

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA**

**AVALIAÇÃO FORMATIVA CONTINUADA DO
PROCESSO EDUCATIVO EM ENGENHARIA
USANDO MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS**

Tese submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Doutor em Engenharia Elétrica

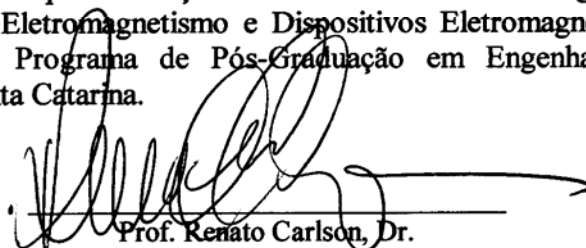
RENATO LUCAS PACHECO

Florianópolis, maio de 2005


AVALIAÇÃO FORMATIVA CONTINUADA DO PROCESSO EDUCATIVO EM ENGENHARIA USANDO MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS

RENATO LUCAS PACHECO

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Eletromagnetismo e Dispositivos Eletromagnéticos, aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.

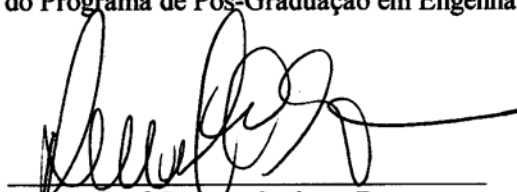


Prof. Renato Carlson, Dr.
Orientador

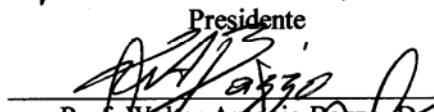


Prof. Denizar Cruz Martins, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

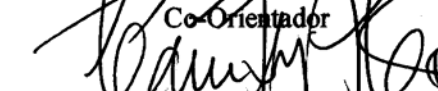
Banca Examinadora:



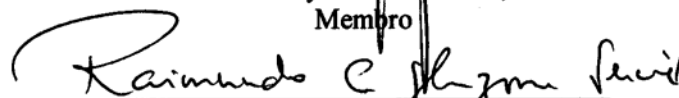
Prof. Renato Carlson, Dr.
Presidente



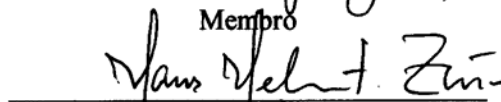
Prof. Walter Antonio Barzo, Dr.
Co-Orientador



Prof. Caiuby Alves da Costa, Dr.
Membro



Prof. Raimundo Celeste Ghizoni Teive, Dr.
Membro



Prof. Hans Helmut Zürn, PhD.
Membro



Prof. Jefferson Luiz Brum Marques, PhD.
Membro

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos que com ele colaboraram.

De modo especial dedico à Lúcia Helena, minha esposa, incentivadora, consultora,
aconselhadora, revisora, ponto de apoio.

Dedico à minha filha Renata, paciente e compreensiva, animadora.

Dedico aos meus pais René e Branca Cecília.

Dedico a todos aqueles que comigo se alegraram com a conclusão desta obra.

Agradecimentos

Que bom! Há muito que agradecer! E a muitos ...
Agradeço a Deus, início e fim do ser humano. Eu acredito!
A meus pais, que me geraram e me conduziram por boa parte da minha vida;
À Lúcia Helena, minha esposa, e a Dra. Angela de Lucca Schröter pelo grande incentivo, ponto de partida desta empreitada;
Ao Prof. Walter Antonio Bazzo, pelo apoio imediato, pela ajuda no projeto inicial e também pela sua co-orientação e valiosas contribuições;
Ao Prof. Márcio Cherem Schneider pelo relato favorável ao meu pedido de afastamento e a todas as ações que tomou, por sua iniciativa e amizade, enquanto eu estava afastado, o que viabilizou o início do projeto;
À Prof^a. Rejane Helena Ribeiro da Costa (ENS/CTC/UFSC) pela disposição inicial de me orientar, o que me incentivou a seguir em frente;
Ao Prof. Renato Carlson pela acolhida e pela orientação bastante precisa e eficiente;
Ao EEL e à UFSC por me liberarem e permitirem tal empreitada;
Aos colegas do EEL que me incentivaram, em especial àqueles que colaboram com o preenchimento do questionário para obtenção de dados;
Aos professores das disciplinas cursadas, solícitos e interessados;
Aos colegas que cursaram comigo as disciplinas, pela amizade e companheirismo;
Aos professores da banca do Exame de Qualificação (Renato Carlson, Walter Antônio Bazzo, Hans Helmut Zürn, Irlan Von Linsingen, Ariovaldo Bolzan, Enio Valmor Kassick e Jorge Mário Campagnolo) por seus incentivos e valiosas sugestões;
Ao pessoal das secretarias do EEL e do PPGEEL, notadamente à Ana Paula e ao Wilson;
Aos professores da banca da Defesa de Doutorado pela acolhida, palavras de incentivo e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho;
Ao Centro Tecnológico e ao Departamento de Engenharia Elétrica, nas figuras de seus Diretores e de seus Chefes no período, respectivamente, pelo apoio sempre que necessário, incluindo a ajuda obtida para a publicação dos artigos e participação nos Congressos;
A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o êxito deste trabalho;
Novamente à Lúcia Helena pelo carinho, dedicação, companheirismo, incentivo, constante troca de idéias, sugestões e revisão dos escritos;
E novamente a Deus por colocar todas estas pessoas boas no meu caminho!

Resumo da Tese apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Elétrica

AVALIAÇÃO FORMATIVA CONTINUADA DO PROCESSO EDUCATIVO EM ENGENHARIA USANDO MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS

RENATO LUCAS PACHECO

Maio/2005

Orientador: Renato Carlson, Dr. Ing.

Co-Orientador: Walter Antonio Bazzo, Dr.

Área de Concentração: Eletromagnetismo e dispositivos eletromagnéticos

Palavras-chave: ensino de engenharia, avaliação continuada, avaliação formativa, ciclo de Deming, mapas cognitivos difusos.

Número de Páginas: 317

RESUMO: A proposta deste trabalho é apresentar teorias de aprendizagem desenvolvidas por vários pensadores. Fazer uma reflexão sobre o professor e o ensino de engenharia atualmente trabalhado nas escolas, suas limitações, seus problemas e ações propostas para melhorar o processo ensino-aprendizagem nestes cursos. Fazer uma revisão bibliográfica, levantando-se os principais pontos de discussão a respeito do ensino de engenharia no Brasil e no mundo. Mostrar os principais problemas encontrados pelos vários pesquisadores que atuam na área e as soluções propostas. Apostar que a nova geração de engenheiros, além da alta qualificação técnica, necessita de conhecimentos de outras áreas, como humanidades, comunicação oral e escrita, economia e administração. Discutir formas de avaliar o processo de formação desse novo engenheiro e verificar se os objetivos estão sendo alcançados. Justificar a necessidade de se dispor de uma metodologia que permita a avaliação e o acompanhamento de todo esse processo. Apresentar uma nova metodologia objetivando uma completa e contínua avaliação formativa do processo de ensino em engenharia. Combinar o ciclo de Deming com os mapas cognitivos difusos, gerando-se uma ferramenta eficiente para acompanhar a progressão do processo ensino-aprendizagem por meio de uma avaliação e realimentação contínuas. O mapa modela matematicamente o processo educacional em engenharia e fornece uma visão ampla desse processo, permitindo diagnósticos e prognósticos e provendo dados necessários para eventuais ajustes. O ciclo de Deming gerencia esse processo. Fazer uma implementação computacional, incluindo testes pilotos. Comentar a validade, as possibilidades e as limitações do método e as perspectivas de aperfeiçoamento em futuros trabalhos.

Abstract of Thesis presented to UFSC as partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Electrical Engineering.

CONTINUED FORMATIVE ASSESSMENT OF ENGINEERING EDUCATIONAL PROCESS USING FUZZY COGNITIVE MAPS

RENATO LUCAS PACHECO

May/2005

Advisor: Renato Carlson, Dr. Ing.

Co-Advisor: Walter Antonio Bazzo, Dr.

Area of Concentration: Electromagnetism and Electromagnetic Devices

Keywords: engineering education, formative assessment, continued assessment, fuzzy cognitive maps, Deming cycle

Number of Pages: 317

ABSTRACT: The purpose of this thesis is to present learning theories developed by several thinkers. To make a reflection about the professor and the engineering teaching that is practiced nowadays in our engineering schools, its limitations, problems and proposed actions to improve the teaching-learning process in such courses. To make a bibliographic review to bring up the main points of view about the engineering teaching in Brazil and around the World. To show the main problems found by several researchers and some proposed solutions. To consider that the new generation of engineers, beyond high technical qualification, need to know several other areas, such as humanities, oral and written communication, economics, and administration. To discuss ways of evaluating the educational process of that new engineer, and to verify if the goals are being achieved. To justify the need of making available a methodology that allows to evaluate and to follow the whole process. To present a new methodology that accomplishes a continued formative assessment of the engineering educational process, which consists of a continuous assessment along the complete process through combining the Deming Cycle with a Fuzzy Cognitive Map. To show an efficient tool to follow the teaching/learning progress by means of continued feedback and re-assessment, using a mathematical model of the process, allowing for diagnostics and prognostics, and providing data for adjustment. To develop a computational tool that allows making some preliminary tests. At the end, to discuss validity, possibilities and constrains of the methodology as well as its perspective of future improvements.

