações entre as variáveis dos fenômenos em estudo”. Galileu recorreu à experimentação, considerando o experimento como uma pergunta que fazemos à natureza, que deve ser aproximada pela linguagem matemática. Conforme Koyré (1991), a grande diferença entre o homem medieval (ainda baseado na física aristotélica) e o homem moderno refere-se à postura diante da natureza. Enquanto o primeiro a contemplava, o segundo procurou dominá-la, sendo a tendência mecanicista da física clássica (a física de Galileu, de Descartes) a maior expressão desse sentimento de posse em relação à natureza. Segundo Capra (2001), essa visão mecanicista da natureza e da vida está fortemente presente em grande parte do conhecimento científico, tornando-se necessária a sua superação no sentido de propor o que chama de uma ecovisão, em que se parte para uma visão holística sobre o mundo, com ênfase maior no todo em relação às partes. Capra vai além, afirmando que essa visão ecológica ultrapassa os limites científicos, considerando a vida como uma unidade, a partir da interdependência entre suas múltiplas manifestações bem como a partir dos seus ciclos de mudança e transformação. Focando essa visão holística é que se pretende pensar o ensino de Estruturas. Levando em consideração as reflexões acima e o caso analisado na Figura 19, sugerem-se as seguintes questões:

- Ao analisar a causa da ruptura, Galileu afirma:

O excesso de peso causou o que não teria acontecido se estivesse apoiada somente sobre as duas vigas [Figura 32 a] , porque, se alguma delas tivesse cedido, a coluna a teria acompanhado. (GALILEU GALILEI, 1988, p.12).

A partir dessa constatação, pede-se para demonstrar por que o fato do apoio direito ceder compromete apenas a coluna<sup>35</sup> com três apoios (Figura 32b ), e não aquela inicialmente concebida, com dois apoios.

---

mundo em duas partes: aquele em que vivemos; e o céu, considerado perfeito, cabendo a ele a aplicação da matemática. Esse universo hierarquizado tinha entre seus pressupostos “um completo divórcio entre a teoria e a prática” (FREIRE JÚNIOR E & CARVALHO NETO 1997, p. 10).

<sup>35</sup> Galileu usou para esse exemplo uma terminologia diferente daquela atualmente utilizada. Chamou de vigas os apoios da coluna, sendo que esta funcionou como uma viga resistindo ao seu peso próprio.

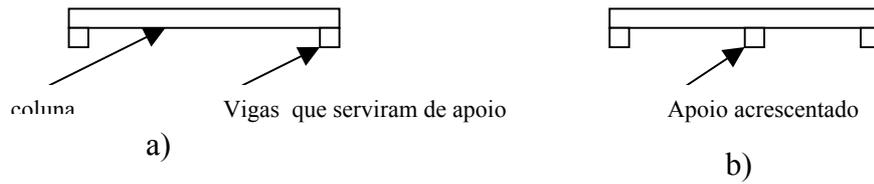


Figura 32 – Questão sobre hiperestaticidade

Essa questão ajudará a compreender o comportamento estrutural de uma estrutura hiperestática, a partir de uma estrutura isostática semelhante. A estrutura isostática não modifica seus diagramas em função de um deslocamento no apoio direito, conforme pode ser verificado na Figura 33 (os diagramas da letra a) estão na mesma escala dos diagramas da letra b).

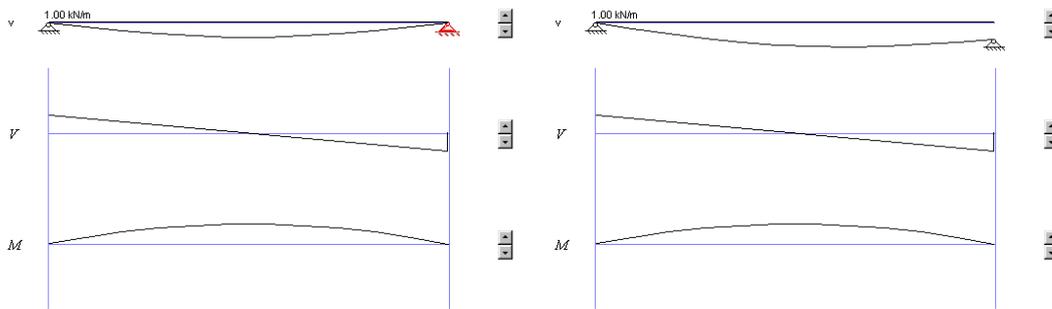


Figura 33 – Estrutura isostática  
a) Apoio direito sem deslocamento b) Apoio direito com deslocamento

No caso da coluna com três apoios (Figura 32 letra b), ocorre um comportamento estrutural diferente. Os diagramas são obtidos a partir do deslocamento do apoio direito, gerando momentos fletores máximos aumentando de acordo com os aumentos dos deslocamentos impostos (Figura 34).

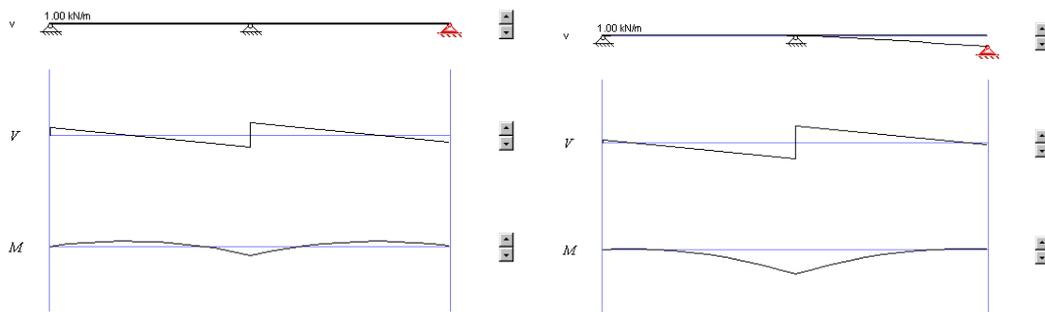


Figura 34 - Estrutura Hiperestática. a) Apoio direito sem deslocamento. b) Apoio direito com deslocamento

Além disso, pode-se analisar o problema na perspectiva do momento histórico da sua proposição. A Lei de Hooke ainda não existia e apenas se iniciava a utilização de leis matemáticas em experimentos científicos. O conhecimento sobre a Resistência dos Materiais era ainda muito incipiente, baseado nas experimentações de Galileu. Essa situação evidencia a necessidade de se compreenderem e se analisarem as diferentes respostas de uma estrutura, antes mesmo da utilização de modelos matemáticos apurados. Outra questão importante é a causa da ruptura, que não se torna tão evidente a partir de uma análise mais detalhada, pois, se o apoio da direita simplesmente desloca-se para o centro, o módulo do momento máximo mantém o seu valor, ocorrendo apenas uma alteração do sinal, conforme se pode analisar na Figura 35.

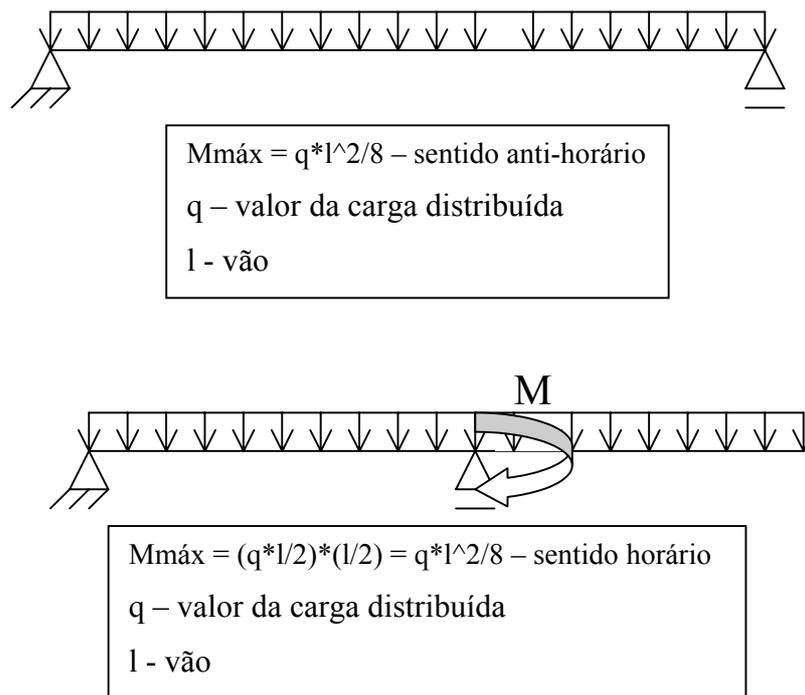


Figura 35 – Cálculo dos Momentos Máximos

A proposta de elaboração de questões apresentada acima tem como objetivo relacionar os elementos teóricos sobre o ensino de Estruturas e uma proposta de avaliação da aprendizagem em ambientes informatizados. Têm-se como foco neste trabalho as possibilidades de mediação em propostas de cursos de formação a distância, sendo esse horizonte considerado ao se porporem as questões apresentadas neste item. Nesse contexto, a concepção de um ambiente para a avaliação da aprendizagem deve ser sensível a pressupostos relativos a teorias de aprendizagem, e as relações entre eles devem estar bem estabelecidas. A compreensão da abstração reflexionante e do processo de construção histórica do conhecimento bem como a consideração dos conhecimentos prévios serão fundamentais para se pensar estratégias de implementação de um ambiente virtual. No capítulo 5 (p. 91), serão trabalhados com mais detalhes os princípios teóricos apresentados e a forma como os mesmos podem ser contemplados em um AVA, porém já surge o seguinte questionamento:

- De que maneira os princípios construtivistas podem auxiliar na concepção de processos de avaliação que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em Engenharia Estrutural ?

#### 4 A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Não raro, quando falamos com colegas sobre como desenvolvem seu projeto de trabalho e como avaliam seus alunos, permanece a sensação de um longo roteiro por trem que, em viagem mais ou menos acelerada, vai cruzando por morros e várzeas, vislumbrando cultivos e cursos d'água, atravessando cidades maiores e menores, onde os homens são meros componentes destas paisagens, ora luminosas, ora chuvosas. Numa tentativa de 'mostrar o máximo do roteiro escolhido', no breve tempo de 'excursão', pouco observam o roteiro e, menos ainda, o grupo. Eventuais paradas – estações no caminho – permitem a descida de alguns desiludidos ou impedidos de continuar. A retomada do roteiro se faz sem olhar para trás. Algum tempo ou muito tempo depois, quando – e se – o trajeto anterior for discutido, descobre o professor/guia que o aluno/passageiro não observou satisfatoriamente o trajeto. Que pena! Você não viu ? Mas quase todos viram! Agora não há como retomar o caminho. Mas deixa o lembrete: Daqui para frente fique mais atento ! Ao término do ano letivo/roteiro um balanço do aproveitamento registrado no boletim escolar indica que alguns não poderão inscrever-se para um novo roteiro. Não têm requisitos para a próxima viagem. Uma lástima ! Terão que refazer o trajeto: o mesmo trajeto, as mesmas paradas ! (SCHÄFFER, N. O. , 1999, p.1)

A seguir são enumerados alguns questionamentos, que surgem após a leitura do trecho acima:

- Será que os professores realmente permitem retomadas nos seus roteiros ?
- Que grau de importância costuma-se atribuir aos conteúdos, procedimentos e técnicas, em detrimento das pessoas ?
- O que significa para o professor dizer aos alunos, no final do trajeto, que terão de percorrê-lo novamente, com os mesmos trechos e as mesmas paradas ?
- Que tipo de atenção é dada àqueles que, por um motivo ou outro, são obrigados a desistir do percurso ?
- Até que ponto se permite que se dê uma pausa no roteiro para se apreciar algo que chamou a atenção de alguém, para se fazer uma reflexão sobre como tem sido a viagem, para saber o que os passageiros estão achando ou para ouvir sugestões de possíveis percursos diferentes ?

Não se tem a pretensão de responder integralmente às questões levantadas acima, e muito menos dizer que os professores precisam reformular totalmente seus métodos. Em artigo recente (COSTA et al, 2002), foi relatada uma experiência em que se propõe um trabalho a distância paralelo à sala de aula, que mostra que muito ainda se tem de caminhar para se encontrar respostas mais definitivas sobre essas questões. Nessa experiência, tinha-se como objetivo resgatar aqueles conceitos trabalhados no início do semestre, já que o trabalho foi desenvolvido durante o terço final da disciplina. Dos 44 inscritos, apenas dois alunos participaram do trabalho<sup>36</sup>. Esse é um importante indicador de que muito precisa ser feito, principalmente na educação a distância, para que efetivamente se tenha uma mobilização do aluno. Nitzke (2002, p. 176) apresenta resultados que enriquecem as reflexões propostas acerca do papel do professor e da importância excessiva que o ensino tradicional, em especial na Engenharia, atribui aos procedimentos e às técnicas. Segundo observações de alunos que participaram da sua pesquisa, “a postura participativa e cooperativa em sala de aula depende fundamentalmente do professor”. A mudança de paradigma que supere a transmissão de informações na direção de uma abordagem construtivista não acontecerá sem “desestruturas traumáticas”. Ao referir-se ao paradigma construtivista, Nitzke afirma que

[...] o foco deixa de concentrar-se na quantidade de informações a serem repassadas aos alunos, para buscar a construção de novos esquemas mentais, que possam dar conta do novo conhecimento que se deseja desenvolver. (NITZKE, 2002, p. 126)

Um dos aspectos que merece destaque na sua pesquisa refere-se aos resultados apresentados quanto à melhoria da capacidade de expressão oral. Para os alunos consultados, o método pedagógico construtivista é muito mais adequado do que o tradicional quando se estão adquirindo competências relativas à capacidade de expressão oral. Segundo Nitzke, o resultado já era esperado, uma vez que no ensino tradicional “o aluno dificilmente tem a chance de se expressar oralmente” (NITZKE, 2002, p. 139).

Hoffmann (2001, p. 125-126) utiliza o conceito de mediação ao tratar da avaliação da aprendizagem, argumentando que os professores precisam ser os “mediadores do desejo do aluno de aprender”. O educador precisa “propor, sem delimitar; questionar e provocar, sem antecipar respostas possíveis; articular novas perguntas à continuidade observada dos

---

<sup>36</sup> No capítulo 7. PRIMEIRA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DO GPA<sub>REDE</sub> se descreve essa experiência com mais detalhes.

estudantes”. Considera-se uma tarefa bastante complexa proporcionar essa mobilização do estudante, que precisa estar atrelada à abordagem epistemológica proposta. Vasconcellos (2000b), apoiado em uma base epistemológica construtivista, indica algumas alternativas para que se desencadeiem melhoras concretas no processo de avaliação. Alterar a metodologia de trabalho em sala de aula, diminuir a ênfase na avaliação classificatória e redimensionar o conteúdo da avaliação são alguns caminhos apontados por ele. Além disso, Vasconcelos sugere que se altere a postura diante dos resultados da avaliação e se trabalhe na conscientização da comunidade educativa, proporcionando assim uma concepção dialético-libertadora do processo de avaliação escolar. A abordagem epistemológica de Vasconcellos apresenta fortes convergências com a proposta desta Tese. A construção do conhecimento se dá, segundo Vasconcellos (2000a), num movimento de síncrese<sup>37</sup> (uma percepção inicial do problema), análise (relação do problema com outras frentes de atuação) e síntese (espaço de possíveis ações conscientes e voluntárias dos agentes históricos). O método pedagógico proposto por ele gira em torno desses conceitos, e é a partir deles que se propõem alternativas para a avaliação. Serão adotadas nesta Tese as propostas de diminuir a ênfase na avaliação classificatória, redimensionar o caráter da avaliação<sup>38</sup> e alterar a postura diante dos resultados da avaliação. Além disso, considera-se fundamental respeitar o ritmo de aprendizagem de cada estudante e considerar o erro como um recurso para promover a aprendizagem, ao invés de utilizá-lo como elemento que cause constrangimento e distância entre professor e aluno.

A ênfase na avaliação classificatória perde seu sentido ao se entender a avaliação da aprendizagem como inerente ao processo ensino-aprendizagem, constituindo assim muito mais do que um simples instrumento para certificar a aprendizagem. Bazzo et al. (2000) apontam para a necessidade de se considerar a avaliação como uma ação integrada ao processo de aprendizagem, eliminando assim o seu viés essencialmente quantificador. Em Costa et al. (2001a), aborda-se a questão do dinamismo, legitimando o contínuo resgate dos resultados de avaliações ao longo do curso, de forma que se redirecione então a aprendizagem. Dessa forma, a avaliação passa a exercer um papel muito mais importante na promoção da aprendizagem, deixando de ser simplesmente um instrumento de certificação para se tornar um dos fatores norteadores dos rumos do trabalho educativo.

---

<sup>37</sup> Expressão utilizada pelo autor para se referir à forma como se estabelece o primeiro contato do sujeito com o objeto de aprendizagem, levando em consideração os conhecimentos prévios.

<sup>38</sup> Nos itens 4.1 e 4.2 deste capítulo serão detalhadas a avaliação formativa e a auto-avaliação, que são principais propostas deste projeto para modificar o caráter da avaliação.

A partir dessas considerações a respeito da avaliação da aprendizagem e os objetivos deste trabalho, surge a seguinte pergunta:

- De que forma o GPA<sub>REDE</sub> pode ser um ambiente propício à construção de conceitos de Engenharia Estrutural, no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem ?

#### 4.1 Avaliação Formativa: contínua e processual

Avaliar continuamente a aprendizagem representa mais do que simplesmente aumentar o número de avaliações. Não basta realizar mais provas para se ter realmente uma mudança de concepção epistemológica. Conforme foi descrito no capítulo 2 (p. 23), a Epistemologia Genética representa mais do que um método pedagógico. É uma teoria que trata da dinâmica de acesso ao conhecimento e, ao se conceber uma proposta de avaliação, é preciso analisar as bases epistemológicas de cada proposta. Avaliar continuamente é consequência direta do caráter simultâneo e provisório da teoria construtivista. Conforme Hoffmann (2001), as próprias respostas dos alunos darão pistas para que o professor continue refletindo sobre atividades futuras a propor. Assumir a avaliação processual é, antes de mais nada, se identificar com a concepção dialética acerca do conhecimento. É na relação entre o sujeito e o objeto, entre o educando e o mundo, que se estabelece a aprendizagem. Dar conta dessa dinâmica só é possível a partir de uma avaliação que seja sensível à mudança contínua, em que a única coisa permanente é a mudança. A evolução contínua do conhecimento, consistindo algo em constante transformação, opõe-se ao princípio da avaliação terminal<sup>39</sup>. Avaliar continuamente vai ao encontro do que foi referido anteriormente sobre o conhecimento sendo construído a partir de uma espiral ascendente, pois contempla o processo e a necessidade de que o mesmo seja avaliado e analisado integralmente. Em Costa (2000), reforça-se a importância da realização de diversos instrumentos de avaliação para se trabalhar dentro da perspectiva construtivista. Ramal (2000) refere-se à avaliação na cibercultura, enfatizando que os caminhos utilizados para que o aluno chegue à resposta é tão importante quanto a própria resposta, porque “*os percursos dizem muito mais sobre o desenvolvimento de habilidades e competências do que as respostas*”.

---

<sup>39</sup> É a modalidade de avaliação baseada em poucos instrumentos avaliativos que têm peso preponderante em relação às demais produções do aluno. Apenas no final do processo se estabelece a avaliação, inviabilizando a avaliação contínua da aprendizagem.

Em Costa et al. (2001a), ressalta-se a importância da utilização de recursos tecnológicos para a viabilização da avaliação contínua, possibilitando que se acompanhe a evolução do aluno e que se possa fazer as intervenções adequadas ao longo do processo. Além disso, enfatiza-se a importância de se ter flexibilidade e sensibilidade para transitar até mesmo entre diferentes concepções pedagógicas, pois o dinamismo, conforme afirmam, deve ser uma prática constante, e não apenas a troca conceitual entre diferentes concepções. Moran (2000) aponta momentos específicos em que se pode, por exemplo, realizar uma aula expositiva sem comprometer pressupostos construtivistas. Momentos de flexibilização, estímulo à pesquisa e coordenação de resultados não serão prejudicados por eventuais aulas expositivas.

A partir dessas reflexões a respeito da avaliação formativa, pergunta-se:

- O GPA<sub>REDE</sub> possibilita a avaliação formativa ? De que forma ?

#### 4.2 Auto-avaliação

Antes de mais nada, é necessário esclarecer que, da mesma forma que apenas exames realizados no final do curso não contribuem para a aprendizagem do aluno, o mesmo ocorre com a auto-avaliação do aluno realizada no final do curso. Conforme Hoffmann (2001), tais processos concentram-se em questões atitudinais<sup>40</sup>, desvinculadas do ato de aprender. A auto-avaliação baseada na teoria construtivista precisa estar conectada com a postura do aluno frente ao conhecimento, tendo um caráter acima de tudo reflexivo. Segundo Soares & Riberio (2001), as estratégias criadas pelo professor precisam incentivar o aluno a analisar e avaliar seu próprio desempenho, o que remete à relação com o processo de auto-regulação proposto anteriormente, em que o próprio estudante pode promover os desequilíbrios necessários a novas construções. Nesse contexto, a auto-avaliação que está sendo proposta insere-se com naturalidade, representando um rico elemento de apoio para a avaliação contínua do aprendizado. Ao se considerar fundamental a participação do aluno, está-se valorizando o comprometimento do mesmo na sua aprendizagem, eliminando-se definitivamente aquela tradicional postura assumida pelo educando como um mero receptor de informações, fundamentada no empirismo descrito no capítulo 2 (p. 23) Pelo contrário, ele deve ser protagonista desse processo, participando ativamente do seu desenvolvimento, proporcionando a avaliação mediadora (HOFFMANN, 2001), a autonomia e o “aprender a

---

<sup>40</sup> Hoffmann considera questões atitudinais aquelas que tratam da postura do aluno em sala de aula e dos resultados desse aluno em situações de avaliação .

aprender”. A simples iniciativa do educando de se avaliar já representa um aspecto positivo, permeado por auto-reflexões e autoquestionamentos, que certamente enriquecem o ambiente de aprendizagem como um todo. Numa proposta de avaliação realizada a distância<sup>41</sup>, a auto-avaliação ganha uma importância ainda maior, pois passa a representar um momento de o aluno exercer a sua autonomia e saber como está o seu trabalho. A interferência do professor-tutor<sup>42</sup> nesse processo é fundamental, tanto na forma de retorno às auto-avaliações quanto sugestões de novas tarefas. A citação abaixo reforça a importância da auto-avaliação:

É o professor-tutor quem avalia o aluno e dentre as formas de avaliação utiliza-se comumente questões de auto-avaliação e tarefas finais que são previamente planejadas pelo elaborador, que pode utilizar qualquer forma de auto-avaliação que ele entenda ser eficiente e que realmente funcione para reforçar a aprendizagem. (SOUZA, 2001a, p.2).

Ramos (2000) enfatiza ainda a importância da presença da auto-avaliação do aluno e de reflexões do mesmo sobre sua aprendizagem nos portfólios<sup>43</sup>.

#### 4.3 Aluno elaborando questões

Nas atuais discussões sobre avaliação da aprendizagem, dificilmente encontram-se posições contrárias a uma participação maior do aluno. Bazzo et al. (2000) relatam uma experiência desenvolvida em uma disciplina introdutória de um curso de Engenharia na qual os alunos foram divididos em dois grupos. Cada um elaborava, em conjunto com o professor, questões para o outro grupo, gerando assim um ambiente extremamente participativo e propício à aprendizagem.

[...] o processo avaliativo deve ser democrático, claro, transparente e honesto. É impossível conceber um processo cooperativo de aprendizado funcionando junto com um processo autoritário de avaliação. Isso implica que os

---

<sup>41</sup> No item 4.5.2 será detalhada a relação entre a auto-avaliação e a educação a distância.

<sup>42</sup> Terminologia utilizada por alguns autores para designar o professor num trabalho a distância.

<sup>43</sup> Conjunto de arquivos ou pastas que contém coleções de trabalhos do aluno, mostrando o seu desempenho durante o curso. Alava (2002, p. 117), referindo-se ao portfólio, argumenta que “o acesso a um dossiê do estudante, em que se pode obter informações sobre os textos pelos quais passou, as atividades que realizou e as avaliações e resultados obtidos, poderia ajudá-lo a gerir melhor sua conduta de aprendizagem” .

aprendizes devem também estar envolvidos na decisão do que deve ser avaliado. (BAZZO et al. , 2000, p. 226).

Ramos (1999) ainda enfatiza a importância de se trabalhar aos pares, lembrando que os alunos estão mais aptos a identificar as perspectivas de aprendizagem dos seus colegas do que o professor.

#### 4.4 Uma nova postura diante dos resultados da avaliação

Conforme foi dito anteriormente, a proposta de avaliação desta Tese contempla uma postura diferente daquela tradicionalmente adotada diante dos resultados da avaliação. Mesmo diante de um conteúdo de avaliação com as características descritas nos itens anteriores, ainda é fundamental que haja sensibilidade do educador na interpretação dos resultados obtidos.

##### 4.4.1 O Respeito ao Ritmo Individual de Aprendizagem

As modalidades tradicionais de avaliação não costumam ser sensíveis à evolução individual. Fundamentam-se, essencialmente, em comparações entre os alunos, não importando o quanto determinado aluno cresceu ao longo do curso. Tal comportamento muitas vezes é injusto, pois ignora construções genuínas em detrimento da atribuição de conceitos estabelecidos de forma comparativa. O envolvimento do educando com os conteúdos desenvolvidos deve ser acompanhado de perto, sendo muitas vezes mais importante saber o quanto um aluno evoluiu do que sua nota absoluta. Piaget aponta para a importância do processo de construção, processo esse que não está atrelado a um prazo definido, e que pode variar de pessoa a pessoa (PIAGET, 1978, 1995). Lagowski (1999) salienta a importância de se respeitarem as diferenças individuais, fazendo parte de um processo integrado com o ensino e com a aprendizagem, conforme se pode observar na Figura 36 .

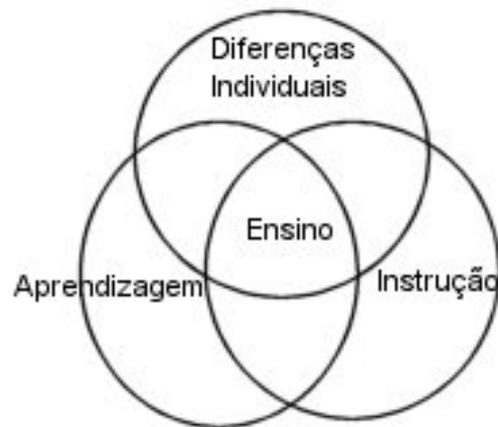


Figura 36 – Avaliação integrada ao ensino e à aprendizagem

Fonte: Lagowski (1999)

É importante destacar que a questão do ritmo individual do estudante e sua relação com o currículo oficial e a necessidade de se “vencerem” os conteúdos ali estabelecidos representa um desafio a ser enfrentado. Uma das alternativas pode ser considerar o currículo a partir dos princípios fundamentais dos conceitos trabalhados. No caso do ensino de Estruturas, a análise histórica realizada no capítulo 2 (p. 23) pode fornecer importantes subsídios para definir as leis que regem os fenômenos estudados, definindo assim os porquês fundamentais que definirão os conceitos principais do currículo.

A avaliação contínua consiste, então, no grande apoio disponível ao educador no sentido de possibilitar o acompanhamento individualizado.

Casas (1999) aborda a questão das diferenças individuais, levando em conta idade, características biológicas, experiências de aprendizagem e antecedentes culturais.

A resultado da auto-avaliação pode ser um dos indicadores do ritmo de aprendizagem de cada aluno, pois representa um momento em que o aluno precisa refletir sobre sua aprendizagem. A condução da auto-avaliação deve ser feita de forma que a reflexão do aluno seja sincera e comprometida com a aprendizagem, permitindo assim que o educador possa reconstruir a trajetória do aluno e estabelecer uma relação dialética sensível ao ritmo desenvolvido pelo aluno.

A elaboração de questões por parte dos alunos pode trazer uma construtiva integração entre os mesmos, na medida em que aqueles que estejam em estágios de aprendizagem mais avançado possam propor questões aos seus colegas. Assim, tanto aqueles que elaboraram

quanto aqueles que resolvem as questões serão beneficiados, proporcionando um ambiente favorável à aprendizagem. Seal & Przasnyski (2001) ressaltam a importância de alunos receberem explicações de seus próprios colegas, argumentando que o fato de estarem em níveis de compreensão mais próximos pode tornar a explicação dos conceitos mais fácil. A mediação do professor será fundamental nesse processo, especialmente no sentido de mobilizar os alunos e esclarecer quais são os objetivos da tarefa, evitando um possível constrangimento naqueles alunos que estejam em estágios iniciais de aprendizagem. É importante salientar o desafio que representa a aplicação desse tipo de atividade, pois os alunos podem não dar crédito às questões propostas pelos colegas. Pode-se pensar num modelo de transição que proponha uma mudança gradual, em que o professor inicialmente revisaria as questões para dar o crédito às mesmas. Todavia, para que a aprendizagem colaborativa realmente se estabeleça, será necessário superar essa limitação. No capítulo 6 (p. 101), é apresentada uma ferramenta do GPA<sub>REDE</sub> que possibilita que os próprios alunos criem questões. Em função do formato do curso de extensão realizado, não foi possível utilizar essa ferramenta, porém é importante ter como horizonte a concretização de uma interação entre pares mais efetiva, mesmo que atualmente possa representar uma utopia. Segundo Salmon (2000), a construção do conhecimento se estabelece na interação mútua entre os alunos sob orientação do professor, que exerce o papel de moderador, cuja principal meta é possibilitar que os alunos “aprendam fazendo”, ao invés de simplesmente serem receptores de conteúdo. Essa autora trabalha com educação a distância desde 1990 na Open University, onde se formam grupos de discussão, gerenciados remotamente por um tutor. Trata-se de um modelo de ensino parecido com turmas de muitas universidades nos Estados Unidos que apresentam um grande número de alunos. Um professor disponibiliza o conteúdo, enquanto os tutores assumem o papel de facilitadores, ou moderadores, os chamados em EAD de *e-moderators*, que poderiam ser definidos como tutores especializados, pois trabalham de forma virtual com grupos de alunos. Essa terminologia tem sido aplicada ao ensino virtual, especialmente pela mudança que ocorre no papel do professor, que será abordada no item 4.5.2.

#### 4.4.2 A Consideração do Erro na Aprendizagem

É na avaliação formativa que se torna possível avaliar para refletir, ressignificando o papel do erro. Soares & Ribeiro (2001) relatam uma experiência em que alunos, após uma avaliação escrita, tinham de dissertar sobre as possíveis causas dos acertos e dos erros. A partir de experiências como essa que se começa a integrar a avaliação com o processo de

construção de conhecimento. Os mesmos autores ainda argumentam que o erro, como instrumento de intervenção pedagógica, é muito mais significativo que o acerto, na medida em que é na comparação das hipóteses falsas com as suas conseqüências que se estabelecem novas aprendizagens. Vasconcellos (2000b) aborda a questão do erro a partir da necessidade de o educador aceitar os seus próprios erros. Ele precisa mostrar ao longo de sua prática que pôde redirecionar a sua aprendizagem, mostrando-se, a partir dessa postura, que a importância está na mudança de rumo, e não no reforço negativo do erro.

Na correção de avaliações, sugere-se o seguinte, quanto à postura do professor:

... jamais dirá diretamente ao aluno que ele está errado em algum ponto e qual a resposta 'certa', mas irá procurar elaborar perguntas provocativas que busquem fazer com que o aluno reflita sobre o que fez ou escreveu, e sobre o modo como estruturou sua resposta (BAZZO et al, 2000, p. 91).

Tratar o erro como um momento privilegiado de reflexão e investigação (RAMOS, 1999), considerando os mesmos como acontecimentos significativos e impulsionadores dessa prática (SOUZA, 2001b), consiste estratégia fundamental para uma proposta de avaliação.

Bazzo et al (2000) ainda reforçam que a discussão sobre os erros e acertos promove a participação ativa dos alunos, tão importante para a visão epistemológica construtivista, conforme descrito no capítulo 2 (p. 23). Segundo Ramos, mais importante que acertar a resposta é dar ênfase ao processo de elaboração da mesma. Segundo Castorina (1988 apud SOARES E RIBEIRO, 2001), Piaget considerava o erro mais fecundo que um acerto imediato, principalmente porque a consideração da hipótese falsa pode fornecer novos conhecimentos, quando se analisam as conseqüências dessa hipótese. O erro possibilita ao professor identificar as concepções prévias dos alunos, proporcionando a base para a concepção de novas intervenções pedagógicas.

A auto-avaliação pode ser utilizada para que o aluno elabore suas próprias conclusões a partir da correção do professor. No capítulo 6 (p. 101), será apresentada uma interface desenvolvida no ambiente de avaliação proposto nesta tese, que proporciona um espaço para o aluno dissertar sobre a correção do professor e posteriormente elaborar questões para o ambiente a partir de duas reflexões. Dessa forma, o erro do aluno passa a representar um importante instrumento do ato educativo, enriquecendo o caráter formativo da avaliação.

#### 4.5 A avaliação da aprendizagem e a educação a distância

Conforme já foi descrito no capítulo 1 (p.16), está entre os principais objetivos deste trabalho promover a melhoria da avaliação da aprendizagem na educação a distância. Para isso, é necessário relacionar as concepções de avaliações propostas nos itens anteriores com as peculiaridades da prática da educação a distância. Será iniciada uma breve descrição sobre a legislação pertinente à avaliação em EAD, focando principalmente a realidade brasileira e o ensino de graduação. A partir disso, podem-se então identificar as possibilidades presentes nesta área e a forma como será possível contemplar os pressupostos teóricos da proposta de avaliação da aprendizagem a distância apresentada.

##### 4.5.1 A Legislação em Educação a Distância

A educação a distância foi normatizada a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n.º 9394 de 20 de dezembro de 1996)<sup>44</sup>. Mais recentemente, a Portaria N° 2.253, de 18/10/2001, permite e normatiza a inclusão de disciplinas que, em seu todo ou em parte, utilizem o método não-presencial, nos cursos de graduação (Art. 1º). Quanto à questão da avaliação, o artigo 7º do Decreto n.º 2494, de 10 de fevereiro de 1998, é bem claro ao afirmar que

a avaliação do rendimento do aluno para fins de promoção, certificação ou diplomação, realizar-se-á no processo por meio de exames presenciais, de responsabilidade da Instituição credenciada para ministrar o curso, segundo procedimentos e critérios definidos no projeto autorizado.

A obrigatoriedade de exames presenciais é novamente citada (Art 1º § 3º da Portaria N° 2.253 de 18/10/2001), de forma que ainda não há respaldo legal para se pensar em uma avaliação que ocorra sem a aplicação de provas presenciais, demandando conseqüentemente a necessidade de se realizar ao menos um encontro presencial com os alunos<sup>45</sup>. Convém destacar que o exame presencial a ser realizado tem a função de certificar o aluno, sendo

---

<sup>44</sup> Outras normatizações sobre a educação a distância: Decreto n.º 2494, de 10 de fevereiro de 1998 (D.O.U. DE 11/02/98); Decreto n.º 2561, de 27 de abril de 1998 (D.O.U. de 28/04/98) ; Portaria Ministerial n.º 301, de 07 de abril de 1998 (D.O.U. de 09/04/98).

<sup>45</sup> No capítulo 1 foi definida a abrangência que está sendo considerada para a educação a distância. Baseando-se nela, esta proposta contempla alguns encontros presenciais e até mesmo a utilização do ambiente de forma complementar a um curso presencial, podendo substituir muitas atividades tradicionalmente realizadas de forma presencial.

assim apenas uma das formas de se avaliar. Segundo Cerny (2001), apesar da variedade de formas de avaliar, as instituições costumam validar apenas as presenciais, seja pela inexistência de outras formas ou pela atribuição de pesos bem maiores às avaliações presenciais. Propõe-se aqui uma avaliação formativa que seja vinculada à aprendizagem e que tenha como principal objetivo levar o aluno a refletir sobre sua própria aprendizagem.

#### 4.5.2 As Peculiaridades da Educação a Distância

Considera-se fundamental analisar as características peculiares da educação a distância, especialmente aquelas que interferem diretamente nas relações pedagógicas<sup>46</sup>. Esse fazer pedagógico é concretizado a partir de uma vasta possibilidade de recursos multimídia bem como uma nova forma de conceber a informação, especialmente pela difusão de conhecimentos possibilitada pela Internet. Horton (2000) ilustra as possibilidades da EAD ao conceber um curso sobre poetas americanos. Ao estudar um determinado poeta, nos moldes tradicionais, será necessário providenciar diversas formas de mídia, desde livros com fotos do poeta até recursos de áudio que contenham arquivos do poeta recitando seus poemas. Cada forma de mídia necessitará de um recurso audiovisual diferente, sem falar das limitações de acesso a esse material, que pode não existir em número suficiente para todos os alunos. Horton considera, então, esse mesmo cenário utilizando a Internet. Os materiais impressos podem ser digitalizados e então disponibilizados juntamente com os arquivos de áudio e vídeo através da Internet<sup>47</sup>, sendo possível também a realização de pesquisas que possam levar os alunos ao encontro de outros documentos relacionados com a vida do poeta. Esse simples exemplo evidencia todo o potencial da Internet como recurso didático, fato que não é muito questionado nas pesquisas recentes<sup>48</sup>. Porém, o papel do professor e do aluno precisa ser analisado neste novo contexto. Araújo (2001) indica que “o entusiasmo e o envolvimento; a percepção e o discernimento; e a capacidade de modelar a compreensão do conteúdo” são

---

<sup>46</sup> As implicações pedagógicas da educação a distância são um tema bastante complexo, e não se tem condições de esgotá-lo neste trabalho. Alava (2002) e Peters (2001) apresentam importantes contribuições sobre este tema. Em função dessa limitação, serão focados os recursos multimídia possibilitados pela EAD e a influência dessa modalidade de educação no papel desempenhado pelo educador e pelo educando.

<sup>47</sup> Convém destacar a questão do direito autoral, que ainda precisa se ajustar às peculiaridades da Internet, que apresenta um novo conceito acerca do acesso à informação.

<sup>48</sup> É importante voltar a insistir que se tem como prioridade a questão pedagógica, reforçando os argumentos de MORAN (2000, p. 137) quando afirma que “se ensinar dependesse só de tecnologia, já teríamos achado as melhores soluções há muito tempo”.

características para o professor ter sucesso tanto no ensino tradicional quanto na EAD; todavia considera que a capacidade de escuta do professor deve ser mais apurada, estando assim mais apto a emitir *feedbacks* relativos às demandas dos alunos. Segundo esse autor, tal capacidade torna-se mais necessária “em uma modalidade de educação que se proponha a priorizar a aprendizagem e o aprendiz em lugar do ensino e do professor”, características atribuídas por ele à educação a distância. Seal & Przasnyski (2001) ressaltam a importância da capacidade de o professor ouvir o aluno, descrevendo uma experiência realizada a partir de um formulário disponível na Internet. Ao final de cada módulo, o aluno dissertava sobre sua compreensão acerca do módulo recém-concluído e sobre as dificuldades encontradas com relação ao assunto trabalhado, bem como enviava sugestões e comentários. Dessa forma era possível ao professor fazer as alterações necessárias no decorrer do curso, além de possibilitar, a longo prazo, o desenvolvimento de uma página da disciplina contendo demandas obtidas a partir dos retornos dos alunos. Por exemplo, um professor que trabalha com a construção de diagramas em modelos estruturais pode constatar, após um semestre de trabalho e de uma constante interação com os alunos, que há uma grande incidência de problemas nos diagramas, em função da não-compreensão dos princípios físicos envolvidos. Essa e outras conclusões fornecem subsídios para a elaboração de um material didático cada vez mais elaborado.

A necessidade de o professor exercer o papel de facilitador ou mediador também aumenta em atividades através da Internet. Segundo Moran (2000, p. 138-139), “a aquisição da informação dependerá cada vez menos do professor”, tendo como consequência um novo papel para o professor, qual seja “ajudar o aluno a interpretar esses dados [disponíveis através da Internet], a relacioná-los, a contextualizá-los”. Ou seja, a simples exposição dos conteúdos se torna ainda mais desnecessária, pois a aquisição da informação se torna cada vez mais rápida. O professor “agora é o gerenciador do processo de aprendizagem, é o coordenador de todo o andamento, do ritmo adequado, o gestor das diferenças e das convergências”. Moran complementa dizendo que “o professor estará atento aos vários ritmos, às descobertas, servirá de elo entre todos, será o divulgador de achados, o problematizador e principalmente o incentivador”. A passagem a seguir merece ser citada na íntegra, pois esclarece a mudança no papel do professor:

Muda a relação de espaço, tempo e comunicação com os alunos. O espaço de trocas aumenta da sala de aula para o virtual. O tempo de enviar ou receber informações se amplia para qualquer dia da semana. O processo de comunicação se dá na sala de aula, na internet, no e-mail, no chat. É um papel que combina alguns momentos do professor convencional – às vezes é importante dar uma bela aula expositiva – com mais momentos de gerente de pesquisa, de estimulador de busca, de coordenador dos resultados. É um papel de animação e coordenação muito mais flexível e constante, que exige muita atenção, sensibilidade, intuição (radar ligado) e domínio *tecnológico*.(MORAN, 2000, pp. 140,141)

O papel do aluno também precisa ser analisado no ensino mediado por ambientes virtuais, especialmente por ser uma modalidade de ensino que exige um esforço individual maior. Nesse sentido, torna-se inevitável falar da auto-aprendizagem, que está claramente expressa no Decreto nº 2494<sup>49</sup>, e conseqüentemente, da auto-avaliação. Segundo Cerny (2001), a auto-aprendizagem constitui-se numa inovação necessária nos processos de ensino mediados pela tecnologia, exigindo programas mais flexíveis e adaptáveis aos alunos, com possibilidade de se construírem como sujeitos autônomos, gerindo o seu processo de aprendizagem. A demanda por tal autonomia aumenta se for levada em consideração a sociedade atual, que enfrenta constantemente um universo de incertezas, fazendo com que cada um deva “desenvolver capacidades de iniciativas e gerir seu capital de competências autodirigindo sua formação de modo a aproveitar as oportunidades” (Landry, 2002). Para Bostock (s/d, apud LOISELLE, 2002), os ambientes de aprendizagem construtivistas devem oferecer ao aluno um alto grau de controle sobre sua aprendizagem, o que vai ao encontro do referencial teórico apresentado no capítulo 2 (p. 23). Demo (2000, p. 101) reforça essa posição, argumentando que “o construtivismo favoreceu a idéia primorosa de que a aprendizagem é função do sujeito capaz de iniciativa própria, abrindo uma avenida ampla em educação que dificilmente será fechada” . Nesse contexto, a auto-avaliação impõe-se naturalmente, colocando os alunos em confronto com seus próprios limites, de modo que os mesmos sejam levados a superá-los (PERRENOUD, apud CERNY, 2001). Convém ressaltar que não está se referindo à auto-aprendizagem no sentido humanista, realizada de forma isolada, e sim a uma construção realizada com a colaboração de colegas e a partir da orientação do moderador.