SUMÁRIO

<i>Capítulo</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
	LISTA DE FIGURAS	xiv
	LISTA DE TABELAS	xv
	LISTA DE QUADROS	xvii
	LISTA DE ABREVIATURAS	xix
1	FOCALIZANDO A QUESTÃO	1
	1.1 Introdução	2
	1.2 Considerações preliminares	2
	1.3 A necessidade da avaliação	7
	1.4 Identificação do problema	13
	1.5 Metodologia	15
	1.6 Organização e seqüência do trabalho	17
2	O PROFESSOR-ENGENHEIRO E O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM	19
	2.1 Introdução	20
	2.2 O professor-engenheiro típico	20
	2.3 Resumo das principais idéias de alguns pensadores ..	23
	2.4 Outras considerações	26
	2.5 Conclusões	33
3	O ENSINO DE ENGENHARIA – UMA VISÃO GERAL	35
	3.1 Introdução	36
	3.2 O ensino de engenharia pelo mundo	38
	3.2.1 Curso de engenharia	38
	Duração do curso	38
	Quantidade de horas-aula	38
	Primeiro ano básico ou introdutório	38
	Ensino generalista ou especialista	39
	Excesso de informações	39
	Integração Universidade-mercado	40
	Avaliação do curso	41
	Globalização	42
	3.2.2 Ferramentas de ensino	42
	Uso de computadores	42
	Laboratório	43

<i>Capítulo</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
	Uso de simuladores	44
	Desenvolvimento de projetos	45
	Trabalhos em equipes	47
	3.2.3 O professor	47
	Experiência no mercado	47
	Didática adequada	48
	Mediação	50
	3.2.4 O aluno	51
	Evasão escolar	51
	Atraso na conclusão do curso	51
	Motivação	52
	Criatividade	52
	Habilidade em comunicação	53
	Avaliação discente	53
	3.2.5 O ensino	55
	Tamanho das turmas	55
	Relacionamento professor-aluno	55
	Relação ensino-pesquisa	56
	Colaboração educação-engenharia	56
	Cognição	57
	O engenheiro e a cultura	57
	A ética e a sociedade	58
	Formas de aprendizagem	59
	Sistema tutorial em computador	61
	Ensino à distância (EAD)	62
	Aprendizagem permanente ou educação continuada	63
	3.2.6 Assuntos não abordados nas referências	64
	Desemprego	64
	Salários	64
	Condições de trabalho	64
	Satisfação na profissão	65
	Satisfação pessoal/familiar	65
	Motivação para engenharia	65
	3.3 O ensino de engenharia pelo Brasil	65
	3.4 O ensino de Engenharia Elétrica no EEL/UFSC	67
	3.5 A abordagem CT&S	68
	3.6 Conclusões	71

<i>Capítulo</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS	75
	4.1 Introdução	76
	4.2 O ciclo de Deming: Planeje, Faça, Estude, Aja	76
	4.2.1 Apresentação	76
	4.2.2 A Fases	77
	Planeje	77
	Faça	77
	Estude	78
	Aja	78
	4.3 Mapas cognitivos difusos	78
	4.3.1 Introdução	78
	4.3.2 Mapa cognitivo	78
	4.3.3 Teoria da lógica difusa	85
	4.3.4 Mapa cognitivo difuso	89
	4.3.5 Modelagem matemática do mapa cognitivo difuso	97
	4.3.6 Generalização do modelo do mapa cognitivo difuso	101
	Algoritmo	102
	4.4 Questionário	104
	4.4.1 Introdução	104
	4.4.2 Metodologia proposta	104
	4.5 Complemento	106
5	IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA	107
	5.1 Introdução	108
	5.2 Implementação do ciclo de Deming	108
	5.2.1 Fase Planeje	108
	5.2.2 Fase Faça	110
	5.2.3 Fase Estude	110
	5.2.4 Fase Aja	111
	5.3 O ciclo de Deming no contexto do EEL	111
	5.4 A coleta de dados	112
	5.5 O questionário via WEB	116
	5.6 Tratamento dos dados	117
	5.6.1 Introdução	117
	5.6.2 Pré-processamento	118
	5.6.3 Processamento	127

<i>Capítulo</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
	5.6.4 Pós-processamento	133
	5.7 Observação final	133
6	RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
	6.1 Introdução	136
	6.2 Perfil dos opinantes	136
	6.3 Tratamento dos dados	138
	6.3.1 Introdução	138
	6.3.2 Pré-processamento	139
	6.3.3 Processamento	150
	6.3.4 Pós-processamento	152
	6.4 Exemplos de aplicação	152
	6.4.1 Exemplo 1: Engajamento do professor à atividade de pesquisa	152
	6.4.2 Exemplo 2: O estresse do aluno	159
	6.4.3 Exemplo 3: Prognóstico para diminuir o estresse do aluno	160
	6.4.4 Exemplo 4: Prognóstico para aumentar a satisfação do professor e o aprendizado do aluno	162
	6.4.5 Exemplo 5: Um contra exemplo	164
	6.5 Complemento	165
	6.6 Conclusões e sugestões para futuros trabalhos	168
	APÊNDICE A – TEORIAS CONTEMPORÂNEAS DE APRENDIZAGEM	171
	A.1 Introdução	172
	A.2 Jean Piaget	172
	A.3 Paulo Freire	174
	A.4 Roger Schank	178
	A.5 Howard Gardner	179
	A.6 Lev Semenovich Vygotsky	183
	APÊNDICE B - ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE KOLB	188
	B.1 Introdução	189
	B.2 Os estilos de aprendizagem segundo Kolb	189
	APÊNDICE C – FACETAS DE UM AMBIENTE DE ENSINO	191
	C.1 Introdução	192
	C.2 Facetas de um ambiente de ensino	192

<i>Capítulo</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
	APÊNDICE D - ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE FELDER	194
	D.1 Introdução	195
	D.2 Resumo dos estilos de aprendizagem de Felder	195
	APÊNDICE E – ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE DUNN E DUNN	197
	E.1 Introdução	198
	E.2 Princípios filosóficos dos estilos de aprendizagem de Dunn e Dunn	199
	APÊNDICE F – O DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA (EEL/UFSC)	200
	F.1 Introdução	201
	F.2 Histórico	201
	APÊNDICE G – CONCEITOS SELECIONADOS: GLOSSÁRIO	206
	G.1 PROFESSOR	207
	G.1.1 Aspectos da personalidade/emocionais	207
	G.1.2 Aspectos de ensino em sala de aula	208
	G.1.3 Aspectos de ensino extraclasse	209
	G.1.4 Aspectos profissionais	210
	G.1.5 Outros aspectos	211
	G.2 ALUNO	212
	G.2.1 Aspectos da personalidade	212
	G.2.2 Aspectos emocionais	213
	G.2.3 Habilidades	214
	G.2.4 Aspectos de aprendizagem	215
	G.2.5 Aspectos facilitadores	216
	G.2.6 Aspectos de cultura	217
	G.2.7 Outros aspectos	218
	G.3 CURSO	219
	G.3.1 Aspectos na sala de aula	219
	G.3.2 Aspectos extra-sala de aula	220
	G.4 FERRAMENTAS DE ENSINO	221
	G.4.1 Categoria única	221
	G.5 OUTROS ASPECTOS	222
	G.5.1 Apoio acadêmico	222
	G.5.2 Serviços/lazer no Campus	223
	G.5.3 Aspectos externos	223

<i>Capítulo</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
	APÊNDICE H – FCMQuest	225
	H.1 Introdução	226
	H.2 Descrição	226
	APÊNDICE I – PACOTE DE PROGRAMAÇÃO	229
	I.1 Programa <i>Organiza.for</i>	230
	I.2 Programa <i>Escolhas.for</i>	230
	I.3 Programa <i>Prepara.for</i>	231
	I.4 Programa <i>Analise.for</i>	232
	APÊNDICE J – DADOS INDIVIDUAIS DOS OPINANTES	234
	J.1 Lista de conceitos enviada ao FCMQuest	235
	J.2 Listas disponibilizadas: conceitos originais e gradações	236
	J.3 Matrizes de valências originais dos opinantes	237
	J.3.1 Opinante 01	237
	J.3.2 Opinante 02	238
	J.3.3 Opinante 03	239
	J.3.4 Opinante 04	240
	J.3.5 Opinante 05	241
	J.3.6 Opinante 06	242
	J.3.7 Opinante 07	243
	J.3.8 Opinante 08	244
	J.3.9 Opinante 09	245
	J.3.10 Opinante 10	246
	J.4 Conceitos disponibilizados	247
	J.4.1 Lista e frequências de ocorrências	247
	J.4.2 Histograma das frequências percentuais de ocorrência de cada conceito	248
	J.5 Conceitos efetivamente usados	249
	J.5.1 Lista e frequências de ocorrências	249
	J.5.2 Histograma das frequências percentuais de ocorrência de cada conceito	250
	J.6 Matrizes de valências reduzidas dos opinantes	251
	J.6.1 Opinante 01	251
	J.6.2 Opinante 02	252
	J.6.3 Opinante 03	253
	J.6.4 Opinante 04	254
	J.6.5 Opinante 05	255
	J.6.6 Opinante 06	256