---

<sup>49</sup> Regulamenta o Art. 80 da LDB nº 939/96

Ao refletir sobre uma aprendizagem inovadora com tecnologias, Moran (2000, p. 140) utiliza o conceito de aulas-pesquisa, tornando o aluno um “co-pesquisador, responsável pela riqueza, qualidade e tratamento das informações coletadas”, elaborando o conhecimento a partir da própria experiência. Segundo Salmon (2000), o aluno aprende quando trabalha em conjunto com seus colegas, com a ajuda do moderador. Essa interação entre alunos os torna aprendizes ativos, especialmente quando os mesmos podem responder e perguntar para os próprios colegas (SEAL & PRZASNYSKI, 2001). Na sua proposição de aprendizagem cooperativa (ou colaborativa<sup>50</sup>) para o ensino de Engenharia, Nitzke (2002) fundamenta-se na abordagem social-construtivista<sup>51</sup>, salientando que a interação entre os sujeitos é positiva para a aprendizagem quando gera atividades extras, tais como explicações, desentendimentos ou regulações mútuas. Nitzke (2002) diferencia a interação com pares de nível intelectual semelhante e com o moderador. Enquanto a primeira é melhor na reestruturação dos conceitos, a segunda é mais adequada para a aquisição de habilidades. Essa questão da aprendizagem colaborativa e da construção social do conhecimento será retomada no capítulo seguinte (p. 91), onde o tema será tratado nas suas relações com diferentes concepções de ambientes virtuais de aprendizagens.

Levando em consideração o que foi apresentado neste capítulo, em especial as questões ligadas à EAD, pergunta-se:

- Quais perspectivas são abertas a partir da inserção do GPA<sub>REDE</sub> numa intervenção didática a distância ?

---

<sup>50</sup> Segundo o teórico, a terminologia “aprendizagem cooperativa” é semelhante à “aprendizagem colaborativa”. Nessa Tese não será feita a distinção entre esses dois termos.

<sup>51</sup> Nessa abordagem, “sujeitos com um mesmo nível de desenvolvimento cognitivo tendem a beneficiar-se de um conflito interativo por apresentarem diferentes representações sobre o mesmo problema” (NITZKE, 2002, p. 53).

## 5. CONSIDERAÇÕES SOBRE AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Cada vez é maior a variedade de iniciativas pedagógicas a partir de ambientes informatizados, concebidos a partir de diferentes perspectivas epistemológicas. Pode-se dizer que não há maiores restrições quanto ao desenvolvimento tecnológico desses ambientes, tendo em vista que existem plataformas que permitem ao professor dimensionar a interface segundo as suas necessidades, sem maiores conhecimentos de informática. Neste capítulo, serão apresentadas diferentes facetas de um Ambiente Virtual de Aprendizagem – AVA e suas possibilidades, procurando identificar como cada ferramenta pode ser utilizada para atender às perspectivas epistemológicas detalhadas no capítulo 2 (p. 23).

Inicialmente, é importante destacar algumas características de um ambiente de aprendizagem, procurando particularizar aspectos próprios de um ambiente virtual. Não se tem como objetivo, neste trabalho, distinguir categoricamente ambientes reais de virtuais; porém, pretende-se analisar como a mediação pedagógica a partir de recursos da tecnologia da informação pode proporcionar características de um ambiente de aprendizagem construtivista. O objetivo principal deste capítulo é identificar os cenários a partir dos quais um ambiente virtual pode ser revelante para propiciar a aprendizagem, procurando identificar de que forma eles podem atender ao referencial teórico proposto.

Segundo Dillenbourg (2003), um *web-site* educacional não é, necessariamente, um AVA. Por exemplo, disponibilizar na Internet um livro sobre construção de diagramas em estruturas isostáticas na forma de hipertexto não apresenta maiores vantagens com relação ao próprio livro, mesmo que cada capítulo apresente exercícios com a resolução, podendo ser acessada através de *hiperlinks*. Da mesma forma, a utilização da tecnologia da realidade virtual em 3D também não garante as características pretendidas. Utilizando o mesmo exemplo, pode-se ter uma edificação a partir da qual o usuário tem acesso com recursos da realidade virtual. Ao navegar sobre a edificação, pode-se consultar teoria e exercícios sobre a construção de diagramas em estruturas isostáticas, inclusive com diferentes animações que ilustrem os diferentes conceitos envolvidos no estudo. Essas características não são suficientes para caracterizar um AVA.

A seguir serão analisados diferentes aspectos de um AVA, para que se possa entender como um livro ou um ambiente em realidade virtual, por exemplo, podem se tornar importantes recursos de um AVA.

### 5.1 Definição clara de uma base epistemológica

Ao se conceber qualquer atividade pedagógica, é importante que se tenha uma clara definição epistemológica, que irá nortear o desenvolvimento das atividades propostas. Promover atividades que forneçam *feedbacks* imediatos para evitar que os alunos cometam erros caracteriza uma abordagem empirista, pois funciona usualmente como uma punição ao aluno (OLIVEIRA et. al, 2001, p. 22). Foi salientada no capítulo 4 (p. 76) a importância do erro na abordagem construtivista, o que evidencia o quanto o erro do aluno pode contribuir na concepção das atividades. Os autores acima apontam como alternativa ao *feedback* imediato “a inclusão de estratégias interativas de ensino que considerem o seu conhecimento prévio, aumentando assim a viabilidade de sua aprendizagem”. Pode-se, por exemplo, levar o aluno a tentar entender por que resolveu daquela forma, mostrando que ela pode estar coerente com o seu conhecimento prévio. Sugere-se, também, a utilização de simulações com o objetivo de antecipar dados, possibilitando a utilização de conceitos inerentes àquele conteúdo em situações diferentes.

### 5.2 A consideração da Internet como um espaço construído também pelos estudantes

Dillenbourg (2003) salienta uma característica particular de ambientes virtuais, em função das peculiaridades da Internet. Segundo ele, os estudantes não estão restritos a consultar as informações da Rede, eles se tornam produtores da informação, participantes do jogo. A utilização de portfólios virtuais para que os alunos registrem as suas produções ao longo do curso consiste numa atividade diferente do que entregar um trabalho apenas para o professor, pois, no primeiro caso, as informações estarão disponíveis para qualquer pessoa que tenha possibilidade de acessar a Internet<sup>52</sup>. Dessa forma, a disponibilização de um livro pelo professor pode consistir apenas no início de uma atividade que inclua os seguintes itens: a) uma pesquisa a respeito da temática abordada; b) a disponibilização, no portfólio virtual do aluno, de uma resenha a respeito do livro; c) a criação de uma lista de discussão que tenha

---

<sup>52</sup> Convém destacar que no Brasil ainda é uma minoria que tem acesso à Internet. Em 2001 o IBGE (<http://www.ibge.gov.br>) verificou que apenas 8,6% dos domicílios tinham microcomputadores com acesso à Internet. Esse dado retrata um problema social do Brasil, que relativiza a universalização do conhecimento através da Internet.

por objetivo construir um texto coletivo a partir da análise das resenhas dos colegas; d) outras atividades que possam tornar o ambiente virtual um espaço onde os estudantes sejam efetivamente protagonistas da informação. Lioselle (2002, p.116) descreve a participação do aluno no desenvolvimento do produto, em que “o estudante conduz suas próprias operações de coleta de informações e não se coloca como um simples consumidor da informação”, assim, “o dispositivo estimula os estudantes a desenvolverem um conteúdo próprio”. A partir das produções dos alunos, pode-se então enriquecer o que Lioselle chama de dispositivo de formação multimídia, fazendo dele uma construção coletiva. O desenvolvimento de portfólios virtuais pelos estudantes possibilita também, segundo esse mesmo autor, um acesso a ferramentas de acompanhamento do estudante, de forma que os mesmos possam “registrar suas observações e reunir as informações necessárias que lhe pareçam essenciais”, permitindo ao aprendiz “conservar indicações das leituras e atividades realizadas”. Dessa forma, estimula-se que o estudante faça uma seleção das informações presentes na rede a partir de critérios por ele mesmo estabelecidos.

Um exemplo do uso do ambiente a partir de portfólios virtuais desenvolvidos pelos alunos é a experiência apresentada por Rojas (2002). Ele descreve o uso de um tutorial chamado MAESTRO, desenvolvido em linguagem Java<sup>53</sup> para a disciplina Aplicações Computacionais do Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento e Engenharia de Construção do Departamento de Engenharia Civil, Estrutural e Ambiental da Universidade de Buffalo. A interface do tutorial baseia-se na orientação para a realização de tarefas específicas solicitadas pelo estudante, como por exemplo criar um objeto 3d, alterar sua luminosidade, etc. Em função da carga horária e da quantidade de softwares que devem ser trabalhados, não é foco da disciplina uma análise aprofundada de cada um deles. O tutorial é baseado na Internet, permitindo que seja constantemente atualizado pelo instrutor mediante o uso da linguagem html. Portfólios Virtuais são desenvolvidos por cada grupo de trabalho, que armazenam seus arquivos em diretórios do computador do instrutor, o qual pode ser compartilhado a partir de qualquer computador conectado à Internet. Propõe-se o seguinte paradigma cognitivo: educação baseada na Internet. Esse paradigma torna-se possível pois acredita-se que as tecnologias da Internet permitem um aumento na interação entre os estudantes, o que possibilitará a geração do conhecimento a partir da cooperação e do compartilhamento da

---

<sup>53</sup> Java é uma linguagem de programação orientada a objetos que foi projetada para ser portátil entre diferentes plataformas e sistemas operacionais. Inclui recursos especiais que o tornam ideal para programas na Internet. Permite que sejam colocados gráficos interativos em páginas da Internet.

informação, reforçada pelo desenvolvimento dos portfólios virtuais e pelas avaliações entre colegas<sup>54</sup>. Rojas (2002) prevê um melhor aproveitamento do tempo na sala de aula tradicional, pois a disponibilização da informação ocorre pela *web*. O grande diferencial proposto por ele no desenvolvimento do ambiente é a participação ativa do estudante no processo pedagógico criando suas próprias experiências de aprendizagem. A avaliação formativa ocorre a partir da apresentação do portfólio virtual de cada grupo, de forma que os grupos são então classificados pelos demais e por um instrutor de outro departamento, tornando os próprios estudantes participantes ativos da aprendizagem coletiva. A partir do *ranking* obtido, o instrutor então atribui um conceito para cada grupo com as respectivas recomendações. A avaliação somativa ocorre no final do semestre quando o instrutor reavalia a qualidade dos trabalhos baseado nas recomendações da avaliação formativa.

Essa integração entre a proposta pedagógica e a avaliação representa um importante exemplo de coerência na condução do ato educativo, constituindo-se num forte indicador para a obtenção do sucesso na compreensão dos objetivos de aprendizagem.

### 5.3 Possibilidade de promover autonomia ao estudante

Inicialmente cabe situar o conceito de autonomia e suas conseqüências na concepção de um AVA. Segundo Fainholc (1999, p. 25), um dos aspectos que mais diferencia a modalidade a distância da presencial é a ênfase dada na primeira ao trabalho autônomo. A educação a distância, na perspectiva do mesmo autor, quando enfatiza a mediação pedagógica para apoiar a auto-aprendizagem do estudante, converte-se em educação aberta, proporcionando a inclusão de pessoas independentemente dos títulos acadêmicos anteriores. Assim, tem-se um modelo autogerido, estando professores e alunos separados no tempo e no espaço. Convém destacar que nem toda forma de educação a distância constitui uma modalidade de educação aberta, considerando a autonomia como eixo central dessa diferenciação. Peters (2001, p.156) relativiza, com propriedade, a autonomia nas experiências em EAD, destacando seu caráter heteronômico, sendo “predeterminado, estruturado, amarrado a fatores preestabelecidos e mais regulamentado do que o estudo com presença”, ao mesmo tempo em que o estudante trabalha autonomamente como em nenhuma outra área educacional. Os estudantes precisam assumir a responsabilidade pelo seu próprio estudo, decidindo quanto tempo, em qual

---

<sup>54</sup> *Formative Peer Evaluations*

intensidade e em que momento realizarão as tarefas. Segundo Peters, essa forma de autonomia “refere-se apenas à forma exterior do estudo e às suas condições diferenciadas”. Todavia, a existência de prazos pré-determinados, vinculações aos semestres regulares, regras e regulamentos institucionais e restrição quanto a decisões curriculares limitam a autonomia do estudante.

A autonomia apresenta uma relação direta com o referencial teórico deste trabalho, quando se pensa sobre a forma como se estabelece a aprendizagem. Se não há, conforme foi argumentado anteriormente, a transmissão do conhecimento, e sim a sua construção ativa e baseada nas estruturas individuais do saber, a autonomia como um estudo autogerido vai ao encontro da concepção construtivista acerca do conhecimento. Basendo-se em Peters (2001) e Alava (2002), apresentam-se alguns exemplos de facetas presentes na EAD, que promovem um “espaço incomensuravelmente grande para formas do estudo autônomo e autodirigido” (PETERS, 2001, p.259):

- Desonera a memória dos estudantes, em função da grande capacidade de armazenamento de dados, abrindo novas dimensões para a aprendizagem.
- Possibilita o acesso a uma grande quantidade de informação.
- O rápido acesso a informações, o que permite a sua seleção e estruturação, facilitando sua transformação em saber. Os *hiperlinks* criados permitem que os alunos, a partir de seus interesses pessoais, ampliem os conhecimentos básicos do curso.
- Possibilidade de demonstração e comunicação dos resultados, a partir das singulares possibilidades da multimídia, tendo modos de representação múltiplos.
- Facilidade na realização de análises estatísticas a partir de uma grande quantidade de dados.
- Presença de atividades de aprendizagem que destaquem o papel ativo dos alunos, a partir de retornos individualizados, indicação de informações suplementares ao tema tratado e análise crítica da informação.
- Os estudantes podem ter acesso a conversações com companheiros individualmente bem como a comunidades de conhecimento, sendo esta uma forma de estudo autônomo em cooperação. Estabelece-se, assim, uma rede de comunicação.

Finalmente, relaciona-se a autonomia com a EAD na medida em que amplia o espaço decisório dos estudantes (PETERS, 2001), em que a busca, a compreensão e a avaliação de fontes necessárias podem ocorrer sem a presença do docente. A memorização dá lugar à pesquisa e à construção. As interfaces desenvolvidas a partir de recursos multimídia devem

priorizar o “controle do aprendiz”, “encorajando a exploração e o envolvimento do estudante” (LOISELLE, 2002, p.113).

#### 5.4 A interatividade em AVA's

Dillenbourg (2003) destaca que o problema das interações representa essencialmente um contingente de ordem pedagógica. Estabelecer um ambiente colaborativo de aprendizagem não está limitado por questões técnicas, já que a utilização do correio eletrônico e dos *chats*, por exemplo, não apresenta maiores limitações. O desafio consiste em tornar essas comunicações em algo construtivo para a aprendizagem. Para que isso ocorra, será necessário considerar uma espécie de contrato de conversação, na maioria das vezes implícito, a ser constituído no ambiente virtual, levar em conta as diferenças entre as interações virtuais e as presenciais e considerar também as comunicações não-verbais, como o caso dos *whiteboards*<sup>55</sup>. Segundo Fainholc (1999), a concepção dos projetos teleducativos, a preparação dos materiais de auto-aprendizagem pedagogicamente válidos e a orientação tutorial são elementos-chave para fortalecer a interatividade. Para que os materiais informático-telemáticos sejam interativos, devem provocar, prever e prover estratégias cognitivas que sejam fatores de desenvolvimento posterior para os sujeitos a partir do trabalho autônomo, favorecendo o diálogo através de atividades capazes de desafiar o aluno. Para ela, a interatividade se alimenta a partir da elaboração de materiais contendo textos processados didaticamente, de ações tutoriais que motivem o estudante a fortalecer a sua auto-aprendizagem com trabalho didático pessoal e colaborativo com outros estudantes, que unidos sincronamente através da tecnologia, ampliam o compromisso pedagógico.

É importante, nesse contexto, refletir sobre as variáveis que determinam o nível de abertura de um AVA, o que permitirá ou não um ambiente interativo e promotor da autonomia do estudante. Para Fainholc (1999, p. 105), módulos de ensino constituídos de unidades instrutivas auto-suficientes reduzem as possibilidades da individualização do ensino, impedindo a constituição de um ambiente interativo. Isso não significa que as “facilidades didáticas para a aprendizagem autônoma” não tenham uma base conceitual. Dependem “do estudante que investiga intenções, revela contradições, aplica e contesta a prática”. São estruturas, porém no sentido piagetiano, que incluem uma noção de totalidade, de

---

<sup>55</sup> Consiste num software a partir do qual dois ou mais usuários podem editar o mesmo documento, podendo ver, modificar e apagar os objetos editados pelos colegas (Dillenbourg, 2003).

transformação, de auto-regulação e de autoconstrução constante, dependendo, para sua transformação, das interações com o meio. Essa noção de estrutura, segundo Fainholc (1999), é um sistema de transformação que, enquanto sistema, enriquece-se pelo jogo das transformações. Essa autora enumera alguns padrões para a concepção de materiais que promovam a interatividade, a partir de aprendizagens que satisfaçam necessidades e interesses, orientem a contextualização, apóiem-se em conhecimentos prévios e estimulem a investigação e aplicação. Para o desenvolvimento socio-emocional, propõe-se a realização de atitudes favoráveis à motivação, ao esforço pessoal, à autodisciplina e à autodedicação, e à busca compartilhada e discussão grupal.

A partir das referências descritas acima, constata-se que a interatividade na educação a distância precisa ser entendida e considerada desde as primeiras idéias a respeito do desenvolvimento de um AVA. As peculiaridades da EAD bem como a magnitude das possibilidades da Internet remetem à constituição de um novo paradigma pedagógico, ainda não delineado por completo. Por mais correntes que estejam as aplicações em AVA's bem como a difusão de ferramentas computacionais, ainda é necessário falar-se em novidade, quando se pensa na interatividade, na ótica construtivista, a partir da utilização de ambientes informatizados.

### 5.5 Possibilidade de promoção da aprendizagem colaborativa

A constituição de comunidades virtuais consiste num tema de relevante interesse para a educação, principalmente no sentido de compreender de que forma se constituirá a aprendizagem colaborativa a partir de um AVA. Capra (1997, p.291), referindo-se ao pensamento coletivo, afirma que, “mais do que qualquer outra espécie social, dedicamo-nos ao pensamento coletivo e, assim procedendo, criamos um mundo de cultura e de valores que é parte integrante do nosso meio ambiente natural”. Para Grabinger & Dunlap (1996 apud LOISELLE, 2002, p. 115), “a presença de atividades de aprendizagem colaborativa é uma condição necessária ao estabelecimento de ambientes de aprendizagem ricos”. Loisel (2002) considera vantajoso criar redes de aprendizagens para estudantes compartilharem seus pontos de vista, seja por correio eletrônico ou por listas de discussão. Flores & Becerra (2002, p. 85) apresentam estratégias de aprendizagem em colaboração mediadas por tecnologias visando à

produção social do conhecimento na Universidade Virtual de Quilmes (UVQ)<sup>56</sup>. Nessa experiência, buscaram-se “propostas inovadoras e rigorosas de produção de materiais didáticos capazes de gerar nos estudantes processos de reflexão, análise crítica e estabelecimento de relações entre o que sabem e o novo conteúdo a aprender”. Para que isso ocorra, propõe-se o “diálogo didático mediado” entre docente e aluno. Esses autores assinalam que a aprendizagem, baseada no paradigma construtivista não é resultado apenas de uma atividade auto-estruturante, mas é também resultado de interações sociais, afirmando assim que o sujeito é, antes de ser um aprendiz, um sujeito social. Para tanto, será necessário construir culturalmente uma negociação de significados, que se constituirá a partir da aprendizagem colaborativa.

Particularizando para AVA's, Flores & Becerra (2002,) analisam a aprendizagem colaborativa tecnologicamente mediada, afirmando que, além da aprendizagem COM a tecnologia, em que o aluno melhora seu rendimento intelectual, há a aprendizagem DA tecnologia, a partir da qual resulta um “resíduo cognitivo”, obtido no processo de colaboração. Tal resíduo implica novas habilidades e novas estratégias de pensamento, com efeitos para a vida acadêmica e profissional do estudante, conforme é exemplificado a partir de uma experiência realizada em 1999, pelo curso de Licenciatura em Educação da UVQ, na disciplina “Educação e Novas Tecnologias”, obrigatória e de caráter introdutório para todos os alunos do curso. No segundo trabalho prático da disciplina, ao estudar a problemática tecnologia e sociedade, foi proposto um debate entre diferentes grupos, compostos de três a quatro alunos, num total de cinquenta, acerca de posturas tecnófilas e tecnófobas<sup>57</sup>. A cada grupo se atribuiu a defesa de uma das posturas em debate, sendo que três grupos assumiram o papel de moderadores e juizes dos debates. No primeiro caso, devia-se produzir uma argumentação da posição atribuída, a partir da bibliografia da disciplina, informações e dados coletados, etc. Já os grupos que moderaram e julgaram os debates deviam realizar um trabalho

---

<sup>56</sup> Programa pertencente à Universidade Nacional de Quilmes, localizada na Província de Buenos Aires, Argentina. Constituiu-se a partir de transferências tecnológicas e pedagógicas da Universidade Aberta da Cataluña (UOC), sendo, segundo Flores & Becerra (2002), a primeira experiência educativa em toda a América Latina cujos estudantes podem realizar todo curso universitário através de um campus virtual assíncrono.

<sup>57</sup> Tecnófilos são aqueles que atribuem exclusivamente ao uso da tecnologia a solução dos problemas. Para alguns tecnófilos, o uso do computador na educação pode prescindir até mesmo da presença do professor. Os tecnófobos, ao contrário, têm uma aversão à tecnologia, possuindo, em alguns casos, uma visão retrógrada e sectária.

de sistematização de posturas e argumentos, para que se pudesse então dar um veredito com a postura ganhadora do debate, a partir de critérios explícitos.

A formação dos grupos e a troca de informações entre os diferentes grupos ocorreu no Fórum Aberto da Aula, um espaço de comunicação multidirecional (todos-todos) assíncrono. A publicação dos produtos elaborados por cada grupo, as discussões sobre os conteúdos próprios do trabalho e os encontros acadêmicos foram realizados nos Debates da Aula, espaço também multidirecional (todos-todos) assíncrono. No Bar da Universidade, havia a possibilidade de discussões multidirecionais (todos-todos) síncronas a respeito de argumentos a serem utilizados bem como sobre definição de tarefas. Como espaço de comunicação bidirecional e assíncrono, utilizava-se o correio eletrônico do professor e do aluno, onde se construíram coletivamente os documentos a partir de um processador de textos, enviando-se mensagens com cópias para todos os integrantes do grupo. O correio do professor foi utilizado para consultas sobre conteúdos e estratégias, sendo as respostas enviadas para todos os componentes do grupo.

A avaliação dessa experiência feita pelos seus autores foi positiva, pois foram garantidas a igualdade e a mutualidade, fundamentais para a construção social do conhecimento. Ou seja, devia haver simetria entre os papéis exercidos por cada integrante dos grupos, caracterizando a igualdade, enquanto a mutualidade se conferia a partir da existência de uma produção única, não sendo possível dividir partes dessa produção para cada integrante do grupo. Isso não significa que não houvesse diferentes papéis e diferentes tarefas no interior de cada grupo, porém devia ser garantida a negociação de significados em torno de uma responsabilidade única. Foi considerado que a atividade resultou em conhecimento significativo para cada aluno, uma vez que a produção de argumentos deveria ocorrer sobre posturas determinadas, sendo necessário conhecê-las, e os conhecimentos prévios foram invariavelmente modificados a partir de reforços conceituais. A tradicional transmissão do conhecimento foi, segundo os autores, eliminada, uma vez que a postura do professor agiu como um facilitador, selecionando conteúdos, estabelecendo seqüências lógicas, identificando materiais e fontes, moderando os espaços compartilhados, acompanhando os processos de produção, com a respectiva retroalimentação e provendo informações e estratégias para a constituição de verdadeiros grupos de aprendizagem. Quanto às ferramentas disponibilizadas, foram constatadas algumas carências, por exemplo, a criação de fóruns multiderecionais e assíncronos para cada grupo, otimizando a utilização do correio eletrônico; salas de *chat* que possam ser utilizadas por diferentes grupos, podendo ser usadas privadamente por cada grupo

a partir de reservas de horários; janela de produção coletiva de textos e outros *softwares*, onde se pode elaborar coletivamente o texto ou se compartilhar o uso de aplicativos sem a utilização do correio eletrônico.

Peters (2001) trata do mesmo tema a partir do ensino em uma comunidade de construção do conhecimento<sup>58</sup>, utilizando um computador central e a hipermídia em rede como instrumentos para um estudo autônomo e cooperativo. Cita-se o exemplo ao qual se atribui a origem desse tipo de estudo, de uma pesquisa realizada por microbiólogos. Todos trabalhavam individualmente no mesmo tema, e decidiram então informar-se mutuamente de seus progressos a partir de um PC. Daí resultou um arquivo central de cuja montagem todos participavam.

Todos participantes tiram proveito dele [documento único gerado] porque aprendem muito nesse processo, mas em um certo sentido também ensinam ao informar os outros a partir do ponto de vista de sua subdisciplina e ao acrescentar novos dados ao arquivo central. (PETERS, 2001, p. 241)

Para que isso ocorra em experiências de aprendizagem, será necessário que os estudantes não considerem apenas o seu progresso na aprendizagem, e sim o progresso do grupo, o que pode demandar um desafio para a implementação desse tipo de construção.

A partir dessas considerações a respeito da aprendizagem colaborativa e levando em consideração os objetivos deste trabalho e a concepção do GPA<sub>REDE</sub>, tem-se a seguinte pergunta norteadora:

- Como a avaliação da aprendizagem em Engenharia Estrutural via GPA<sub>REDE</sub> pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem colaborativa?

No próximo capítulo, será apresentado o GPA<sub>REDE</sub>, bem como suas características e suas peculiaridades, tendo como base as concepções epistemológicas e pedagógicas apresentadas no referencial teórico.

---

<sup>58</sup> *Knowledge building community*

## 6. GPA<sub>REDE</sub> – GERADOR PARAMETRIZADO DE AVALIAÇÕES VIA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES – DESCRIÇÃO TÉCNICA

Tendo como foco promover a melhoria do processo de avaliação da aprendizagem, conforme foi destacado no capítulo 1 (p. 16), descreve-se o GPA<sub>REDE</sub>, um ambiente virtual de avaliação da aprendizagem. Concebido a partir das premissas teóricas apresentadas em capítulos anteriores, o GPA<sub>REDE</sub> representa a ligação entre a proposta pedagógica deste trabalho e uma proposta de avaliação a distância<sup>59</sup>. Inicia-se com um pequeno histórico do desenvolvimento do ambiente, partindo posteriormente para uma descrição técnica detalhada, incluindo os softwares utilizados e as interfaces desenvolvidas.

### 6.1 Um breve histórico

Muito se tem pesquisado sobre a educação a distância no meio acadêmico. Ferramentas pedagógicas, AVA's e propostas nas mais diversas áreas de conhecimento estão cada vez mais presentes nas universidades. Burluson et al. (2001), Chandra & Kumar (2001) e Larson (2001) apresentam importantes contribuições sobre educação a distância para o ensino de Engenharia. Em 1999, iniciei no PPGEC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) uma pesquisa relacionada com o tema, focando o processo de avaliação da aprendizagem voltado para a educação a distância. Tinha como principal objetivo desenvolver uma ferramenta útil ao professor na elaboração de suas provas, a partir de um referencial pedagógico. Na minha dissertação de Mestrado (COSTA, 2000), propus um sistema gerador de avaliações, chamado GPA (Gerador Parametrizado de Avaliações), sob a plataforma do Microsoft Access. Nesse trabalho, foi desenvolvido um banco de dados de questões para o ensino de Mecânica Estrutural Básica e Resistência dos Materiais que, a partir da interface desenvolvida, permite a geração de diferentes provas a partir do banco de questões. As provas podem ser realizadas via formulários ou então impressas pelo professor e realizadas

---

<sup>59</sup> Convém, novamente, lembrar a conceituação adotada nesta tese para a educação a distância: “uma forma de ensino que possibilita a auto-aprendizagem, com a mediação de recursos didáticos sistematicamente organizados, apresentados em diferentes suportes de informação, utilizados isoladamente ou combinados, e veiculados pelos diversos meios de comunicação”.

presencialmente. O sistema apresentava algumas limitações, principalmente no que concerne à interface do aluno. Ainda era preciso promover uma interação maior e uma interface com a Internet. No trabalho de Doutorado, amplia-se o sistema de avaliação para uma plataforma que tenha uma efetiva interface com a Internet e que contemple uma investigação epistemológica consistente. Assim, é possível propor um método pedagógico para a avaliação da aprendizagem. Começa, efetivamente, a construção de um ambiente virtual de avaliação da aprendizagem. O gerenciamento de informação, via formulários e transferência de arquivos, e o desenvolvimento de webfólios são alguns dos novos recursos empregados para prover um ambiente propício à construção do conhecimento, no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem. Mantém-se o nome GPA, que na verdade tem sua origem na dissertação de Mestrado.

## 6.2 Descrição Técnica

O ambiente possui uma interface que permite a inserção de questões no banco de dados, classificadas a partir de diferentes parâmetros, definidos pelo usuário. Depois de criadas as questões, há uma interface para se gerar as provas, selecionando as questões em função dos parâmetros definidos pelo usuário. Obtém-se, assim, generalidade (pode ser editado um banco de questão para qualquer área de conhecimento), funcionalidade (permite ao professor gerar as suas provas com mais eficiência) e flexibilidade (os parâmetros são definidos pelo usuário).

A segunda parte do software corresponde à disponibilização das provas na Internet. O *site* gerado permite:

- a resolução das provas com o respectivo envio das questões;
- o retorno direcionado feito pelo professor para cada aluno, em cada prova e em cada questão;
- um espaço para comunicação para envio de comentários, que podem ser feitos a partir de arquivos de qualquer formato;
- o envio de questões elaboradas pelos próprios alunos;
- a seleção de questões de todo o banco de dados para serem realizadas pelos alunos;
- a criação de portfólios virtuais dos alunos, na forma de armazenamento de documentos ou geração de páginas pessoais.

O objetivo do sistema não se restringe à simples aplicação de provas, permitindo também o uso de ferramentas que possibilitem ao aluno mostrar o que ele aprendeu de outras formas. As ferramentas usadas pelo GPA<sub>REDE</sub> são a Avaliação Formativa e o Webfólio.

O arquivo criado no gerenciador do banco de dados chama-se *porticosbala.mdb*, e é este o arquivo que armazena, distribui e gerencia os dados que são disponibilizados na Internet. Na primeira etapa deste trabalho de tese, não havia a interface com a Internet, de modo que foram desenvolvidas interfaces no próprio arquivo. A partir da disponibilização na Internet, o acesso ao arquivo ficou exclusivo ao professor e à sua equipe. Além disso, procurou-se realizar o máximo de operações possíveis pela Internet, já que o arquivo só poderia ser acessado no servidor, o que limitava a atuação do professor. A descrição do programa será dividida em três partes: apresentação do arquivo *porticosbala.mdb*, detalhamento da interface do arquivo com a Internet e descrição da disponibilização dos dados na Internet.

### 6.2.1 Arquivo *Porticosbala.mdb*

Este arquivo foi criado no gerenciador de banco de dados Microsoft Access<sup>60</sup>, que gerencia o banco de dados a partir dos seguintes objetos: tabelas de dados, formulários de entrada e impressão, consultas obtidas a partir de perguntas feitas ao usuário e relatórios que sintetizam as informações. Baseando-se nesses modelos de objetos, o Access possibilita que se inter-relacionem os dados e se configure a interface de apresentação ao usuário<sup>61</sup>.

#### 6.2.1.1 Tabelas

As tabelas consistem na estrutura básica do Access para armazenar dados, de forma que todos os dados armazenados no arquivo *porticosbala.mdb* estão dispostos na forma de tabelas.

---

<sup>60</sup> A escolha deste software, da linguagem ASP, que será a seguir descrita, e da plataforma Windows, em detrimento do uso do MYSQL, da linguagem PHP e da plataforma LINUX, deu-se em função da disponibilidade de tecnologia no momento de concepção e desenvolvimento. A possibilidade de se migrar posteriormente para a plataforma LINUX foi um importante argumento para se iniciar na plataforma Windows.

<sup>61</sup> Convém lembrar que as interfaces do Access são de acesso exclusivo do professor, e que a prioridade de desenvolvimento de interface ao usuário está voltada para a Internet, permitindo que se acesse o banco de dados a partir de qualquer computador conectado à Internet.

A **Figura 37** apresenta a lista de tabelas do programa, e na Figura 38 pode-se visualizar a tabela Provas, que armazena o banco de questões criado pelo professor.

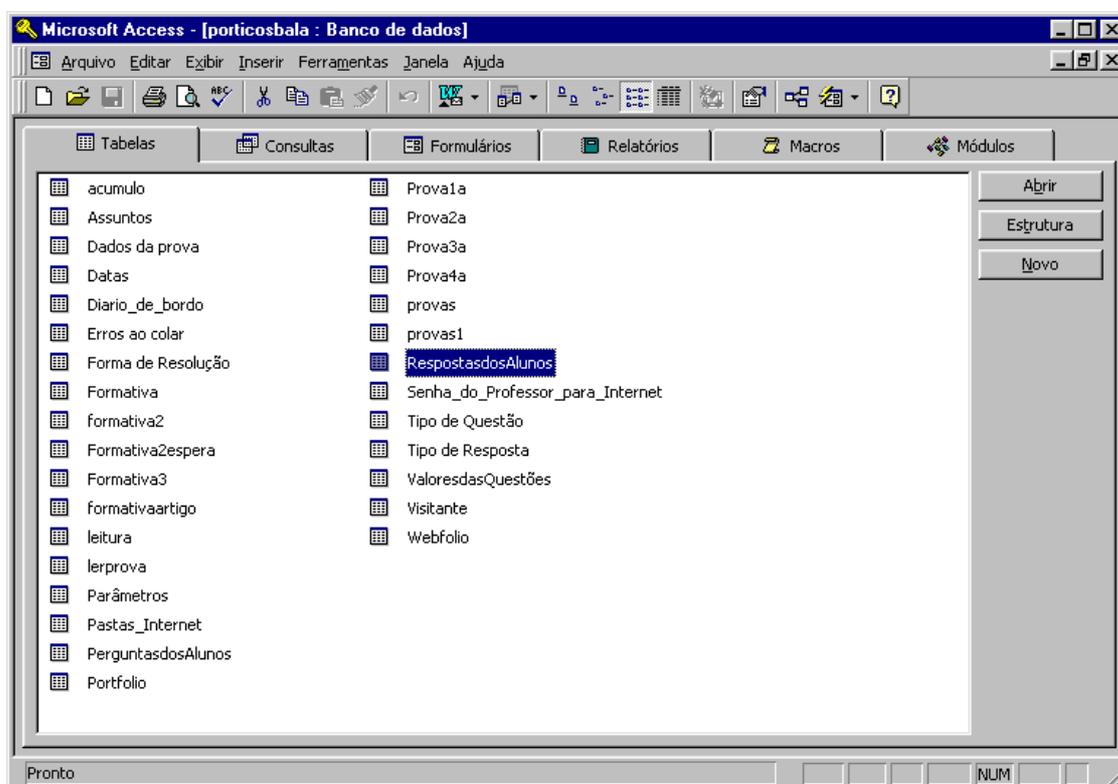


Figura 37 - Tabelas do Gerenciador do Banco de Dados

Além do banco de questões, o arquivo apresenta, na forma de tabelas, o cadastro de alunos, lista de comentários e contribuições feitos na Avaliação Formativa<sup>62</sup>, parâmetros que classificam as questões entre outros dados.

<sup>62</sup> Espaço onde os alunos e professores visualizam e emitem contribuições pela Internet.

Numero	CodTR	CodAssunto	TipodeQuestão	CodFormaResolução	Paragrafo	A	B	C
1	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D, considerando como positivo o sentido da esquerda para a direita?	a) 13,5 kN	b) -23,5 kN	c) 11
2	2	3	2	2	Qual a relação entre a reação vertical no apoio A e a reação vertical no apoio F?	a) 1,7	b) 0,92	c) 1,2
3	2	3	2	2	Qual a reação de momento no engaste?	a) 50,5 kN/m	b) -42,4 kN/m	c) 32
4	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D?	a) 485 kN	b) 605 kN	c) 761
5	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D?	a) 355,2 kN	b) 384,1 kN	c) 42
6	2	3	2	2	Qual a relação entre a reação vertical e a reação horizontal em A?	a) 0,17	b) 0,37	c) 0,6
7	2	6	2	2	Qual a equação do momento fletor para a trilha BC?	a) $M = -x^2 - 10$	b) $M = 12x + 15$	c) $M$
8	2	3	2	2	Qual a equação do esforço cortante?	a) $Q = -x^2$	b) $Q = x + 10$	c) $Q$
9	1	6	2	2	Escrever a equação do Esforço Cortante.			
10	1	6	2	2	Qual a equação do momento fletor?			
11	1	6	2	2	Escrever a equação do esforço cortante.			
12	1	6	2	2	Escrever a equação do momento fletor.			
13	1	6	2	2	Escrever a equação do esforço cortante.			
14	1	6	2	2	Qual a equação do momento fletor?			
15	1	6	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
16	1	6	2	2	Qual a equação do momento?			
17	1	6	2	2	Calcular as reações vinculadas.			
18	1	6	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
19	1	6	2	2	Calcular a equação do momento fletor.			
20	1	6	2	2	Calcular as reações vinculadas.			
21	1	6	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
22	1	6	2	2	Qual a equação do momento fletor?			
23	1	6	2	2	Calcular as reações.			
24	1	6	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
25	1	6	2	2	Qual a equação do momento?			
26	1	2	2	2	Desenhar os diagramas da Grelha.			
27	1	2	2	2	Desenhar os diagramas da Grelha abaixo.			
28	1	2	2	2	Esboçar os diagramas de solicitações para a grelha abaixo.			
29	1	2	2	2	Esboçar os diagramas de solicitações para a grelha abaixo.			
30	2	2	2	2	Qual o valor e onde se localiza o momento fletor máximo, desconsiderando o apoio? a) 135 kN/m, n b) 160 kN/m, n c) 130			
31	2	5	2	2	Qual a solicitação na barra 2-10?	a) 5 kN	b) -5 kN	c) 0
32	2	5	2	2	Qual a razão entre a solicitação na barra 4-5 e na barra 2-10?	a) 6	b) 1	c) 0
33	2	5	2	2	Qual a solicitação na barra 2-2?	a) 5 kN	b) 10 kN	c) 10
34	2	5	2	2	Qual a solicitação na barra 3-4?	a) 0 kN	b) 30 kN	c) 10
35	1	3	1	2	O que acontece com a barra 1 (da direita) quando submetida à carga de ruptura?			
36	1	4	1	2	Considerando que as barras da figura são idênticas, qual a consequência da ruptura?			
37	1	4	1	2	Como podemos explicar o fato de que a ruptura não ocorre no centro da viga (n)?			
38	1	4	1	2	Como podemos definir a representação de um corpo formado por barras pelo seu diagrama de esforços?			
39	1	4	1	2	Qual será o resultado no centro do cubo considerado?			
40	2	4	1	2	Como se chama e qual o símbolo da componente de tensão perpendicular à seção?	a) Tensão Tang	b) Tensão Norm	c) Tensão
41	1	4	1	2	Como podemos definir a tensão em um ponto?			
42	1	4	1	2	Explicar com as tuas palavras a regra que determina os índices das tensões tangenciais.			
43	2	4	1	2	Como o esforço Normal se relaciona com a distribuição de tensões na seção? a) Não tem relação b) Depende da seção c) É inversamente proporcional			
44	1	1	1	2	Como podemos caracterizar o deslocamento de corpo rígido?			
45	1	1	1	2	O que caracteriza a deformação de um corpo?			

Figura 38 - Tabela Provas

### 6.2.1.2 Formulários

Os formulários são utilizados para tornar possível a visualização do conteúdo de tabelas ou consultas a partir de uma interface desenvolvida pelo usuário. Cada campo do formulário criado relaciona-se com campos da tabela ou da consulta, o que torna a utilização dos dados mais fácil e mais eficiente. Na **Figura 39** é apresentado o formulário *Manutenção*, criado para a edição das questões da tabela *Provas*, que permite inserir, excluir e alterar questões.