<i>Capítulo</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
	J.6.7 Opinante 07	257
	J.6.8 Opinante 08	258
	J.6.9 Opinante 09	259
	J.6.10 Opinante 10	260
	J.7 Freqüências de ocorrência das graduações nas respostas dos opinantes	261
	J.7.1 Opinante 01	261
	J.7.2 Opinante 02	262
	J.7.3 Opinante 03	263
	J.7.4 Opinante 04	264
	J.7.5 Opinante 05	265
	J.7.6 Opinante 06	266
	J.7.7 Opinante 07	267
	J.7.8 Opinante 08	268
	J.7.9 Opinante 09	269
	J.7.10 Opinante 10	270
	J.8 Freqüências de ocorrência totais percentuais de cada gradação nas respostas, considerando todos os opinantes	271
	J.9 Freqüências de ocorrência de cada graduação ordenadas	272
	J.9.1 Considerando cada conceito ‘ativando’	272
	J.9.2 Considerando cada conceito ‘sendo ativado’ ..	273
	J.10 Matriz das energias de ativação	274
	J.11 Matriz de valências média	275
	J.12 Histograma da matriz numérica média	276
	J.13 Matriz de desvios padrão das respostas	277
	J.7 Histograma da matriz de desvios padrão	278
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	279

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Descrição</i>	<i>Página</i>
4.1	Ciclo de Deming (adaptada de HOUSHMAND <i>et al.</i> , 1996)	76
4.2	Mapa cognitivo	79
4.3	Comparação entre a lógica difusa (oito níveis de "cinza") e a lógica booleana	85
4.4	Graus de pertinência em um conjunto clássico (letra a) e em um conjunto difuso (letra b)	86
4.5	Exemplos de funções de ajuste	93
4.6	Exemplo de associação de mapas cognitivos difusos.....	95
4.7	Mapas cognitivos difusos combinados	96
4.8	Grafo orientado de um amplificador realimentado (adaptada de STYBLINSKI & MEYER, 1988)	97
4.9	Diagrama para simulação do mapa cognitivo difuso (adaptada de MARTINS-PACHECO, 2002)	101
4.10	Fluxograma para resolução de mapas cognitivos difusos	103
5.1	Função sigmóide para quatro valores diferentes do coeficiente Lambda	130
6.1	Histograma das intensidades dos conceitos após a simulação	156
6.2	Laço de retroalimentação contínua (adaptada de ROBERTS (1976))	167
J.1	Histograma das frequências percentuais de escolha de cada conceito no conjunto original	248
J.2	Histograma da frequência percentual de cada conceito efetivamente usado	250
J.3	Histograma da matriz numérica média	276
J.4	Histograma da matriz de desvios padrão	278

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela</i>	<i>Descrição</i>	<i>Página</i>
6.1	Número de conceitos relacionados por cada opinante e seu percentual em relação aos conjuntos original e reduzido de conceitos	141
J.1	Lista dos conceitos disponibilizados para a escolha e as frequências de escolha absoluta (quantidade) e relativa (percentual de escolha) de cada um em relação ao número de opinantes selecionados	247
J.2	Lista dos conceitos escolhidos por pelo menos um dos opinantes e as frequências de escolha absoluta (quantidade) e relativa (percentual de escolha) de cada um em relação ao número de opinantes	249
J.3a	Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 01, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	261
J.3b	Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 02, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	262
J.3c	Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 03, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	263
J.3d	Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 04, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	264
J.3e	Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 05, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	265
J.3f	Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 06, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	266
J.3g	Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 07, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	267

<i>Tabela</i>	<i>Descrição</i>	<i>Página</i>
J.3h	Freqüência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 08, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	268
J.3i	Freqüência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 09, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	269
J.3j	Freqüência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 10, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais	270
J.4	Freqüência de ocorrência total percentual de cada gradação, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais, considerando <u>todos</u> os opinantes	271
J.5a	Freqüências de ocorrência de cada gradação ordenadas, considerando cada conceito ‘ativando’, considerando todos os opinantes	272
J.5b	Freqüências de ocorrência de cada gradação ordenadas, considerando cada conceito ‘sendo ativado’, considerando todos os opinantes	273
J.6	Matriz das energias de ativação, considerando a energia de atuação positiva e negativa de cada conceito “ativando” (causando) os demais ou “sendo ativado” (sendo causado) pelos demais, considerando todos os opinantes	274
J.7	Matriz de valências média, representativa da opinião de todos os opinantes	275
J.8	Matriz desvio padrão das respostas dos opinantes	277

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro</i>	<i>Descrição</i>	<i>Página</i>
2.1	Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: Avaliação	24
2.2	Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: Ambiente de Aprendizagem (Interface, Interatividade)	24
2.3	Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: Conhecimento	25
2.4	Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: O papel do professor	25
2.5	Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: O papel do aluno	26
3.1	Grupos de assuntos relacionados ao ensino de engenharia	37
4.1	Valores que uma relação de conceitos pode assumir	81
4.2	Peso das ligações do mapa cognitivo da Figura 4.2	83
4.3	Representação matricial dos mapas cognitivos difusos da Figura 4.5	95
4.4	Representação matricial do mapa cognitivo difuso resultante	96
5.1	Equivalentes numéricos catalogados no programa de estudo de mapa cognitivo difuso (MCD)	119
5.2	Esquema geral das possibilidades numéricas (adaptado de MARTINS-PACHECO, 2002)	134
6.1	Equivalentes numéricos usados na simulação do mapa cognitivo difuso	140
6.2	Primeiras e últimas iterações da simulação do Exemplo 1: Engajamento do professor à atividade de pesquisa	155
6.3	Resultado da simulação da ativação do conceito 10 (“engajamento do professor à atividade de pesquisa”) com +1, <i>defuzzificado</i>	156
6.4	Resultado da simulação da ativação do conceito 29 (“o estresse – aluno”) com +1	159
6.5	Resultado da simulação com a ativação dos conceitos 3 (“o bom relacionamento professor-aluno”) e 29 (“o estresse – aluno”) com +1 e do conceito 32 (“o grande número de alunos por professor”) com –1	161
6.6	Resultado da simulação com a ativação do conceito 10 (“o engajamento do professor à atividade de pesquisa com –1	164
J.1	Arquivo de dados enviado ao FCMQuest (as definições dos conceitos foram aqui suprimidas por questão do tamanho da página)	235
J.2	Lista original de conceitos e lista de gradações trabalhadas no <i>Prepara.for</i>	236
J.3a	Matriz de valências original do Opinante 01	237

<i>Quadro</i>	<i>Descrição</i>	<i>Página</i>
J.3b	Matriz de valências original do Opinante 02	238
J.3c	Matriz de valências original do Opinante 03	239
J.3d	Matriz de valências original do Opinante 04	240
J.3e	Matriz de valências original do Opinante 05	241
J.3f	Matriz de valências original do Opinante 06	242
J.3g	Matriz de valências original do Opinante 07	243
J.3h	Matriz de valências original do Opinante 08	244
J.3i	Matriz de valências original do Opinante 09	245
J.3j	Matriz de valências original do Opinante 10	246
J.4a	Matriz de valências reduzida do Opinante 01	251
J.4b	Matriz de valências reduzida do Opinante 02	252
J.4c	Matriz de valências reduzida do Opinante 03	253
J.4d	Matriz de valências reduzida do Opinante 04	254
J.4e	Matriz de valências reduzida do Opinante 05	255
J.4f	Matriz de valências reduzida do Opinante 06	256
J.4g	Matriz de valências reduzida do Opinante 07	257
J.4h	Matriz de valências reduzida do Opinante 08	258
J.4i	Matriz de valências reduzida do Opinante 09	259
J.4j	Matriz de valências reduzida do Opinante 10	260

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABET - *Accreditation Board for Engineering and Technology*
 AM - Aumenta muito
 AP - Aumenta pouco
 ASEE - American Society of Engineering Education
 AU - Aumenta
 CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
 CBR - *Case-Based Reasoning* - raciocínio baseado em casos
 CES - Câmara de Educação Superior
 CNE - Conselho Nacional de Educação
 CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
 COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia
 CT&S - Ciência Tecnologia e Sociedade
 CTS - O mesmo que CT&S
 CUn - Conselho Universitário
 DI - Diminui
 DM - Diminui muito
 DP - Diminui pouco
 EAD - Ensino à distância
 EEL - Departamento de Engenharia Elétrica
 EqNu_j - Equivalente numérico da graduação j, conforme Quadro 5.1
 FPINA - Frequência percentual das influências negativas na atuação do conceito i
 FPINA_i - Iésimo elemento do vetor das frequências percentuais das influências negativas no 'ativa' de cada conceito ("energia" negativa do conceito i ativando os outros);
 FPINeA - Frequência percentual das influências negativas no 'é ativado' do conceito i
 FPINeA_i - Iésimo elemento do vetor das frequências percentuais das influências negativas no 'é ativado' de cada conceito ("energia" negativa sobre o conceito i sendo ativado pelos demais)
 FPIPA - Frequência percentual das influências positivas na atuação do conceito i
 FPIPA_i - Iésimo elemento do vetor das frequências percentuais das influências positivas no 'ativa' de cada conceito ("energia" positiva do conceito i ativando os outros)
 FPIPeA - Frequência percentual das influências positivas no 'é ativado' do conceito i
 FPIPeA_i - Iésimo elemento do vetor das frequências percentuais das influências positivas no 'é ativado' de cada conceito ("energia" positiva sobre o conceito i sendo ativado pelos demais);
 GCETE - *Global Congress on Engineering and Technology Education*
 GQT - Gerenciamento de Qualidade Total
 GRUCAD - Grupo de Concepção e Análise de Dispositivos Eletromagnéticos
 GSPT - *General Systems Performance Theory* - Teoria Geral do Desempenho de Sistemas
 MCD - Mapa cognitivo difuso
 MEC - Ministério da Educação
 NSF - *National Science Foundation*
 OD - *On Demand Learning* - aprendizagem por demanda
 PDSA - *Plan, Do, Study, Act*
 PFEA - Ciclo Planeje, Faça, Estude
 RPG - *Role Playing Games* - representação de papéis
 TBT - *Technology Based Training* - treinamento baseado em tecnologia

- UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
- WCETE - *World Congress on Engineering and Technology Education*
- WEB - Outra forma para WWW
- WWW - Abreviatura para *World Wide Web* – rede (de computadores) de alcance mundial

1

FOCALIZANDO A QUESTÃO

1.1 Introdução

Este capítulo apresenta as principais idéias que norteiam este trabalho e justificam o caráter inovador/original desta tese de doutorado. A maioria dessas idéias é desenvolvida nos capítulos posteriores, onde se busca melhor fundamentar o trabalho.

O objetivo principal deste trabalho é a definição de um modelo para avaliar o processo educacional em engenharia e garantir que as metas curriculares, as metas departamentais e o engajamento de professores e alunos possam ser ponderados, oferecendo assim parâmetros de ajuste para adaptação, aperfeiçoamento e planejamento departamental e institucional.

É interessante observar que, por envolverem opiniões pessoais e para deixar isto bastante claro para o leitor, houve a necessidade de se usar a primeira pessoa do singular em algumas partes do texto, notadamente nos **Capítulos 1, 2 e 3**. Nos capítulos subseqüentes, e onde foi possível, novamente se opta por usar a linguagem impessoal, mais comum e considerada mais elegante em trabalhos em Engenharia.

1.2 Considerações preliminares

Nos últimos anos as habilidades exigidas para os profissionais de engenharia pelo mercado¹ e pelas sociedades vêm mudando. Atualmente não basta apenas uma boa formação técnico-científica, mas são necessários outros tipos de saberes para que esse profissional se adapte melhor ao mercado dinâmico e globalizado. Assim, o ensino de engenharia precisa se adequar aos novos tempos. A ciência está em constante e rápida evolução, novas especialidades vêm surgindo, aumentou a demanda por profissionais para, digamos assim, repor as antigas “engrenagens” e também para suprir necessidades de novas “engrenagens” na cadeia produtiva. Mais ainda! Em engenharia, necessita-se hoje em dia um ensino de melhor rendimento, de mais velocidade, de forma a acompanhar o rápido avanço da tecnologia e a necessidade de mão de obra altamente qualificada. Vozes

¹ Mercado é entendido neste trabalho como “o conjunto de pessoas e/ou empresas que, oferecendo ou procurando bens e/ou serviços e/ou capitais, determinam o surgimento e as condições dessa relação” (AURÉLIO, 1986).

se levantam e passam a exigir um ensino de engenharia mais ágil e dinâmico, sintonizado com a nova realidade, pronto a responder essas novas demandas. Mas, por outro lado, também aumenta o número de vozes em defesa de um ensino de engenharia que, sem enfraquecer o seu lado técnico, busque também formar um engenheiro socialmente competente, atuante e inserido no processo de globalização. E, acima de tudo, plenamente consciente dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade onde atua, desmistificando ciência e tecnologia como entidades intrinsecamente neutras, ou seja, plenamente conscientes de que a ciência e a tecnologia influenciam a sociedade e por ela são influenciadas.

Os **Capítulos 2 e 3** deste trabalho mostram que muitos autores consideram que o conhecimento do conteúdo técnico das disciplinas de forma isolada não é suficiente para criar no engenheiro as melhores habilidades para permitir seu enquadramento ou sua adaptação ao mercado de trabalho e na sociedade. Como fatores importantes da formação integral do profissional de engenharia, aqueles autores apontam à criação de habilidades sociais e de habilidades organizacionais da informação e do raciocínio. Isto lhe permitirá uma visão mais ampla de seu papel social e profissional dentro das realidades do mundo e das empresas. O **Capítulo 3**, ainda de acordo com os autores pesquisados, mostra que além da assimilação e estruturação do conhecimento técnico, são apontadas como habilidades importantes para o profissional de engenharia elétrica as seguintes que, de um modo geral, também são aplicáveis aos outros ramos da engenharia:

- Aplicação de conhecimentos de matemática e ciências em engenharia;
- Projeto e condução de experimentos, análise e interpretação de resultados;
- Projeto de componentes, sistemas ou processos que satisfaçam a um conjunto de especificações;
- Capacidade de atuar em equipes multidisciplinares;
- Competência para identificar, formular e resolver problemas de engenharia elétrica;
- Consciência de suas responsabilidades éticas e profissionais;
- Eficácia na comunicação oral e escrita e capacidade de argumentação;
- Entendimento da interação da engenharia com a sociedade;
- Capacidade de se manter atualizado ao longo de sua carreira.

Apesar de alguns autores serem favoráveis a uma formação mais especializada e restritiva dos profissionais, para enquadrá-los rapidamente na realidade do mercado competitivo global, esta opção é considerada por muitos como limitada e limitadora, com outras desvantagens, como o precoce envelhecimento técnico do profissional e sua não integração social. Profissional com este tipo de formação tende a ser apenas mais uma “engrenagem” no sistema produtivo e descartável a curto ou em médio prazo.

A formação especialista é uma opção interessante para as empresas, pois elas não precisam investir na formação do profissional com o perfil que desejam, e normalmente contratam profissionais jovens que aceitam baixos salários em troca do primeiro emprego. Melhor ainda, por exemplo, se já estiverem prontos para uso imediato do pacote computacional explorado pela companhia. Mas, quando esta companhia trocar o *software*, trocará também o engenheiro.

No contexto de uma Universidade pública, em que a população paga pela formação dos profissionais, uma formação mais integral é imperativa. Deve-se visar à formação do cidadão, a formação de sua responsabilidade social, a consciência do impacto de suas ações sobre o meio ambiente e sobre a vida da população e sua capacidade de resolver problemas em contextos mais restritos e mais amplos. Enfim, o egresso da faculdade pública deve propiciar um retorno para esta sociedade que financiou sua formação.

Atualmente a parte técnica é suprida pelas aulas expositivas tradicionais, por laboratórios, livros e até por programas computacionais. A rede mundial de computadores já disponibiliza alguns cursos e uma grande quantidade de material para pesquisa. Cálculos elaborados, demorados e precisos podem ser supridos por pacotes ou sistemas computacionais potentes e até por avançadas calculadoras programáveis. Isso faz com que o tempo que o estudante necessitava para ficar “escovando” as fórmulas e os números seja bem menor. Assim, o restante do tempo pode ser usado na criação de habilidades relacionais para a formação global do futuro profissional.

A resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, da Câmara de Educação Superior (CES) do Conselho Nacional de Educação (CNE), vinculado ao Ministério da Educação (MEC), que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, em seu artigo 3º, quando trata da finalidade do curso de graduação em engenharia, praticamente resume toda a questão. Afirma: “*O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o*

engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade”. Analisando-se a reforma curricular feita recentemente no curso de Engenharia Elétrica/UFSC, percebe-se que esta foi feita de acordo com as novas propostas para o Ensino de Engenharia e para a formação do engenheiro do Século XXI.

Já é de algum tempo que os cursos de engenharia na UFSC incluem disciplinas não técnicas. No caso da Engenharia Elétrica, no novo currículo (1999/2) constam as disciplinas ***Introdução à Engenharia Elétrica***, que inclui *engenharia: perspectiva histórica; a profissão do engenheiro; carreiras técnicas na Engenharia Elétrica; criatividade na engenharia; pesquisa tecnológica; projeto em Engenharia Elétrica: modelagem, especificação, restrições, análise, alternativas de solução, simulação, otimização, decisão, comunicação; comunicação técnica escrita; comunicação técnica oral; comunicação gráfica; marketing profissional; Redação Técnica; Química Geral; Economia e Organização Industrial; Desenvolvimento, Tecnologia e Meio Ambiente; Legislação e Ética em Engenharia Elétrica; Seminários de Engenharia Elétrica*, incluindo vários temas atuais que dizem respeito à engenharia de um modo geral e à Engenharia Elétrica de um modo particular; ***Aspectos de Segurança; Fundamentos de Gestão Empresarial; Telecomunicações: Gerência e Negócios; Gerência da Produção; Planejamento Estratégico; Tópicos Especiais em Gestão Empresarial***. Também são previstos ***Estágios***, curtos e longos, e um ***Projeto Final***.

Algumas disciplinas são obrigatórias, mantendo um núcleo consistente dentro da especialidade escolhida. Outras são optativas, de modo que o aluno possa montar o seu currículo com bastante flexibilidade, de acordo com seus interesses. Os estágios e o projeto final dão chances ao aluno de “costurar” estes conceitos com os conceitos técnicos e, se forem bem explorados, serão de um valor inestimável para o estudante.