Microsoft Access - [manutenção]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Registros Ferramentas Janela Ajuda

### Manutenção das Questões

Número: 1

Tipo de Resposta: 2

Assunto: 3

Tipo de Questão: 2

Forma de Resolução: 2

Edição dos Assuntos

**Figura Pergunta**

**Figura Resposta**

Pergunta: Qual a reação no apoio D, considerando como positivo o sentido da esquerda para a direita?

Resposta Dissertativa

Link Resposta

Exclusivo dissertativa

Exclusivo múltipla escolha

Nome do Arquivo da Figura da Pergunta (.gif, .jpg): portico1.gif

Nome do Arquivo da Figura da Resposta

Exclusivo Internet

Inserir nova questão: Excluir a questão Sair e Voltar ao Menu Principal

Registro: 1 de 110

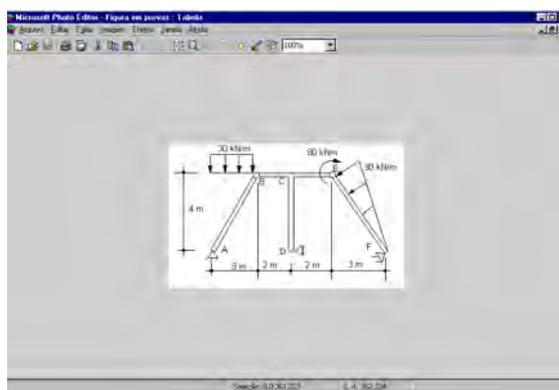
Modo formulário

Figura 39 - Formulário Manutenção

Pode-se verificar que a questão de número 1, que está apresentada na **Figura 39**, apresenta os mesmos dados da primeira linha da tabela da **Figura 38**, que contém os dados dispostos ao longo de uma linha da tabela. Imagens não são apresentadas na tabela, onde se faz apenas a referência ao software, que abrirá automaticamente ao se clicar sobre a célula que contém a figura, conforme é mostrado na **Figura 40**.

C	D	Figura	Resposta	Obj	Resposta	Diss	FiguraResposta	OnO
c) 11,3 kN	d) -24,5 kN	Photo Editor 3.0						<input checked="" type="checkbox"/>
c) 1,2	d) -0,8	Photo Editor 3.0	a					<input type="checkbox"/>
c) 32,3 kN*m	d) -60,3 kN*m	Photo Editor 3.0	d					<input type="checkbox"/>
c) 515 kN	d) 420 kN	Photo Editor 3.0	c					<input type="checkbox"/>
c) 422,3 kN	d) N. R. *	Photo Editor 3.0	b					<input type="checkbox"/>
c) 0,5	d) 1	Photo Editor 3.0	a					<input checked="" type="checkbox"/>
c) $M = -x^2/3 + 1$	d) $M = -x^2 + 12x$	Photo Editor 3.0	c					<input type="checkbox"/>
c) $Q = -y^2 + 18$	d) $Q = -x^2 + 12$	Photo Editor 3.0	d					<input type="checkbox"/>

(a)



(b)

Figura 40 - Acesso às imagens pela tabela

- (a) Célula ( em destaque) que contém a figura e sobre a qual deverá ser dado um *click* no botão esquerdo do *mouse*
- (b) Imagem que aparece após o *click*

É a partir dos formulários que se disponibilizam os campos do banco de dados na Internet, conforme será visto a seguir

### 6.2.1.3 Consultas

As consultas são utilizadas para que se criem novas tabelas, a partir de tabelas primitivas. O arquivo *porticolosbala.mdb* permite que se criem tabelas, a partir de parâmetros previamente definidos e que devem ser escolhidos no processo de seleção dos dados a serem incluídos na nova tabela. É importante destacar que as novas tabelas criadas ficam armazenadas no arquivo como consultas. Na Figura 41 é apresentada a tela com a lista de

consultas presentes no arquivo.

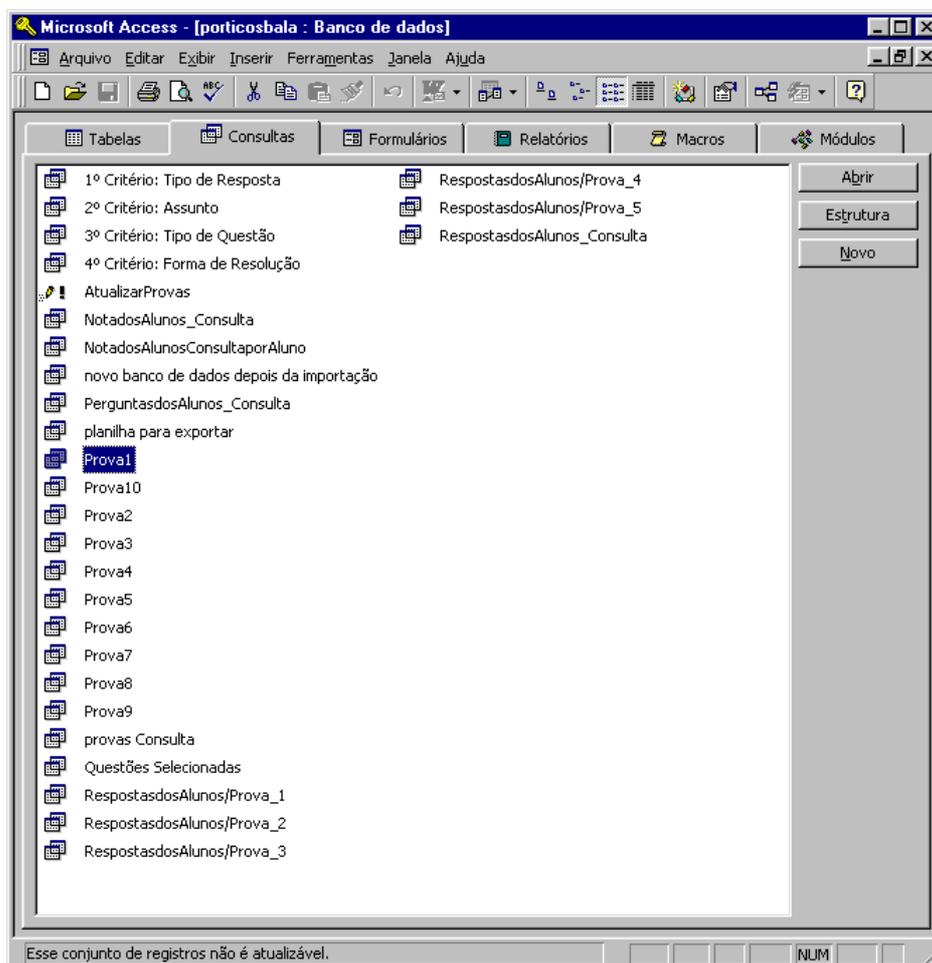


Figura 41 - Lista de consultas

As consultas foram criadas tendo como principal objetivo facilitar a busca no banco de questões. Por exemplo, se escolhermos os parâmetros apresentados na Figura 42, selecionaremos 7 questões do total de 110, conforme mostra a Figura 43.

The figure shows four dialog boxes titled "Informar valor do parâmetro".

- Top-left: "1 - Dissertativa ou 2 - Múltipla escolha" with input field "2".
- Top-right: "Digite o código do assunto:" with input field "3".
- Bottom-left: "Digite o código do Tipo de Questão:" with input field "2".
- Bottom-right: "Digite o código da forma de resolução:" with input field "2".

Figura 42 - Escolha de parâmetros

Número	CodTR	CodAssunto	TipodeQuestão	CodFormaResolução	Pergunta	A	B
1	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D, considerando como positivo o sentido da esquerda para a direita?	a) 13,5 kN	b) -23,5 kN
2	2	3	2	2	Qual a relação entre a reação vertical no apoio A e a reação vertical no apoio F?	a) 1,7	b) 0,92
3	2	3	2	2	Qual a reação de momento no engaste?	a) 50,5 kN*m	b) -42,4 kN*m
4	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D?	a) 485 kN	b) 605 kN
5	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D?	a) 355,2 kN	b) 394,1 kN
6	2	3	2	2	Qual a relação entre a reação vertical e a reação horizontal em A?	a) 0,17	b) 0,37
8	2	3	2	2	Qual a equação do eixo normal?	a) $O = -v^2$	b) $O = v + 18$

Figura 43 - Consulta obtida

Para saber o código de cada parâmetro, o usuário terá de consultar a tabela correspondente. Na Figura 44, é apresentada a tabela dos códigos do parâmetro *forma de resolução*.

Código	Forma de Resolução
1	Explorando software
2	Consulta ao material teórico
3	Pesquisa

Figura 44 - Códigos do Parâmetro Forma de Resolução

Conforme foi destacado anteriormente, as consultas podem ser visualizadas a partir de formulários, para que se possa então fazer a disponibilização dos campos através da Internet.

## 6.2.2 Interface com a Internet

Para que se tornasse possível disponibilizar na Internet os dados armazenados no arquivo *porticosbala.mdb*, utilizou-se o software Macromedia Dreamweaver Ultradev, que possibilita o desenvolvimento de páginas na Internet dinâmicas<sup>63</sup>, conectadas a um arquivo de banco de dados. Para criar um aplicativo da Internet no Ultradev, foi utilizado como servidor um PC com processador Athlon Thunderbird 1200, o Microsoft Personal Web Server como servidor de aplicativos, o já descrito arquivo de banco de dados e o driver de banco de dados ODBC (Conectividade aberta de banco de dados), que possibilitam que o aplicativo ASP<sup>64</sup> (Active Server Pages) se comunique adequadamente com o banco de dados.

### 6.2.2.1 Conetividade aberta de banco de dados

Para que seja possível a realização da conexão com o banco de dados, é necessário configurar as fontes de dados ODBC, a partir do acesso ao painel de controle (Figura 45).



Figura 45 - Configuração ODBC

<sup>63</sup> Assim como as páginas estáticas, as páginas dinâmicas são arquivos de texto simples (ASCII) que contém HTML e que estão armazenadas em um servidor, aguardando o seu envio a um navegador da Internet. Ambos os tipos de páginas podem conter *scripts* escritos em linguagens como VBScript ou Java Script. Porém, certos *scripts* de uma página dinâmica podem ser executados em um servidor, enquanto que os correspondentes de uma página estática, não. (MACROMEDIA, 2004). Assim, é possível trabalhar com recursos do servidor, como um banco de dados, por exemplo.

<sup>64</sup> ASP é um tipo de tecnologia de servidor, ou seja, que confere ao servidor a capacidade de modificar páginas da Web em tempo de execução.

A Figura 46 mostra o administrador de fonte de dados ODBC do servidor, já configurado para conectar-se com o arquivo *porticosbala.mdb*, do Microsoft Access.

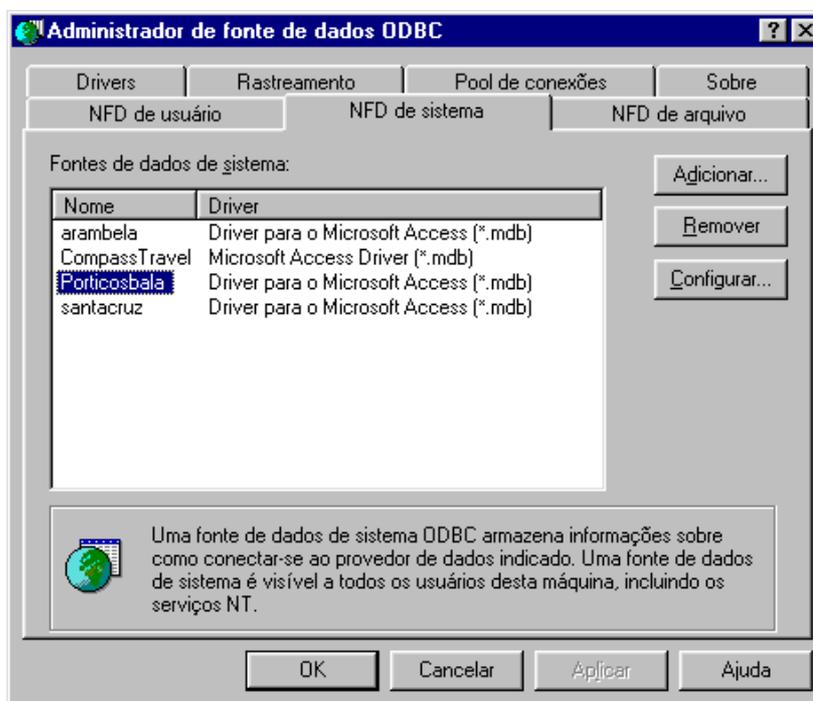


Figura 46 - ODBC já configurado

#### 6.2.2.2 O servidor de aplicativos

O *Personal Web Server* é um servidor WWW<sup>65</sup> gratuito, da Microsoft, que roda em computadores com sistema operacional Windows 95 e 98. Ele é um servidor leve, feito sob medida para instalações pequenas, e suporta:

- ASP.
- PHP.
- *Server Side Includes* (SSI).
- Controles *ActiveX*.

<sup>65</sup> É um dos serviços mais utilizados na Internet. A partir dele é possível visualizar documentos multimídia criados com linguagem html ou técnicas mais recentes de programação.

- Roda *scripts* "Internet Server API (ISAPI)" e "Common Gateway Interface (CGI)".
- Acesso a banco de dados via ODBC .
- *Secure Sockets Layer* (SSL).

Ao se instalar o Microsoft Personal Web Server (PWS), as páginas criadas são exibidas a partir do endereço *http://nome\_da\_máquina*, ou também pelo endereço IP – *http://IP\_da\_máquina*. O arquivo que contém a página é armazenado na seguinte pasta do servidor: *C:\inetpub\wwwroot*. Essas pastas são criadas durante a instalação do PWS, devendo armazenar todas as páginas desenvolvidas. A partir desta pasta, todas as demais subpastas criadas devem ser acrescentadas no endereço da Internet.

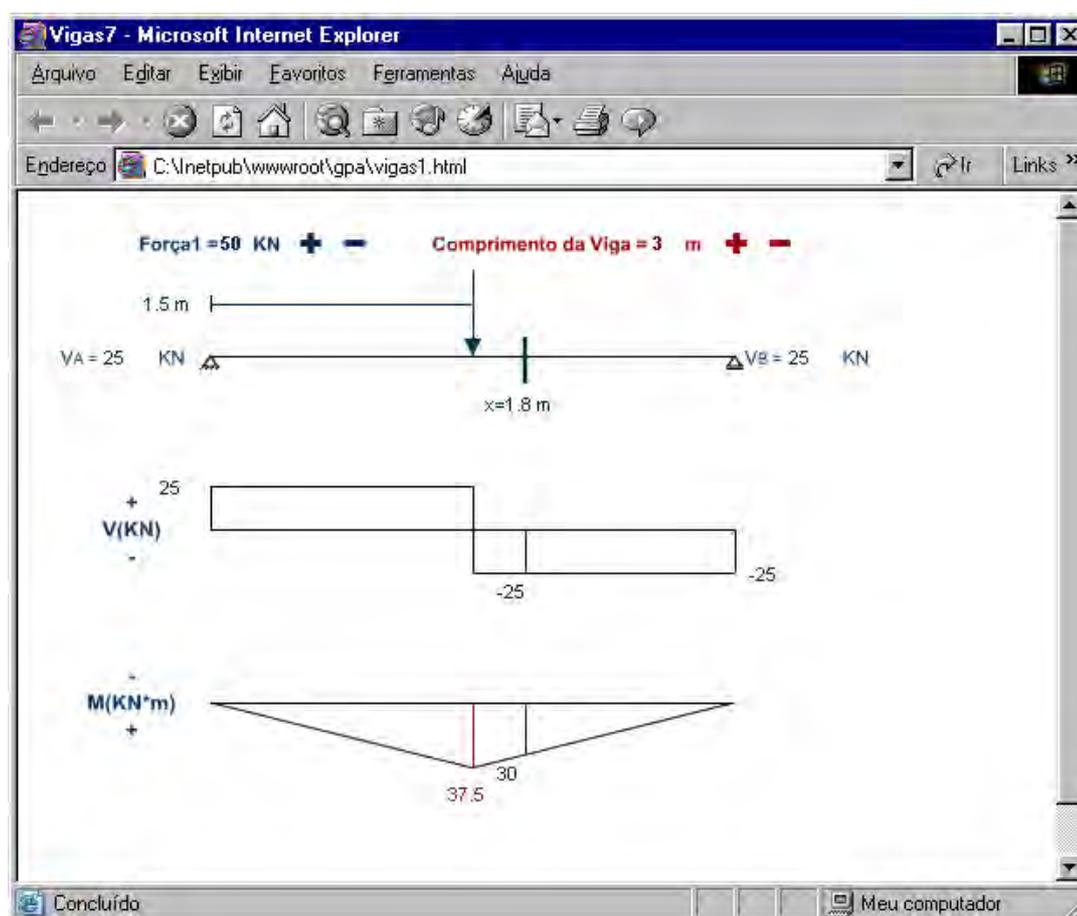


Figura 47 - Exemplo de visualização de página

Por exemplo, o arquivo *vigas1.html*, apresentado na Figura 47, está armazenado no servidor em *C:\inetpub\wwwroot\gpa\vigas1.html*. Na figura, ele foi acessado localmente,

podendo ser acessado de qualquer computador a partir do endereço <http://telemann.cpgec.ufrgs.br/gpa/vigas1.html>, ou seja, [http://Nome\\_da\\_máquina/gpa/vigas1.html](http://Nome_da_máquina/gpa/vigas1.html).

### 6.2.2.3 Exemplo de disponibilização na Internet de uma tabela do arquivo *porticosbala.mdb*

Para que se torne claro o desenvolvimento da interface, será mostrado o exemplo de uma página na Internet conectada ao banco de dados.

	<p>Arquivo <i>aluno_main2.htm</i></p> <p>Arquivo Cabeçalho: <i>aluno_sup2.htm</i></p> <p>Arquivo conectado ao banco de dados: <i>testeprova1.asp</i></p>
--	--

Figura 48 - Exemplo de formulário na Internet

A página apresentada na Figura 48 é acessada pelo arquivo principal *aluno\_main.htm*, que gerencia as duas páginas que são apresentadas. Na parte superior, o arquivo *aluno\_sup2.htm*, e no restante da página o arquivo *testeprova1.asp*, que apresenta o caráter dinâmico descrito anteriormente. Todas as páginas com a extensão *.ASP* são dinâmicas, usualmente ligadas a um arquivo do Access. A página *testeprova1.asp* foi desenvolvida a partir do Macromedia Dreamweaver, conforme se verifica na Figura 49.

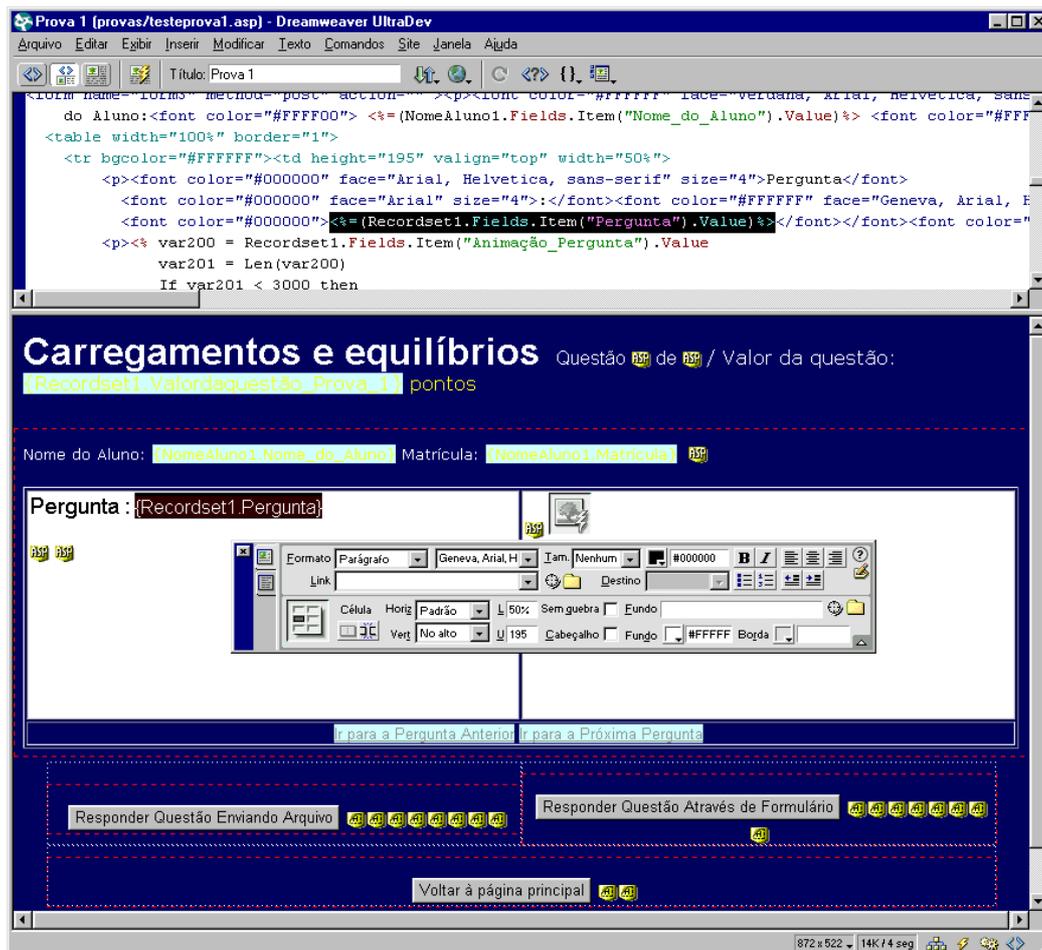


Figura 49 - Arquivo testeprva1.asp

Na figura acima observa-se o campo *pergunta* selecionado, cujo *script* que permite o acesso ao banco de dados está selecionado na parte superior do arquivo. *Recordset1* é o objeto criado que permite o acesso à tabela do banco de dados, cujos campos foram escolhidos no início do código fonte do arquivo, conforme mostra a Figura 50. Os campos Número, TipodeQuestão, Pergunta, A, B, C, D, NomedoArquivoFiguraPergunta, Valordaquestão\_Prova\_1, CodTR e Animação\_Pergunta são os selecionados para serem exibidos no arquivo *testeprva1.asp*.

```

<> Set connection1 = Server.CreateObject ("ADODB.Connection")
connection1.Open "Porticosbala","","" >
<> set Recordset1 = Server.CreateObject ("ADODB.Recordset")
Recordset1.Open "SELECT Número, TipodeQuestão, Pergunta, A, B, C, D, NomeDoArquivoFiguraPergunta, Valordad
If Recordset1.Recordcount = 0 then Response.Redirect "../erro1.htm" End if >
<> data1 = Recordset1.Fields.Item("Inicio").Value
data2 = Recordset1.Fields.Item("Fim").Value
data3 = Cdate(data1)

```

Figura 50 - Escolha das colunas da tabela do banco de dados

## 6.2.3 Disponibilização dos Dados na Internet

É mostrada a interface do aluno, do professor e do visitante, desenvolvida para o curso de extensão realizado.

### 6.2.3.1 Interface do aluno

A página principal do GPA- Gerador Parametrizado de Avaliações- pode ser exibida a partir do endereço <http://telemann.cpgec.ufrgs.br>, conforme mostra a **Figura 51**.

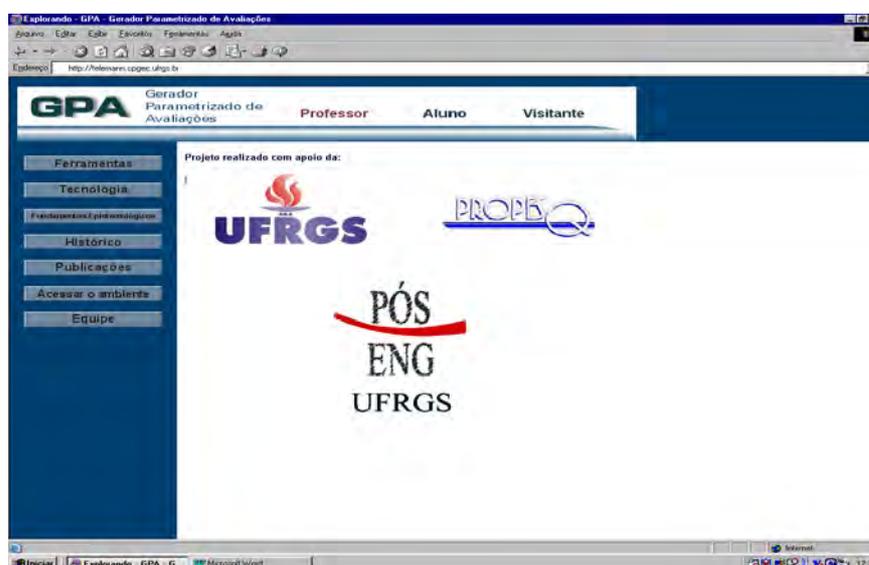


Figura 51 - Página principal do GPA

Nesta tela, para ter acesso às atividades desenvolvidas durante o curso de extensão, o aluno deve clicar no ícone *aluno*, onde encontrará a página mostrada na Figura 52.



Figura 52 - Página acessada a partir do botão *Aluno*

A seguir, o aluno clica em *Atividades Extras*, acessando a página mostrada na Figura 53, onde aparece um campo para preenchimento dos dados cadastrais do aluno.

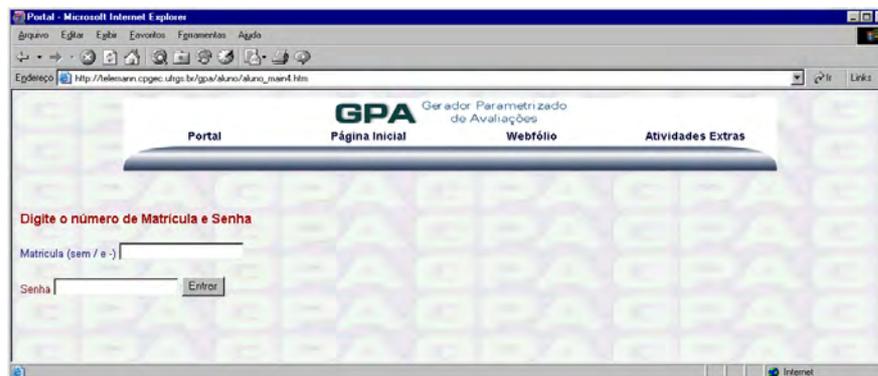


Figura 53 - Dados cadastrais do aluno.

O cadastramento dos alunos é feito anteriormente pelo professor, no arquivo *porticosbala*, criado no gerenciador de banco de dados Microsoft Access, que já foi referido. Neste arquivo, o professor encontrará a seguinte tela, mostrada na Figura 54.

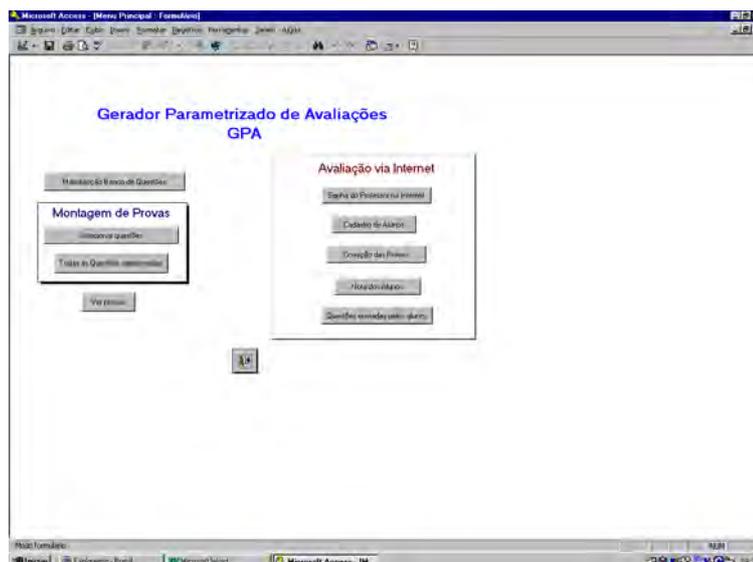


Figura 54 - Utilização do porticosbala.mdb

Neste ponto, o professor escolhe a opção *Cadastro de Alunos*, acessando o banco de dados propriamente dito, conforme se pode observar na Figura 55 - Cadastramento de alunos.

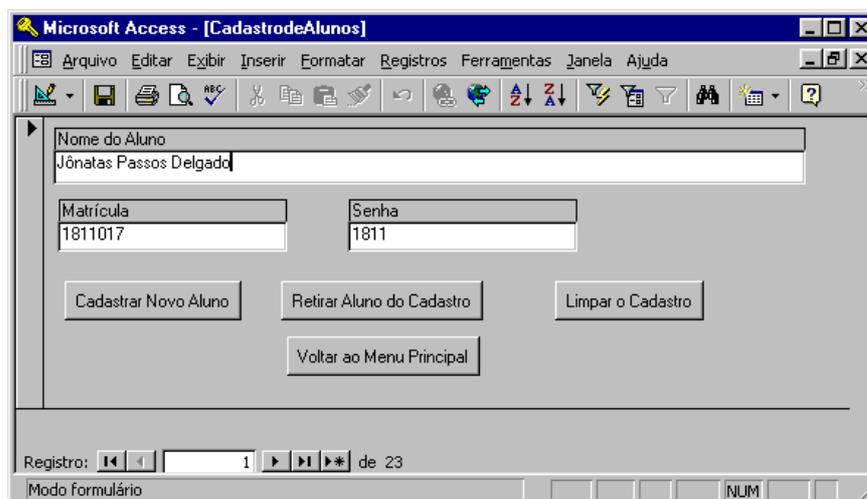


Figura 55 - Cadastramento de alunos

Aqui, o professor cadastra os alunos, dando a cada um uma *matrícula* e uma *senha*, que serão necessárias para acessar as *Atividades Extras*, que levam o aluno à página mostrada na Figura 56.

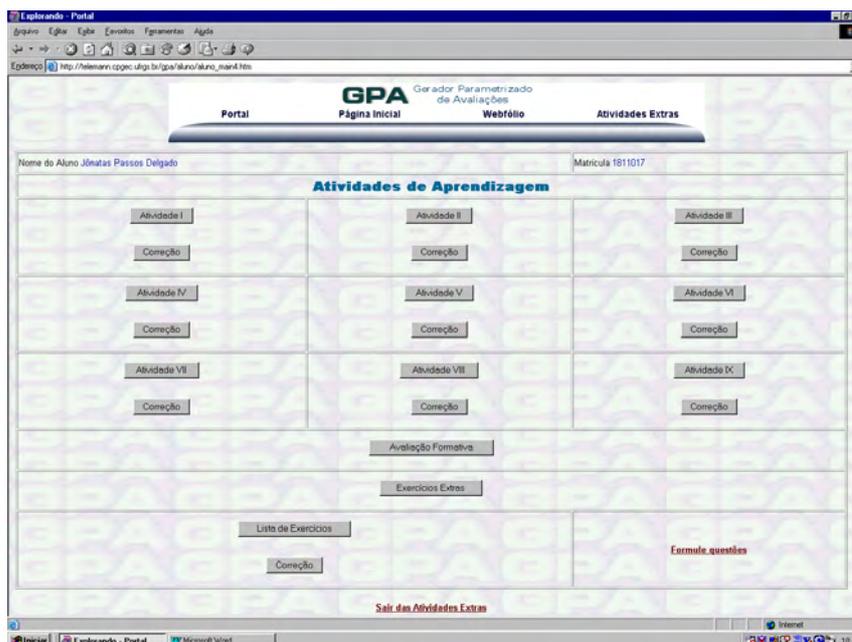


Figura 56 - Visualização das atividades

Ao chegar aqui, o aluno encontra nove atividades, que foram desenvolvidas no curso de extensão. Ao clicar em *Atividade I*, por exemplo, o aluno acessa a primeira atividade, conforme mostra a Figura 57.

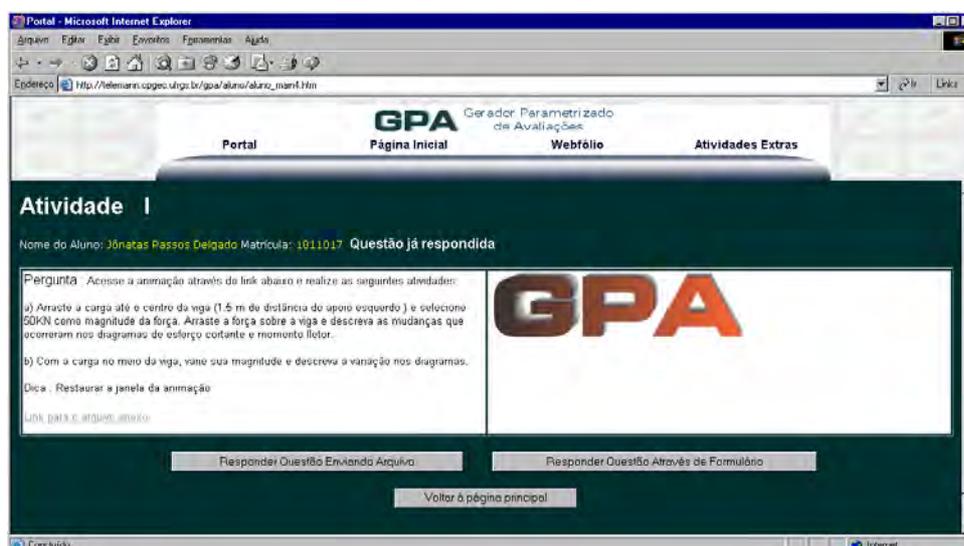


Figura 57 - Atividade I

Agora, o aluno depara-se com uma pergunta e um *Link para arquivo anexo*, que levará a uma animação, como se observou na Figura 58, que tem a finalidade de aumentar a interatividade do aluno com as atividades.

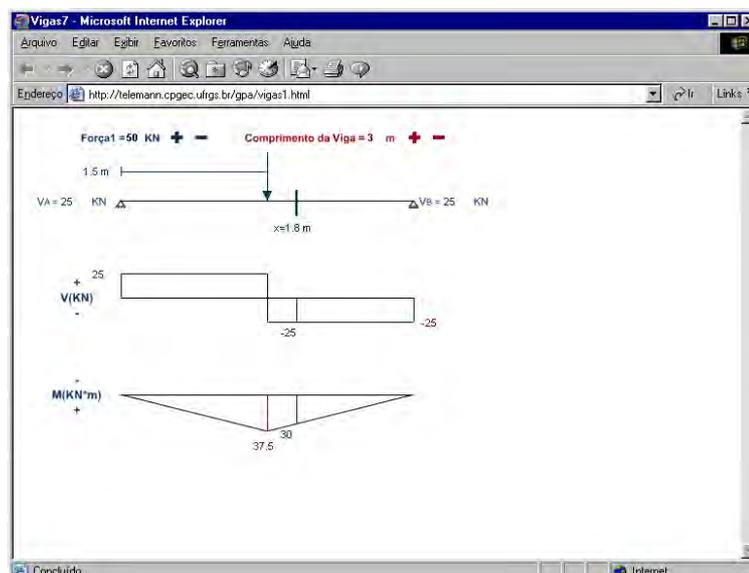


Figura 58 - Animação

Após resolver a questão, o aluno tem duas opções para enviar a resposta. Uma delas é clicando no botão *Responder Questão Enviando Arquivo*, onde abrirá a janela vista na Figura 59. Essa opção é útil, por exemplo, quando o aluno respondeu à questão em um documento do Word, por exemplo, e gostaria de mandar o próprio arquivo para a correção do professor. Nessa janela, o aluno localiza o arquivo em seu computador com o botão *Procurar* e a seguir clica em *Enviar Arquivo*, para o arquivo ser enviado.

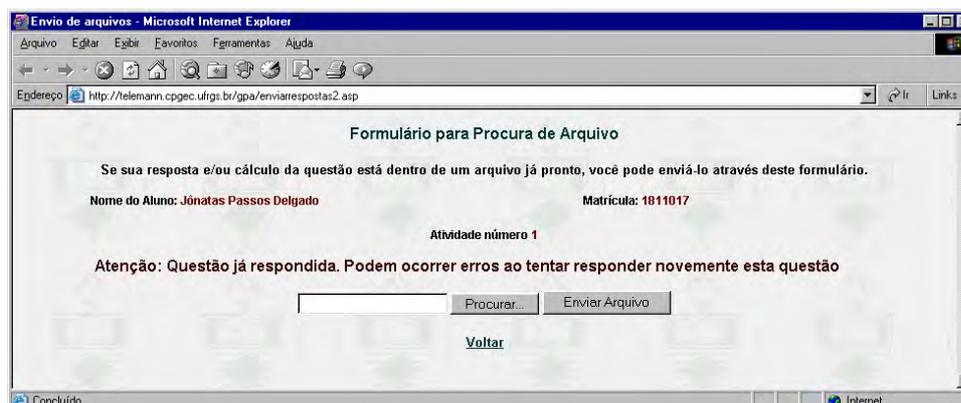


Figura 59 - Envio de arquivos

Uma outra opção para o aluno responder à questão é através do botão *Responder Questão Através de Formulário*, que abrirá a janela vista na Figura 60. Dessa vez, não será necessário o envio de arquivos, já que a resposta, incluindo possíveis comentários, é escrita diretamente no formulário, nos campos apropriados. Após responder à questão, o aluno envia a resposta clicando no botão *Responder à Questão*.

Figura 60 - Envio de formulário de resposta

Todas as questões são resolvidas e respondidas pelo mesmo processo. Na Figura 56 – p. 118, observa-se que a cada atividade está associado um botão *Correção*. Clicando neste botão, da *Atividade I*, por exemplo, abre-se uma janela, mostrada na Figura 61, que contém um campo com a resposta enviada pelo aluno ao professor, e outro campo com a resposta enviada pelo professor ao aluno.

Figura 61 - Correção das atividades usando formulário

Na Figura 61, observa-se que tanto a resposta do aluno quanto a correção do professor foram enviadas através de formulário, ou seja, aparecem em campo apropriado na própria tela. Uma outra possibilidade é que o aluno e/ou o professor tivessem usado o envio de arquivos. Vê-se essa possibilidade na Figura 62, onde aluno e professor usaram envio de

arquivos.

The screenshot shows a web browser window displaying a portal for GPA (Gerador Parametrizado de Avaliações). The page title is "Portal - Microsoft Internet Explorer" and the address bar shows "http://helemann.copac.ufpa.br/gpa/aluno/aluno\_main4.htm". The main content area is titled "Resultado das Atividades" and includes a table with the following data:

Resultado das Atividades		Data de Envio da Resposta: 26/07/03
Nome do Aluno: Jônatas Passos Delgado		Atividade número 2
Pergunta	<p>Acesse a animação através do link abaixo e configure as duas cargas com a mesma magnitude. Fixe a carga azul a fim do apoio A e desloque a carga vermelha, partindo do apoio B em direção à carga azul. Pergunta-se:</p> <p>a) A que distância a carga vermelha deve estar do apoio B para termos um esforço cortante nulo entre as cargas? Tente demonstrar matematicamente.</p> <p>b) Observe, para cada posição da carga vermelha, o ponto onde o momento fletor é máximo. Que ponto é este no diagrama de esforço cortante? <a href="#">Clique aqui para ver a pergunta</a></p>	
Resposta do Aluno e Arquivo com Resposta	Prova_4_1911017_jonatas1.doc	
Comentário e Correção do Aluno sobre a questão		
Comentário do Professor sobre a Questão	Em anexo, arquivo comentado. <a href="#">Aqui para Correção</a>	

Below the table, there is a message: "Caso você tenha respondido esta atividade mais de uma vez, use os links abaixo para navegar entre as respostas" with links for "Resposta Anterior" and "Próxima Resposta". A button "Voltar à página principal" is also present.

Figura 62 - Correção das atividades através de envio de arquivos

Conforme se vê, a resposta do aluno e a correção do professor são acessadas abrindo arquivos. Neste caso, foram enviados arquivos do Word, como se vê nas figuras Figura 63 e Figura 64.

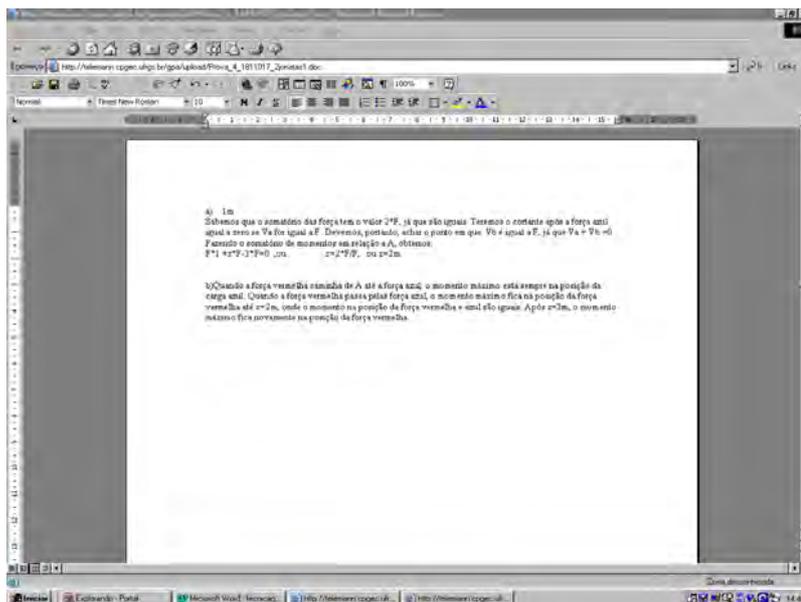


Figura 63 - Resposta do aluno

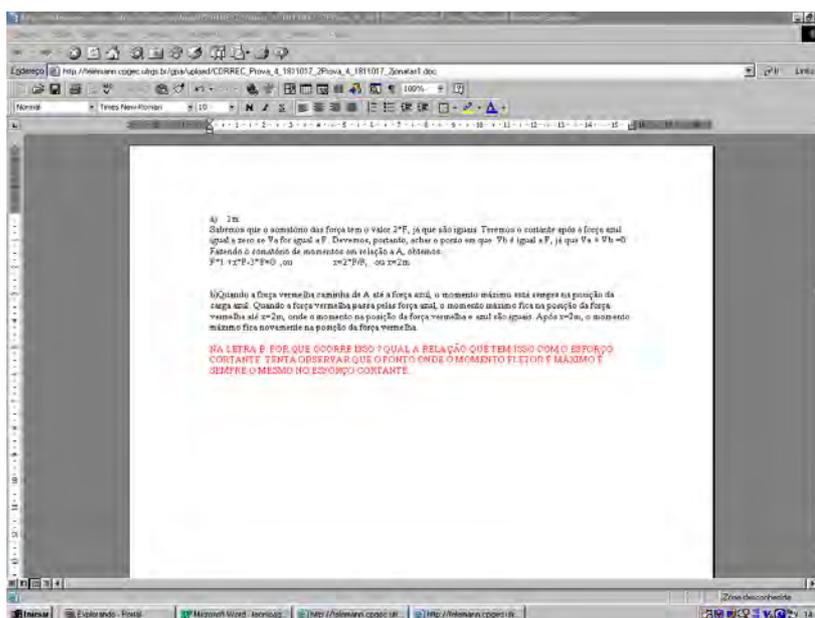


Figura 64 - Correção do professor

Há, logicamente, a possibilidade de o professor ainda não haver corrigido a questão quando o aluno acessar a *Correção*. Neste caso, aparecerá a mensagem mostrada na Figura 65.