Entretanto, em que pese o enorme potencial embutido na proposta curricular, como detectar se, na prática, os efeitos esperados estão sendo ou serão obtidos? Em tentativas passadas, de um modo geral, apesar de todos os esforços, não houve melhoras significativas aparentes. Ou, por outro lado, faltaram mecanismos de avaliação dos resultados da reforma. Lembro que era comum, em reuniões de departamento, encontros de

planejamento estratégico e em conversas de corredores, escutar professores reclamando do fraco desempenho médio do corpo discente, apesar das exceções de sempre. A primeira causa desse problema normalmente era atribuída ao segundo grau, que perdera qualidade. Outros acreditavam que o problema estava no aluno, que entra na Universidade muito jovem, e ainda não tem maturidade suficiente para, sozinho, tomar várias decisões importantes, que podem influenciar toda a sua vida. Alguns diziam que o vestibular não estava servindo adequadamente de filtro, principalmente pela baixa relação candidato por vaga.

Mas, por outro lado, em que pese toda a disposição do corpo docente para oferecer um curso de excelência baseado nestes modernos pressupostos, ficam as seguintes questões: É isso realmente o que os professores de um modo geral desejam? Os professores entenderam a proposta em toda a sua profundidade? Os professores estão realmente se dedicando às mudanças? Todos eles? Em sinergia? Como detectar se aqueles antigos problemas estão sendo resolvidos? Como se verificar se novos problemas não previstos estão surgindo? Como se verificar se as metas estabelecidas estão sendo adequadamente cumpridas? Como proceder para promover continuamente o aperfeiçoamento do processo? Como prever e se antecipar eventuais problemas? Os problemas relativos à repetência e à evasão escolar foram resolvidos ou amenizados? E a questão das reprovações em massa?

Tem-se ainda uma outra questão a ser abordada: como professores, com pouco ou nenhum contato com empresas, podem ensinar práticas de engenharia a seus alunos? Como os professores pesquisadores, envolvidos em sua especialização, podem adquirir uma visão abrangente das tendências futuras na área de interesse técnico e assim orientar seus alunos no preparo de suas carreiras profissionais? (CONNER, 2002). Por sua vez, em BAZZO (1998) é criticada a tendência dos professores, envolvidos com suas pesquisas técnico-científicas, transferirem para seus alunos a responsabilidade de formarem seus conhecimentos. Ainda de acordo com esta última referência, estes professores acreditam que excesso de conteúdos, provas exigentes e até um tratamento mais rígido acabem por “obrigar” os alunos a estudar, a aprender e se planejar, isto neste tempo em que o processo educacional sofre profunda influência do acelerado desenvolvimento científico e tecnológico. Por fim, em FAIRWEATHER & PAULSON (1996) os autores alertam que, contratando-se professores em tempo integral que se consideram mais cientistas que experimentados engenheiros, tende-se a enfraquecer o compromisso com o ensino e com o

aprendizado estudantil. Falta tempo e motivação para o professor se envolver com questões didático/pedagógicas.

Uma outra causa muito importante é a questão da falta de uma visão holística da engenharia elétrica, ou seja, os conteúdos e os objetivos das disciplinas são apresentados de forma isolada. Cyganski e equipe consideram a necessidade de uma visão holística dos conteúdos curriculares, na qual se tenha a consciência de que cada parte é parte de um todo. Isto valeria também dentro de cada disciplina. A falta desta visão holística prejudica seriamente a percepção do contexto pelo aluno e lhe provoca profundo desinteresse pelo assunto e até pelo curso (CYGANSKI *et al.*, 1994).

Da bibliografia consultada se depreende que há um consenso sobre as necessidades e as características do novo engenheiro, em termos global, nacional e local. Várias mudanças curriculares foram feitas em várias partes do mundo para adequar o novo engenheiro ao novo mercado. Entretanto, a dúvida é se os resultados almejados estão sendo alcançados. E esta dúvida se manifesta em relação ao que ocorre tanto dentro de cada disciplina do curso como dentro do curso como um todo.

1.3 A necessidade da avaliação

No contexto escolar, a palavra avaliação está muito vinculada à avaliação discente. O professor apresenta um determinado conteúdo e, por meio de instrumentos como provas, testes, questionários, entrevistas, observação, trabalhos, relatórios etc., estima o aprendizado do aluno. Porém, mensurar o quanto alguém aprendeu é uma tarefa complexa e algumas vezes subjetiva, ou seja, depende de um julgamento de valores de alguém ou de um grupo. Além disto, os resultados obtidos na avaliação dos alunos também espelham, de certa forma, a avaliação da própria instituição educacional como um todo, e do próprio professor, em particular. Para citar um exemplo, no antigo Exame Nacional de Cursos (“Provão”) do MEC (1996-2003), o desempenho dos estudantes formandos era um dos itens usados para a classificação do curso em questão.

Além disto, freqüentemente os cursos são avaliados pela titulação dos professores e seus “índices” de produção científica. Órgãos de financiamento de pesquisas, como CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e CNPq

(Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), também têm seus métodos de avaliação, baseados em critérios como titulação dos professores, recursos bibliográficos disponíveis, laboratórios e produção científica. Entretanto, uma boa avaliação nestes quesitos não significa, necessariamente, um bom desempenho em termos de ensino e aprendizado, notadamente nos cursos de graduação.

Hoje em dia existe uma outra razão, também muito importante, que é uma exigência da Câmara de Educação Superior, quando da instituição das Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Essas diretrizes exigem que se prevejam mecanismos de avaliação discente e a utilização de metodologias e critérios para acompanhamento e avaliação permanente do processo ensino-aprendizagem e do próprio curso. Com respeito a esta avaliação, tais diretrizes afirmam:

Art. 8º A implantação e desenvolvimento das diretrizes curriculares devem orientar e propiciar concepções curriculares ao Curso de Graduação em Engenharia que deverão ser acompanhadas e permanentemente avaliadas² a fim de permitir os ajustes que se fizerem necessários ao seu aperfeiçoamento.

§ 1º As avaliações dos alunos deverão basear-se nas competências, habilidades e conteúdos curriculares desenvolvidos tendo como referência as Diretrizes Curriculares.

§ 2º O Curso de Graduação em Engenharia deverá utilizar metodologias e critérios para acompanhamento e avaliação do processo ensino-aprendizagem³ e do próprio curso, em consonância com o sistema de avaliação e a dinâmica curricular definidos pela IES à qual pertence.

Portanto, o próprio MEC deixa claro que, além da avaliação mais ampla dos alunos, há a necessidade da avaliação do processo ensino-aprendizagem. Porém, o que realmente ou efetivamente se tem feito nesta direção? Não seria esse processo digno de estudo e pesquisa para se ter um controle sobre ele?

O aprender, supostamente o principal objetivo do sistema educacional, tem como principais agentes o professor e o aluno/estudante. Entretanto, quiçá vários aspectos favoreçam este processo, outros vêm dificultar a realização deste objetivo. O ambiente físico educacional, o sistema de ensino, o encadeamento curricular, o relacionamento professor-aluno, a relação alunos por professor dentro de uma sala de aula ou laboratório, os instrumentos de avaliação, as idiosincrasias de alunos e professores, dentre outros, certamente interferem no resultado do processo educacional. Assim, além da avaliação

² Grifo do autor.

³ Grifo do autor.

discente, torna-se necessário avaliar o processo educacional como um todo e como este interfere na formação do aluno.

Em PELLEGRINO (2002) são considerados três aspectos como sendo centrais no ensino: o currículo, a instrução e a avaliação. Estes três aspectos devem estar alinhados, ou seja, direcionados para os mesmos fins, reforçando-se mutuamente.

O **currículo** é composto de conteúdos (informações) e habilidades, organizado em uma seqüência de assuntos a serem ensinados e que os alunos devem aprender. A **instrução** está relacionada aos métodos de ensino e atividades de aprendizagem, que incluem alunos e professores, para facilitar/possibilitar o alcance dos objetivos curriculares. Já a **avaliação** é a medida dos resultados da educação e das realizações dos estudantes.

O citado autor afirma que o alinhamento do currículo, da instrução e da avaliação é difícil, especialmente devido à falta de embasamento em uma teoria cognitiva de credibilidade científica.

Trevisan afirma que a reforma no ensino de engenharia nos Estados Unidos tem levado os cursos, dentre várias outras mudanças, a desenvolverem competências educacionais para a formação técnica e profissional de seus alunos de acordo com as exigências da NSF⁴ (TREVISAN, 2004). Isto tem inevitavelmente conduzido ao desenvolvimento de métodos para medir a realização de objetivos e para avaliar resultados e programas educacionais, visando melhorias no sistema e a prestação de contas com relação ao atingimento das metas estabelecidas. Assim, a avaliação tem desempenhado um papel crescente no aperfeiçoamento dos programas de ensino em engenharia.

Devido a isso, muitas escolas de engenharia estadunidenses vêm juntando esforços para definirem atividades de avaliação, incluindo definição de objetivos, métodos para medição de resultados e escolha de metodologias apropriadas. Em FELDER & BRENT (2004) também é ressaltada a importância da avaliação, afirmando os autores que esta se tornou extremamente importante para o ensino de engenharia na última década. E acrescentam que, para que as instituições recebam financiamentos, é necessário terem um sólido plano para avaliação dentro de seus projetos educacionais.

⁴ *National Science Foundation*: fundação do governo estadunidense, independente, criada para promover o progresso da ciência para melhoria da saúde, prosperidade e bem-estar nacionais e assegurar a defesa nacional (<http://www.nsf.gov>).

Vários autores valorizam e propõem formas de avaliação, entre eles Dillon e equipe (DILLON *et al.*, 2000), que consideram as atuais avaliações mal feitas, microscópicas, tardias e, na maioria das vezes, sem mecanismos de retroalimentação. Isto é, avaliam somente a disciplina em si, sem oferecer uma realimentação para correção de rota do processo de ensino como um todo e sem identificar os fatores que contribuem para o seu sucesso ou o seu fracasso. Por exemplo, pouco se trabalha para que o aluno reflita sobre os seus próprios erros, tanto nas falhas de conteúdo quanto no processo de aprendizagem adotado e na sua forma de estudar. A avaliação acaba se tornando um processo mais punitivo e se perde uma excelente oportunidade de se incrementar o aprendizado. Assim, eles propõem a *Teoria Geral do Desempenho de Sistemas*⁵ para ser usada na avaliação do processo de aprendizagem, a qual considera as multifacetadas de um sistema sob avaliação.

Em SHAEIWITZ (1996) se questiona se o professor realmente sabe se os alunos estão aprendendo o que ele está lhes tentando ensinar. É colocado que os professores apresentam conjuntos de problemas, testes, provas, projetos, exames finais e notas de avaliação, mas se pergunta: O que isto realmente significa? Shaeiwitz considera que, com avaliações parciais, é possível que um aluno com pouco conhecimento cumpra integralmente seu currículo, isto sem ter resolvido integralmente um único problema nos testes realizados. Por outro lado, como garantir que os estudantes retiveram os conhecimentos adquiridos ao longo do curso? E como garantir que possam aplicar corretamente estes conhecimentos quando solicitados a fazê-lo? Assim, conclui ser necessário um processo de avaliação baseado nas três etapas: declaração das metas educacionais; múltiplas medições do atendimento das metas; uso das informações resultantes para aperfeiçoamento do processo educacional.

Outro aspecto enfatizado nesta última referência é que a avaliação pode ser *somativa* ou *formativa*. A primeira é aquela mais comum, conduzida com o propósito de

⁵ Teoria Geral do Desempenho de Sistemas (*General Systems Performance Theory - GSPT*): teoria desenvolvida a partir da observação de que o “desempenho” permeia praticamente todos os aspectos da vida, especialmente o processo de tomada de decisões, envolvendo tanto sistemas humanos como artificiais. Estuda aspectos relacionados com a maneira como um dado sistema executa adequadamente suas funções e os vários fatores que contribuem seu sucesso. Seus objetivos: propiciar uma base conceitual comum para definir e medir todos os aspectos de qualquer desempenho de um sistema; providenciar uma base conceitual comum para a análise de qualquer tarefa de modo que facilite a avaliação da interface sistema tarefa e a tomada de decisão; identificar princípios de causa e efeito que expliquem o que ocorre quando qualquer sistema considerado é usado para realizar qualquer tarefa desejada.

fazer um julgamento final a respeito da efetividade de um processo, sendo normalmente formal. Seu uso geralmente é externo ao ambiente avaliado, gerando notas, conceitos e critérios para alocação de recursos. A segunda, freqüentemente informal, é conduzida com o propósito de aperfeiçoamento de um processo e usualmente começa antes do processo ser completado. No caso do ambiente de ensino, envolveria contínua avaliação do estudante, de forma a aperfeiçoar o ensino e o aprendizado dentro de uma disciplina ou currículo.

Outra dificuldade é saber se o que se está tentando transmitir é aquilo que o aluno está entendendo. Será que a percepção que o professor tem de seu próprio desempenho é coerente com a dos alunos? Neste caso, é interessante a colocação de Stedinger (STEDINGER, 1996), que aplicou em sua própria turma de alunos um sistema de avaliação por ele proposto. Levantou vários pontos, entre eles, que não estava ensinando tão efetivamente quanto poderia, não sabia como realmente os alunos aprendiam, não apreciou o que os estudantes estavam pensando a respeito dele e da disciplina e, por fim, acabou não entendendo por que ele estava ensinando daquela maneira. Como resultado destas descobertas, buscou entender melhor a motivação dos alunos pelo assunto, conhecer melhor o que ajuda os estudantes a aprender e desenvolver um estilo de aula mais adequado, de acordo com este aprendizado retirado da pesquisa realizada.

Em KARIMI *et al.* (2004) é descrito um processo para avaliação sistemática e atualização de cursos de engenharia na Universidade do Texas em Santo Antonio. Para isto os autores utilizaram questionários, resultados de testes e entrevistas. Os objetivos dos cursos foram definidos e avaliados com relação aos assuntos do currículo. Dados foram coletados de ex-alunos, de empregados, da administração, dos alunos e professores. Os resultados ressaltaram pontos positivos dos cursos e pontos fracos a serem melhorados possibilitando um futuro aperfeiçoamento do sistema educacional.

Em HOUSHMAND *et al.* (1996) é apresentada uma ferramenta que usa o ciclo *Planeje, Faça, Estude e Aja* (ciclo de Deming)⁶. Em conjunto com as opiniões de estudantes, professores e funcionários da administração, ela é usada para traçar as diretrizes da metodologia a ser adotada na instituição. Os autores sugerem esta abordagem

⁶ Metodologia de aperfeiçoamento da qualidade de um processo, no caso, o processo de ensino-aprendizagem, que é utilizada neste trabalho e é apresentada no próximo Capítulo.

especialmente para Universidades onde a pesquisa consome grande parte da energia e do tempo dos instrutores. Em OVERCENKO (2000) também se propõe o uso do ciclo de Deming para melhoria do sistema educacional. Em STEDINGER (1996) são descritos os esforços para aplicar conceitos de Gerenciamento de Qualidade Total (GQT) para entender e otimizar o processo de ensino, o que também é sugerido em SHELNUTT & BUCH (1996) para planejamento estratégico e revisões curriculares.

No ambiente da UFSC há a avaliação dos professores sobre seus alunos e sobre seu curso e havia uma avaliação institucional, abrangendo aspectos de ensino dentro e fora da sala de aula. Entretanto, com base em alguns resultados observados e em conversas particulares com estudantes, constatei que alguns alunos usam o processo para se vingar daqueles professores mais exigentes; outros, para incentivar professores mais relapsos, que “facilitam” suas vidas. Alguns não respondem ao questionário. Outros respondem de qualquer jeito, mesmo sem entender exatamente o que está sendo perguntado. Respostas marcam disparates como o observado em mesma turma, num mesmo semestre, em relação à assiduidade de um professor: cerca de 60% da turma respondeu que o professor é 100% assíduo e o outro 40% respondeu que é muito pouco assíduo (as respostas extremas). Perguntei numa outra turma o que significava ser “assíduo” e alguns alunos confessaram não saber o que a palavra significava. Será um caso isolado? Ocorreu também com outros conceitos/definições? Isso certamente deve provocar fortes distorções no processo.

Assim, neste contexto de avaliação como um todo, como um processo amplo e geral, surgem perguntas como: O que o estudante deve realmente aprender? O que é importante aprender? Como medir este aprendizado? Os instrumentos utilizados na avaliação são fidedignos, ou seja, espelham o aprendizado do aluno? Como considerar os fatores que interferem no aprendizado? Como avaliar o desempenho do professor? Como avaliar a qualidade da instituição responsável pelo ensino? Como avaliar se os objetivos educacionais estão sendo alcançados? Como avaliar os próprios instrumentos de avaliação?

Considera-se que os questionamentos acima não apresentam uma resposta simples e direta. Certamente eles dependem da importância atribuída a cada questão pelos agentes do processo: o professor, o aluno, o corpo docente, o corpo discente e os agentes administrativos. Na própria avaliação discente, muitas vezes considerada um simples procedimento de rotina, já existe uma alta complexidade embutida no processo. Considera-se (PELEGRINO, 2002) que nesta avaliação há três elementos subjacentes, nem sempre

percebidos: um modelo do conhecimento do estudante, um conjunto de crenças sobre os tipos de observações que fornecerão evidências sobre as competências dos estudantes e a interpretação dos resultados.

Ou seja, existe toda uma “cultura” escolar que se apóia em crenças, valores, modelos e atitudes e que interpretam e direcionam o processo educacional como um todo. Muitas destas questões estão implícitas ao processo e fazem parte da “ideologia” educacional vigente.

Se é imperioso avaliar o aprendizado dos alunos, não seria também imperioso avaliar todo o processo educacional? Como saber se a direção que o processo educacional toma o leva ao alcance de seus objetivos? Tais objetivos estão explícitos e são conhecidos por todos? Como obter parâmetros de ajuste para guiar o processo educacional para atingir seus objetivos?

Então, supondo-se que uma adequada instrumentalização da avaliação de todo processo de ensino seja fundamental para o aperfeiçoamento contínuo dele mesmo e de sua apropriação ao/do momento histórico, propõe-se o sistema de avaliação apresentado nos itens a seguir, e que é desenvolvido nos próximos capítulos deste trabalho.

1.4 Identificação do problema

Conforme preliminarmente colocado, uma vez definido o tipo de engenheiro que se quer formar e estando planejado/desenhado o currículo para se obter aquela formação, a dúvida que resta é se os resultados almejados estão sendo ou serão alcançados. E esta dúvida se manifesta em relação ao que ocorre tanto dentro de cada disciplina do curso como dentro do curso como um todo. Então, é necessário que se tenham ferramentas adequadas que permitam avaliar se os objetivos desejados estão sendo alcançados e de que forma, fornecendo ainda subsídios para eventuais correções de rota e futuros planejamentos.

Vários autores valorizam e propõem formas de avaliação do ensino, tanto dentro da sala de aula, numa disciplina, tanto como um todo, dentro de um grupo de disciplinas, dentro do departamento ou até em ambientes mais abrangentes, num processo vivo e dinâmico.