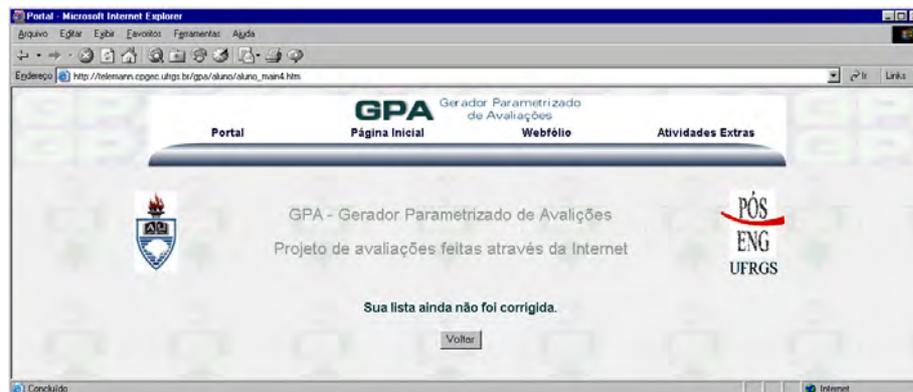


Figura 65 - Lista não-corrigida

Clicando no botão Webfólio (Figura 52, p. 116), o aluno pode criar o seu portfólio virtual, chamado Webfólio. O principal objetivo desta interface é aumentar a participação do aluno no processo de aprendizagem e permitir a ele usar sistematicamente uma interface digital para que possa fazer atualizações *on-line* sobre seu trabalho. É um espaço dentro do servidor, onde o aluno pode mostrar seu trabalho e suas produções, de tal forma que esse conteúdo pode ser acessado através da interface do visitante. A tela principal do Webfólio é apresentada na Figura 66.

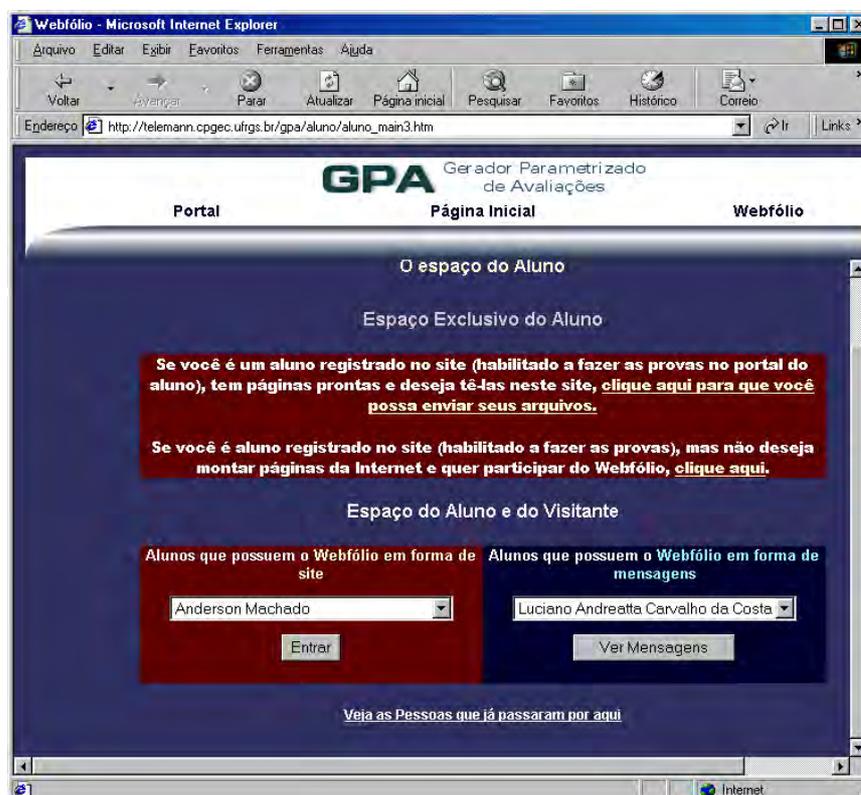


Figura 66 - Webfólio no GPAREDE

Os estudantes possuem duas opções para completar o Webfólio: através de mensagens de texto (que podem conter arquivos em anexo) enviados através da Internet ou através da criação de páginas pessoais. Em cada opção, o estudante tem seu próprio espaço dentro do servidor. Para criar o Webfólio em forma de *site*, o aluno deve clicar sobre o *link* “clique aqui para que você possa enviar seus arquivos” (Figura 66). Ele terá acesso então à página de *login*, que, depois de autorizar os dados do aluno, direciona-o para uma página onde serão então enviados os arquivos que constituirão a página do aluno na Internet (Figura 67).

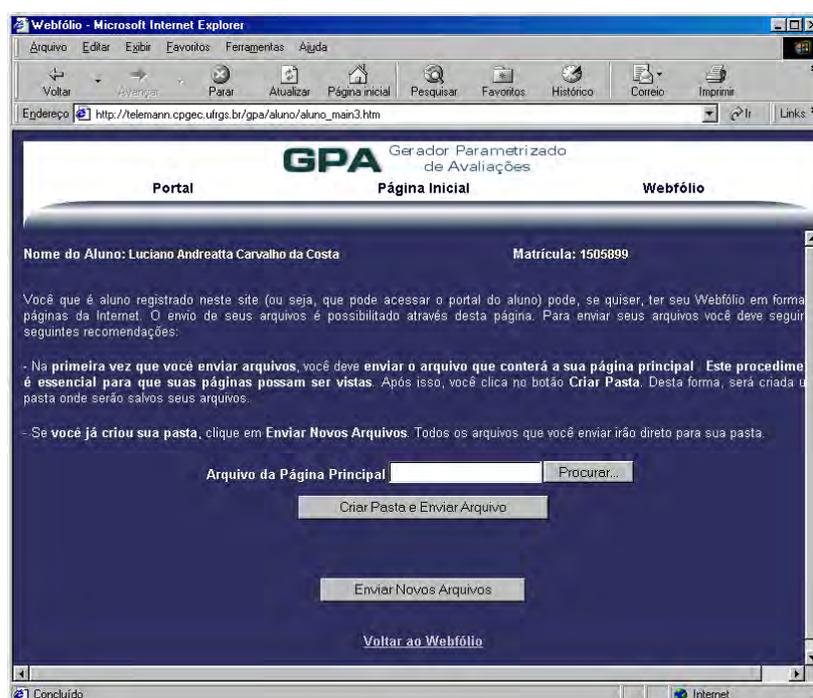


Figura 67 - Webfólio: envio de arquivos

Ao enviar o arquivo da página principal (clcando no botão “Criar Pasta e Enviar Arquivo”), cria-se automaticamente no servidor uma pasta com o nome do aluno e armazenase nesta pasta o arquivo principal, o que facilita o gerenciamento dos documentos no servidor. Os demais arquivos, que constituirão a página, serão enviados clicando-se no botão “Enviar Novos Arquivos”, que direcionará para a página apresentada na Figura 68.

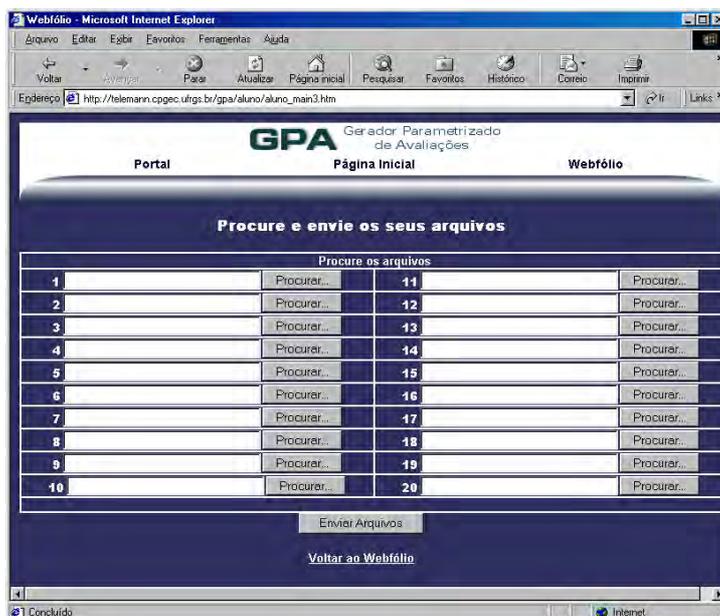


Figura 68 - Webfólio: enviar novos arquivos

Essa página permite o envio de vários arquivos ao mesmo tempo, o que facilita bastante a edição de páginas, tendo em vista que cada imagem de uma página na Internet representa um arquivo a ser submetido. Cada arquivo enviado será armazenado na pasta criada com o nome do aluno.

Na Figura 56 - p. 118, encontra-se ainda um botão *Avaliação Formativa*, que, como já foi dito, é um espaço onde os alunos e professores emitem contribuições sobre os assuntos que estão sendo abordados. Clicando nesse botão, abre-se a janela mostrada na Figura 69

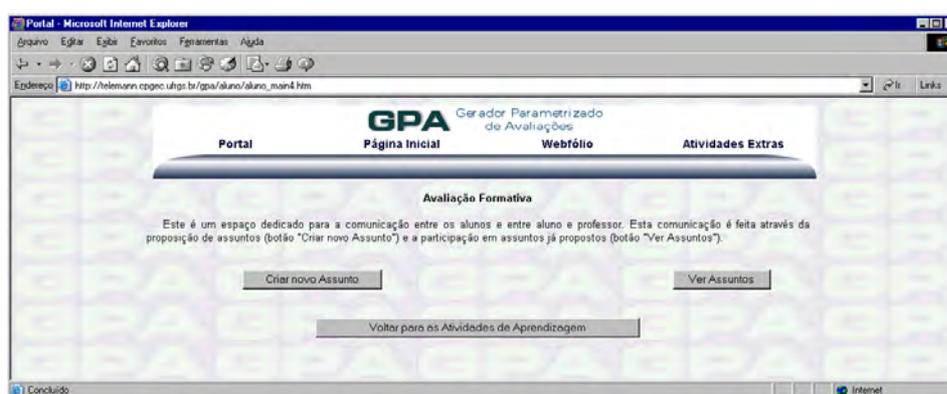


Figura 69 - Avaliação Formativa

Neste ponto, encontra-se dois botões. O primeiro deles - *Criar novo Assunto*, é destinado para que se possa enviar um comentário ou um arquivo sobre o tema discutido, conforme foi visto na Figura 70.

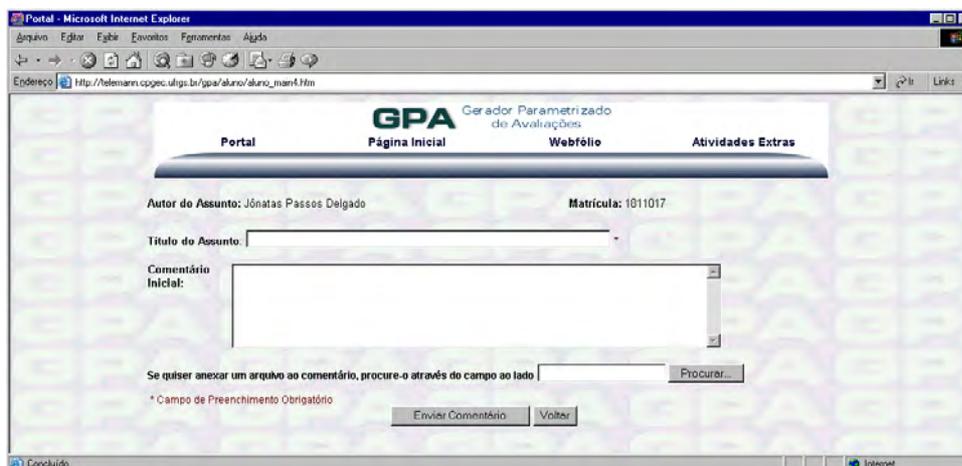


Figura 70 - Criar novo assunto - aluno

O outro botão, *Ver Assuntos*, é destinado para vermos todos os comentários que já foram enviados, como se constata na Figura 71.

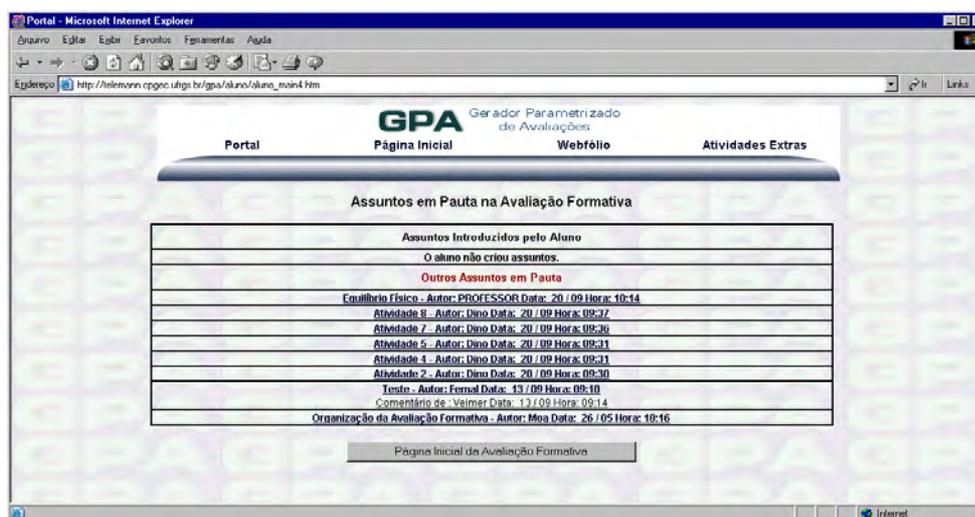


Figura 71 - Ver assuntos - aluno

Cada um dos comentários já enviados recebem o nome de assuntos, e funcionam como *links* para janelas como a que aparece na Figura 72.

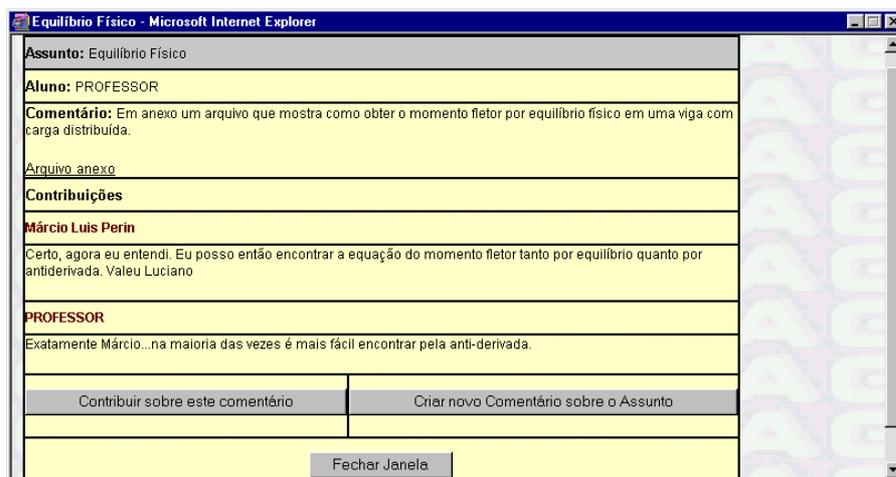


Figura 72 - Exemplo de assunto criado

Como pode ser observado nessa tela, aparecem dois novos botões, onde ambos abrem janelas semelhantes às mostradas na Figura 70. O primeiro deles, *Contribuir sobre este comentário*, contribui para um comentário já existente; e *Criar novo comentário sobre o assunto*, envia um comentário diferente sobre o tema em discussão. Na Figura 56 (p. 118), visualiza-se ainda um botão *Lista de Exercícios*, em que se encontram exercícios complementares aos já desenvolvidos, conforme a Figura 73.

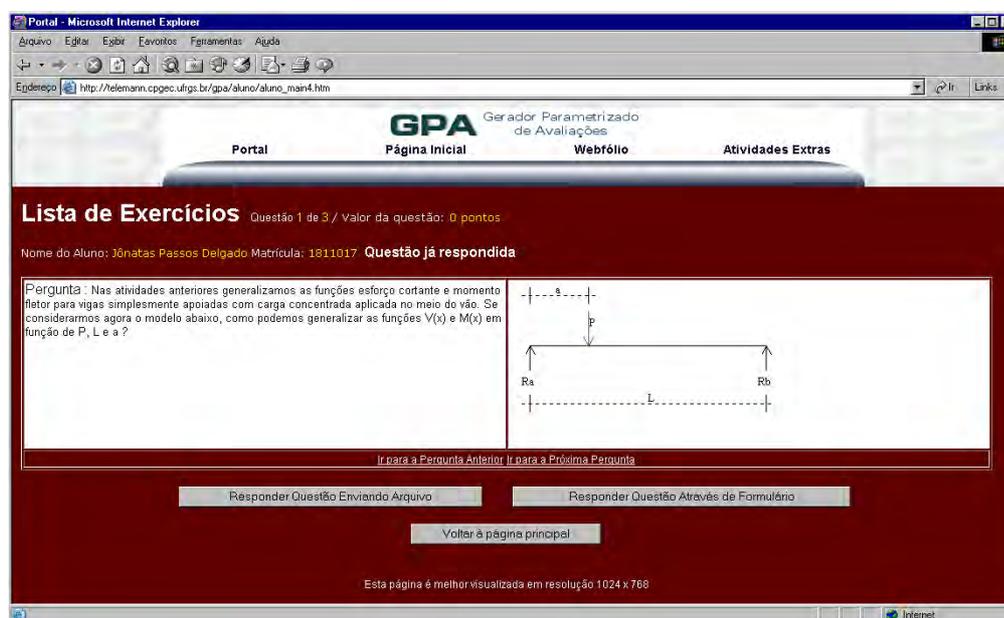


Figura 73 - Lista de exercícios

A resolução dessas atividades se desenvolve da mesma forma que as anteriores, inclusive a opção entre enviar a resposta como formulário ou arquivo e a resolução do professor. Outro

botão presente ainda na Figura 56 é *Exercícios Extras*, em que o aluno escolhe questões sobre um determinado assunto para resolver, como se vê na Figura 74.



Figura 74 - Exercícios extras

O aluno, após escolher o assunto sobre o qual deseja responder questões, clica no botão *Selecionar Questões*, abrindo uma nova janela como a mostrada na Figura 75.

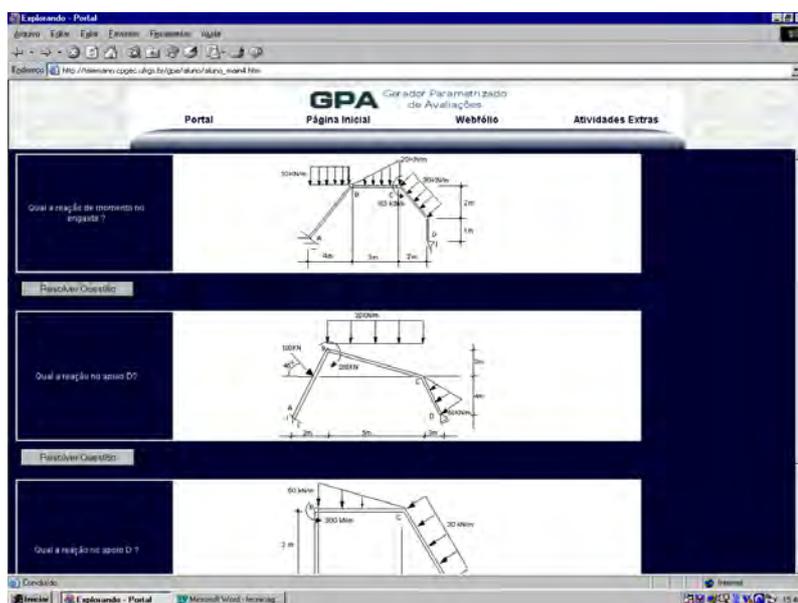


Figura 75 - Questões a serem respondidas

Para cada uma delas, há um botão *Resolver Questão*, que abre uma janela como a mostrada na Figura 76, para que o aluno possa responder à questão.

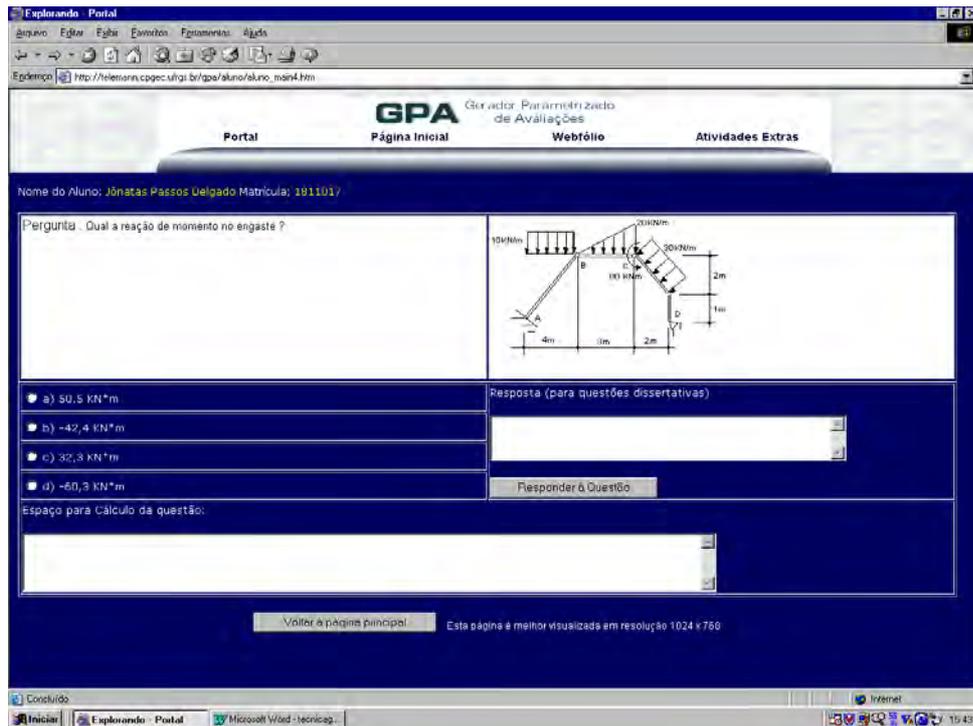


Figura 76 - Resolução dos exercícios extras

Neste ponto, clicando em *Responder à Questão*, o aluno encontra a resposta correta, em uma janela como a da Figura 77.

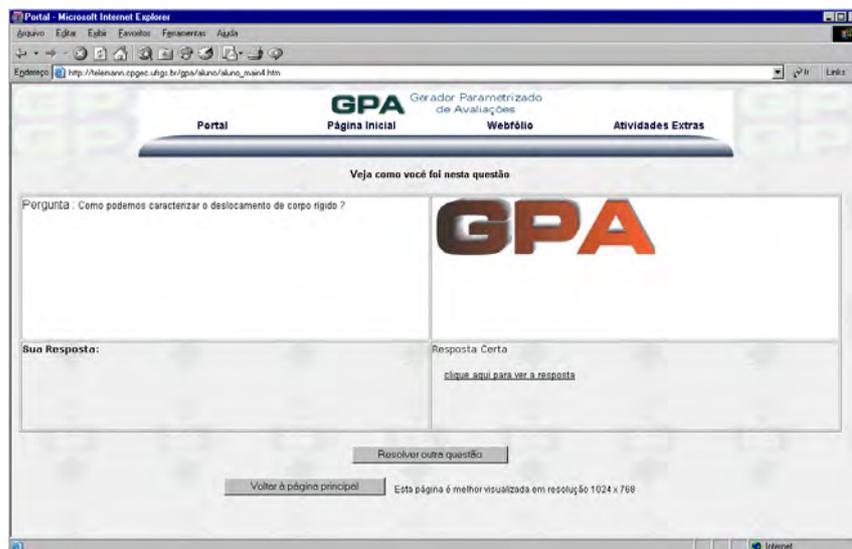


Figura 77 - Resposta do exercício extra

Por fim, na Figura 56, o aluno encontra o botão *Formule Questões*, o qual permite a criação de questões em uma janela como a que aparece na Figura 78.

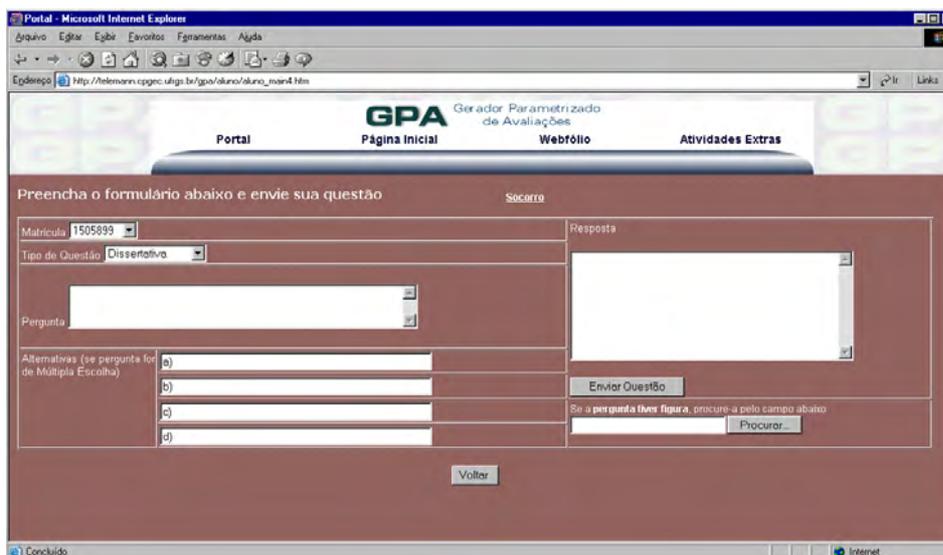


Figura 78 - Criação de questões

### 6.2.3.2 Interface do professor

É mostrado agora como o professor controla as atividades que estão sendo desenvolvidas pelos alunos, inclusive mandando a correção das mesmas e respondendo a perguntas enviadas na Avaliação Formativa. Voltando à Figura 51 (p.115), observa-se que na página principal do GPA há um *link Professor*. Clicando neste, abre-se a seguinte janela, mostrada na Figura 79.



Figura 79 - Página acessada a partir do botão *Professor*

Clicando no botão *Avaliação Formativa*, o professor acessará a página mostrada na **Figura 80**, onde é pedida uma identificação – usuário e senha.

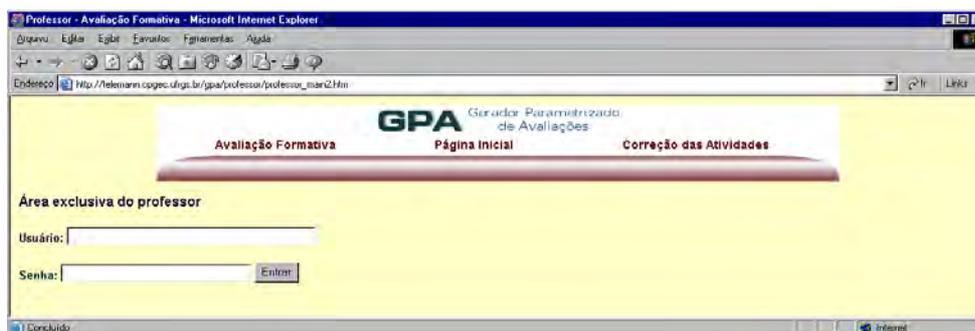


Figura 80 - Identificação do professor

Novamente há a necessidade do cadastro dos professores, da mesma forma como acontecia com os alunos. Na Figura 54 (p.117) viu-se que no arquivo *porticosbala.mdb* havia um botão para cadastramento dos alunos, *Cadastro de Alunos*. Da mesma forma, há um botão *Senha do Professor na Internet*, que abre uma janela, conforme é mostrado na Figura 81.

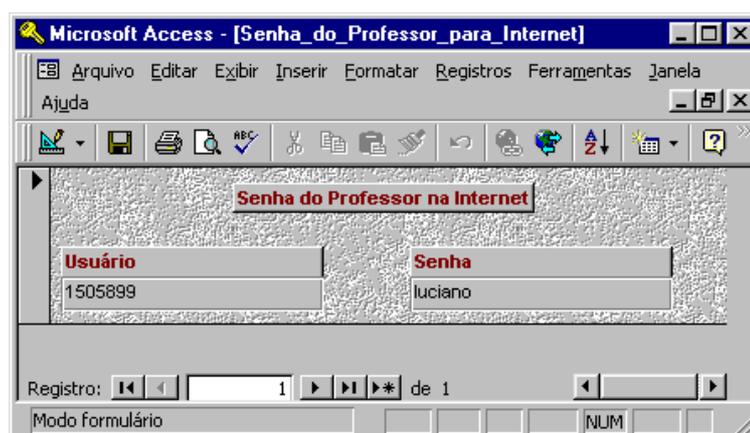


Figura 81 - Cadastro de professores

Nesta janela, o professor é cadastrado, podendo então acessar a página mostrada na Figura 82.

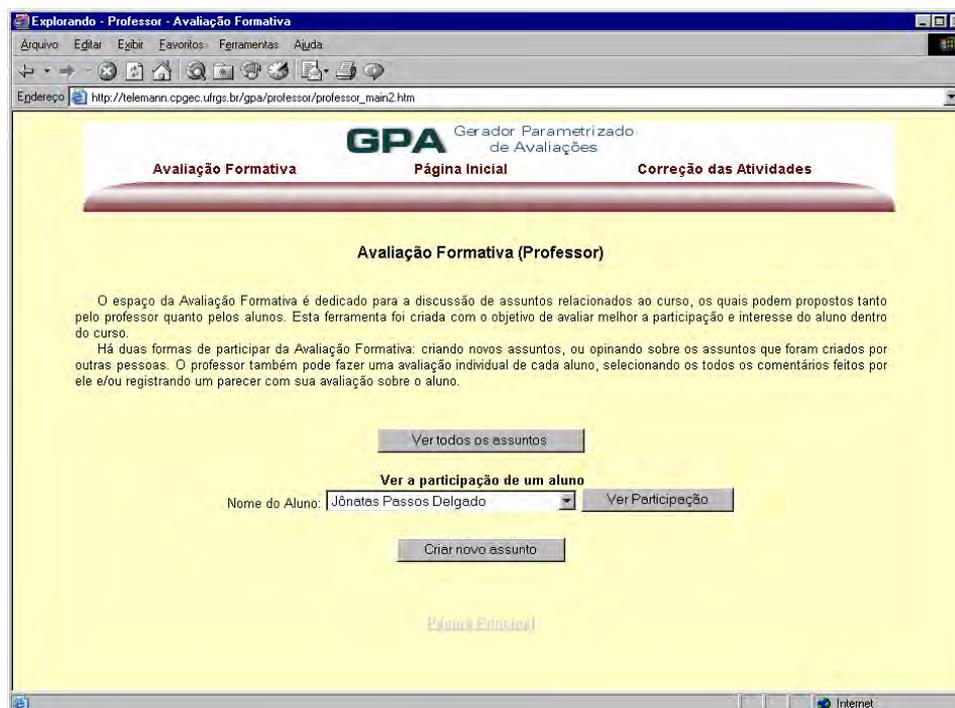


Figura 82 - Área do professor na Avaliação Formativa

Nesta janela, o professor dispõe de três botões. Um deles é *Ver todos os assuntos*, que abre a janela vista na Figura 83, semelhante à que aparece na Figura 71.

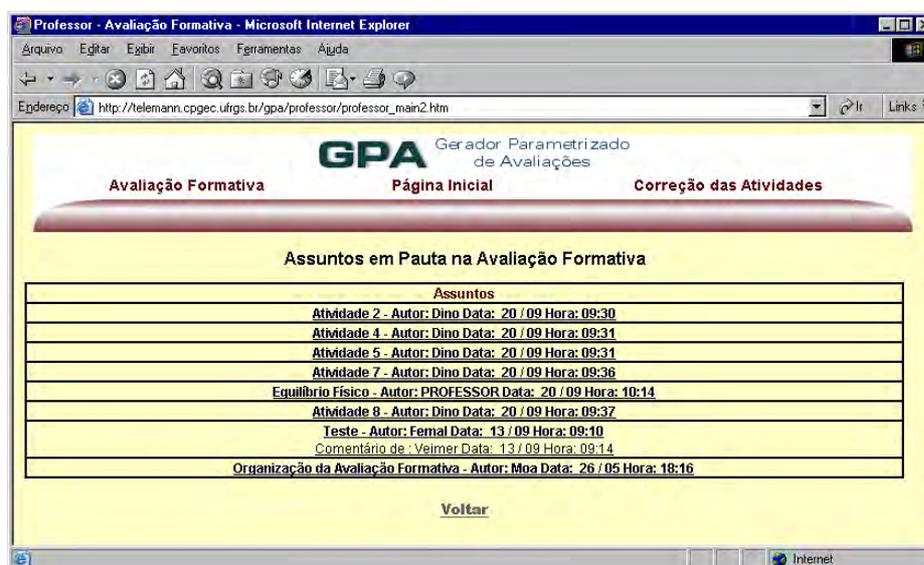


Figura 83 – Ver assuntos - professor

Da mesma forma que ocorria na interface do aluno, cada assunto criado se torna um *link*, para visualizar o comentário, podendo criar um novo assunto ou fazer um comentário sobre um já existente. Outro botão é o *Criar novo assunto*, que abre a janela mostrada na Figura 84,

semelhante à da Figura 70.

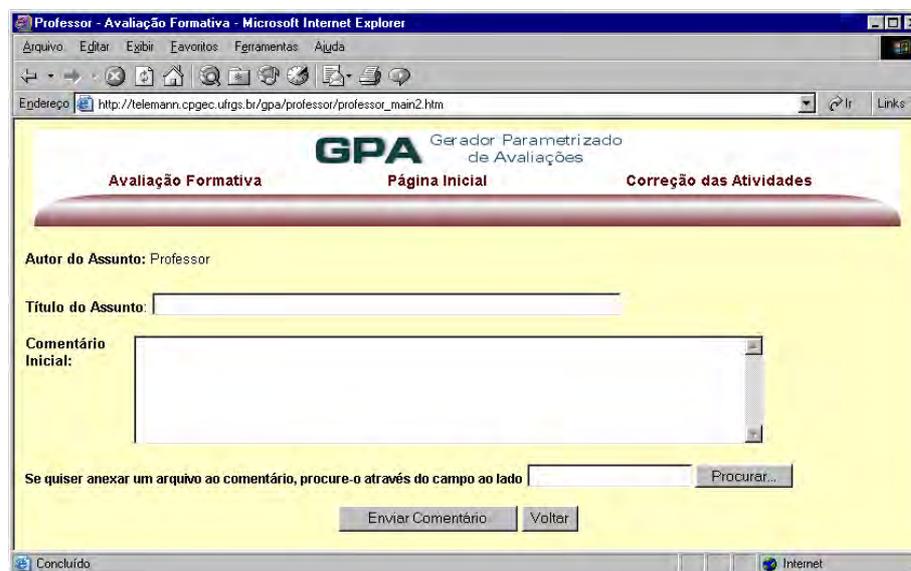


Figura 84 - Criar novo assunto - professor

O terceiro botão disponível na interface do professor é o *Ver Participação*, onde o professor pode ver diretamente a contribuição de um aluno específico na Avaliação Formativa. Um exemplo pode ser visto na Figura 85.

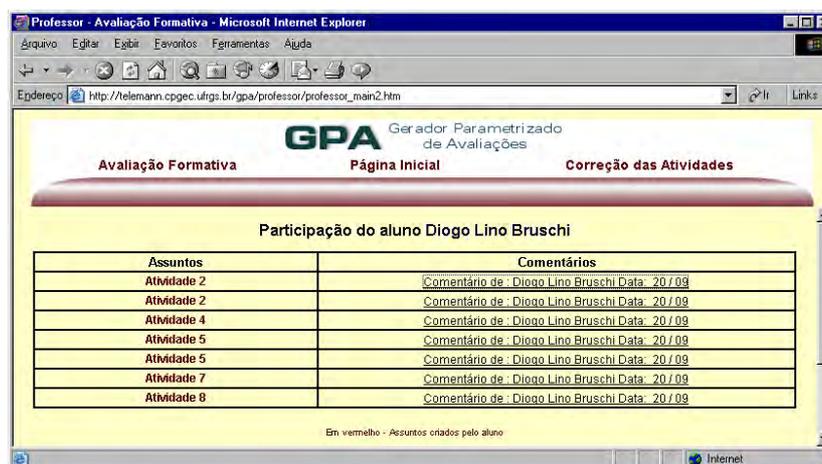


Figura 85 - Participação de um aluno específico

Da mesma forma que na janela da Figura 83, cada um dos comentários do aluno serve de *link* para janelas como a da Figura 72 (p. 127). *Correção das Atividades* é outro botão presente na interface do professor na Figura 79. Nesse botão, o professor acessa a janela mostrada na Figura 86, onde também é exigida a identificação.



Figura 86 - Identificação do professor

Após a identificação, o professor acessa a janela mostrada na Figura 87, onde ele pode escolher um aluno e a lista que deseja corrigir.

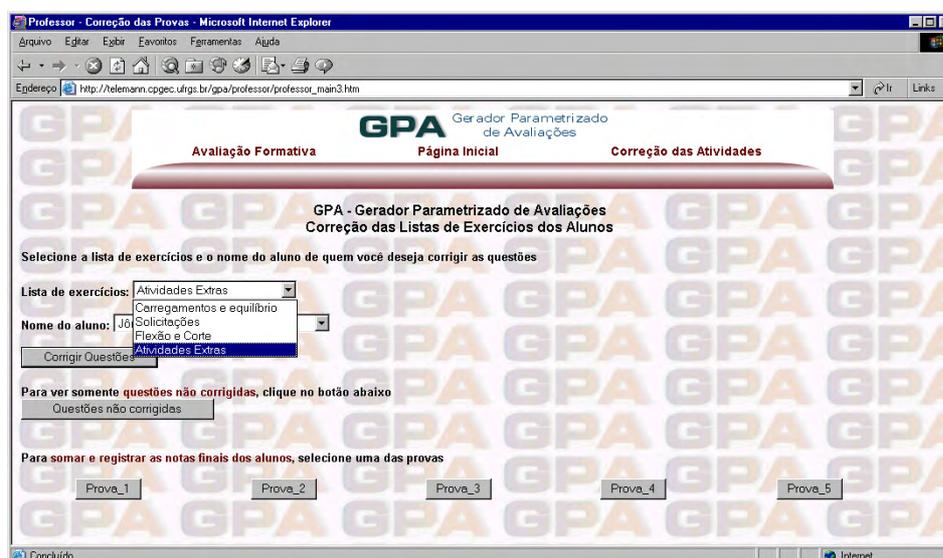


Figura 87 - Correção das atividades

Após a escolha, clicando no botão *Corrigir Questões*, o professor acessa uma janela como a mostrada na Figura 88, que é uma planilha onde ele efetua a correção das questões de determinado aluno, escolhido previamente.

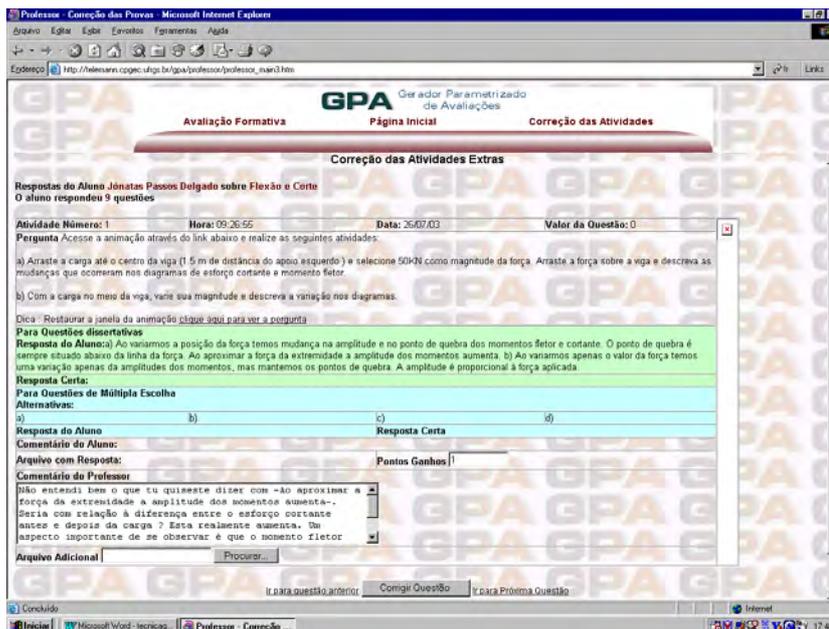


Figura 88 - Planilha de correção

Uma possibilidade que aparece na tela da Figura 87 é o botão *Questões não corrigidas*, onde o professor acessa simultaneamente as questões de todos os alunos ainda não corrigidas.

### 6.2.3.3 Interface do visitante

A página principal do GPA, mostrada na Figura 51 (p.115), apresenta ainda a opção *Visitante*, destinada àquelas pessoas que acessarem a página, sem estarem cadastradas no banco de alunos/professores. Clicando no *link* indicado, abrirá a janela de interface do visitante, representada na figura a seguir.



Figura 89 - Interface do visitante

Os botões localizados à esquerda da figura acima possuem a mesma função dos existentes na interface do aluno e do professor, ou seja, para fins explicativos. Na Figura 90 visualiza-se a explicação obtida a partir do botão “GPA”. A exceção é o botão *Home*, que serve para voltar à página da Figura 51.

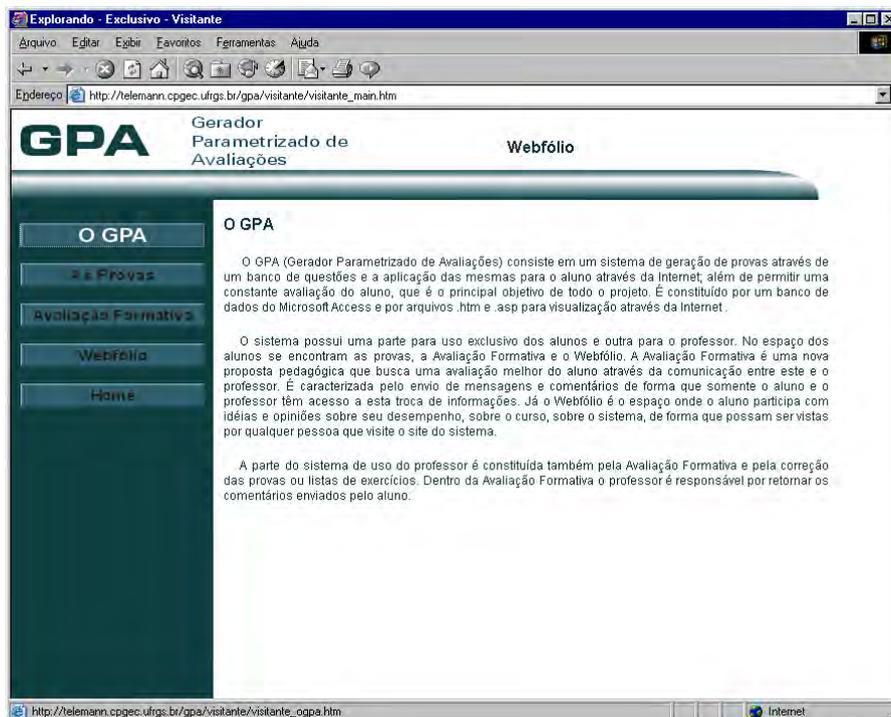


Figura 90 - Explicação

A única ferramenta do GPA disponível ao visitante permite acessar os *Webfólios* criados. Clicando neste botão, é aberta a página representada na figura a seguir.



Figura 91 - Acesso aos *Webfólios*

O visitante pode então acessar os *Webfólios* e as mensagens enviadas, da mesma forma que na interface do aluno. A seguir, é mostrado um exemplo de webfólio desenvolvido durante a primeira edição do curso de extensão.

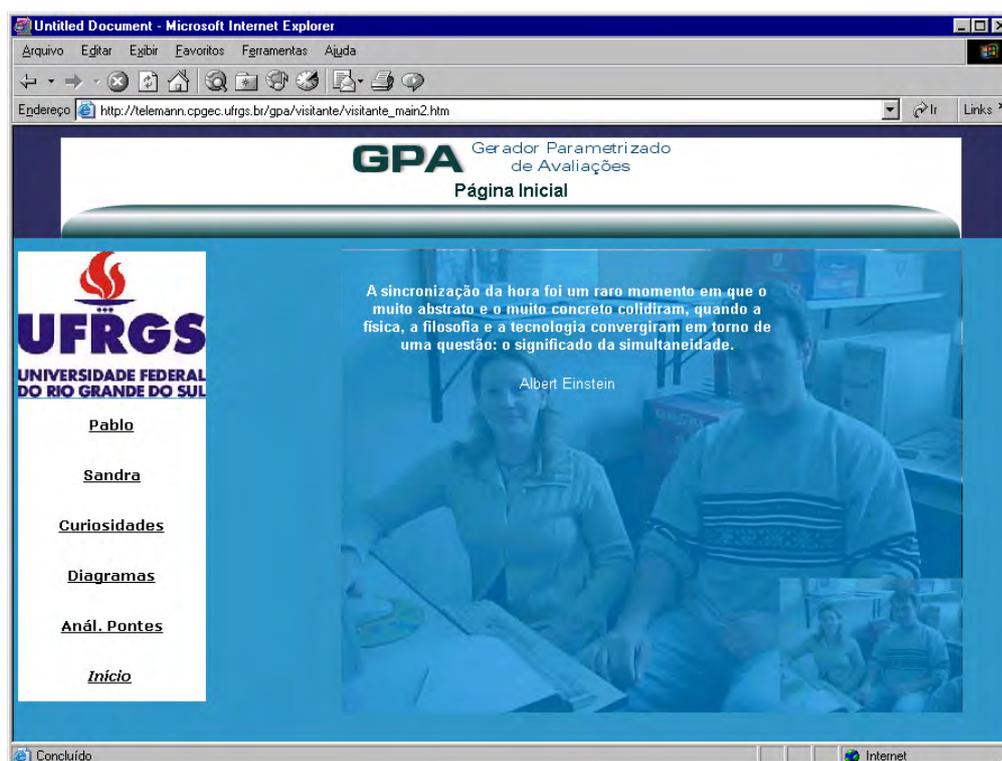


Figura 92 – Exemplo de Webfólio

Uma outra aplicação prática é ver participações dos alunos que possuem *webfólio* na forma de comentários sobre algum assunto específico ou sobre o próprio sistema. A seguir, há um exemplo.

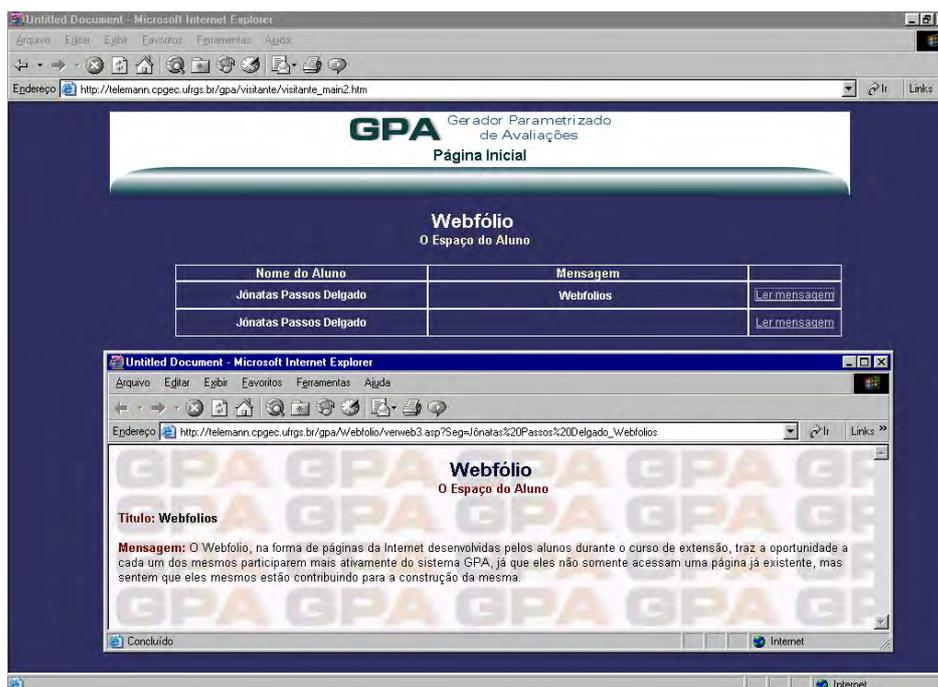


Figura 93 – Exemplo de comentário

A novidade nesta interface é a possibilidade de o visitante participar, através do *link* “Envie seu comentário”, que abrirá a janela mostrada na figura a seguir.

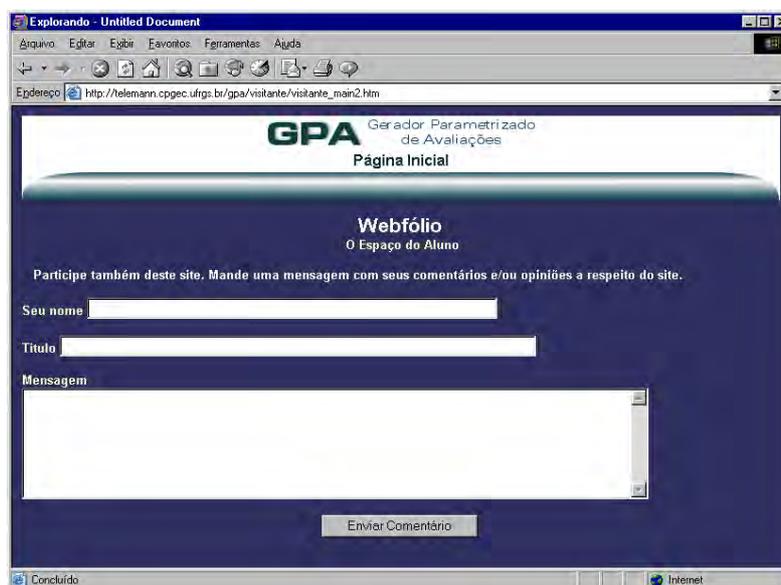


Figura 94 - Comentário do visitante

Visualiza-se ainda nesta página o *link* “O que é o Webfólio”, que abre uma janela explicativa, conforme mostra a próxima figura. Finalmente, o *link* “Veja as pessoas que já passaram por aqui”, onde se visualizam os comentários deixados pelos visitantes.

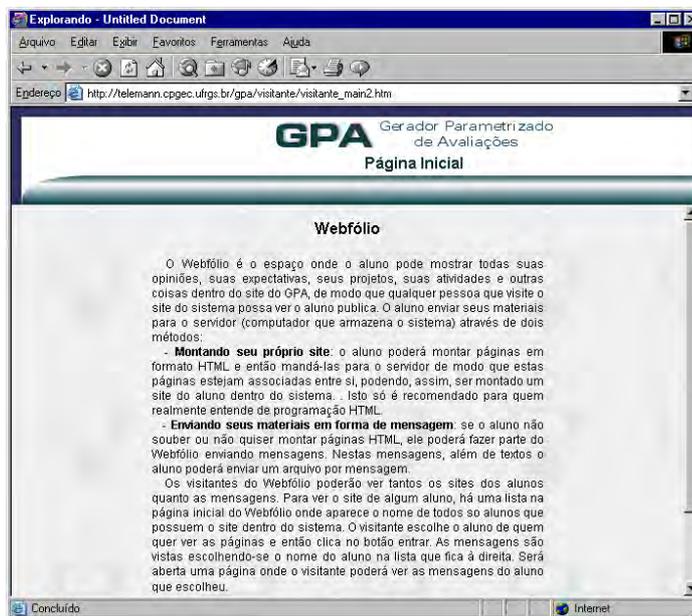


Figura 95 – Janela explicativa do Webfólio

No capítulo seguinte, será feita uma descrição da primeira investigação realizada com alunos.

## 7. PRIMEIRA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DO GPA<sub>REDE</sub>

Concluída a fase inicial de desenvolvimento do ambiente, parte-se para as investigações com alunos. No primeiro semestre de 2002 fez-se uma testagem inicial do ambiente com alunos da disciplina de Mecânica Estrutural I. Após a testagem, parte-se para as reflexões e para a elaboração do texto que constitui o projeto de qualificação, defendido em abril de 2003. Nesta ocasião, surge como uma das possibilidades a realização de um curso de extensão, para que se tenha então um vínculo institucional com os alunos, o que poderia gerar um aumento do comprometimento dos mesmos. Foram realizados então duas edições de um curso de extensão, cuja análise será detalhada no capítulo 9 (p. 152).

A seguir é feita então a descrição desta primeira experiência e uma reflexão a partir dos seus resultados.

### 7.1 Descrição da primeira experiência

Descrevem-se nesta seção as interfaces desenvolvidas para a testagem com alunos do curso de Mecânica Estrutural I. Foi realizado durante o terço final da disciplina a partir da disponibilização de exercícios referentes à primeira e à segunda área. O objetivo principal era possibilitar que aqueles alunos que não obtiveram boas notas nas primeiras áreas pudessem se preparar para o exame final da disciplina.

Basicamente foi combinado com os alunos que seriam disponibilizadas duas listas de exercícios. Depois de realizadas, seriam corrigidas individualmente, correção essa que poderia ser acessada pelos alunos. Depois disso poderiam ainda se esclarecerem dúvidas sobre a material na Avaliação Formativa. Será detalhada, a seguir, cada uma dessas etapas.

Apesar de ter havido 44 inscrições, apenas 2 alunos participaram da proposta. O aluno D enviou as repostas da primeira área no dia 12 de abril de 2002 e o aluno A no dia 18. Na Avaliação Formativa houve três participações, exclusivas do aluno D. A falta de vínculo institucional com os alunos foi um dos principais motivos desta pouca adesão.

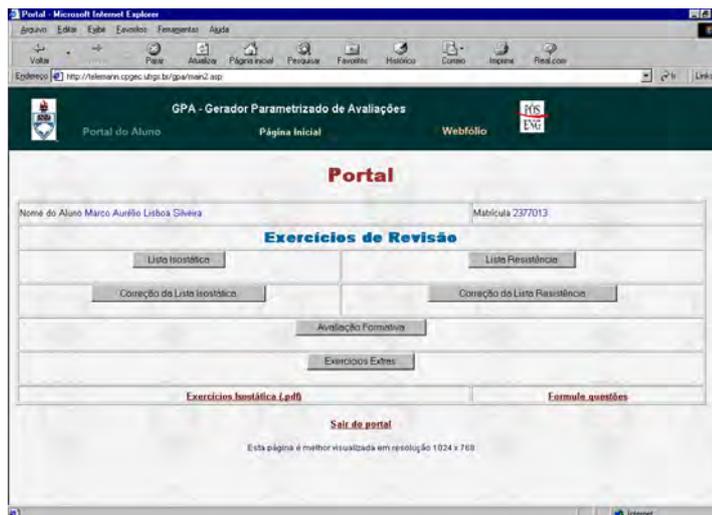


Figura 96- Página do Portal

### 7.1.1 Aplicação da Lista de Exercícios

Antes de mais nada, é necessário explicar que somente os alunos cadastrados no banco de dados podem participar dessa forma de avaliação, já que é necessário que o aluno se identifique antes de entrar dentro do sistema, via Internet. Essa identificação é feita em uma página onde o aluno digita o número de matrícula e sua senha (é uma espécie de *logon*). Depois disso, o aluno entra no seu portal (Figura 96), de onde pode acessar toda a parte do sistema que corresponde a sua avaliação: provas (resolução e correção) e também a parte de comunicação, através de comentários, entre professor e aluno. Cada prova tem seu botão correspondente dentro do portal. Clicando no botão correspondente à prova que o aluno deseja resolver, será aberta uma página que mostra a questão e uma figura relacionada à mesma (se houver). É mostrada apenas uma questão de cada vez, havendo *links* de navegação entre uma e outra questão. Quando foram feitos testes com alunos, essas páginas eram tratadas como listas de exercícios, de forma que os alunos não tinham a mesma responsabilidade de responder a elas como se estivessem fazendo uma prova. Mesmo assim, todas as questões respondidas foram corrigidas com o mesmo rigor e atenção de uma avaliação real.

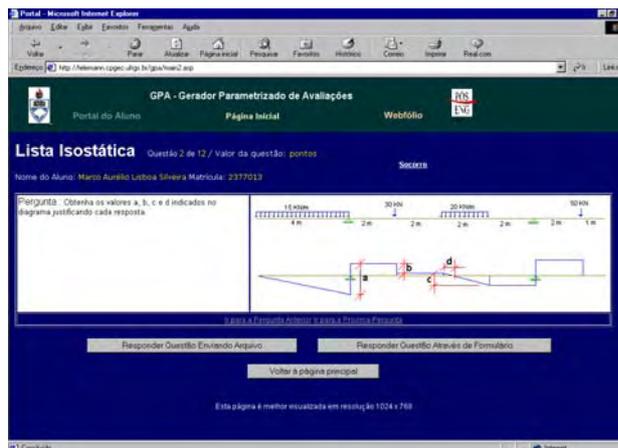


Figura 97 - *Layout* de uma das provas

O aluno podia responder à questão de duas formas: enviando um arquivo contendo a resposta da questão ou respondendo à questão através de um formulário, onde há um campo para a resposta e outro para o cálculo da questão (se o aluno quiser enviar o cálculo). No teste com os alunos, foi visto que os dois alunos enviaram arquivos contendo as questões manuscritas digitalizadas.

### 7.1.2 Correção das Provas pelo Professor

Para fazer a correção das provas, o professor entra em uma página dentro do *site* da sua parte do sistema (de acesso restrito ao professor), onde ele seleciona a prova e o nome do aluno para corrigir as questões correspondentes. Depois disso, ele acessa uma página que mostra uma a uma as questões que foram selecionadas. Nessa página, são mostrados todos os dados sobre cada questão, e o professor pode completar até três campos: um para algum comentário sobre a questão, um para os pontos ganhos pelo aluno na questão, e outro para o envio de um arquivo para o aluno sobre a correção da questão. O último campo foi o mais importante e mais prático para detalhar a correção das questões para o aluno.

GPA - Gerador Parametrizado de Avaliações

Avaliação Formativa Página Principal Correção das Listas

GPA - Gerador Parametrizado de Avaliações  
Correção das Listas de Exercícios dos Alunos

Respostas do Aluno Marco Aurélio Lisboa Silveira sobre a Lista Isostática  
O aluno respondeu 4 questões

Questão Número: 6 Data: 04/04/02 Valor da Questão: 0

Pergunta Assinale qual das alternativas corresponde aos diagramas de momento fletor das vigas.

Para Questões dissertativas  
Resposta do Aluno:  
Resposta Certa:  
Comentário do Aluno:

Para Questões de Múltipla Escolha  
Alternativas:  
a) Diagramas da opção a b) Diagramas da opção b c) Diagramas da opção c d) Diagramas da opção d  
Resposta do Aluno b) Diagramas da opção b Resposta Certa a

Arquivo com Resposta: Pontos Ganhos 0

Comentário da Professor  
Muito bom! Acertaste a questão.

Arquivo Adicional Procurar Arquivo da Correção (ao enviar novo arquivo, este será substituído)

Ir para questão anterior Concluir Questão Ir para Próxima Questão

Sair e Selecionar outro aluno

Figura 98- Página de correção das questões

### 7.1.3 Visualização dos Resultados das Provas

Abaixo dos botões das provas, dentro do portal, estão os botões que permitem ao aluno ver o resultado de suas provas. Clicando no botão correspondente à prova da qual o aluno quer ver o resultado, aparecerá uma página onde serão mostrados todos os dados da questão, sendo dado maior destaque ao conteúdo correspondente à correção feita pelo professor. Assim como nas provas, é mostrada uma questão de cada vez.

Portal - Microsoft Internet Explorer

GPA Gerador Parametrizado de Avaliações

Portal Página Inicial Webfólio

Nome do Aluno	Questão	Nota
Daniel Rosa	1	Daniel

Pergunta Construa os diagramas de momento fletor e esforço cortante para as vigas abaixo de determine os momentos fletores máximos.

Resposta do Aluno (Múltipla Escolha)  
Resposta do Aluno (Dissertativa)  
Comentário e Cálculo do Aluno sobre a questão  
Resposta Correta (Múltipla Escolha)  
Resposta Correta (Dissertativa) Figura da resposta  
Arquivo com Resposta Prova 2\_daniel\_1E enviado

Pergunta: Construa os diagramas de momento fletor e esforço cortante para as vigas abaixo. Determine os momentos fletores máximos.

Diagrama 1: Viga de 8m com carga pontual de 20 kN a 3m do apoio esquerdo.

Diagrama 2: Viga de 8m com carga distribuída de 10 kN/m a partir de 3m do apoio esquerdo.

Diagrama 3: Viga de 8m com carga distribuída de 10 kN/m a partir de 3m do apoio esquerdo e uma carga pontual de 10 kN a 2m do apoio direito.

Diagrama 4: Viga de 8m com carga distribuída de 10 kN/m a partir de 3m do apoio esquerdo e uma carga pontual de 10 kN a 2m do apoio direito.

Resposta do Aluno: Tanto o esforço cortante quanto o momento fletor ocorrem somente até o ponto de aplicação da carga. Da carga para a direita não há solicitação. Modifique o seu diagrama de momento e altere a unidade, que para Momento Fletor é kN\*m

Cálculo:  
 $M = 12 * 5$   
 $M = 60 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(a) Dados da questão

(b) Arquivo enviado pelo professor

Figura 99– Visualização das correções dos exercícios

Na Figura 99b observa-se um arquivo em planilha eletrônica enviado por um aluno com o

respectivo comentário do professor. Nesse caso, o professor aproveitou o próprio arquivo do aluno para enviar os seus comentários.

#### 7.1.4 Comunicação entre Professor e Aluno, a Avaliação Formativa

Esta parte do sistema corresponde à fase seguinte após a correção das questões. O início do contato entre professor e aluno acontece a partir do momento em que o aluno visualiza a correção de suas questões e deseja manter um diálogo com o professor sobre a forma como foi avaliada uma questão, ou sobre o que ele, aluno, pode fazer para melhorar o seu rendimento. Essa comunicação entre aluno e professor é possibilitada por uma parte do sistema onde ambos podem trocar mensagens e comentários, uma espécie de servidor de *webmail*, em uma versão simplificada (isso porque os comentários são gravados dentro do banco de dados, e não dentro de uma caixa postal).

O aluno pode acessar essa parte do sistema através do botão que fica na parte de baixo da página do *portal*, cuja identificação é *Avaliação Formativa*. Através desse botão é aberta uma página onde o aluno envia as mensagens e comentários para o professor e também tem controle sobre todos os que já foram enviados. Junto com os comentários, ele também pode enviar um arquivo em anexo (figura, texto, animação ou outro tipo de arquivo). Em uma outra página, o aluno tem acesso a todos os comentários que ele já enviou, e clicando-os o aluno poderá ver o retorno do professor sobre um comentário que já tenha enviado antes. E assim se dá seguimento ao constante contato entre professor e aluno: o aluno enviando comentários e o professor retornando-os.

O professor faz o retorno desses comentários através da parte do sistema de acesso exclusivo a ele. Além de dar retorno a todos os comentários enviados pelos alunos, o professor pode fazer pareceres sobre os alunos. Esses pareceres são observações feitas sobre a avaliação do aluno, de forma que este não tenha acesso a eles.



Figura 100- Página da Avaliação Formativa (Professor)

Conforme foi mencionado anteriormente, apenas um dos alunos acessou a avaliação formativa por três vezes.

#### 7.1.5 Controle sobre o Envio de Respostas

Também dentro da área de acesso exclusivo do professor existe uma série de páginas que permite ao professor ver quantos alunos responderam às questões, quantas questões foram respondidas por cada aluno e também os pontos dados a cada uma delas, além da nota final da prova de cada aluno<sup>66</sup>. Depois de visualizar os dados dessa página, o professor pode acessar outra que salva no banco de dados as notas finais das provas. Essa página foi importante durante o teste, já que permitia saber o quão interessados estavam os alunos em participar da investigação.

<sup>66</sup> Na experiência realizada não foram avaliados os exercícios realizados pelos alunos, pois tinha como principal objetivo testar a viabilidade técnica do ambiente. As provas funcionaram como listas de exercícios.

The screenshot shows a web browser window displaying the GPA system interface. The page title is "GPA - Gerador Parametrizado de Avaliações". The main content is a table titled "Notas Finais dos Alunos". The table has five columns: "Nome do Aluno", "Matricula", "Prova", "Número da Questão", and "Pontos ganhos na Questão". The table lists scores for two students: Anderson Oliveira da Silva and Dione Marlon de Vasconcelos Ozono. Anderson's scores are 1 for each of the 12 questions, totaling 12. Dione's scores are 0 for each of the 12 questions, with a note "0 (ainda nao corrigida)".

Nome do Aluno	Matricula	Prova	Número da Questão	Pontos ganhos na Questão
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	1	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	2	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	3	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	4	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	5	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	6	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	7	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	8	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	9	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	10	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	11	1
Anderson Oliveira da Silva	0231982	Prova_1	12	1
<b>Nota final do Aluno</b>	<b>12</b>			
Anderson L. Müller	0261936	Prova_1	1	1
Anderson L. Müller	0261936	Prova_1	1	1
<b>Nota final do Aluno</b>	<b>2</b>			
Dione Marlon de Vasconcelos Ozono	0987997	Prova_1	2	0 (ainda nao corrigida)
Dione Marlon de Vasconcelos Ozono	0987997	Prova_1	4	0 (ainda nao corrigida)
Dione Marlon de Vasconcelos Ozono	0987997	Prova_1	6	0 (ainda nao corrigida)
Dione Marlon de Vasconcelos Ozono	0987997	Prova_1	7	0 (ainda nao corrigida)
Dione Marlon de Vasconcelos Ozono	0987997	Prova_1	10	0 (ainda nao corrigida)
Dione Marlon de Vasconcelos Ozono	0987997	Prova_1	11	0 (ainda nao corrigida)
Dione Marlon de Vasconcelos Ozono	0987997	Prova_1	12	0 (ainda nao corrigida)
<b>Nota final do Aluno</b>	<b>0</b>			

Figura 101- Página com as notas finais dos alunos

### 7.1.6 Seleção de Questões para Revisão da Matéria

Também são oferecidas ao aluno questões armazenadas no banco de dados para a fixação e revisão do conteúdo visto. Através do *portal*, o aluno entra em uma página onde escolhe o assunto das questões que deseja resolver. Depois dessa seleção, ele acessa uma página com todas as questões encontradas sobre o assunto escolhido. O aluno acessa uma das questões exibidas e então aparece uma página onde pode responder a elas. O próximo passo é conferir qual a resposta correta de acordo com o banco de questões. Essa ferramenta ainda não foi testada com alunos, e representa uma das possibilidades do ambiente para que o aluno possa realizar uma auto-avaliação.

The figure consists of two side-by-side screenshots of the GPA system interface. The left screenshot shows the "Portal" page where the user is prompted to "Faça a seleção das questões que você deseja responder". It displays the user's name "Luciano Andreata Carvalho da Costa" and matriculation number "1505999". There is a dropdown menu for "Assunto" set to "Geometria" and a "Selecionar Questões" button. The right screenshot shows the "Pergunta" page where the system has found questions. It displays a "Figura" (diagram) of a trapezoidal structure with dimensions: a top horizontal edge of 5m, a bottom horizontal edge of 80km, a left vertical edge of 50km, and a right vertical edge of 3m. A force of 140kN is applied at the top right corner. Below the diagram is a "Resolva Questões" button.

Figura 102– Auto-avaliação do aluno

### 7.1.7 Envio de Questões pelos Alunos

O aluno também pode criar e enviar questões prontas para o professor. Isso é feito através de uma página (acessada pelo *portal*) com um formulário, onde o aluno preenche os campos da questão que ele irá enviar. O aluno poderá enviar até mesmo um arquivo relacionado com a questão. A partir dessa interface, acredita-se estar contribuindo na proposição de um ambiente propício à construção do conhecimento. No item 4.3, relata-se a importância de o próprio aluno elaborar questões e a forma como esta abordagem pode proporcionar uma avaliação transparente e democrática. A partir da interface da Figura 102, o aluno pode enviar as suas questões que serão revisadas pelo professor para serem então armazenadas no banco de dados principal.

Figura 103– Alunos enviando questões para o banco de dados

## 7.2 Aprendizagens a partir dessa primeira experiência

Essa primeira experiência foi fundamental, especialmente no sentido de verificar a viabilidade técnica das ferramentas computacionais, cujo desempenho foi considerado positivo. Nos congressos científicos em que foram apresentadas as experiências realizadas (COSTA et al, 2002b; SILVEIRA et al, 2002), tem-se recebido significativas contribuições para uma melhor utilização do ambiente. Utilizar a Avaliação Formativa como um espaço de troca entre os alunos, e não somente entre aluno e professor, obter um retorno daqueles alunos que não utilizaram o ambiente e procurar alternativas para obter uma maior adesão foram

algumas das sugestões apresentadas. A baixa participação dos alunos foi confirmada por alguns professores, inclusive em experiências realizadas com colegas. Ou seja, é grande o desafio de se propor a utilização de um ambiente virtual, especialmente pela possibilidade de se iniciar com uma baixa participação. Durante a defesa do projeto de qualificação, muitas sugestões foram apresentadas pela Banca, bem como uma rica discussão a respeito de questões relativas ao comprometimento dos sujeitos que participam das investigações. A partir dessa primeira experiência, surge a seguinte questão:

- Que necessidades de complementação o GPA<sub>REDE</sub> tem no que tange a recursos telemáticos? O GPA<sub>REDE</sub> contempla os pressupostos teóricos desta Tese?

## 8 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Levando em consideração as reflexões acerca dos ambientes virtuais de aprendizagem bem como a base teórica apresentada em capítulos anteriores, pretende-se neste capítulo estabelecer a problemática desta pesquisa. A Epistemologia Genética proposta por Piaget, as avaliações integradas ao processo de ensino-aprendizagem e construídas coletivamente, apresentadas por Bazzo, o caráter mediador da avaliação e a abordagem reflexiva do auto-avaliação, sugeridas por Hoffmann, e a importância do erro no estabelecimento da aprendizagem são fundamentos teóricos que sustentam as hipóteses descritas a seguir.

**Considerando** que a Engenharia Estrutural pode ser abordada segundo sua evolução histórica, a partir dos elementos epistemológicos propostos por Franco, e que o impacto da tecnologia precisa ser compreendido a partir de uma reflexão filosófica, **pretende-se** elaborar conclusões reflexivas sobre a utilização de um ambiente virtual para avaliação da aprendizagem, considerando a natureza epistemológica dos conceitos trabalhados.

**Considerando** que a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem bem como uma auto-reflexão sobre sua aprendizagem promovem a construção do conhecimento e que a compreensão epistemológica do processo de criação de novidades possibilita ao educador uma probabilidade maior de sucesso na busca de pressupostos construtivistas, **pretende-se** permitir ao estudante agir, refletir e construir conhecimento, a partir da utilização do ambiente.

**Considerando** que a avaliação da aprendizagem é inerente ao processo ensino-aprendizagem; que a construção coletiva de instrumentos de avaliação propostas por Bazzo promove uma avaliação transparente; que a concepção dialético-libertadora do processo de avaliação escolar proposta por Vasconcelos promove uma avaliação construtivista e que a mediação da aprendizagem delineada por Hoffmann promove uma melhoria na avaliação da produção do aluno, **pretende-se** promover, via utilização da tecnologia da informação, instrumentos que possibilitem tais abordagens da avaliação da aprendizagem

De posse das hipóteses apresentadas e a partir das investigações realizadas, principalmente nas duas edições do curso de extensão, serão respondidas no próximo capítulo (p. 152) as perguntas norteadoras apresentadas em capítulos anteriores. Tendo como objetivo tornar mais didática a apresentação e a reflexão acerca das perguntas propostas, há uma divisão das mesmas em três grupos, quais sejam: questões relacionadas à criação da plataforma, às funcionalidades do produto final e à tecnologia e suas implicações ao conceber propostas

pedagógicas.

### 8.1 Criação da Plataforma

- Como a avaliação da aprendizagem em Engenharia Estrutural via GPA<sub>REDE</sub> pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem colaborativa? (p. 100).
- De que maneira os princípios construtivistas podem auxiliar na concepção de processos de avaliação que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em Engenharia Estrutural ? (p. 75).
- De que forma o GPA<sub>REDE</sub> pode ser um ambiente propício à construção de conceitos de Engenharia Estrutural no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem ? (p. 79).

### 8.2 Funcionalidades do Produto Final

- O GPA<sub>REDE</sub> possibilita a avaliação formativa ? De que forma ? (p. 80).
- Quais perspectivas são abertas a partir da inserção do sistema numa intervenção didática a distância ? (p. 90).
- Que necessidades de complementação o GPA<sub>REDE</sub> tem no que tange a recursos telemáticos? O GPA<sub>REDE</sub> contempla os pressupostos teóricos desta Tese? (p. 149).

### 8.3 Tecnologia

- Como o computador deve ser usado na educação a distância para que, efetivamente, se tenha uma melhoria na aprendizagem ? (p. 47).
- Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ? (p.48).
- Como se pode gerar uma nova tecnologia educacional a partir recursos computacionais ? (p. 48).

## 9. CURSO DE EXTENSÃO SOBRE DIAGRAMAS EM MODELOS ESTRUTURAIS – UMA SEGUNDA EXPERIÊNCIA DE INVESTIGAÇÃO

Após as reflexões oriundas da defesa do projeto de qualificação, iniciou-se a concepção de um curso de extensão a ser ministrado na plataforma do GPA<sub>REDE</sub>, com intuito de realizar uma nova investigação e refletir sobre as questões que nortearam o quadro teórico desta tese.

### 9.1 Equipamentos e estrutura física

Utilizou-se o Laboratório de Informática na graduação – LIG, localizado na sala 409 do prédio da Engenharia Nova da UFRGS (Figura 104), e que tem como foco os alunos de graduação em Engenharia Civil da UFRGS. O laboratório conta com 10 computadores com processadores *pentium* 166 e memória RAM de 64 MB, e uma conexão com a Internet com uma velocidade de 10 megabits por segundo. Essas condições foram suficientes para a realização do trabalho, surgindo limitações apenas na execução de algumas animações desenvolvidas em *Flash* (MACROMEDIA, 2002), não sendo possível executar aquelas mais carregadas. Isso se deve, em parte, ao fato de haver apenas uma conexão no laboratório, compartilhada entre todos os computadores. A íntegra das atividades desenvolvidas está no APÊNDICE C.



Figura 104 - Primeira edição do curso

## 9.2 Público-alvo

A questão dos conhecimentos prévios foi detalhada anteriormente, sendo fundamental a consideração e a compreensão desses conhecimentos para uma intervenção docente mais apropriada. Dessa forma, a não-fixação de um nível específico de conhecimentos prévios foi naturalmente adotada, fazendo com que o desempenho e a forma de resolução de cada aluno pudesse ou não ser relacionada com esses níveis. Foi definido que os alunos poderiam pertencer a qualquer curso de Engenharia ou Arquitetura, em qualquer semestre.

## 9.3 Divulgação e realização das inscrições

A divulgação foi feita a partir de *folders* distribuídos a professores das disciplinas de Mecânica Estrutural dos cursos de Engenharia da UFRGS e através de uma lista de discussão de alunos e professores do Curso de Arquitetura do Centro Universitário Feevale. Além disso, foram afixados cartazes nos prédios que abrigam a Faculdade de Arquitetura e a Escola de Engenharia da UFRGS.

## 9.4 Realização do curso de extensão

O curso teve uma duração de 20 (vinte) horas e foi realizado em duas edições, tendo como perspectiva uma turma de cinco a dez alunos. A primeira edição foi realizada no dia 26 de

julho e no dia 2 de agosto, e a segunda edição, nos dias 13 e 20 de setembro de 2003. O curso certificou os alunos na “Construção de Diagramas de Solicitações em Modelos Estruturais”, e cada edição foi realizada em dois sábados, sendo 8 (oito) horas em cada um dos dois encontros mais 4 (quatro) horas referentes ao trabalho realizado pelos alunos, na semana entre os dois sábados, a partir da utilização do GPA<sub>REDE</sub> pela Internet.

A primeira edição contou com 10 (dez) alunos, e a segunda com 7 (sete). Utilizando nomes fictícios, descreve-se abaixo um breve perfil dos alunos em cada uma das edições.

Primeira edição:

- Nado, Romins e Josito – alunos de Engenharia Civil da UFRGS, já haviam estudado o conteúdo do curso na graduação. O aluno Josito não compareceu ao segundo encontro, desistindo da conclusão do curso.
- Padone – aluno no início do curso de Engenharia Mecânica da UFRGS, ainda não havia estudado os conteúdos do curso. Necessitou de uma revisão inicial do professor.
- Sauer – aluna do Curso de Arquitetura do Centro Universitário Feevale, também precisou de uma revisão inicial, por ser a primeira vez que trabalhava com os conceitos abordados no curso.
- Dias e Ucanti – alunos de Mestrado em Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas, no PPGEC. O primeiro é bacharel em Matemática Aplicada, e o segundo, engenheiro civil.
- Jopas – aluno de Engenharia Elétrica da UFRGS; já havia estudado o conteúdo no curso na graduação.
- Quima e Irene – alunos do Curso de Engenharia em Energia da UFRGS. Para esses também consistiu novidade o conteúdo desenvolvido.

Segunda edição:

- Dino, Hélio, Marinho e Maguin - alunos do Curso de Engenharia em Energia da UFRGS, cuja situação com relação aos conteúdos equipara-se à dos alunos Quima e Irene.
- Veimer e Femal – alunos na fase final do Curso de Engenharia Civil da UFRGS. Concluíram as atividades propostas, porém não produziram o webfólio, permanecendo a certificação ainda em aberto.
- Sauer – participou também da primeira edição.

Houve um diálogo inicial, em que cada aluno expôs suas expectativas com relação ao curso, para que se pudesse posteriormente avaliar o cumprimento das mesmas. Os alunos da primeira edição sentiram-se à vontade para falar sobre as suas pretensões, conforme pode-se verificar na expectativa de cada aluno:

- Dias: adquirir base nos conceitos de Engenharia Civil.
- Romins: interesse pela área de Estruturas.
- Quima: conhecer outras áreas.
- Jopas: adquirir conhecimento.
- Sauer: ter uma noção inicial na área de Diagramas.
- Irene: interesse pela área de Estruturas.
- Ucanti: ter conhecimento numa nova metodologia.

Na segunda edição, teve-se a impressão de haver uma certa reserva ou timidez por parte dos alunos, o que limitou um pouco essas apresentações. Foi unânime o desejo de ampliar conhecimentos, sendo que o aluno Maguin manifestou seu interesse em posteriormente cursar Engenharia Civil.

Depois disso, foi apresentada aos alunos uma breve descrição do GPA<sub>REDE</sub>, bem como a proposta do trabalho que consistia na realização de nove atividades (uma delas foi criada como reserva, caso o desenvolvimento das atividades fosse mais rápido que o esperado) e no desenvolvimento de uma página pessoal, a partir da ferramenta “Webfólio”, existente no ambiente e que foi descrita no item 6.2.3 (p.115).

Ao longo da realização da primeira edição verificou-se que o desenvolvimento das atividades ocorria num ritmo mais lento que o esperado, decidindo-se então que deveriam ser realizadas 7 (sete) atividades. Propôs-se que, na semana entre os dois encontros, os alunos continuassem o desenvolvimento dos webfólios e das atividades, fizessem uma lista de exercícios extra disponibilizados no ambiente e participassem da Avaliação Formativa (descrita no item 7.1.4 Comunicação entre Professor e Aluno, a Avaliação Formativa – p.145). Apenas quatro alunos fizeram a lista de exercícios extras, sendo que um deles fez apenas 1 (um) dos exercícios. A Avaliação Formativa foi muito pouco utilizada, apenas um aluno acessou em uma única oportunidade. Observou-se que a principal atividade realizada durante a semana foi a continuidade das atividades, sendo que o grupo formado pelo Padone e pela Sauer, além de continuar as atividades, praticamente concluiu o webfólio. No segundo

encontro, houve uma mudança de planos em função da falta de energia elétrica que haveria no turno da tarde, durante a segunda metade do encontro. Ficou acertado que no período da tarde o curso seria realizado no laboratório do prédio da Engenharia Química da UFRGS, que não seria afetado pela falta de energia, com a restrição de que o servidor que abriga o ambiente estaria desligado, pois está localizado no prédio do LIG. Acertou-se então que os alunos terminariam o webfólio na parte da manhã, reservando-se a tarde para concluir as atividades, que seriam então gravadas em disquetes e entregues ao professor, já que o servidor não estaria ligado para que os alunos pudessem submeter as suas atividades. No final do curso, fez-se a avaliação coletiva com a presença dos alunos, quando se realizou um debate a respeito do curso, considerando as expectativas que os alunos haviam referido no início do primeiro encontro.

Na segunda edição, propôs-se a realização das mesmas 7(sete) atividades e o desenvolvimento dos webfólios. Essa turma teve um perfil bastante diferenciado da primeira, pois 4 (quatro) alunos são colegas na UERGS e 2 (dois) na UFRGS, constituindo-se assim dois grupos que interagiram muito pouco. Cabe ressaltar que os dois alunos da UFRGS não desenvolveram o Webfólio, resolvendo apenas as atividades durante o primeiro encontro. O primeiro grupo, formado por 4 (quatro) alunos, interessou-se bastante pelo trabalho, sendo que 3 (três) deles ainda foram ao LIG em uma terceira oportunidade para concluir o webfólio, contando com a orientação do professor. Houve participação na Avaliação Formativa através de 1 (um) aluno durante o primeiro encontro, bem como a realização da avaliação coletiva realizada no final do curso.