A já citada avaliação institucional da UFSC apresentou limitações, conforme já comentado. E faltou, me parece, uma maior divulgação dos resultados (os professores recebiam suas avaliações de forma reservada). Faltaram, principalmente, discussões e reflexões a respeito daqueles resultados, de forma que fossem estabelecidas políticas e procedimentos que levassem à correção dos pontos fracos observados e enaltescessem os pontos fortes. Faltou, de um modo geral, um melhor aproveitamento de todo aquele esforço avaliativo. A responsabilidade de mudança, pareceu, ficou a cargo de cada professor, que talvez, particularmente no caso das engenharias, não contasse com as ferramentas didático-pedagógicas adequadas para perceber/refletir/rever sua própria forma de atuação. Talvez em termos da Instituição tenha havido alguma iniciativa, mas face à heterogeneidade de seu corpo docente, essas eventuais medidas teriam tido real eficácia?

Quanto ao antigo Exame Nacional de Cursos, o “Provão” do MEC, também já citado anteriormente, este tinha por objetivo alimentar os processos de decisão e de formulação de ações voltadas para a melhoria dos cursos de graduação. Visava complementar as avaliações mais abrangentes das instituições e cursos de nível superior, obtendo dados informativos que refletiriam, da melhor maneira possível, a realidade do ensino, sua qualidade e a eficiência das atividades de ensino, pesquisa e extensão. Esse Exame produziu alguns resultados, apesar da resistência e protestos dos alunos, notadamente nas suas primeiras edições. Perceberam-se faculdades mal avaliadas reclamando dos critérios do Exame. Por outro lado, faculdades bem avaliadas usavam os resultados para se promover. Teve os seus méritos, desencadeou ações corretivas, pressionou cursos de má qualidade a buscarem melhorias, tanto na sua infra-estrutura quanto no seu projeto didático-pedagógico. Serviu para “separar o joio do trigo”, isto é, os cursos de excelência daqueles sem a mínima qualidade.

Mas, também aqui não percebi uma melhor orientação aos professores de engenharia de como melhorar seus procedimentos em sala de aula. Era mais uma avaliação tipo “chapéu”, olhando o curso do alto, no macro, sem chegar ao micro, nos detalhes do relacionamento professor-aluno. Ao que parece, face à sua abrangência, seria lhe exigir demais.

Mas, em que pese seus méritos, algumas dúvidas pairam sobre essas duas avaliações, sobre suas efetividades, seus reais alcances, o que está funcionando, quais as deficiências apresentadas pelos processos, qual o retorno obtido e qual sua influência sobre

o que acontece dentro da sala de aula. E surgem mais perguntas: Por que foram extintas? Alta relação custo-benefício? Pressões externas de donos de faculdades e professores, que não querem ser avaliados? Resultados pífios em relação ao esforço empreendido?

Bem, devem existir várias respostas. Mas, no momento, não é isso que importa. O que se quer deixar claro é que essas duas avaliações, embora atuando em níveis diferentes, têm em comum o fato das análises serem baseadas na estatística. Apresentam seus resultados em termos de média, desvio padrão e parâmetros semelhantes. Não mostram relacionamentos indiretos que podem estar interferindo nos resultados obtidos e não expressam de forma explícita como as pessoas relacionam os vários fatores envolvidos na estrutura de um curso superior, passando desde a infra-estrutura e terminando dentro da sala de aula, no relacionamento professor-aluno. Também não permitem realizar simulações, como por exemplo, modificar determinadas situações e observar como o conjunto como um todo reage a essas mudanças e, a partir daí, obter subsídios para a elaboração de novas propostas e políticas educacionais que façam o processo evoluir na direção desejada.

1.5 Metodologia

A avaliação é um aspecto crítico dentro de um ambiente educacional. É um processo complexo e difícil porque envolve muitos aspectos inter-relacionados, desde o julgamento do conhecimento e habilidades dos alunos, os métodos utilizados para este julgamento, as condições gerais do ambiente educacional, até valores ideológicos, dentre outros. Uma avaliação completa deveria levar em conta cada aspecto do processo de ensino-aprendizagem, permitindo melhoramentos/aperfeiçoamentos gerais e efetivos do sistema educacional.

Assim, neste trabalho se propõe o desenvolvimento de uma metodologia de análise, planejamento e avaliação *formativa*, entendida aqui como uma avaliação freqüentemente informal e conduzida com o propósito de aperfeiçoamento de um processo e que usualmente começa antes do processo ser completado. No caso do ambiente de ensino, envolveria o acompanhamento do curso e do estudante, de forma a aperfeiçoar o ensino e o

aprendizado dentro de uma disciplina ou currículo, num processo de realimentação e reavaliação contínuas.

Esta metodologia permite avaliar aspectos como a forma como os professores e estudantes entendem o curso, explicitar suas crenças, perceber como o processo de criação das habilidades desejadas para o novo engenheiro eletricista está se desenvolvendo e o grau de satisfação com o curso, de forma integrativa, por alunos e professores envolvidos. Baseia-se no *ciclo de Deming*, na ferramenta do *mapa cognitivo difuso* e no uso de *questionários*. Estas idéias originaram os artigos das referências PACHECO *et al.* (2004c) e PACHECO *et al.* (2004d), que ilustram a proposta por meio de exemplos simplificados do modelo que, aqui neste trabalho, é detalhado e aprofundado.

O ciclo de Deming é uma metodologia para administração de sistemas produtivos e se mostrou interessante para ordenar e sistematizar etapas a serem seguidas num planejamento, incluindo a administração de um sistema educacional. Esta metodologia indica os meios a serem utilizados, o início, todos os passos intermediários e o fim do processo. Além disso, é um método realimentado, o que é essencial para um processo dinâmico de avaliação como o que se está propondo. Maiores detalhes sobre esta metodologia são apresentados no **Capítulo 4**.

O mapa cognitivo difuso é um método de modelagem matemática especialmente desenvolvido/aplicado para análise de sistemas sócio-políticos. Permite a obtenção de aspectos/conceitos relevantes de um sistema, além de diagnósticos e prognósticos para planejamento e direcionamento de ações. Baseia-se nas múltiplas relações de causa e efeito entre conceitos e aspectos de um sistema complexo, formando uma rede de informações que representa o sistema objeto de análise.

A contribuição principal deste trabalho, ou seja, o seu caráter inovador, está na utilização dos mapas cognitivos difusos para modelar o ambiente de ensino de engenharia, nos seus vários aspectos/facetas, e se utilizar do conhecimento obtido para alimentar e realimentar uma metodologia administrativa, no caso, como sugestão, o ciclo de Deming. Cabe dizer que a metodologia administrativa não é o foco deste trabalho, mas sim a forma de obtenção, alimentação e realimentação de dados para este processo. O ciclo de Deming foi aqui escolhido como exemplo pelo seu caráter cíclico e de retroalimentação.

É importante salientar que a grande vantagem de se usar os mapas cognitivos difusos, ao invés de métodos estatísticos convencionais, é que aquele leva a um modelo de

funcionamento do sistema como um todo, além de fornecer dados numéricos de interesse ao planejador/executor do processo.

Um dos grandes desafios deste trabalho é definir claramente os conceitos/aspectos relevantes ao sistema de ensino, defini-los corretamente, obter seus relacionamentos e escrever o modelo matemático. Da escolha destes conceitos, de sua clara definição e da calibração dos pesos das ligações⁷ dependerá a qualidade dos resultados obtidos, ou seja, o quão fielmente a realidade alvo de análise estará sendo representada, ou, em outras palavras, o quão fidedigno será o modelo.

Os conceitos e os pesos das ligações, dependendo da análise de interesse, poderão ser obtidos com base na bibliografia consultada, dados por especialistas ou pelas pessoas envolvidas no processo que se pretende avaliar (professores, estudantes e funcionários), por exemplo, por meio de questionários. Neste trabalho optou-se pelo uso de questionários (ver **Apêndice H**) que serviram como fonte de coleta de dados para a obtenção dos pesos dos conceitos.

Cabe também dizer que o pressuposto do autor é que esta metodologia só se torna eficaz numa concepção sócio-interacionista, ou seja, na construção dinâmica do conhecimento sobre complexidade do processo ensino-aprendizagem em engenharia, por meio das relações sociais cooperativas fundamentadas no diálogo envolvendo todos os atores do processo.

Os **Capítulos 4 e 5**, fornecem, passo a passo, todos os detalhes e a fundamentação teórica da metodologia.

1.6 Organização e seqüência do trabalho

A seguir se descreve como este trabalho foi organizado.

O presente **Capítulo 1** apresenta as idéias fundamentais do trabalho, justifica sua necessidade e defende seu caráter inovador.

⁷ A grosso modo, as maneiras como os conceitos interagem, como se influenciam mutuamente. O Capítulo 4 torna mais explícito o significado desses “pesos das ligações”.

O **Capítulo 2** apresenta uma pequena introdução de alguns conceitos relativos ao processo de ensino e à educação, visando um melhor entendimento de vários conceitos e definições apresentados ao longo deste trabalho. Visa ajudar o professor-engenheiro típico⁸ a desenvolver uma idéia básica e ter um melhor entendimento dos conceitos, definições e teorias de aprendizagem dentro do contexto de um curso de engenharia. É realizado um estudo comparativo entre as teorias propostas por Jean Piaget, Paulo Freire, Howard Gardner, Roger Schank e Lev Semenovich Vygotsky, buscando suas semelhanças e diferenças para, posteriormente, explorar seus conceitos e descobertas em métodos pedagógicos para a área tecnológica.