## 10 REFLEXÕES A PARTIR DAS PERGUNTAS NORTEADORAS

Inicialmente, pretende-se retomar as perguntas norteadoras apresentadas na defesa do projeto de qualificação, visando refletir sob um novo olhar, especialmente depois de se ter realizado uma investigação a partir da realização das duas edições do curso de extensão. As perguntas estão descritas no capítulo 8 (p.150), e foram divididas nos seguintes blocos: criação da plataforma, funcionalidades do produto final e tecnologia.

### 10.1. Primeiro Bloco de Perguntas

A partir das perguntas deste bloco, pretende-se analisar se as idéias iniciais a respeito das ferramentas desenvolvidas confirmaram-se quando da investigação realizada. Durante a criação da plataforma, já se tinham importantes premissas teóricas – os princípios construtivistas, a aprendizagem colaborativa e as peculiaridades da Engenharia Estrutural. A partir dessas premissas, foram concebidas as interfaces do ambiente, que serão então analisadas a seguir, a partir das intervenções dos alunos do curso de extensão.

10.1.1 Como a avaliação da aprendizagem em Engenharia Estrutural via GPA<sub>REDE</sub> pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem colaborativa?

#### a) Aprendizagem colaborativa

Conforme foi analisado em capítulo anterior, a aprendizagem colaborativa é compreendida na perspectiva de possibilitar que os alunos se tornem aprendizes ativos, em que a abordagem social-construtivista (NITZKE, 2002), anteriormente descrita, sustenta e fornece subsídios teóricos a esses conceitos. Nesse contexto, há diferenças entre as interações entre pares e a interação com o moderador bem como a necessidade de estabelecer regulações mútuas, a partir da interação entre os sujeitos. No capítulo 5 (p. 91), foi abordada novamente a aprendizagem colaborativa e suas possibilidades na concepção de AVA's, em que foi referido o pensamento coletivo (CAPRA, 1997) e a importância de promover “resíduos cognitivos” e de considerar a igualdade e a mutualidade (FLORES & BECERRA, 2002), ao conceber uma estratégia para a aprendizagem colaborativa.

Ocorreram situações ao longo do curso que evidenciaram elementos da aprendizagem colaborativa. Durante a elaboração dos webfólios, o aluno Nado, que no primeiro dia desenvolveu sozinho e no segundo com a aluna Irene, obteve informações com o Quima sobre a construção de *frames* em páginas. Constata-se nessa situação uma postura de aprendiz ativo do Nado, que se interessou pela construção de *frames* e incorporou essa ferramenta à sua página. O trabalho da dupla formada por Quima e Romins (ver Figura 105) também apresentou elementos da aprendizagem colaborativa, pois, enquanto o primeiro tinha grandes conhecimentos na construção de páginas, o segundo tratou da elaboração do trabalho em si, que tratava da construção de um pequeno pavimento em CAD e os diagramas de esforço cortante e momento fletor das vigas. É importante destacar que a responsabilidade pelo trabalho era dos dois componentes, e a mutualidade proposta por Flores & Becerra (2002) preservou-se na medida em que as habilidades de cada integrante do grupo, que foram determinantes na divisão de tarefas, referia-se a conceitos que não eram objeto do curso. Além disso, a divisão ocorreu em uma situação específica, não se generalizando para todo o trabalho. Convém destacar que este é um cuidado que deve ser tomado nessas situações, pois a simples distribuição de tarefas e o trabalho realizado individualmente por cada integrante pode comprometer a grande valia promovida pela aprendizagem colaborativa. Nessa experiência, acredita-se que poderia haver uma integração maior entre os dois alunos, fato que permitiria uma construção coletiva mais consistente.

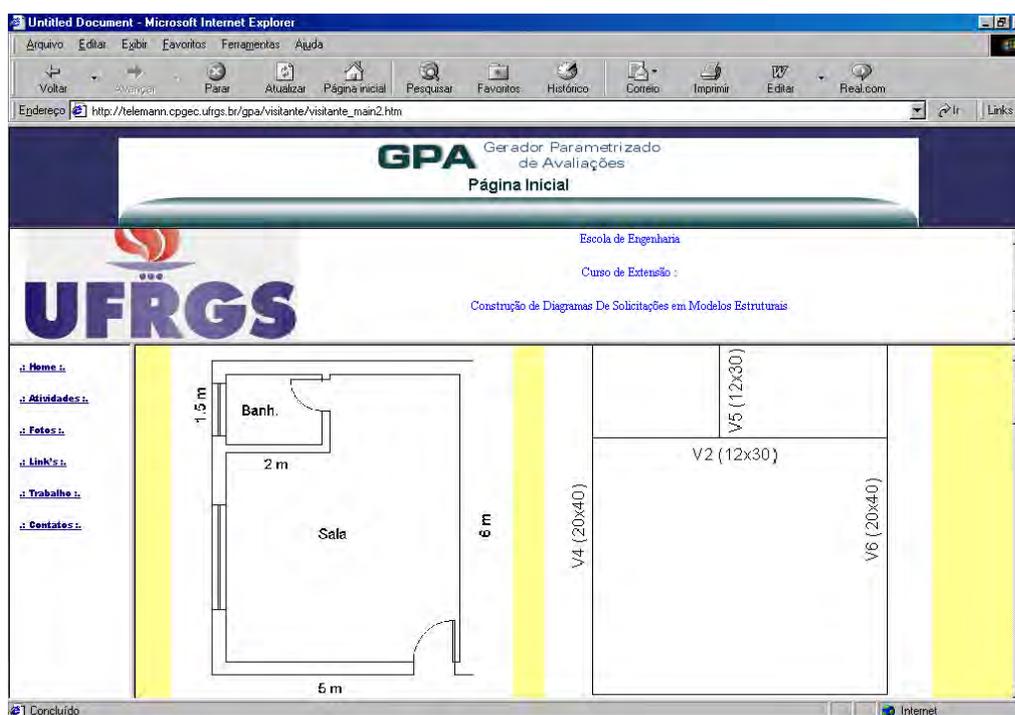


Figura 105 - Aprendizagem colaborativa - surgimento de atividades extras

Evidenciam-se também o surgimento de atividades extras<sup>67</sup>, tais como a utilização do software Autocad para o desenvolvimento de uma planta baixa e elaboração de uma página na Internet com recursos mais avançados. Se ambos tivessem trabalhado sozinhos, certamente não teriam acrescentado tal valor a partir da co-operação estabelecida. O que ficou evidente é que o webfólio efetivamente permite um grande espaço para cada um mostrar suas potencialidades e utilizar a sua criatividade, principalmente em trabalhos um pouco mais abertos, o que aparece na fala do aluno Padone: "*outra coisa interessante foi o site, para colocar ali curiosidades...dessa forma a gente sempre aprende...é legal interagir, trocar experiência...*". Ainda sobre o webfólio, a Sauer ressalta a importância de ser um espaço público: "*... um trabalho feito, exposto de forma que todas as pessoas possam entrar no site e ver o que foi feito*".

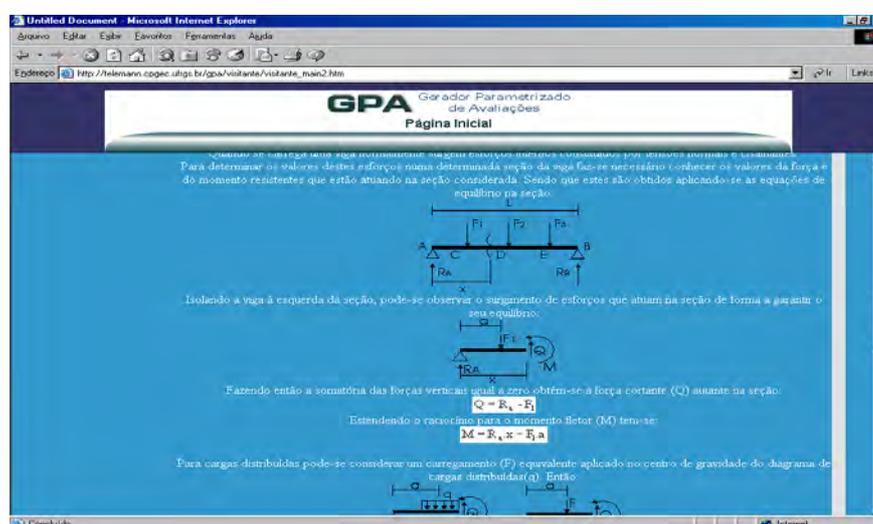


Figura 106 - Webfólio reestruturação de conceitos

O webfólio da dupla Sauer e Padone incluiu uma pequena revisão dos conceitos necessários à realização das atividades (ver Figura 106), o que pode proporcionar aos colegas uma reestruturação dos conceitos, conforme proposto por Nitzke (2002). Ao visitar o *webfólio* desenvolvido pela Sauer e pelo Padone, os colegas poderão retomar conceitos anteriormente trabalhados bem como alcançar patamares cognitivos superiores. Depois de realizar as atividades e de buscar elementos para generalizações dos modelos propostos, essa consulta ou até mesmo interação com os colegas poderá promover novas relações e novas estruturas.

<sup>67</sup> Esse é um dos fundamentos da abordagem social-construtivista, que considera a geração de atividades extras como uma das consequências positiva da interação entre sujeitos (Nitzke, 2002).

A questão da constituição da turma, como referência e como comprometimento de co-participação, também apareceu na fala da Sauer: "...então, às vezes, é aquele compromisso de ir lá, porque tem outras pessoas junto contigo, uma turma, professor". Constitui-se assim um coletivo, que proporciona um ambiente cooperativo, onde a unidade constituída consolida um ambiente propício à aprendizagem. Piaget (1973, p.17) procurou relacionar a Sociologia com a Psicologia e a Epistemologia, afirmando que "o conhecimento humano é essencialmente coletivo e a vida social constitui um dos fatores essenciais da formação e do crescimento dos conhecimentos pré-científicos e científicos". Ele identificou as relações entre os conceitos de ação e operação, no sentido individual e no sentido coletivo, quando procurou delinear a construção da cooperação, caracterizando-a como "operações efetuadas em comum ou em correspondência recíproca" (PIAGET, 1973, p. 22). Cooperar na ação significa "operar em conjunto", ajustando por meio de "novas operações de correspondência, reciprocidade ou complementaridade, as operações executadas por cada um dos parceiros" (PIAGET, 1973, p.105). Os mesmos sistemas que permitem ao sujeito passar da ação à operação permitirão também que se unam as operações de um indivíduo às dos outros. Fainholc (1999) destaca o "compromisso pedagógico" que se estabelece entre estudantes em um trabalho colaborativo consistente. A participação do moderador é fundamental na constituição da turma como referência, conforme se observa na fala do Nado: "*essa interação foi dada por ti mesmo...no método que o professor vai dar o curso...se chega um professor na frente e começa a falar e mostrar algo no quadro...dependendo do tom que ele der e o próprio perfil dele é que o aluno vai se comportar...*". Para Padone, alguém que "*desperte tua curiosidade*", tomando o cuidado para evitar que o aluno fique sem o "*compromisso de pensar*", conforme alertou o aluno Jopas.

Na execução das atividades, a aprendizagem colaborativa esteve presente na discussão de estratégias de resolução, conforme se pode verificar na fala da Sauer: "*muito coisa que eu não sabia ele [Padone] também me auxiliou...*", o que pode gerar inclusive novas formas de resolução: "*foi até o que aconteceu conosco na hora de resolver o exercício...a gente teve até uma forma diferente de pensar, mas que também dá o mesmo resultado...*" (Sauer). Muitas vezes a explicação de um colega pode gerar uma compreensão maior que a explicação do moderador (RAMOS, 1999), o que se evidencia nessas duas falas da Sauer. Novamente aqui é necessário ressaltar que as interações se diferenciam e se qualificam a partir de suas peculiaridades. Depois que a Sauer e o Padone adquiriram as habilidades iniciais a partir da

intervenção até mesmo expositiva do professor<sup>68</sup>, a realização do trabalho e a interação entre os pares qualificou-se, promovendo novos olhares, novas relações e até mesmo novas aplicações dos conceitos em construção.

10.1.2 De que maneira os princípios construtivistas podem auxiliar na concepção de processos de avaliação que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em Engenharia Estrutural ?

a) Princípios construtivistas

A partir do referencial teórico apresentado anteriormente, é possível destacar alguns princípios que serão agora analisados à luz da investigação realizada. A consideração dos conhecimentos prévios, a abstração reflexionante e a construção histórica dos conceitos são princípios destacados, sendo importante alertar que existem convergências e algumas sobreposições entre esses princípios, porém o destaque justifica-se para fins de facilitar a compreensão da análise realizada. Procurou-se também possibilitar a inferência sobre esses princípios ao se planejar o trabalho. Sobre os conhecimentos prévios, será possível inferir na medida em que não houve a preocupação em se delimitar a área e o estágio em que se encontravam os alunos nos seus cursos. Dessa forma tornou-se possível encontrar subsídios para analisar a influência das estruturas pré-consolidadas dos sujeitos diante da contigência de novas construções a partir das intervenções ocorridas nos cursos. A Abstração Reflexionante está presente na análise individual da consolidação de novos conceitos nos sujeitos. Tal consolidação se dá a partir dos conhecimentos prévios, e permite assim uma compreensão de um processo genuíno na sua expressão, porém coletivo, social e dialético nos seus condicionantes. A construção histórica dos conceitos pode ser identificada a partir dos elementos apresentados no capítulo 2 (p. 23), principalmente quando se leva em conta a evolução dos conceitos em Engenharia Estrutural. Ao analisar a Lei de Hooke (**Figura 3** – pág.32), por exemplo, identifica-se uma evolução histórica e se relaciona essa evolução com o processo de abstração reflexionante, fazendo convergir então alguns dos princípios destacados.

---

<sup>68</sup> Reforça-se aqui a necessidade de alguns momentos com aulas expositivas (MORAN, 2000)

Em muitos momentos, pôde-se identificar a presença de princípios construtivistas, fato que se verificou a partir da conversa coletiva realizada no final do curso. Em primeiro lugar, o formato das atividades que levavam os estudantes a manipular as animações propostas. Essa característica permitiu a promoção de construções dos alunos a partir de relações e das interações com as animações, não estando pré-determinadas nas próprias atividades, como supunha o Empirismo. Teve-se o cuidado também de não centrar exclusivamente no aluno o andamento e a realização das atividades, evitando-se a consideração de que a iniciativa da aprendizagem bem como a sua gestão devam ser uma atribuição apenas do aluno. Carl Rogers defendeu esse foco exclusivo no aluno, fundamentando grande parte das idéias aprioristas. Em Rogers (1997, p. 318), afirma-se que o aluno deve se deixar levar pela experiência, sem preocupar-se com os objetivos, sendo o conhecimento autodescoberto a única verdade “pessoalmente apropriada e assimilada na experiência”. Segundo depoimento do aluno Romins, referindo-se a uma aula com características estáticas, *"...mesmo fazendo todos os cálculos de novo, vai se analisar sempre uma coisa separada...no décimo exemplo, já esqueceu-se do primeiro e aqui [no curso] não...vai vendo a coisa se modificando"*. O mesmo aluno confirmou a consolidação dos conceitos a partir da ação: *"...e aí eu notei que numa posição da viga o valor da carga permanecia o mesmo, embora o valor do momento fletor fosse aumentando..."* O processo de adaptação foi favorecido nessas atividades, especialmente pela facilidade de visualização e simulação proporcionada pelas modificações nos parâmetros dos modelos, conforme relataram os alunos Quima e Dias:

*"Eu não fazia idéia como fazer esse tipo de cálculo...o que eu achei interessante foi essa interface que a gente usou, simulando o deslocamento da carga, o espaço, o vão, a carga em cima, bem interessante pois ficou bem mais fácil de visualizar... fica mais fácil para assimilar também"* (Quima)

*"a visualização do problema na tela mudando na hora, em cima dos cálculos, não precisa nem raciocinar em cima de uma animação...fica mais fácil de entender..."* (Dias)

*"... bota uma carga na esquerda, bota um pouco mais para o lado para ver o que acontece, faz o que tem que ser feito, mas dá uma escapada, por curiosidade, deixa o aluno curioso, para trabalhar meio que sozinho..."* (Dias)

O desafio do professor consiste justamente na promoção dos desequilíbrios, que proporcionarão então o processo e adaptação, a Abstração Reflexionante e a criação de novidades. É necessário que se estabeleça a mobilização para o conhecimento, que supere uma simples provocação motivacional, mas que leve necessariamente a um desequilíbrio e a uma contraposição de conceitos. Tal contraposição, ao se analisar a evolução histórica, corresponde a crises de paradigmas (KUHN, 2001) que fizeram então nascer novas teorias. Da mesma forma que Galileu desequilibrou sua estrutura conceitual, no caso do rompimento de uma viga exatamente no local da inclusão de um apoio (ver capítulo 3 – p. 49), pretende-se qualificar as interações a partir de animações com atividades que levem os alunos a esses desequilíbrios construtivos.

Outra questão que já foi apresentada no referencial teórico relacionada ao processo de adaptação, refere-se às estruturas anteriores dos sujeitos, que as acomodam, modificando-as, mediante a modificação dos dados objetivos - assimilação. Ao analisar os registros do aluno Dias, graduado em Matemática Aplicada e mestrando na área de Estruturas em Engenharia, verificou-se o quanto se evidenciou esse processo. Nesse aluno, se observou uma tendência de se construir relações matemáticas num nível de abstração mais apurado que nos demais alunos, bem como a utilização de uma linguagem diferenciada, conforme se pode verificar nas passagens abaixo:

*"cresce linearmente dos extremos ao ponto de aplicação da carga"* (ATIV. 1)

*"nota-se que o ponto máximo no DMF"*. (ATIV. 1)

Nessa atividade o alunos ainda fez comentários intitulados "observações matemáticas", com o seguinte texto:

*"O momento fletor em um ponto é proporcional ao valor da carga e seu braço de alavanca, ou seja,  $M(x) = F \cdot x$  Aplicando a derivada de  $M(x)$  em relação a  $x$  obtém-se  $y(x) = F$ , o valor da carga no ponto, isto é, o esforço cortante. Isto justifica a relação entre os diagramas."*

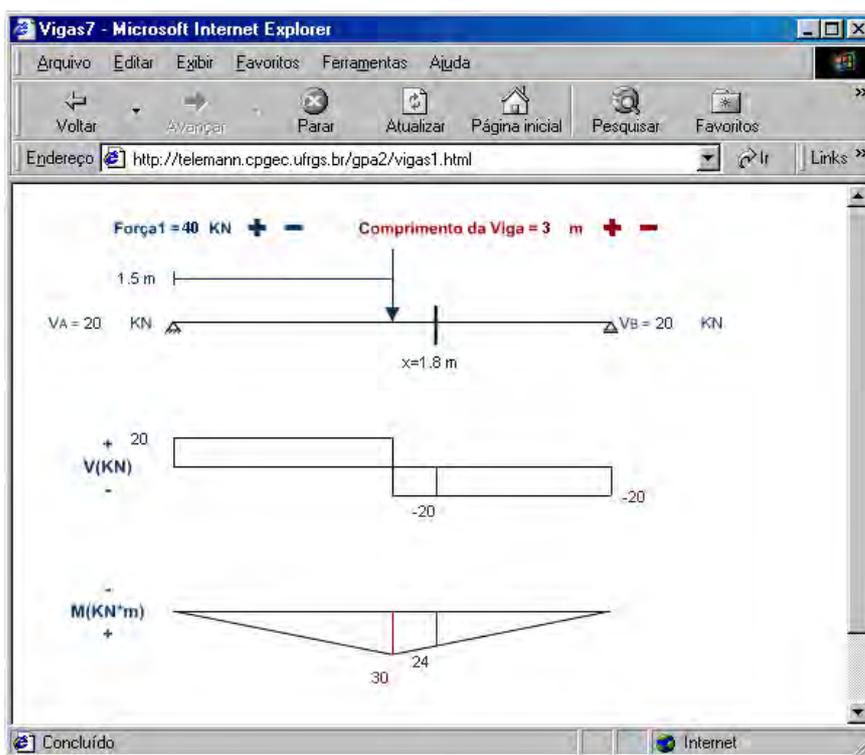
*"Sabe-se que o somatório de momentos no apoio B tem-se  $3Ra - F \cdot x - 2F = 0 \Rightarrow 3Ra = (2+x)F$ ,  $p/F = 50$  tem-se  $Ra = 50(2+x)/3$ "* (ATIV. 2)

*"Dessa forma, devido à simetria do problema,  $Ra = Rb = 50$ "* (ATIV.2)

*"No ponto de aplicação da carga, o momento fletor é máximo local"* (ATIV. 2)

Vê-se aí claramente o uso de uma linguagem própria de uma construção anterior, que fez com que o aluno assimilasse os objetos de uma forma diferente. Ao mesmo tempo ocorre a acomodação, pois princípios físicos são incorporados às construções feitas pelos alunos, como

nas expressões "*braço de alavanca*", "*ponto de aplicação da carga*", "*valor da carga*", que são tomadas de consciência necessárias à compreensão das atividades propostas. O mesmo ocorreu nas experiências descritas no capítulo 2 (p. 23) com o professor de Administração e a estudante de Artes Plásticas, que percorreram caminhos distintos na busca do equilíbrio de novos patamares conceituais. A questão da linguagem peculiar a cada área também remete a análise ao referencial teórico desta tese. Tal linguagem expressa-se e consolida-se a partir de uma estrutura pré-estabelecida recorrendo a experiências anteriores, que correspondem à história do sujeito<sup>69</sup>. Os desequilíbrios das estruturas cognitivas do aluno Dias se deram a partir da necessidade de identificar e considerar elementos físicos reais nas suas bases teóricas. A forma como se deu o processo de adaptação para o Dias pode ser identificada ao analisar a forma como o aluno resolveu as atividades, conforme se pode observar na resolução da atividade 4 (Figura 107) e da atividade 6. Na Tabela 2 é apresentado um quadro comparando a solução tradicionalmente aceita com a solução apresentada pelo aluno.



Encontrar as funções esforço cortante e momento fletor para a situação apresentada na figura.

Figura 107 - Atividade 4

<sup>69</sup> Piaget, ao analisar o Apropósito e o Construtivismo, relacionou-os considerando os esquemas como uma *Gestalt* com história. Ou seja, as formas que se apresentam ao sujeito não são simplesmente resultado de sua

Solução Tradicional	Solução do aluno
Antes da carga:  $V(x) = 20$ $M(x) = 20x$	Antes da carga:  $V(x) = 20$ $M(x) = 20 \cdot x$
Depois da carga:  $V(x) = -20$ $M(x) = -20x + 60$	Depois da carga:  $V(x) = -20$ $M(x) = -20(x-3)$

Tabela 2 - Comparação de soluções atividade 4

Na Tabela 2 apresentam-se as duas soluções em que a diferença fundamental está no momento fletor. Na solução tradicional<sup>70</sup>, obtém-se a equação por equilíbrio, conforme Figura 108.

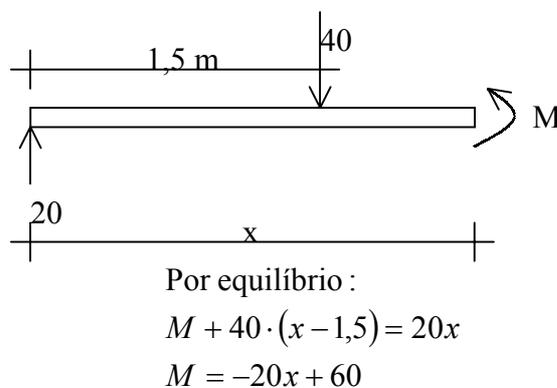


Figura 108 - Momento Fletor por equilíbrio

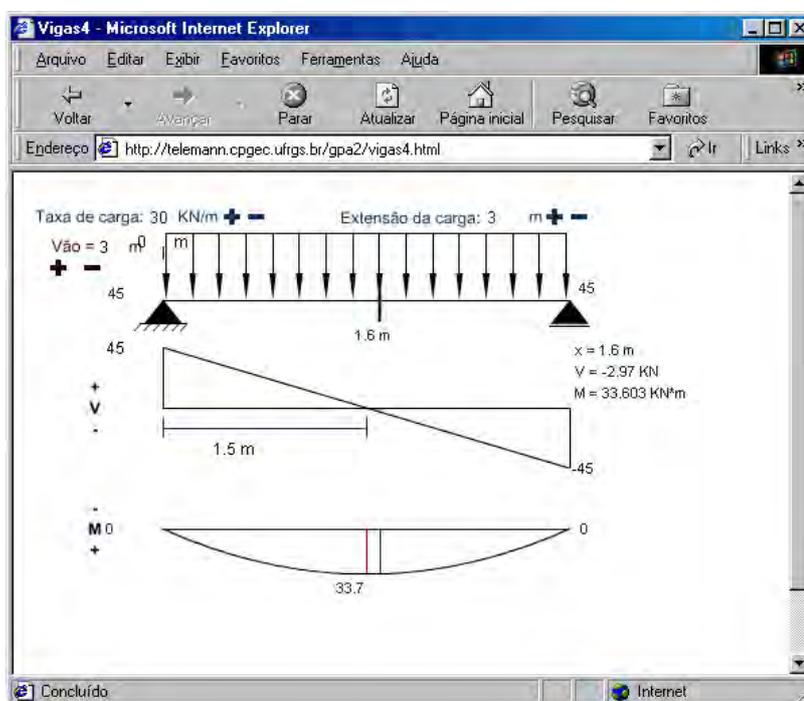
O aluno resolveu utilizando uma premissa simples, pois considerou que na extremidade direita da viga o momento fletor é nulo, podendo-se assim utilizar a expressão  $M(x) = -20(x-3)$ , que zera o momento fletor quando  $x=3\text{m}$ , ou seja, na extremidade direita da viga. O "-20"

percepção definida *a priori*. Outrossim, representam esquemas de representação construídos a partir de experiências anteriores, presentes na história do sujeito.

<sup>70</sup> Tradicional nesta análise refere-se à forma como um aluno de Engenharia costuma apropriar-se destes conceitos, dando-se ênfase aos princípios físicos de equilíbrio.

foi obtido a partir da derivada, pois o aluno relatou que sabia pelos seus conhecimentos prévios que a derivada do momento fletor é o esforço cortante. Essa forma de resolução favoreceu a generalização ocorrida na atividade 6, quando a expressão ficou  $M(x) = -25(x-L)$ , valendo para uma viga com um vão  $L$  qualquer sujeita a uma carga de 50 KN. Observa-se nesta estratégia a questão da criação de novidades, evidenciando a ocorrência da assimilação recíproca, integrando a estrutura mais complexa à menos complexa. Inicialmente o aluno sabia que os momentos fletores deveriam ser nulos nos apoios e que poderia valer-se dessa propriedade na elaboração de uma relação matemática. O desequilíbrio surge ao se tentar encontrar uma forma genérica para um vão e uma carga qualquer. A partir da utilização das animações, com diferentes valores de cargas e vãos, busca-se “aproximações ativamente procuradas” (PIAGET, 1990, p. 102) no sentido de construir a forma genérica, que representa a estrutura com um grau de complexidade maior, integrada à primeira.

A generalização das funções presentes na atividade 7 também apresentou características interessantes. Foi solicitado aos alunos que obtivessem equações do esforço cortante e do momento fletor para vigas simplesmente apoiadas com carga distribuída, para posterior generalização em função da carga e do vão, a partir de uma animação, apresentada na Figura 109.



Encontrar as funções esforço cortante e momento fletor para a situação apresentada na figura .

Figura 109 - Atividade 7

Solução Tradicional	Solução do aluno
$V(x) = -30x + 45$ $M(x) = -15x^2 + 45x$	$V(x) = 30 \cdot (1,5 - x)$ $M(x) = 30 \cdot \left( 1,5 \cdot x - \frac{x^2}{2} \right)$

Tabela 3 - Comparação de soluções atividade 7

Na Tabela 3 observa-se que a diferença fundamental provém do esforço cortante, já que o momento fletor foi obtido por integração.

A função  $V(x) = 30(1,5 - x)$  foi construída considerando inicialmente o ponto  $x=1,5$ , onde  $V=0$ . Surge então o fator " $(1,5-x)$ ", que é antecedido pelo "30" por este ser o valor da carga distribuída. O aluno relatou que já sabia que a inclinação devia ser o valor da carga. É interessante observar que o coeficiente angular dessa função é negativo, porém, pela forma como o aluno montou a função, o "30" ficou com o sinal positivo. O aluno foi questionado sobre isso, e respondeu que foi sua opção escolher o fator " $(1,5 - x)$ " ao invés de " $(x - 1,5)$ ", pois é seu costume eliminar os sinais negativos do início das funções. Esse mesmo procedimento não foi feito na atividade 4 e 6 para que ficasse evidente nessas atividades a relação entre  $V(x)$  e  $M(x)$ <sup>71</sup>.

Usualmente essas generalizações são feitas da seguinte forma:

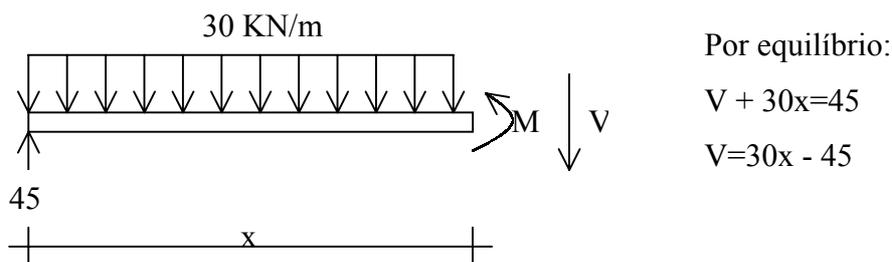


Figura 110 - Esforço cortante obtido na forma tradicional

<sup>71</sup>  $V(x) = -20$

$M(x) = -20(x-3)$

Foi usado  $(x-3)$  ao invés de  $(3-x)$  para evidenciar a presença do esforço cortante  $-20$  na função do momento fletor.

A questão da formação e da peculiaridade de cada área se expressou também no *webfólio* desenvolvido pelo aluno, em que reflete sobre as relações entre a Matemática e a Engenharia.

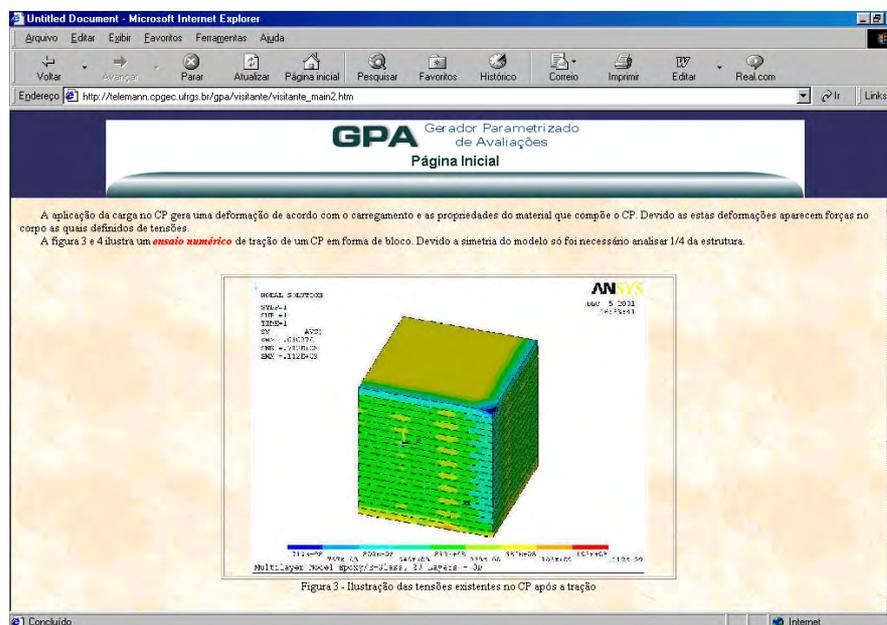


Figura 111 - Relação entre a Matemática e a Engenharia

Na Figura 111, é apresentada a página desenvolvida pelo aluno onde descreve um ensaio numérico realizado com uma peça submetida a um esforço de tração, onde aparecem os conceitos de simetria e modelagem matemática, fundamentais para a compreensão do Método dos Elementos Finitos<sup>72</sup>.

A criação de novidades entra em questão nessas análises, pois novos objetos surgem nessas simulações feitas pelos alunos, que resultam de novas idéias dos alunos a partir de construções anteriores, havendo um grau crescente de complexidade, caracterizando a abstração reflexionate. Na Figura 112, é apresentado um exemplo desse grau crescente de complexidade na construção da Lei de Hooke.

<sup>72</sup> No capítulo 2 fala-se da evolução histórica dos conceitos em Engenharia Estrutural. A partir desta análise, o MEF representa o paradigma atual.

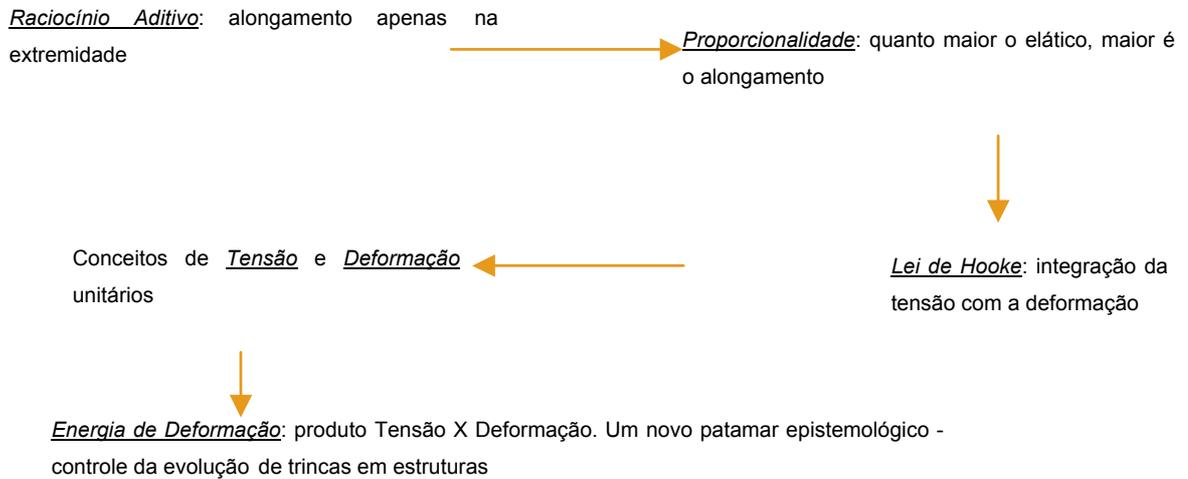


Figura 112 - A Lei de Hooke e a Abstração reflexionante

A Epistemologia vista como uma (re)construção de um conceito historicamente construído pela humanidade não pôde ser exaustivamente trabalhada. Algumas animações desenvolvidas com estruturas históricas ficaram muito pesadas para rodar nas máquinas disponíveis. Além disso, a carga horária do curso não permitiu uma análise mais aprofundada desse aspecto. Um dos alunos desenvolveu no seu webfólio aspectos históricos da Engenharia Estrutural, conforme se pode verificar na Figura 113.

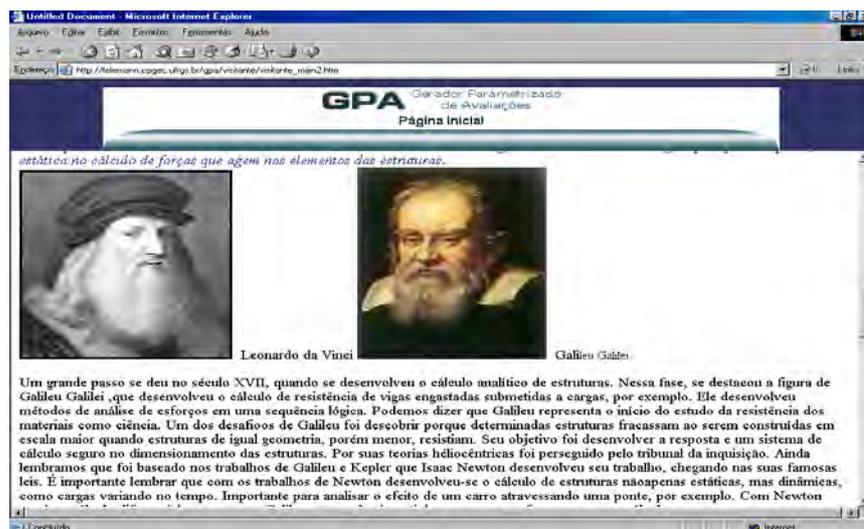


Figura 113 - Webfólio Epistemologia histórico

Uma das sugestões de temas para a construção do webfólio era a questão da história

da Resistência dos Materiais, o que gerou o interesse do aluno Jopas. O trabalho focou-se no estudo de cientistas que representaram mudanças efetivas de paradigma, no sentido proposto por Kuhn (2001)<sup>73</sup>, o que consolida a ciência como expressão do conhecimento construído sistematicamente pela humanidade (Franco, 1997).

#### b) Processos de avaliação

A avaliação da aprendizagem foi analisada considerando o conceito de mediação proposto por Hoffmann (2001), as estratégias apontadas no capítulo 4<sup>74</sup> (p. 76) e o tratamento da avaliação de uma forma integrada à aprendizagem.

Alterar a postura diante dos resultados da avaliação promove uma forma diferenciada de compreender a postura do professor. Não responder diretamente as questões, e sim promover novas interações com as animações, sem adiantar nenhuma resposta foram estratégias adotadas no curso, conforme se verifica nas falas do aluno Padone: "*poucas vezes o Luciano veio com a solução...*", e "*as próprias dúvidas nossas eram respondidas com outras perguntas que nos levavam a um caminho para nos levar à resposta...*". Para Sauer, "*ele (o professor) tentou dizer para a gente, explicar de alguma maneira, nos dar uma dica: oh, tenta refletir sobre isso, tenta pensar dessa maneira*" Essa postura procurou embasar-se no conceito de mediação, em que o educador procura "articular novas perguntas à continuidade observada pelos estudantes" (HOFFMANN, 2001, p. 126)

Para alterar o caráter da avaliação, é necessário incrementar os seus resultados formativos, possibilitando avaliar contínua e dialeticamente. Nesse sentido, o registro das interações dos alunos disponíveis no GPA<sub>REDE</sub> para posterior avaliação da aprendizagem foi fundamental. As respostas dos alunos com as respectivas correções do professor puderam ser facilmente acessadas por este, que passou a contar com um importante histórico da produção do aluno. Para Sauer, "*pode não ser uma prova com nota, mas um trabalho feito, exposto, que todas as pessoas podem entrar no site e ver o que foi feito, então de certa forma é uma prova que a gente tenha feito e trabalhado*". E a aluna complementa: "*tem que justificar as questões, e*

---

<sup>73</sup> O autor analisa a história da ciência a partir de evoluções resultantes de crise de paradigma. Para ele, quando o cientista se depara com a realidade a partir de um novo paradigma, "é como o homem que usa lentes inversoras. De frente com a mesma constelação de objetos que antes e tendo consciência disso, ele os encontra, não obstante, totalmente transformado em muito de seus detalhes." (KUHN, 2001, p.157)

<sup>74</sup> Diminuir a ênfase na avaliação classificatória, redimensionar o caráter da avaliação e alterar a postura diante dos resultados da avaliação

*deixar ali também como a gente chegou até tal resposta, então, de que maneira que nós compreendemos...tu tiveste os teus caminhos a seguir para chegar numa resposta, isso está exposto ...".* Na análise dos registros com os respectivos comentários, é possível redirecionar a prática docente ao longo do curso, fato que não pôde ser contemplado integralmente nesta Tese, uma vez que o período era curto e não houve tempo para trabalhar exaustivamente os conceitos. A alteração da postura também pôde ser contemplada, uma vez que os erros puderam ser problematizados nas justificativas apresentadas pelos alunos. Assim, ocorreu uma maior integração entre a avaliação e o processo ensino-aprendizagem, conforme foi proposto anteriormente, o que aparece na fala da Sauer, ao comparar com uma aula tradicional: " *numa aula assim tu acabas pesquisando, tu acabas buscando, tu acabas colocando todas as etapas que tu seguiste para chegar naquele resultado*", o que acaba por dar importantes subsídios para pensar a avaliação e a aprendizagem de uma forma conjunta.

#### c) Aprendizagem em Engenharia Estrutural

Ao pensar sobre as aprendizagens estabelecidas ao longo do curso, à luz das peculiaridades da Engenharia Estrutural, reporta-se ao capítulo 3 (p. 49) , quando foi analisado o ensino de Estruturas. O diálogo entre dois paradigmas ocorre ao se pensar sobre formas de resolução, justificativas feitas pelos alunos e o desenvolvimento de páginas pessoais. Acredita-se que esse espaço para pensar sobre a aprendizagem e para produzir e ser efetivamente um autor, como nos casos do webfólio, contribui para uma postura mais ativa, procurando apontar caminhos para a passividade dos alunos relatada na entrevista com um professor. O diálogo mantém-se quando em algumas situações calculam-se, formulam-se e generalizam-se dados, não abandonando aspectos quantitativos. Conforme o Romins, "*a gente quando vê isso na aula não tem noção de como as coisas funcionam*", o que reforça a importância de se compreender as estruturas, ao invés de simplesmente recebermos modelos prontos, conforme relatou um profissional da área de Estruturas. Questionando a importância de se construir modelos e de se pensar sobre as estruturas, o aluno ainda complementa: "*na disciplina Mecânica Estrutural a gente não analisa a estrutura, a gente calcula...e dado o problema chega lá no final, momento fletor tal, cortante tal e acabou...*", "*se aquela carga fosse um pouco mais para o apoio ou para o outro lado, ou fica no meio, como é que varia...isso na disciplina a gente não aprende...é a coisa mecânica de calcular o resultado e acabou...não analisa a estrutura..com esse programa tem condições de analisar, de*

*visualizar...*”; o que expressa o diálogo entre questões qualitativas e quantitativas. Torna-se pertinente neste momento insistir na questão do modelo<sup>75</sup> e na sua respectiva construção. O cálculo representa uma etapa fundamental, porém aquela que menos necessita da interferência direta do engenheiro. Construir e adequar o modelo, propor novas condições e interpretar os dados de saída são atribuições exclusivas do engenheiro, do protagonismo essencialmente humano e racional, reforçando a importância dos aspectos qualitativos e a necessidade de considerar o material, a estrutura, as formas e as dimensões e o processo de execução como variáveis de projeto (Torroja s/d).

10.1.3 De que forma o GPA<sub>REDE</sub> pode ser um ambiente propício à construção de conceitos de Engenharia Estrutural no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem ?

Na medida em que o professor acessa e comenta de forma completa as atividades dos alunos, incluindo também as produções dos webfólios, pode ser possível realimentar a aprendizagem e redirecioná-la.

a) Construção de conceitos em Engenharia Estrutural

Pensar particularmente na Engenharia Estrutural, a partir da investigação realizada e levando em considerações os princípios teóricos deste trabalho, remete à análise novamente ao diálogo entre dois paradigmas, descritos no capítulo 3 (p. 49). Pietro & Oliveira (2001) trazem importantes subsídios para essa compreensão, quando associam o velho paradigma à fragmentação e à linearização da organização do conhecimento usualmente encontrada. A não-linearidade e a compreensão holística dos fenômenos naturais são bem delineadas na obra de Capra (ver CAPRA, 1997), e a partir dos pressupostos construtivistas necessariamente se considera a construção do conhecimento a partir de uma abordagem não linear, compreendida a partir de um processo dinâmico e integrador. A realização de duas edições do curso e as diferenças nos ritmos de aprendizagem, nas propostas de webfólios, na apresentação inicial de cada turma entre outros aspectos já é o suficiente para pensar nos prejuízos que pode representar uma abordagem essencialmente linear e fragmentada acerca do conhecimento. Analisando particularmente a apresentação inicial do professor e de cada integrante do curso,

---

<sup>75</sup> Entede-se por modelo neste estudo as representações teóricas de elementos reais a partir de aproximações e simplificações

pode-se observar uma completa distinção entre as duas edições, a começar pelo perfil de cada grupo. Na primeira edição, o momento inicial foi decisivo para a constituição de um ambiente de maior integração, em que cada aluno procurou falar dos seus cursos de origem, e a diversidade do grupo enriqueceu e despertou a curiosidade e o interesse de todos. O mesmo não ocorreu na segunda edição, quando a apresentação inicial constituiu-se apenas num cumprimento formal, já que não havia tanta diversidade no perfil dos alunos, e não se observou grande interesse na integração entre as diferenças. Enquanto a primeira edição destacou-se pela diversidade, a segunda o fez pelas afinidades entre as áreas.

Outro aspecto importante dos conceitos da Engenharia Estrutural refere-se à criação de novidades, que já foi abordada anteriormente neste trabalho. Entender como se estabeleceram e se concretizaram novas aprendizagens nas experiências realizadas constitui um dos objetivos deste trabalho. Segundo o aluno Quima, que nunca havia trabalhado com os conceitos abordados no curso, ficou fácil visualizar e assimilar a partir da forma animada de trabalhar com os modelos. Já o aluno Nado, que está na fase final do curso de Engenharia e já trabalhou com esses conceitos, foi possível encontrar *“outra forma de resolver...até com a equação da reta”*. Pergunta-se então: para qual dos dois o curso constituiu-se como uma novidade? Essa comparação é importante para se refletir sobre a criação de novidades e a complexidade da questão. Um terceiro aluno, formado em Matemática e mestrando em Engenharia de Estruturas, argumentou que foi interessante para ele compreender os princípios físicos, pois ele costuma “enxergar” diferentemente dos alunos da Engenharia, dando enfoque para o aspecto matemático. A análise desses três exemplos sinaliza que, nos três casos, foi alcançado um patamar superior na aprendizagem, que não estava pré-determinado em cada um deles, nem estava previsto em uma seqüência linear de conceitos. Foi uma construção que cada um concretizou a partir de seus conhecimentos prévios e que se consolidou a partir das interações de cada um com as atividades propostas. O aluno Jopas fez importantes considerações sobre a forma como se dá a construção de conceitos novos a partir de sua experiência: *“as descobertas foram feitas na base de experiências, ninguém descobriu nada simplesmente colocando número no papel e fazendo uma conta...essa parte de fazer este, tu mesmo ver, se eu deslocar para o lado o que vai acontecer, é uma coisa que leva não somente o que dá numericamente mas tu cria uma linha de raciocínio, tu é induzido a pensar o que vai acontecer nas situações...”*. Fez-se questão de transcrever integralmente essa fala em função da convergência com os argumentos anteriores.

## b) Avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem

Anteriormente, já foi descrita a importância de considerar a avaliação como um aspecto inerente à aprendizagem. Assim, pensou-se o curso a partir dessa visão integrada, em que a avaliação seria realizada coletivamente ao final, sem a existência de instrumentos específicos. Em vários momentos na avaliação coletiva final, pode-se identificar observações e análises sobre a avaliação da aprendizagem e possibilidades de novas formas de fazê-la. Foi citada a possibilidade de receber as respostas comentadas, sendo uma forma interessante de avaliar. A questão do esclarecimento das dúvidas também foi levantada, pois, ao se pensar numa atividade exclusivamente a distância, as interações tenderiam a ficar mais limitadas. Discutir a avaliação foi uma possibilidade exaltada pelo Padone, que disse que isso não costuma ocorrer. A convivência do professor com os alunos também foi apontada pelo Padone como uma possibilidade para realizar a avaliação. As atividades realizadas e ali registradas com as respectivas justificativas foram citadas pela Sauer e pelo Padone como elementos que permitem a realização da avaliação. Segundo a Sauer, numa aula tradicional, fica mais limitada a possibilidade de justificar as produções em função do caráter usualmente estático das abordagens feitas a partir de giz e quadro negro.

### 10.2 Segundo Bloco de Perguntas

Neste bloco procura-se avaliar as ferramentas desenvolvidas para o GPA<sub>REDE</sub>, considerando as premissas delineadas nos capítulos iniciais e procurando analisar de que forma tais premissas foram ou não atendidas.

#### 10.2.1 O GPA<sub>REDE</sub> possibilita a avaliação formativa ? De que forma ?

Avaliar a aprendizagem apresenta-se constantemente como um desafio, em qualquer que seja a abordagem epistemológica proposta, não importando também se serão utilizados ambientes informatizados ou não. Perceber a avaliação implica necessariamente perceber a aprendizagem, sendo fundamental integrá-los, constituindo-se assim o caráter formativo da avaliação. Para que o professor se aproprie integralmente das aprendizagens dos alunos, é preciso acompanhar os percursos, redirecionar a sua prática ao longo do processo, levar em consideração avanços individuais e respeitar o ritmo de aprendizagem de cada aluno. A flexibilidade e a sensibilidade são fundamentais, transformando-se o docente em um

coordenador de resultados (MORAN, 2000).

Nas avaliações realizadas nos finais dos cursos, de forma coletiva, surgiram muitos relativos à avaliação. A primeira questão se relacionou com o pouco trabalho que houve ao longo da semana, em comparação com o alto grau de concentração que os alunos apresentaram durante os dias do curso. Nos relatos dos alunos, falou-se no fato de ter assumido o compromisso com o professor e com a turma de ir nos sábados, e também pelo fato de se ter *"tirado um tempo para isso"*. Para Sauer, *"se tu estás em casa fazendo, sempre vai surgir alguma coisa, tu vais fazer pipoca ou coisa assim, e tu te distraís e não fica o dia inteiro em função.."*.

Outra questão foi a possibilidade, apontada pelo Padone, de discutir a avaliação: *"é um espaço para se poder discutir a avaliação, coisa que em muito poucas disciplinas acontece"*, *"então, no próprio site tu já dás a opção de discutir a maneira como foi avaliado...é uma maneira de tu sondares como foi feita a tua avaliação, dá mais ênfase para alguma parte..ah, eu fiz certo até aqui, pensei desta forma.."*. O contato professor-aluno também foi considerado importante para subsidiar a avaliação: *"tu conviveste conosco durante o curso, então teve um contato entre o professor e o aluno, o tanto que cada um se interessou...."*.

Uma possibilidade do GPA<sub>REDE</sub> para subsidiar a avaliação consiste nos comentários enviados pelo professor para cada questão desenvolvida. Tal comentário pode ser feito via arquivos, conforme mostra a Figura 114, onde o próprio arquivo enviado pelo aluno foi comentado e submetido ao ambiente para o professor.

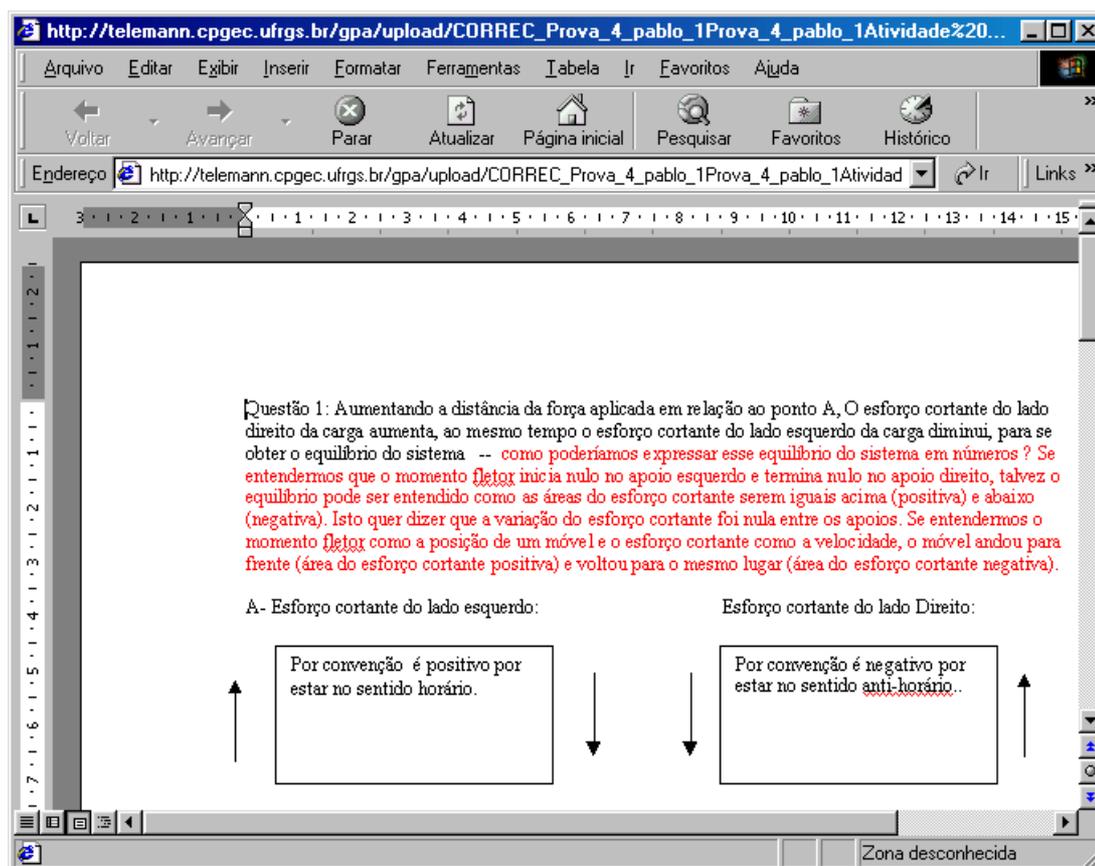


Figura 114 - Correção a partir de arquivo enviado pelo aluno

O método de avaliação, segundo o Dino, é “...*muito bom...a gente responde e o sr. comenta e a gente responde de novo, muito bom assim.*”. A partir desses registros, torna-se mais viável compreender os percursos dos alunos, conforme pôde relatar a aluna Sauer: “*e deixar ali também como a gente chegou até tal resposta, então, de que maneira que nós compreendemos...tu tiveste os teus caminhos a seguir para chegar numa resposta.*” O GPA<sub>REDE</sub> apresenta também um espaço voltado especificamente para o envio de comentários paralelamente à realização das atividades, planejado para dar subsídios ao caráter formativo da avaliação. O aluno Dino foi o único que usou com mais intensidade essa ferramenta do ambiente, conforme mostra a Figura 115.

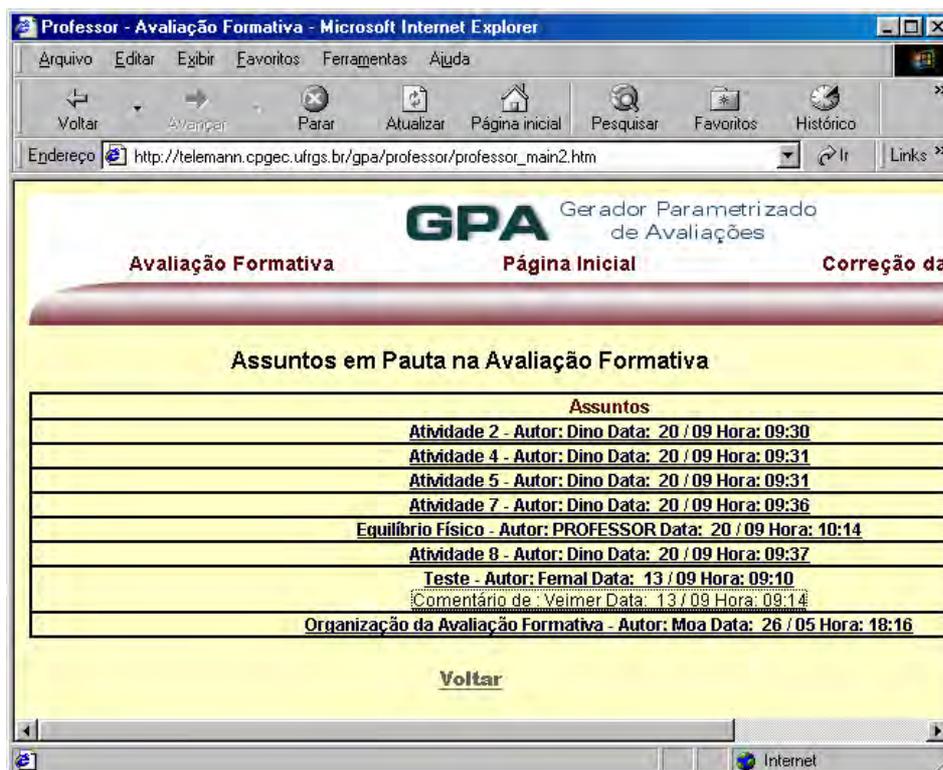


Figura 115 - Utilização da Avaliação Formativa

Esse espaço pode dar importantes subsídios para a avaliação formativa, pois o professor passa a contar com um histórico documentado do aluno. Nos cursos realizados, a utilização dos espaços ficou abaixo da expectativa, talvez pelo tempo que as atividades ocuparam dos alunos ao longo dos encontros. Outra possibilidade da pouca utilização pode ser que durante a semana, sem a presença do professor e sem uma orientação mais direta no primeiro dia, não houve o interesse em acessar a ferramenta. Talvez uma boa sugestão para uma melhor utilização seja marcar um turno e/ou um tema específico ao longo da semana, para que os alunos possam ser estimulados a utilizar o ambiente paralelamente à realização das atividades.

10.2.2 Quais perspectivas são abertas a partir da inserção do sistema numa intervenção didática a distância ?

A educação a distância apresenta peculiaridades que tornam o pensar sobre a prática educativa ainda mais complexo e desafiador. É preciso lançar um novo olhar sobre o papel do professor e do aluno, ressignificando alguns aspectos até então cristalizados e com pouco

espaço para reflexões e transformações. O professor precisará apropriar-se de elementos que em atividades presenciais podem passar despercebidos, principalmente no sentido de promover a relação das observações dos alunos com diferentes contextos por eles já consolidados. O aluno precisa estar preparado para gerir seu processo de aprendizagem, participando do processo avaliativo através de contribuições e pareceres sobre o seu próprio desempenho.

Nas duas edições do curso, houve debates a respeito da educação a distância a partir da utilização do ambiente proposto. Quando houve o questionamento a respeito da presença do professor, um dos alunos levantou a possibilidade de as dúvidas serem esclarecidas por *e-mail* ou *Icq*. Insistiu-se então que não haveria a presença física e a apresentação inicial com a turma, quando cada um falou um pouco de si. A partir daí a questão da presença física tornou-se o foco do debate. Para o Padone, a presença serve como motivação, e a Sauer novamente falou do compromisso e da dificuldade quando não há alguém que estimule, que, segundo Padone, "*desperte tua curiosidade*". O Jopas argumentou que muitas vezes a presença do professor não é necessária, pois, neste caso, "*a pessoa fica sem o compromisso de pensar*". Para o Romins, que já havia feito um curso de Excel Avançado, o tempo de execução depende do aluno. Segundo ele, "*se é interessante o assunto não tem por que a pessoa não fazer o curso pela Internet...é só uma questão do tempo, às vezes também da motivação da pessoa... a motivação acho que vai influir no tempo do curso...quem está pouco motivado leva quem sabe o dobro do tempo*". Ou seja, surge a questão do papel do aluno no processo e a consideração do processo de auto-aprendizagem, que promova a autonomia nos sujeitos, quando os mesmos passam a gerir sua aprendizagem (CERNY, 2001, p. 93). A fala do Jopas voltou-se diretamente para essa questão, pois o "*compromisso de pensar*" à luz do referencial teórico aqui proposto precisa tornar-se uma prática, o que necessariamente redimensionará também o papel do professor. Pensar a auto-aprendizagem, a partir de um ambiente colaborativo, exige um professor que exerça o papel de moderador, gerando assim a efetiva construção autônoma e mediada. Tais posicionamentos podem contribuir ao se responder e comentar as atividades dos alunos, conforme pode ser verificado na Figura 116, onde uma das atividades de um aluno foi comentada.

Resposta do Aluno e Arquivo com Resposta	<p>a) Por se tratar de uma viga Biapoçada. No diagrama do esforço cortante observa-se uma descontinuidade equivalente ao valor da carga aplicada no ponto. No diagrama de momento fletor observou-se que quando a carga está sendo aplicada nos extremos o MF é nulo. Entretanto, ele cresce linearmente dos extremos ao ponto de aplicação da carga. Nota-se que o ponto máximo no DMF é localizado no mesmo ponto onde existe a descontinuidade no DEC, ponto este onde o esforço cortante é nulo. No DEC o somatório das áreas sobre as curvas deve ser nulo. b) Variando a magnitude da carga observa-se a diferença de amplitude da resposta tanto nas reações bem como nos diagramas DMF e DEC sempre obedecendo as propriedades lineares do sistema.</p>
Comentário e Cálculo do Aluno sobre a questão	<p>Observações matemáticas: O momento fletor em um ponto é proporcional ao valor da carga e seu braço de alavanca, ou seja, <math>M(x) = F \cdot x</math>. Aplicando a derivada de <math>M(x)</math> em relação a <math>x</math> obtém-se <math>y(x) = F</math>, o valor da carga no ponto, isto é, o esforço cortante. Isto justifica a relação entre os diagramas.</p>
Comentário do Professor sobre a Questão	<p>Letra a: - Por que a o momento fletor varia linearmente? Se variarmos o ponto de aplicação da carga, observamos que varia a magnitude do momento fletor máximo. O momento fletor máximo será o maior possível quando a carga estiver aplicada no meio do vão. Um interessante exercício é demonstrar isso matematicamente. Por que o somatório das áreas do cortante é nulo?</p>

Figura 116 - Atividade comentada

Observou-se que a questão do papel que deve ser assumido pelo professor e pelo aluno ainda é um tema divergente, o que evidencia que urge a consolidação de uma pedagogia voltada à educação a distância, transformando e readequando alguns conceitos que precisam ser compreendidos diante de uma nova situação concreta. Talvez a grande contribuição dada até aqui pelo GPA<sub>REDE</sub> seja a evidente desestabilização que ocorre na prática pedagógica tradicional, quando se redimensiona o papel dos seus atores principais. Tem-se a perspectiva de que ainda surgirão novas desestabilizações, até que se tenha, depois de muitas inferências e aproximações teóricas, um panorama pedagógico delineado.

A possibilidade de um histórico sistematizado das atividades desenvolvidas pelos alunos, que podem ser acessadas a partir de cada aluno, também representa uma perspectiva concreta. Focando particularmente o ensino de Estruturas, o sistema torna fácil a utilização de imagens

e animações nas atividades, que são aspectos fundamentais para o ensino de Estruturas. Outra questão refere-se ao atendimento personalizado a distância. Enquanto se observa uma progressiva automatização e impessoalização nos sistemas baseados em ambientes informatizados, o GPA<sub>REDE</sub> focou o uso de tecnologias voltado para o atendimento personalizado, sem deixar de abranger a aprendizagem colaborativa e o espírito coletivo, que também necessitam de atendimento personalizado, só que agora voltado para o coletivo.

10.2.3 Que necessidades de complementação o GPA<sub>REDE</sub> tem no que tange a recursos telemáticos ? O GPA<sub>REDE</sub> contempla os pressupostos teóricos desta Tese?

Conforme já foi destacado anteriormente, os objetivos deste trabalho são essencialmente pedagógicos, com ênfase nas especificidades presentes no ensino de Estruturas, a partir de uma proposta vislumbrando a educação a distância. No capítulo 2 (p. 23), tratou-se pontualmente o foco pedagógico proposto, quando afirmou-se que a ferramenta em desenvolvimento deve levar em consideração o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno e criar um ambiente propício à construção do pensamento formal. O caráter interdisciplinar necessariamente considerado gera algumas limitações de profundidade técnica no ambiente proposto, todavia essas limitações precisam ser relativizadas na medida em que algumas ferramentas concebidas não foram utilizadas. A interface que permite aos alunos elaborar questões e enviá-las ao banco de dados bem como aquela que permite um acesso a todo o banco de questões a partir da escolha do assunto da questão não foram utilizadas. A própria Avaliação Formativa apresentou algumas limitações ao ser usada pelos alunos. Isso mostra que toda concepção de novas ferramentas para o GPA<sub>REDE</sub> precisa considerar prioritariamente aspectos pedagógicos. Acredita-se que, levando em consideração as investigações realizadas e os pressupostos teóricos desta Tese, alguns melhoramentos podem ser realizados, entre os quais a utilização de uma plataforma em software livre e o aperfeiçoamento do processo de autenticação, permitindo que os alunos alterem suas senhas bem como gerenciem melhor os seus *log-ins* no ambiente.

### 10.3 Terceiro Bloco de Perguntas

A questão da Tecnologia foi trabalhada nos capítulos 1 (p. 16) e 2 (p. 23), onde procurou-se delinear o conceito de Tecnologia Educacional. Nesse sentido, torna-se importante analisar o que Souza (1999) define como Educação Tecnológica. Esse autor propõe que haja uma ação ativa e transformadora no mundo material, o que implica uma profunda discussão a respeito do tema Tecnologia, que não é aprofundado neste trabalho. São detalhadas e analisadas as aplicações educativas da Tecnologia para a educação a distância no ensino de Estruturas, que remete a análise a Levy (1993), que propõe um novo modelo de acesso ao conhecimento através da Internet, e à Guerra (2000), que analisa como o computador pode ser bem aproveitado pedagogicamente.

10.3.1 Como o computador deve ser usado na educação a distância para que efetivamente se tenha uma melhoria na aprendizagem ?

a) O computador na educação a distância

Os ambientes informatizados e suas potencialidades alteraram a forma de resolução de problemas de Engenharia, o que remete a uma significativa mudança na construção dos conceitos relativos a esses problemas. Da mesma forma, a educação a distância também sofreu profundas alterações a partir da utilização de ambientes informatizados com um potencial de recursos cada vez maior. Conforme foi descrito no capítulo 2 (p. 23), mais importante que calcular o momento fletor máximo de uma viga será entender como irá variar esse valor calculado ao se alterar o vão, as cargas ou as condições de contorno. Os cálculos são facilmente processados pela máquina, porém a aplicabilidade e as conjecturas sobre novas alterações são prerrogativas do discernimento e da razão humana. Conforme o aluno Romins, *"se aquela carga fosse um pouco mais para o apoio ou para o outro lado, ou fica no meio, como é que varia...isso na disciplina a gente não aprende...e a coisa mecânica de calcular o resultado e acabou...não analisa a estrutura..com esse programa tem condições de analisar, de visualizar"*.

Outra questão importante é a forma como os recursos computacionais são utilizados. Considerando a utilização desses recursos na educação a distância, é preciso que se dê ênfase à colaboração e à cooperação, ao invés de simplesmente recuperar e disseminar dados.

Conforme foi destacado no capítulo 1 (p. 16), o desafio é transformar informação em conhecimento. O que se verificou na realização do curso de extensão foi que a busca de informações para o desenvolvimento dos webfólios só se tornou significativa quando tal informação tinha relação com o conhecimento prévio de cada aluno. Além disso, como se tratava de uma produção que permitia escolhas pessoais para cada grupo, a busca de temas com os quais houvesse uma identificação pessoal foi predominante. O aluno Dino desenvolveu seu webfólio fazendo uma descrição da plataforma de Tramandaí, local onde o aluno pratica o *surf*. Já o aluno Jopas trabalhou com a história da Resistência dos Materiais, principalmente por gostar de ler e de estudar temas históricos. Esses exemplos evidenciam a importância de se mobilizar os alunos para a construção do conhecimento a partir de temas que facilitem o acesso ao conhecimento prévio, o que indica caminhos para a utilização do computador na educação a distância tendo como prioridade aspectos pedagógicos.

b) Melhoria na aprendizagem

Pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem no contexto da educação a distância a utilização de ambientes que levem em consideração os princípios construtivistas anteriormente descritos; ambientes que proporcionem ao aluno, a partir da exploração ativa, novas leituras de relações anteriores por ele construídas. A utilização de relações matemáticas precisa ser provocada nas atividades, possibilitando que se assimilem os novos conceitos trabalhados. O aluno Marinho, na realização de suas atividades, identificou a relação matemática existente entre o momento fletor e o esforço cortante, e passou a utilizar essa relação nas suas respostas, conforme pode ser verificado na Figura 117.

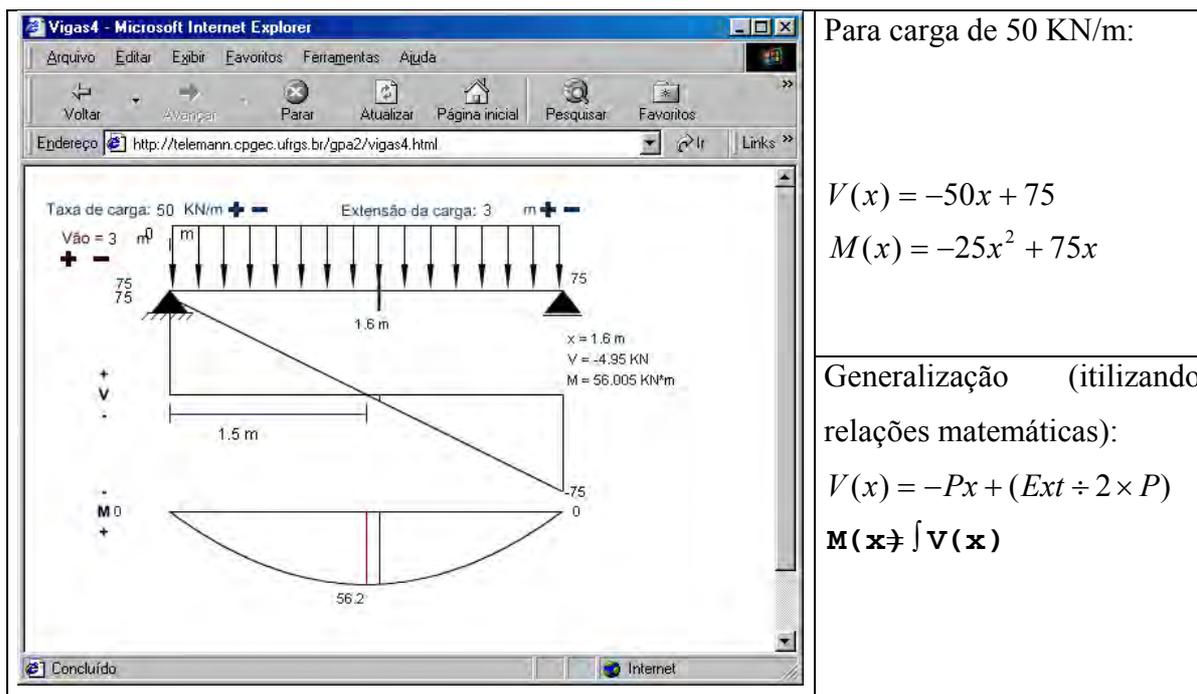


Figura 117 - Utilização de relações matemáticas

As atividades precisam ter um caráter explorativo, e o professor precisa preparar as atividades com bastante critério, tendo em vista que o aluno está com a atenção voltada para o computador. É preciso evitar que as atividades estejam incompletas, pois o grau de atenção que é dado ao que não está no computador é muito pequeno. Verificou-se ao longo das duas edições do curso que o grau de concentração dos alunos foi alto, especialmente pelo fato de as atividades exigirem um alto grau de exploração. Segundo Nado, referindo-se às atividades, “*desperta mais o interesse da pessoa pelo assunto*”, e para Padone, “*o que eu faço eu aprendo, e o que eu vejo nem sempre eu aprendo, e o que eu escuto eu quase nunca aprendo...*”, argumentando que as atividades possibilitaram esse “fazer”, que se confirma na fala do Jopas, quando argumentou que o aluno, quando recebe tudo pronto, não se motiva a pensar por ele próprio. Ao ser perguntado sobre o papel do aluno numa atividade desse tipo, Dino disse que “*a gente ficou muito compenetrado naquilo que estava fazendo, bem melhor que em uma sala de aula...*”, o que sinaliza a promoção de uma atenção maior para com a atividade. Segundo Marinho, o fato de “*ver o que estava acontecendo*” e de “*interagir com o programa*” o deixou mais compenetrado. A demanda por clareza na concepção epistemológica aumenta consideravelmente, pois o professor precisará de mais tempo na preparação. Torna-se necessário um conhecimento mais aprofundado de teorias pedagógicas. Parece-me que, quando a interação direta ocorre, é mais fácil aplicar princípios construtivistas.

### 10.3.2 Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ?

Essa questão surgiu nos debates e já foi um pouco trabalhada nas questões anteriores. No debate sobre a presença do professor, o aluno Quima ressaltou a importância do contato humano: *"às vezes se tu não conheces a pessoa que está atrás, fica difícil até de ter uma relação"*.

Considerando os elementos teóricos apresentados neste trabalho bem como as investigações nos cursos de extensão propostos, pode-se dizer que há a necessidade da constituição de um coletivo, seja ele por contato humano ou não. A partir desse coletivo se constituirá a referência necessária para a criação de um ambiente propício à aprendizagem, segundo a abordagem epistemológica proposta no referencial teórico. Essa idéia apareceu nas avaliações finais, quando a Sauer falou do “compromisso da turma”, quando o Romins se surpreendeu positivamente com a presença de alunos de outras engenharias no curso, ou quando o Nado salientou que a interação foi dada pelo professor no início, que não foi simplesmente escrevendo os conteúdos no quadro no início do primeiro encontro. A questão da dificuldade de se expressar via texto, apresentada pelo Padone, também não é garantida numa aula presencial. Pode-se proporcionar através do ambiente, trocas de documentos e arquivos em diferentes formas de mídia. Acredita-se que muito desse contato humano se estabelecerá por meio das atividades propostas, e especialmente a partir da constituição da unidade da turma.

A figura subjetiva e afetiva do professor e a referência de um coletivo são questões que permanecem em aberto e que precisam ser levadas em consideração. Acredita-se que grande parte das construções e dos avanços obtidos nas aprendizagens ao longo do curso seriam difíceis de ser realizadas sem o vínculo afetivo surgido ao longo do curso. Nesse contexto a questão do desejo na aprendizagem assume um importante papel. Conforme Fernández (1991, p. 73), “o movimento do desejo é subjetivante, tende à individualização, à diferenciação, ao surgimento do original de cada ser humano único em relação ao outro”. A apresentação inicial, em que cada aluno se situou frente à turma e se “diferenciou” enquanto sujeito, tornou-os únicos, e certamente contribuiu para a promoção da aprendizagem. Essa autora enfatiza que, enquanto a inteligência apropria-se do objeto conhecendo-o e generalizando-o, o desejo o faz representando-o.

Pode-se dizer que ainda que, antes de se pensar isoladamente na questão do contato humano, é preciso que se analisem também essas mesmas questões no ensino presencial. Em muitas situações, por mais que aluno e professor estejam fisicamente presentes, observa-se a falta de um ambiente construtivo para a aprendizagem. O mais importante é que se pense sempre num fazer pedagógico que promova os desequilíbrios necessários ao estabelecimento de novas construções, e esse fazer dependerá necessariamente da qualidade das mediações estabelecidas ao longo do processo.

### 10.3.3 Como se pode gerar uma nova tecnologia educacional a partir recursos computacionais ?

#### a) Uma nova tecnologia educacional

A Tecnologia e suas relações com a Engenharia são evidentes, o que torna necessário levar em consideração e aprofundar teoricamente essas relações quando se propõe o uso de uma nova tecnologia educacional<sup>76</sup> para o ensino de Engenharia. Um motivo pelo qual não se restringiu o acesso ao curso para aqueles alunos que já haviam trabalhado com os conceitos abordados foi justamente a perspectiva de se estar propondo uma nova tecnologia.

Acredita-se que o computador não substitui o professor, e da mesma forma uma tecnologia educacional não é diretamente conhecimento. Para gerar a tecnologia educacional do curso de extensão, procurou-se primeiro identificar que tipo de atividade levaria o aluno à aprendizagem. Optou-se assim pela utilização de animações em uma seqüência conceitual, procurando fazer com que o aluno sempre buscasse o seu conhecimento prévio. Outra questão importante no momento da concepção era fazer com que o aluno pudesse também ser um protagonista de sua aprendizagem. Assim, o webfólio surge como um espaço para dar conta dessa demanda.

---

<sup>76</sup> A utilização de ambientes informatizados não representa por si só uma nova tecnologia educacional, pois seu uso já está bastante difundido no meio educacional. A novidade consistirá na concepção de um modelo pedagógico adequado para se trabalhar com esses ambientes, que dependerá necessariamente de uma ação transformadora por parte do sujeito. Um dos desafios deste trabalho consiste em encontrar algumas respostas para essa questão no ensino de Estruturas.

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões a seguir apresentadas baseiam-se em três eixos principais: a produção dos alunos ao longo das investigações com o GPA<sub>REDE</sub>, os relatos obtidos durante os momentos da avaliação coletiva nos cursos de extensão e as perspectivas teóricas construídas ao longo de todo o projeto e delineadas quando da defesa do projeto de qualificação.

Os fundamentos estabelecidos em capítulos anteriores bem como a base teórica construída ao longo do projeto possibilitam a consolidação dos seguintes pressupostos:

- A interface concebida para o desenvolvimento de webfólios foi o aspecto que teve maior aproveitamento neste projeto, pois a facilidade na edição de páginas pessoais permitiu a sua realização durante cursos de curta duração.
- A Aprendizagem Colaborativa estabeleceu-se na construção dos webfólios, em que as tarefas em duplas permitiram o surgimento de atividades extras. Além disso, foi possível verificar a possibilidade de ocorrer a reestruturação dos conceitos por parte dos alunos, a partir do trabalho de um dos grupos, que criou uma página sintetizando os principais conceitos apresentados pelo professor no primeiro encontro.
- O formato das atividades propostas possibilitou um alto grau de interatividade na investigação realizada, permitindo a construção de conceitos a partir das relações estabelecidas na resolução das atividades. Observou-se que a criação de novidades, proposta na teoria piagetiana, consolidou-se para sujeitos que apresentavam diferentes níveis de conhecimentos prévios.
- A avaliação da aprendizagem realizada preponderantemente a partir de exames finais tende a não contribuir para uma melhoria na aprendizagem. Para facilitar tal melhoria, a avaliação deve significar comprometimento com o processo, participação do estudante, mais qualidade e menos quantidade e, antes de mais nada, um momento de profunda reflexão de todos os sujeitos envolvidos no processo.
- Os registros das interações dos alunos possibilitados pelo GPA<sub>REDE</sub> foram fundamentais para permitir as devidas alterações na prática pedagógica ao longo do processo. Dessa forma, foi possível integrar a avaliação com a aprendizagem e visualizar os percursos dos alunos.
- O GPA<sub>REDE</sub> atendeu às expectativas do projeto, especialmente a partir da

flexibilidade possibilitada pela sua interface, evidenciada pela sua aplicação em duas investigações com características pedagógicas bem diferentes.

- Existe espaço para uma mudança possível no ensino de Engenharia, sem abdicar da identidade construída pela Engenharia ao longo da sua evolução, sendo necessária uma fundamentação epistemológica na proposta de mudança.
- As análises das diferentes formas de resolução das atividades, das justificativas feitas pelos alunos e dos conteúdos dos webfólios, facilitaram que fossem considerados também os aspectos qualitativos presentes na Engenharia Estrutural.
- Uma das principais contribuições do GPA<sub>REDE</sub> para a educação a distância refere-se ao atendimento personalizado. As correções e os comentários feitos para cada aluno, em cada uma das suas atividades, contribuem para evitar que o ambiente se torne impessoal e possibilita uma constante mediação pedagógica. Outro aspecto relevante foi que a utilização do ambiente levou a uma desestabilização da prática pedagógica tradicional, fato que se verifica na avaliação coletiva final, onde em vários momentos comparam-se as estratégias adotadas com aulas tradicionais.
- A questão da presença do professor e das relações humanas estabelecidas no ato pedagógico se recolocam na EAD. Permanece a necessidade de haver a mediação que torne possível a construção do conhecimento, o que pôde ser verificado no curso de extensão. O vínculo afetivo entre professor e alunos foi fundamental para que pudesse haver as referidas mediações, conforme se pôde constatar na avaliação coletiva final do curso. Na primeira investigação, em função principalmente da inexistência de um vínculo institucional com os alunos, não foi possível estabelecer o vínculo afetivo.
- A educação a distância mediada por ambientes informatizados está em processo de consolidação, e só será aplicada a partir de uma relativa unidade conceitual e metodológica, quando conceitos como interatividade, aprendizagem colaborativa, autonomia e auto-aprendizagem estiverem bem delineados pelos atores do processo pedagógico.

### 11.1 Comentários pessoais

Em vários momentos ao longo do texto, falou-se no potencial dos desequilíbrios para promover a ascensão a patamares cognitivos superiores, principalmente a partir da teoria

construtivista. Ou seja, para que se possa dar início ao processo que desencadeia a constituição de novas relações, é necessário que o sujeito se depare com algum tipo de contradição positiva. O mesmo que ocorreu com Galileu, quando verificou que a inclusão de um apoio no centro de uma viga bi-apoiada pode vir a ocasionar uma ruptura justamente no ponto de inclusão desse apoio. Ou aquele estudante de Engenharia que, depois de aprender a calcular os diagramas de solicitações de uma viga, precisa decidir qual o modelo matemático mais adequado para representar determinada situação real, para que se possa então calcular esses diagramas. Talvez o grande mérito de um professor seja justamente promover esses desequilíbrios, e o que sustenta este trabalho é a necessidade de conhecer como ocorrem as ascensões a patamares superiores na Engenharia Estrutural. Nesse contexto, fez-se relação com a Teoria dos Sistemas de Capra, que também enfatiza o potencial dos desequilíbrios e o grau crescente de complexidade nas formas de organização da vida. Ao longo desta Tese, ocorreram vários desequilíbrios, que originaram uma série de inquietações, angústias e, em grande parte deles, a tão almejada ascensão. Faço questão de eleger um momento que certamente foi enriquecido por uma relação de cumplicidade e confiança, indispensável à prática pedagógica. Refiro-me à avaliação coletiva, realizada após a primeira edição do curso de extensão, no dia 2 de agosto de 2003. O nível de envolvimento dos estudantes bem como a evidência de que houve uma compreensão da proposta do trabalho foram fatores decisivos para a constituição do clima altamente positivo dessa entrevista final. Verificou-se que houve sinceridade e desejo de contribuição na continuidade do projeto, conforme se pode constatar na riqueza das intervenções dos alunos. No final dessa avaliação, houve uma conversa com dois alunos do curso, no sentido de procurar disseminar o tipo de intervenção proposta, especialmente em disciplinas que contam com uma quantidade grande de cálculos matemáticos. No final dessa conversa, constatei um desequilíbrio quando um dos alunos perguntou: “afinal, qual o teu verdadeiro objetivo com este trabalho ?” Foi nessa ocasião que este autor vislumbrou o horizonte que se abriu, pois nesse momento tal desequilíbrio promoveu a possibilidade de uma ascensão, que depende dos desdobramentos futuros deste trabalho e do interesse da academia pelo horizonte delineado. De momento, a única certeza que se impõe é que depois desse dia, sempre haverá a possibilidade de se vislumbrar esse novo horizonte, e que o acesso a ele pode ser iniciado por alguns dos pressupostos aqui apresentados e pelas demais pesquisas que têm enriquecido consideravelmente o estado da arte de trabalhos interdisciplinares. A principal consolidação observada nesta etapa foi o mérito da contribuição desta Tese: a busca da reflexão epistemológica e acima de tudo

pedagógica sobre o ensino de estruturas, bem como a reorganização e a sistematização de parte do conteúdo pertinente a este tema.

## 11.2 Perspectivas futuras

Trabalhar a partir de perspectivas originárias de pelo menos três áreas de conhecimento formalmente reconhecidas – Engenharia, Informática e Educação – com o intuito de propor uma Tese que represente uma relativa unidade conceitual representa um desafio e uma tarefa bastante complexa para aqueles que se aventuram em trabalhos interdisciplinares. A continuidade da realização de trabalhos que tratem da avaliação da aprendizagem no ensino de Estruturas, a partir de ambiente virtuais, precisará estar claramente apoiada em uma base epistemológica, que deve nortear a concepção das estratégias pedagógicas adotadas. Além disso, será necessário realizar investigações cada vez mais aprofundadas, no sentido de validar as estratégias adotadas. Questões como a mediação no ato pedagógico, o comprometimento dos alunos e as formas de intervenção do professor precisam ser ainda mais analisadas, para que se elimine gradativamente a atual carência de modelos pedagógicos para a EAD mediada por ambiente informatizados. Apesar de haver experiências já bem consolidadas em outros países, como o caso da Open University, sediada inicialmente na Inglaterra, ainda representa um desafio conceber modelos pedagógicos que utilizam todo o potencial da Internet, considerando a realidade brasileira. Um dos aspectos que a experiência desta tese consolidou foi a necessidade de se estabelecer uma nítida mediação com a prática pedagógica tradicional, para que se possa, em breve, delinear teoricamente o que representa a educação a distância no contexto educacional. Essa mediação possibilita vislumbrar horizontes, revalidar estratégias ditas tradicionais, recuar quando se observa uma repetição de alguns modelos pedagógicos ultrapassados e construir patamares cada vez mais sólidos, na busca de um paradigma pedagógico para a utilização de ambiente virtuais de aprendizagem, sejam eles focados ou não na avaliação da aprendizagem, como o caso desta Tese.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAVA, S. **Ciberespaço e formações abertas: rumo a novas práticas educacionais ?** Porto Alegre: Artmed, 2002.
- ARAÚJO, J. P. **O Que os Aprendizes Esperam dos Professores na Educação a Distância On-line?** Disponível em: <<http://www.abed.org.br/texto37.doc>>. Acesso em: 25 ago. 2001.
- BARDEN, R. S. **Do It, Try It, Fix It: How WebCT Can Facilitate the Feedback Needed to Develop Successful Adaptations of Your Course.** WebCT – courses, campus, community, 2001.
- BAZZO, W. A. **Educação Tecnológica: enfoques para o Ensino de Engenharia** / Walter Antônio Bazzo, Luiz Teixeira, Irlan von Linsingen. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000.
- BECKER, F. Aprendizagem e Ensino: contribuições da epistemologia genética. In: **Formação do Engenheiro.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. p.
- BEHAR, P; BITTENCOURT, J. V.; KIST, S. O. **Rooda – Rede Cooperativa de Aprendizagem – um software livre para a educação a distância.** Disponível em: <<http://www.nuted.edu.ufrgs.br/nuted/publi06.html>>. Acesso em: 04 jul. 2002.
- BOSTOCK, S. J. Constructivism in mass higher education: a case study, *British Journal of Educational Technology*, 29 (3) : 225 – 240
- BOTELHO, M. H. C. **Resistência dos materiais para entender e gostar.** São Paulo: Studio Nobel, 1998.
- BROHN, D. M. A new paradigm for structural engineering. **The Structural Engineer**, v. 70, n. 13, p. 239-242, 1992.
- BURLESON, W., GANZ, A, HARRIS, I. Educational Innovations in Multimedia Systems. **Journal of Engineering Education**, v. 90, n. 1, p. 21-32, 2001.
- CAMPBELL, J. O., BOURNE, J. R., MOSTERMAN, P. J., BRODERSEN, A. “The effectiveness of learning simulations for electronic laboratories”, **Journal of Engineering Education**, v. 91, n.1, pp. 81–87, 2002.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação.** 20.ed. São Paulo: Cultrix, 1997.
- CAPRA, F. **A teia da vida.** 6.ed. São Paulo: Cultrix, 2001.
- CASAS, L. A. A. **Contribuições para a Modelagem de um Ambiente Inteligente de Educação Baseado em Realidade Virtual.** 1999. Tese, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses99/casas/>>. Acesso em:

12 nov. 2001.

- CASTORINA, J. **Psicologia Genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988.
- CERNY, R.Z. Uma reflexão sobre a avaliação formativa na educação à distância. **Texto da 24ª reunião Anual ANPED**. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/24/T1650714518799.doc>>. Acesso em: 13 set. 2001
- CHANDRA, C. & KUMAR, S. A web-based instructional module for research and learning in design and analysis of enterprise systems. **Journal of Engineering Education**, v. 90, n. 2, p. 179-185, 2001
- COSTA, L. A. C. **Proposta de um sistema gerador de avaliações vislumbrando a educação a distância na Engenharia**. Porto Alegre, UFRGS, 2000. Dissertação (mestrado em Engenharia) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000
- COSTA, L. A. C., MASUERO, J. R., CREUS, G. J. Gerador Parametrizado de Avaliações (GPA) In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28, 2000, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Abenge, 2000.
- COSTA, L. A. C., CREUS, G. J. e FRANCO, S. R. K. Uma Intervenção Epistemológica e Tecnológica no Ensino de Engenharia enfocando o processo avaliativo. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Abenge, 2001.
- COSTA, L. A. C.; JÚNIOR, K. R. B.; VASCONCELLOS, R.; ROSSETTO, A. T. A utilização da planilha eletrônica na construção de conceitos matemáticos em modelos de Engenharia Estrutural. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Propesq/UFRGS, 2001.
- COSTA, L. A. C., SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J., FRANCO, S. R. K. **A avaliação do processo ensino-aprendizagem: uma proposta para educação a distância na disciplina Mecânica Estrutural Básica**. Propesq, 2001
- COSTA, L. A. C., SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J., FRANCO, S. R. K. GPA<sub>REDE</sub> – An automated evaluation system for web. In: 2002 ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2002, Montreal. **Anais eletrônicos...** Montreal: ASEE (American Society for Engineering Education), 2002. Disponível em: <[http://www.asee.org/conferences/caps/document2/2002-544\\_Paper.pdf](http://www.asee.org/conferences/caps/document2/2002-544_Paper.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2002.

- COSTA, L. A. C., SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J. Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Estruturas via Internet: uma Experiência Concreta In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 30, 2002, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Abenge, 2002.
- COSTA, L. A. C., SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J., FRANCO, S. R. K. GPAREDE – Uma proposta de avaliação da aprendizagem pela Internet. **Revista Brasileira de Ensino de Engenharia**, v. 22, n. 1, p. 49-56, 2003.
- COSTA, L. A. C., SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J. FRANCO, S. R. K. Relato de uma tese sobre educação a distância no Ensino de Engenharia In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31, 2004**, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Abenge, 2003.
- CREUS, G. J. Some Developments in CAT for Structural Analysis. In: COMPUTER AIDED TRAINING IN SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1990, Barcelona. **Anais...** Barcelona: CIMNE-Pineridge Press, 1990. v.1. p.425-427.
- CROFT, A. C., DANSON, M., DAWSON, B. R., WARD, J. P., Experiences of Using Computer Assisted Assessment in Engineering Mathematics. **Computers & Education**, n. 37 , p. 53–66, 2001
- DEMO, P. **Conhecer & Aprender – sabedoria dos limites e desafios**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.
- DILLENBOURG, P. Virtual Learning Environment. Disponível em: <<http://tecfa.unige.ch/tecfa/publicat/dil-papers-2/Dil.7.5.18.pdf>>. Acesso em: 25 maio.2003.
- DION, S. M.; PACCA, J. L. A. História da Ciência e Ensino de Física. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 26, 1998. **Anais...** ABENGE, 1998
- DR. BEAM PRO. Disponível em: <<http://www.stcecilia.br/~mecanica/page2.html>>. Acesso em: 17 mar.2001.
- EIFLER, A. **Recursos didáticos no ensino da Análise Estrutural**. Porto Alegre, UFRGS, 1990. Dissertação (mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990
- FAINHOLC, B. **La interactividad en la educación a distancia**. Buenos Aires: Paidós, 1999
- FLORES, J. & BECERRA, M. **La educación superior en entornos virtuales – el caso del programa Universidad Virtual de Quilmes**. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2002.

- FRANCO, S. R. K. **O construtivismo e a educação**. Porto Alegre: Mediação, 1997.
- FRANCO, S. R. K. **Lógica operatória e lógica das significações em adultos do meio rural : um estudo piagetiano e seu significado educacional**. 1999. 272 f. : il. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- FREIRE JÚNIOR, O. & CARVALHO NETO, R. A. **O universo dos quanta – uma breve história da Física Moderna**. São Paulo: FTD, 1997.
- GADOTTI, M. **História das Idéias Pedagógicas**. São Paulo: Ática, 1993
- GALILEI, G. **Dois novas ciências incluindo a força de percussão**. 2. ed. São Paulo: Nova Stella, 1988.
- GORDON, J. E. **Structures, or Why Things Don't Fall**. Penguin Books, Harmondsworth, 1978
- GRABINGER, S. & DUNLAP, J.-C. (1996). “Encourage Student Responsibility”, in P.A.M. KOMMERS; S. GRABINGER e J.-C.DUNLAP (eds), *Hipermedia Learning Environments*, Mahwah, N.-J.,Lawrence Erlbaum.
- GRAVINA, M. A. **Os ambientes de geometria dinâmica e o pensamento hipotético-dedutivo**. 2001. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Curso de Pós-Graduação em Informática na Educação – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GUERRA, J. H. L. **Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção**. 2000. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- GUTIERREZ, F, e PRIETO, D. **A mediação pedagógica, Educação a Distância alternativa**. São Paulo: Papiros, 1994.
- HOFFMANN, J. **Avaliar para Promover – as setas do caminho**. Porto Alegre: Mediação, 2001.
- HORTON, S. **Web Teaching Guide – a practical approach to creating a course web sites**. London : Yale University Press, 2000.
- INEP – **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais**. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/censo/default.htm>>. Acesso em: 05 mai. 2004.
- JENNINGS, A. & GILBERT, S. Where now with the teaching of structures ? **The**

- Structural Engineer**, v. 66, n. 1, p. 3-7, 1988.
- KIRKWOOD, A. New media mania: can information and communication technologies enhance the quality of open and distance learning ? **Distance Education**, v. 19, n. 2, p.228-241, 1998.
- KOYRÉ, A. **Estudos de História do Pensamento Científico**. Tradução e revisão técnica de Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Editora Forense Universitária, 1991, 2 ed.
- KUHN, T. A **Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001
- LAGOWSKI, J. J. The Role of Distance Learning in Chemical Education. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 71, n. 5, p. 845-850, maio 1999.
- LANDRY, P. O Sistema Educativo rejeitará a Internet? ou as condições para uma boa integração das mídias nos dispositivos. In: **Ciberespaço e Formações Abertas – Rumo a Novas Práticas Educacionais**, Porto Alegre, Artes Médicas, 2002, p. 119-130.
- LARSON, T. R. Developing a participatory textbook for the Internet. **Journal of Engineering Education**, v. 90, n. 1, p. 49-54, 2001.
- LEARNING SPACE. Disponível em: <<http://www.learningspace.org/>>. Acesso em: 07 de jul. 2002.
- LEVY, P. **As Novas tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- LINDENBERG NETO, H. Ensinando História da Engenharia de Estruturas a alunos do curso de Engenharia Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 30, 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Abenge, 2002.
- LINSINGEN, I. V. ; PEREIRA, L.T.do V.; BAZZO, W. A. Epistemologia e Ensino de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.18, n.1, p.51-57, 1999.
- LOISELLE, J. A Exploração da Multimídia e da Rede Internet para Favorecer a Autonomia dos Estudantes Universitários na Aprendizagem . **Ciberespaço e Formações Abertas – Rumo a Novas Práticas Educacionais**, Porto Alegre, Artes Médicas, 2002, p. 107-118.
- LONGO. H. I. Aspectos Pedagógicos e ideológicos das novas tecnologias aplicadas ao ensino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 27., Natal, 1999. **Anais...** Natal, ABENGE, 1999, p. 403-409.
- LUZ, J. L. B. **Jean Piaget e o Sujeito do Conhecimento**. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.
- MACROMEDIA (2001). *Produtos*. (documentação On-line). Disponível em: <<http://www.macromedia.com/software/>>. Acesso em: 22 mar. 2002.

- MORAN, J. M. Ensino e Aprendizagem Inovadores com Tecnologias. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 137-144, set. 2000.
- MORREAU, P. M. Understanding structural behaviour. **The Structural Engineer**, v. 68, n. 15, p. 299-300, 1990.
- NAVI – **Núcleo de Aprendizagem Virtual**. Disponível em: <<http://navi.adm.ufrgs.br/>>. Acesso em: 03 jul. 2002.
- NITZKE, J. A. **O hipertexto inserido em uma abordagem cooperativo-constructivista como promotor da aprendizagem de tecnologia de alimentos**. 2002. 274 p. : il. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Curso de Pós Graduação em Informática na Educação – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Oliveira. C. C.; Costa, J. W.; Moreira, M. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem**. Campinas: Papirus, 2001.
- PAPERT, S. **A máquina das crianças**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- PERRENOUD, Philippe. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas**. Tradução de Patrícia Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.
- PETERS, O. **Didática do ensino a distância**. São Leopoldo: Unisinos, 2001.
- PIAGET, J. **Estudos Sociológicos**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1973.
- PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1990.
- PIAGET, J. **O Nascimento da Inteligência na Criança**. 4.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.
- PIAGET, J. **Problemas de Psicologia Genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- PIAGET, J. **Lógica e conhecimento científico – 1º volume**. Porto: Civilização, 1980. 520 p
- PIAGET, J. **Lógica e conhecimento científico – 2º volume**. Porto: Civilização, 1980.
- PIAGET, J. **Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- PIETRO, J. E. & OLIVEIRA, R. Instrucionismo e Construcionismo no Ensino de Estruturas. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Abenge, 2001.
- PROINFO – Programa Nacional de Informática na Educação. Disponível em: <<http://www.proinfo.gov.br/>>. Acesso em: 04 jul. 2002.
- RAMAL, A. C. Avaliar na Cibercultura. **Conecta – Revista on-line de educação a distância**. Disponível em:

- <[http://www.revistaconecta.com/conectados/ramal\\_avaliar.htm](http://www.revistaconecta.com/conectados/ramal_avaliar.htm)>. Acesso em: 12 mar. 2000.
- RAMOS, E. M. F. O papel da avaliação educacional nos processos de aprendizados autônomos e cooperativos. In: **Formação do Engenheiro**, Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. p.
- ROJAS, E. M. Use of Web-based Tools to Enhance Collaborative Learning. **Journal of Engineering Education**, v. 91, n.1, 2002, p. 89 –96.
- ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- ROODA. Disponível em: <<http://rooda.edu.ufrgs.br/>>. Acesso em: 8 jul. 2002.
- ROVAI, A. P. Online and tradicional assessments: what is the difference ? **Internet and Higher Education** , n. 3, p. 141-151, 2000.
- SANCHO, J. M. **Para uma Tecnologia Educacional**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- SALMON, G. **E-Moderating – The key to Teaching and Learning Online**. Londres: Kogan Page, 2000.
- SCHÄFFER, N. O. Avaliação de aprendizagem: participação e registro. **Teoria e fazeres: caminhos da educação popular**. Prefeitura Municipal de Gravataí. Secretaria Municipal de Educação e Cultura. Gravataí, 1999.
- SEAL, K. C., PRZASNYSKI, Z. H., Using the World Wide Web for teaching improvement. **Computers & Education**, n. 36, p. 33-40, 2001.
- SHEPHERDSON, E. **Teaching structural behavior through an interactive and complete learning environment**. 1998. Thesis - Dept. of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- SILVEIRA, M. A L , COSTA, L. A. C, CREUS, G. J. Um ambiente virtual para a Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Estruturas. In. SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Propesq/UFRGS, 2002.
- SOARES, E. M. S., RIBERIO, L. B. M. Avaliação Formativa: um desafio para o professor. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Abenge, 2001.
- SOUZA, J. G. Considerações sobre a formação didático-pedagógica do professor de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.18, n.1, p.13-17, 1999.
- SOUZA, T. R. P. **A avaliação como prática pedagógica**. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/>>. Acesso em: 13 ago. 2001.
- SOUZA, D. S. G. **Avaliação da Aprendizagem**. Disponível em:

- <<http://www.newtonpaiva.br/institucional/assessoriaped/doc/b22.doc>>. Acesso em: 15 ago 2001.
- TAROUCO, L. **Plataformas Comerciais para suporte EAD**. Disponível em: <<http://penta2.ufrgs.br/edu/eaduniv/plataformas/sld001.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2002.
- TELLES, P. C. S. **História da Engenharia no Brasil: século XX**. Rio de Janeiro: Clavero Editoração, 1993.
- TIMOSHENKO, S. P. **History of strength of materials : with a brief account of the history of theory of elasticity and theory of structures**. New York: McGraw-Hill, 1953.
- TORROJA, E. **Razón y ser de los tipos estructurales**. Madrid: Artes Gráficas MAG, s/data.
- UNESCO. **Indicators on Education**. Disponível em: <<http://unstats.un.org/unsd/demographic/social/education.htm>>. Acesso em: 05 mai. 2004.
- UNESCO. **Millenium Indicators**. Disponível em: <[http://unstats.un.org/unsd/mi/mi\\_series\\_results.asp?rowID=656](http://unstats.un.org/unsd/mi/mi_series_results.asp?rowID=656)>. Acesso em: 04 mai. 2004.
- VASCONCELOS, A. C. **Estruturas da Natureza**. São Paulo: Studio Nobel, 2000.
- VASCONCELOS, A. C. **Engenheiro de Estruturas: uma profissão em extinção**. Disponível em: <[http://atex.com.br/vasconcelos/engenheiro\\_de\\_estruturas.htm](http://atex.com.br/vasconcelos/engenheiro_de_estruturas.htm)>. Acesso em: 19 dez 2002.
- VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 2002.
- VASCONCELLOS, C. S. **Construção do conhecimento em sala de aula**, 10ª ed. São Paulo: Libertad, 2000.
- VASCONCELLOS, C. S. **Avaliação: concepção dialético-liberadora do processo de avaliação escolar** 11ª ed. São Paulo: Libertad, 2000.
- WebCT – About us. Disponível em: <<http://www.webct.com/company>>. Acesso em: 03 mai. 2002.
- WebCT na USP. Disponível em: <[http://webct.cisc.sc.usp.br:8900/index\\_arquivos/menusup.html](http://webct.cisc.sc.usp.br:8900/index_arquivos/menusup.html)>. Acesso em: 18 jul 2002.
- WILKINS, B. & BARRETT, J., The virtual construction site: a web-based teaching/learning environment in construction technology. **Automation in Construction**, n. 10, p. 169-179, 2000.

APÊNDICE A – Atividade para os alunos na exploração do software Dr Beam

<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</p> <p>INSTITUTO DE MATEMÁTICA</p> <p>MAT 01339 – Cálculo e Geometria Analítica para Arquitetos</p> <p>Nomes: _____ e _____</p>
--

A CADA NOVA ATIVIDADE, ABRA UM ARQUIVO NOVO!

ATIVIDADE I

1. Clique no botão  $\downarrow P$  e arraste-o até o ponto médio da viga em  $v$ . ( A informação lida ao pé da janela deve ser  $x=5$  m e magnitude= $10,0$  KN e surge o símbolo  $\downarrow$ ).

2. Clique no botão  e arraste horizontalmente a carga  $\downarrow P$  (com o botão esquerdo do mouse pressionado). Descreva as transformações gráficas que ocorrem em:

V:.....  
 :.....

M:.....  
 :.....

3. Clique no botão  $\downarrow P$  e arraste verticalmente a carga  $\downarrow P$  (com o botão esquerdo do mouse pressionado). Descreva as transformações gráficas que ocorrem em:

V:.....  
 :.....

M:.....  
 :.....

ATIVIDADE II

1. Clique no botão  $\downarrow P$  e arraste-o até um ponto qualquer da viga em  $v$ . Observe os gráficos de V e M.

Clique novamente no botão  $\downarrow P$  e arraste-o até outro ponto qualquer da viga, distinto do primeiro. ( Duas cargas estarão atuando sobre a viga !) Observe os correspondentes

gráficos de V e M. ( Para melhor visualização, ajuste as escalas nas barras de rolagem, à direita dos gráficos! ). Repita o processo para três, quatro, etc. cargas de **mesma** magnitude.

Expresse verbalmente as relações gráficas observadas.

.....

.....

.....

2. Repita o experimento anterior para duas, três, quatro, etc. cargas de **diferentes** magnitudes.

Expresse verbalmente as relações gráficas observadas.

.....

.....

.....

### ATIVIDADE III

1. Clique no botão  $\downarrow P$  e arraste-o até o ponto médio da viga. Fixe em **10,0 KN**, a magnitude da carga. Arraste o cursor  $\downarrow P$ , **sem** pressioná-lo, até as posições x selecionadas abaixo e preencha a tabela com os valores correspondentes:

x	V	M
1.2		
2.5		
3.8		
5		
6.2		
7.5		
8.8		

2. Obtenha as equações das retas  $V=V(x)$  e  $M=M(x)$ .

### ATIVIDADE IV

1. Repita o experimento da ATIVIDADE III para as cargas de 30.0 KN e 50.0 KN.

Para P=30.0 KN			Para P=50.0 KN		
x	V	M	x	V	M


2. Obtenha as equações das retas  $V=V(x)$  e  $M=M(x)$ , para as cargas de 30.0 KN e 50.0 KN.
3. Generalize as equações das retas  $V=V(x)$  e  $M=M(x)$ , para uma carga magnitude  $P$  qualquer.

#### ATIVIDADE V

1. Clique no botão  $\downarrow P$  e arraste-o até o ponto médio da viga. Escolha a magnitude da carga e mantenha-a fixa ao longo da ATIVIDADE. Na barra de menu clique em “edit” e em seguida “preferences”. No opção “length” troque para 5m.
2. Obtenha as equações das retas  $V=V(x)$  e  $M=M(x)$  da situação.

#### ATIVIDADE VI

1. Repita o experimento da ATIVIDADE V para length = 2.5 m e 7.5 m.
2. Obtenha as equações das retas  $V=V(x)$  e  $M=M(x)$  para tais situações.
3. Generalize as equações das retas  $V=V(x)$  e  $M=M(x)$  para um comprimento (length)  $L$  qualquer da viga.

## APÊNDICE B– Entrevistas

**Professor A de Mecânica Estrutural I.**

Porto Alegre, 18 de julho de 2002

- 1) Quais os conceitos básicos da Engenharia Estrutural em que observas mais dificuldades na compreensão dos alunos ?

*Esforços/Solicitações internas (Esforço cortante, Momento Fletor, etc..). Dificuldade no esboço dos diagramas.*

*Visão espacial das tensões em uma peça.*

- 2) Entre os citados, quais são aqueles em que observas uma nítida evolução dos alunos ao longo do curso ?

No esboço dos diagramas “ganha-se no cansaço e na repetição. A disciplina exige um grande número de repetições.” Algumas vezes observa-se que o aluno adquire habilidade na construção de diagramas apenas em disciplinas seguintes.

- 3) E aqueles em que não observas evolução ?

Na visão espacial das tensões em uma peça, observa-se menos evolução. Tal problema não é tão grave, pois nas disciplinas seguintes a visão espacial se restringe a “casos fechados e bem definidos”.

- 4) Quais os conceitos que consideras fundamentais como pré-requisitos para a disciplina ?

Equilíbrio, força e momento.

- 5) Cita um fato surpreendente positivo e outro negativo relativo à postura dos alunos ao longo da tua experiência docente.

*Negativo: a passividade dos alunos (geral). Não saem na frente, mesmo diante da programação. Não é exclusivo dessa disciplina. O aluno é re-ativo, e não ativo. Cumprem metas para se livrar. Não importa o conhecimento, e sim o mínimo para passar.*

*Positivo: faz muito tempo que não se surpreende positivamente. Aluno que gabarita uma prova é raríssimo. Dois ou três gabaritando é praticamente impossível.*

---

### **Professor B de Mecânica Estrutural I.**

Porto Alegre, 18 de julho de 2002

1) Quais os conceitos básicos da Engenharia Estrutural em que observas mais dificuldades na compreensão dos alunos ?

*a) Visualização de solicitações (especialmente em geometrias complexas como grelhas e pórticos)*

*b) Visualização do estado de tensões com solicitações compostas*

*c) Planos principais de tensões*

2) Entre os citados, quais são aqueles em que observas uma nítida evolução dos alunos ao longo do curso ?

No item a) nota-se uma evolução a partir da repetição, estudando de novo, “a duras penas”. Nota-se uma evolução de uma forma geral. Nos itens b) e c) é difícil se observar evolução, pois são trabalhados no final do curso, mas pode-se dizer que o item c) “começa a ser digerido” já na terceira área (ele começa a ser trabalhado na 2ª área.)

3) E aqueles em que não observas evolução ?

O item c) é o mais crítico. Alguns alunos não conseguem aprender de jeito nenhum, incluindo neste grupo os alunos esforçados.

- 4) Quais os conceitos que consideras fundamentais como pré-requisitos para a disciplina ?

Equações de Equilíbrio..

- 5) Cita um fato surpreendente positivo e outro negativo relativo à postura dos alunos ao longo de tua experiência docente.

Alguns apresentam grande facilidade e outros, apesar do esforço, apresentam grandes dificuldades. Muitos esforçados não conseguem.

*Insiste com fatos relativos à postura diante de conceitos, ou situações em que alunos tenham apresentado outras formas de resolução:*

Alguns alunos surpreendem com a resolução do Estado Plano de Tensões por autovalores e autovetores. Algumas vezes aprendo com os alunos, especialmente quando comecei a lecionar a disciplina. Eles viram o que eu não vi, principalmente no início. Aconteceu o exemplo das cargas em barras inclinadas; eu dizia que as cargas estaticamente equivalentes eram obtidas pela área, fato que não acontece com as barras inclinadas e fui chamado atenção por um aluno. É a área apenas para carregamento perpendicular à barra.

---

## Professor de Mecânica para várias engenharias

Porto Alegre, 19 de julho de 2002

- 1) Quais os conceitos básicos da Engenharia Estrutural em que observas mais dificuldades na compreensão dos alunos ?

*A disciplina, por ser ministrada para várias engenharias, possui um enfoque mais simplificado. É tratada de uma forma mais empírica. Os alunos têm mais dificuldades em conceitos que exigem formulações matemáticas mais complexas, tendo-se que abstrair da experiência. Flexão composta e distorção fazem parte desses conceitos.*

- 2) Entre os citados, quais são aqueles em que observas uma nítida evolução dos alunos ao longo do curso ?

Observa-se grande evolução dos alunos na compreensão das solicitações internas, tensões e deformações e conceitos de segurança.

- 3) E aqueles em que não observas evolução ?

A grande maioria domina os conteúdos no final do semestre..

- 4) Quais os conceitos que consideras fundamentais como pré-requisitos para a disciplina ?

Princípios da mecânica newtoniana e vínculos.

- 5) Cita um fato surpreendente positivo e outro negativo relativo à postura dos alunos ao longo de tua experiência docente.

Positivo: um vídeo apresentado por um grupo de alunos sobre deformação. Houve uma grande conexão entre o lado técnico e o lado lúdico.

Negativo: Relações entre micro e macroestrutura. O grupo de alunos do grupo relativo à

ciência dos materiais não conseguiu estabelecer a relação

---

## **Profissional de Estruturas**

Caxias, 22 de julho de 2002

1. Que conceitos de Mecânica Estrutural são fundamentais na tua prática profissional ?

*Propriedades físicas do concreto e do aço, tais como módulos de elasticidade, resistência à compressão do concreto, resistência à tração do aço.*

Vinculação, graus de liberdade, carregamentos (peso específico dos materiais, espessura dos materiais).

Nos relatórios emitidos pelo programa, aparecem resultados de processamentos internos de solicitação X resistência. Se o relatório apresenta algum problema, é necessário que se volte para o modelo para que se identifique a causa do problema.

2. *Quais os conceitos que utilizas na tua prática que não foram trabalhados na faculdade ?*

A parte conceitual foi bastante trabalhada na faculdade.

O que não foi trabalhado foi a parte prática do lançamento, otimização do projeto, concepção de projeto, concreto protendido e tipos diferentes de lajes.

3. *Quais os recursos que utilizas para resgatar os conceitos trabalhados na faculdade ?*

Material pessoal dos tempos de faculdade e alguma bibliografia indicada também na época da faculdade.

Conversa com colegas.

Suporte técnico do software

4. *Fale sobre a utilização dos recursos computacionais na Engenharia Estrutural.*

É uma facilidade pois é difícil se fazer na mão.

“Todo programa é burro”

Tem que ter os conceitos básicos, inclusive a parte braçal.

*Enfoquei a pergunta:*

*Com os recursos de hoje, o que deveria mudar ?*

A visualização e a modelagem poderia mudar. Na faculdade recebemos e aceitamos os modelos prontos, de forma que se torna fundamental construir o modelo físico-matemático a partir da realidade.

## APÊNDICE C – Atividades desenvolvidas para o curso de extensão

### Atividade I

Acesse a animação (**Figura 118**) e realize as seguintes atividades:

a) Arraste a carga até o centro da viga (1.5 m de distância do apoio esquerdo ) e selecione 50KN como magnitude da força. Arraste a força sobre a viga e descreva as mudanças que ocorreram nos diagramas de esforço cortante e momento fletor.

b) Com a carga no meio da viga, varie sua magnitude e descreva a variação nos diagramas.

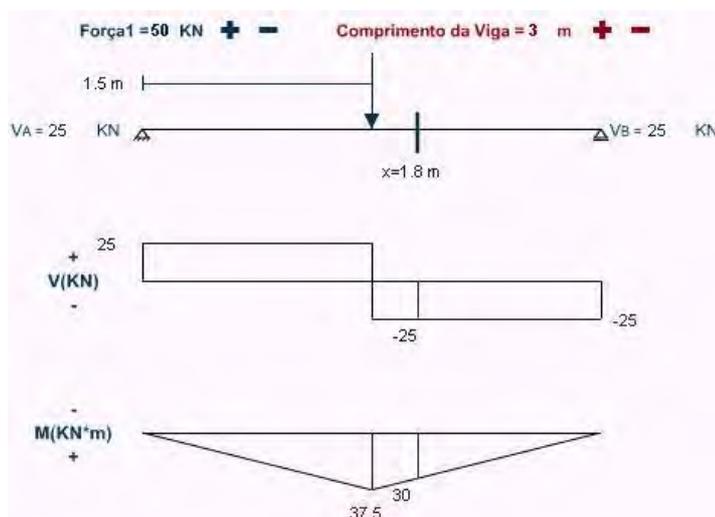


Figura 118 - Animação Atividades I, III, IV, V e VI

### Atividade II

Acesse a animação (**Figura 119**) e configure as duas cargas com a mesma magnitude. Fixe a carga azul a 1m do apoio A e desloque a carga vermelha, partindo do apoio B em direção à carga azul. Pergunta-se:

- A que distância a carga vermelha deve estar do apoio B para termos um esforço cortante nulo entre as cargas? Tente demonstrar matematicamente.
- Observe, para cada posição da carga vermelha, o ponto onde o momento fletor é máximo. Que ponto é este no diagrama de esforço cortante?

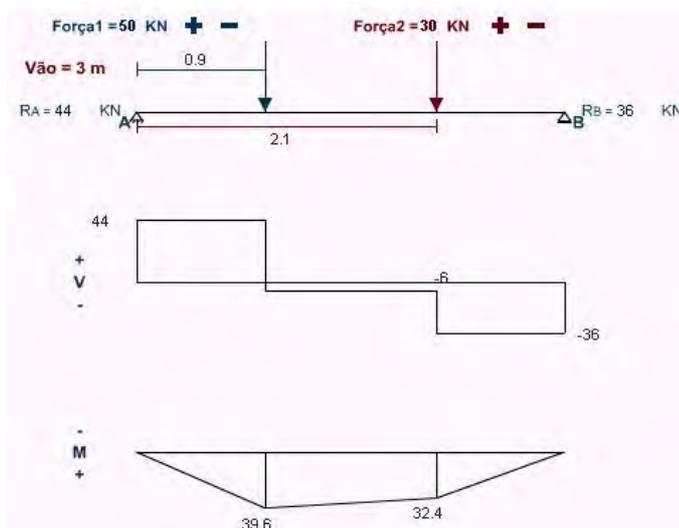


Figura 119 - Animação Atividade II

**Obs.** A animação referida em cada uma das atividades a seguir (III, IV, V e VI) é a mesma da atividade I.

### Atividade III

Acesse a animação (**Figura 118**) e arraste uma carga de 30 kN até o centro da viga. Preencha a tabela abaixo com os valores de V e M para cada valor de x indicado na primeira coluna, utilizando o traço vertical de cor verde que percorre a viga para diferentes valores de x.

A seguir, obtenha as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$

Posição	V	M
0		
0,30		
0,75		
1,15		
1,5		
1,85		
2,25		
2,70		
3		

### Atividade IV

a) A partir da animação (**Figura 118**) preencha as tabelas de forma semelhante à atividade anterior, para valores da carga concentrada de 40 kN e depois 50 kN. Após isso, escreva as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$  para cada situação.

### Atividade V

Acesse a animação (**Figura 118**) e posicione a força no meio da viga. Varie o comprimento da viga e descreva as modificações ocorridas nos diagramas de esforço cortante e momento fletor.

#### Atividade VI

Acesse a animação (**Figura 118**) e fixe o valor da carga em 50 KN e a posição da carga no centro da viga.

- a) Seguindo procedimento semelhante às atividades III e IV (preenchendo tabelas), obtenha as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$  para  $L = 2$  m,  $L = 3$  m e  $L = 4$  m
- b) Generalize as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$  para um  $L$  qualquer

#### Atividade VII

Acesse a animação (**Figura 120**) e defina uma carga distribuída de 30 KN/m com uma extensão de 3 m, igual ao comprimento da viga.

- a) Preencha a tabela abaixo com os valores de  $V$  e  $M$  para cada valor de  $x$  indicado na primeira coluna, utilizando o traço vertical de cor verde que percorre a viga para diferentes valores de  $x$ . Faça o mesmo procedimento para uma carga distribuída de 40 KN/m e de 50 KN/m.

A seguir, obtenha as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$

- b) Generalize para uma força  $P$  qualquer.
- c) Fixe o valor da carga distribuída em 50 KN/m e com extensão igual ao comprimento da viga .

Seguindo procedimento semelhante às letras a e b (preenchendo tabelas), obtenha as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$  para  $L = 2$  m,  $L = 3$  m e  $L = 4$  m. (Ao mudar o comprimento da viga, a extensão da carga varia automaticamente).

- d) Generalize as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$  da letra c para um  $L$  qualquer
- e) Generalize as equações de  $V(x)$  e  $M(x)$  da letra c para um  $P$  e um  $L$  qualquer

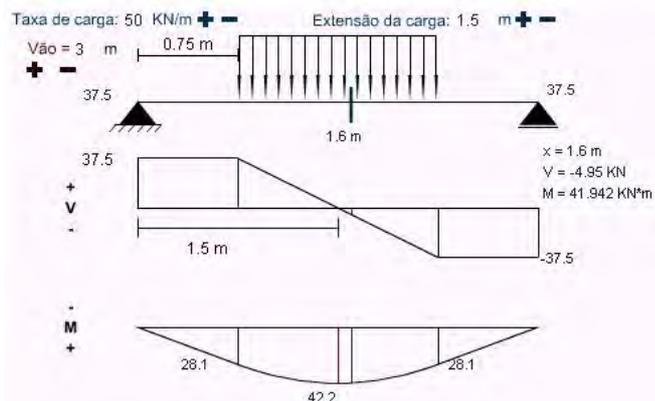


Figura 120 - Animação Atividades VII e VIII

### Atividade VIII

Acesse a animação (**Figura 120**) e fixe a extensão da carga em 1,5 metros e uma carga de 10 KN/m. Posicione a carga distribuída junto ao apoio esquerdo, conforme **Figura 121**.

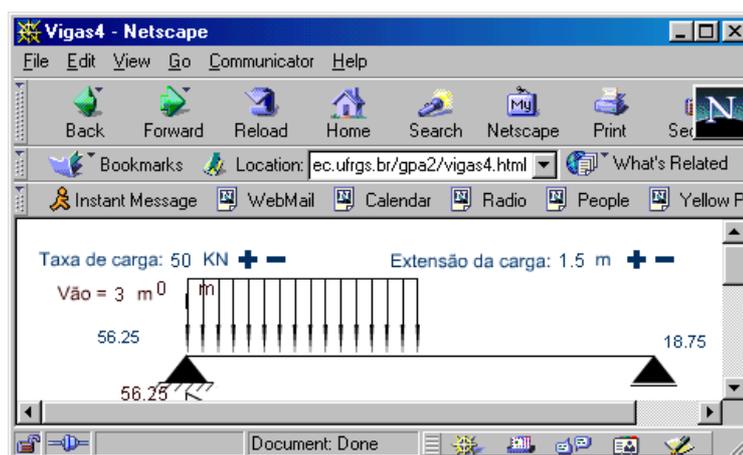


Figura 121 – Primeira ilustração Atividade VIII

Agora desloque a carga para a direita, preenchendo a tabela (observe na **Figura 122** quais os parâmetros solicitados na tabela)

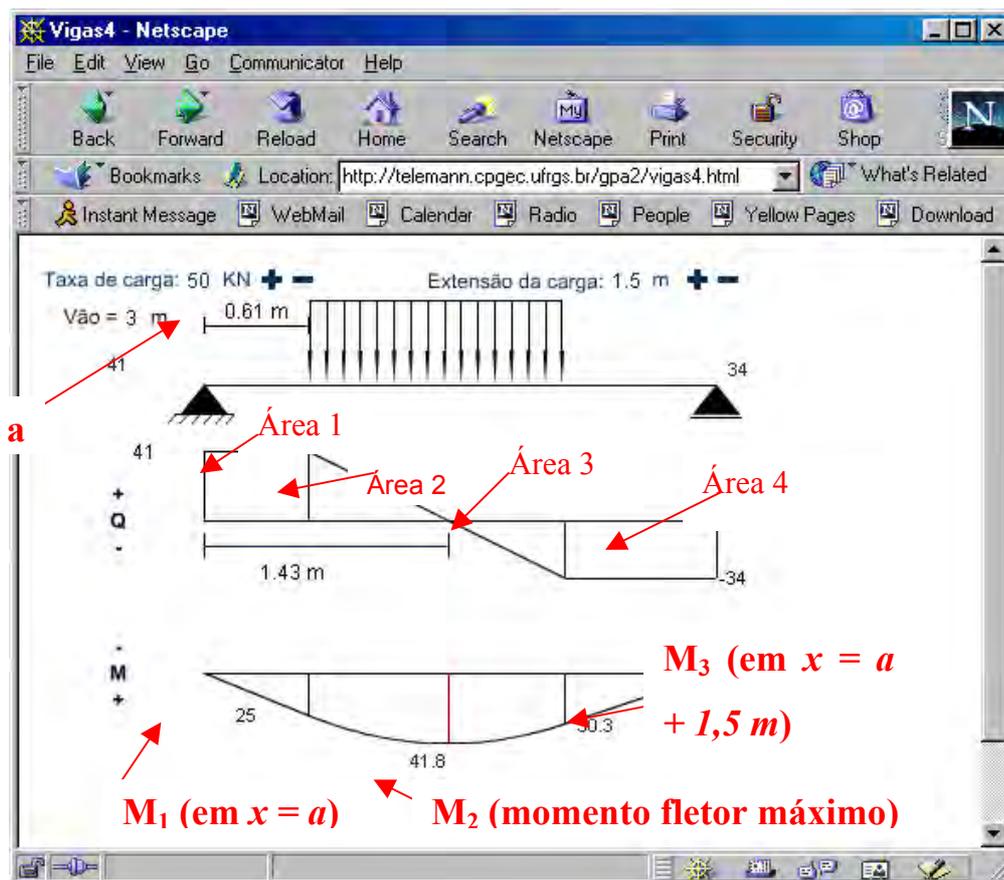


Figura 122 - Segunda ilustração Atividade VIII

Obs: Áreas abaixo do eixo  $x$  são negativas

$a$	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_2 - M_1$
0								
0,3								
0,6								
0,9								
1,2								
1,5								

a) Tente encontrar uma correspondência entre cada momento e as áreas (lembre-se da analogia com a Cinemática: a velocidade multiplicada pelo tempo representa a variação da posição, e o esforço cortante multiplicado pelo tempo é a variação do momento fletor).

b) Como pode ser explicada a localização do momento fletor máximo, se considerarmos o valor do esforço cortante naquele ponto?

### Atividade IX

Obtenha os valores a, b, c e d indicados no diagrama, justificando cada resposta.

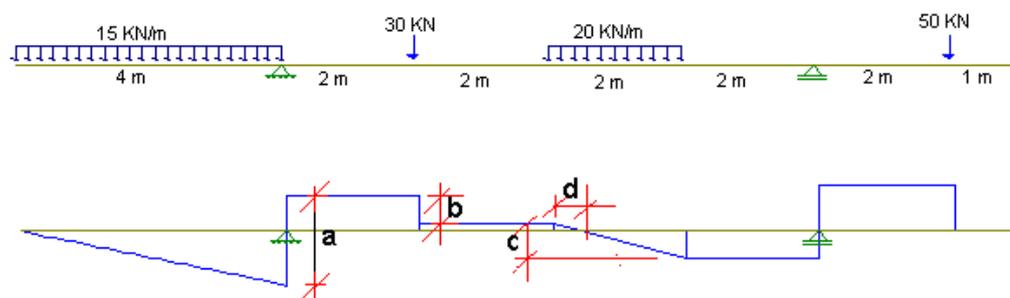


Figura 123 - Atividade IX