O **Capítulo 3** apresenta uma revisão bibliográfica que levanta uma série de assuntos/abordagens sobre o ensino de engenharia que vem sendo apresentados em fóruns específicos e discutidos em publicações especializadas. Tais assuntos são divididos em seis grupos: Curso de Engenharia, Ferramentas de ensino, O Professor, O Aluno, O Ensino e Assuntos não abordados. Juntamente com o **Capítulo 2**, é essencial para a seleção e escolha dos conceitos que são considerados para a construção do mapa cognitivo difuso.

O **Capítulo 4** apresenta a fundamentação teórica das metodologias utilizadas, os procedimentos matemáticos, o fluxograma do programa de tratamento de dados e o método de coleta de dados. Como já dito anteriormente, o trabalho sugere a utilização do ciclo de Deming como metodologia administrativa e os mapas cognitivos difusos para a modelagem da questão educacional.

O **Capítulo 5** descreve a implementação da metodologia, os critérios usados e as escolhas feitas, os conceitos escolhidos para serem trabalhados, a coleta de dados, o questionário *on-line* e os programas de tratamento de dados.

Finalmente, o **Capítulo 6** comenta os resultados obtidos e a abrangência do método e também apresenta sugestões para trabalhos futuros correlatos e aperfeiçoamentos julgados necessários.

⁸ Neste trabalho significa aquele engenheiro que, mesmo sem um profundo domínio de técnicas de ensino, formação em pedagogia ou conhecimento de formas e processos de aprendizagem, é contratado como professor em um curso de Engenharia.

2

O PROFESSOR-ENGENHEIRO E O PROCESSO ENSINO- APRENDIZAGEM

2.1 Introdução

Esta pesquisa está focada no Ensino de Engenharia, onde, a rigor, pelo menos no Brasil, não é exigido do professor um profundo domínio de técnicas de ensino, formação em pedagogia, nem o conhecimento de formas e processos de aprendizagem. Também não percebi, com base nas referências pesquisadas, a exigência de uma formação específica para professor de engenharia em outros países.

Assim sendo, considero importante definir o que seja o professor-engenheiro típico e fazer uma pequena introdução de alguns conceitos relativos ao processo de ensino e à educação, visando um melhor entendimento de vários conceitos e definições apresentados ao longo deste trabalho.

Apresento também um estudo comparativo entre as teorias propostas por Jean Piaget, Paulo Freire, Howard Gardner, Roger Schank e Lev Semenovich Vygotsky, com o intuito de ajudar o professor-engenheiro a desenvolver um melhor entendimento dos conceitos, definições e teorias de aprendizagem dentro do contexto de um curso de engenharia.

2.2 O professor-engenheiro típico

Neste trabalho considero o professor-engenheiro típico aquele engenheiro que, mesmo sem um profundo domínio de técnicas de ensino, sem formação em pedagogia ou psicologia ou ainda sem o conhecimento de formas e processos de aprendizagem, é aprovado num concurso de provas e títulos e é contratado para lecionar em um curso de Engenharia.

Tomando como exemplo os primórdios da história do Departamento de Engenharia Elétrica da UFSC, o procedimento usual para selecionar um novo membro para seu corpo docente era o de se contratar engenheiros, pesquisadores-engenheiros e até alunos de graduação recém-formados. Posteriormente, passou-se a contratar alunos de cursos de pós-graduação, mestrados ou doutorandos e, mais recentemente, engenheiros-pesquisadores com mestrado ou, de preferência, doutorado. Nos dias de hoje esta última é a única titulação aceita.

Mas, conforme pode ser visto à página 12 de BAZZO (1998), continua inexistindo a exigência de uma habilitação específica para ensino em cursos de engenharia e, principalmente, para a formação do engenheiro contemporâneo. Reflexões sobre este tema podem ser lidas em PACHECO *et al.* (2004a), PACHECO *et al.* (2005b) e PACHECO & MARTINS-PACHECO (2005).

Esse processo ocorreu e ocorre de forma semelhante em outros cursos de engenharia Brasil afora. À página 15, em TORRES (2002), a autora, como resultado de uma pesquisa feita junto a professores de engenharia, coloca: *“Entretanto, constata-se a quase ausência de ações de formação dirigidas aos professores do Ensino Superior. Quase sempre os professores iniciam a carreira no Ensino Superior sem formação pedagógica e, quando a têm, pouco impacto lhes causou; com frequência, se referem às licenciaturas como “perfumarias” ou outras analogias pouco elogiosas. Contam, basicamente, com seus saberes específicos e com as referências que construíram, ao longo de suas trajetórias como alunos, do que é ser professor”*.

Como se percebe, a atitude mais comum do novo professor é modelar seus antigos professores, aqueles mais apreciados, ou adotar procedimentos contrários em relação àqueles avaliados de forma negativa. Mas, não me ficou claro. Quais professores estão sendo modelados pelo professor-engenheiro? Apenas seus antigos professores-engenheiros ou mesmo atuais colegas? Ou entre esses modelos estão também professores de níveis anteriores à Universidade? Aqueles professores eram modelos adequados, passaram valores éticos e morais? Como eram seus procedimentos didático-pedagógicos? Eram adequados? Influenciaram os métodos dos professores-engenheiros atuais? De que forma? Será que vários problemas detectados no ensino superior já não vem de etapas anteriores?

De qualquer forma, não creio que eventuais falhas anteriores justifiquem a ausência de uma formação específica para o ensino de engenharia. Pelo contrário, enfatizam essa necessidade.

Ainda de acordo com Torres, à página 53 da mesma referência: *“a formação de professores visando as dimensões pedagógicas é quase inexistente nos professores do Ensino Superior. Em geral, são profissionais em suas áreas de ação, exercendo a docência como subprojetos, mantendo como (quase) única referência de atuação a dinâmica dos professores que tiveram”*.

Em função do que foi colocado anteriormente, senti a necessidade de se escrever este capítulo introdutório com a apresentação de alguns conceitos relativos ao ensino e à educação.

Por exemplo, em FELDER & BRENT (2004) os autores afirmam que muitos membros do corpo docente de um departamento de engenharia têm potencial para serem excelentes professores, mas freqüentemente seus métodos didáticos são baseados na tentativa-e-no-erro. Como ficariam os departamentos de ensino se este potencial fosse traduzido em salas de aula? E os alunos? Como seriam beneficiados?

Há uma vasta literatura sobre ensino e aprendizagem, mas seus vocabulários e termos são não-familiares, difíceis e abstratos aos professores das áreas tecnológicas. Assim, considera-se importante apresentar algumas abordagens pedagógicas de forma resumida e simplificada, sem uma preocupação maior com as questões ideológicas subjacentes às essas teorias. Portanto, este capítulo busca a incorporação de termos, conceitos e definições específicos da área psico-pedagógica. Houve a preocupação com o uso de um linguajar mais acessível ao professor-engenheiro. Conforme colocado, existe uma lacuna na formação de boa parte desses profissionais a respeito de assuntos relacionados à educação, ao ensino, às formas de aprendizagem, ao papel dos atores (professor e aluno) e do cenário (principalmente o ambiente social) no processo de ensino/aprendizagem e também em relação à forma como este processo ocorre.

Espero ainda que este conhecimento seja importante também para um melhor aproveitamento da leitura dos vários artigos e livros disponíveis na literatura sobre o ensino de engenharia, facilitando o entendimento e o aprofundamento das várias questões colocadas a respeito deste assunto, muito em voga atualmente, principalmente pela rápida aceleração dos conhecimentos e das conquistas tecnológicas percebidas nos dias atuais.

Faço então uma breve apresentação de algumas teorias relacionadas ao processo da aprendizagem e suas conseqüências. Enfatizo temas abordando o processo de aprendizagem e qual o papel do professor, do aluno e do ambiente social nesse processo. Apresento alguns outros conceitos e definições, interessantes para uma introdução à cultura e jargões da área pedagógica.

Por fim, deve ficar claro que esses conceitos e definições são importantes para a compreensão e justificativa de escolha de alguns conceitos escolhidos para a etapa de implementação do modelo proposto neste trabalho.

Nesta linha, o **Apêndice A – TEORIAS CONTEMPORÂNEAS DE APRENDIZAGEM** apresenta idéias de cinco grandes pensadores do processo ensino-aprendizagem, quais sejam: **Jean Piaget** (considerado como o pai da ciência do aprendizado); **Paulo Freire** (o pai do ensino dentro do contexto social); **Roger Schank** (o representante da tecnologia no ensino); **Howard Gardner** (o pai das inteligências múltiplas) e, finalmente, mas não menos importante, **Lev Semenovich Vygotsky** (o “Mozart da psicologia”).

Deve ficar claro que não é pretensão deste trabalho defender as idéias de um ou outro autor. Não é este o objetivo. Nem pretendo usar especificamente alguma de suas teorias para justificar ou basear a proposta a ser desenvolvida, embora se possa recorrer a alguma delas para tentar explicar ou entender determinado aspecto abordado. Repetindo, o objetivo é se obter um conhecimento prévio de algumas teorias de aprendizagem para dar subsídios para uma melhor compreensão das várias abordagens feitas nesta pesquisa. Um resumo dessas teorias pode ser visto em PACHECO *et al.* (2005b).

2.3 Resumo das principais idéias de alguns pensadores

Em função dos pressupostos que fundamentam as teorias dos cinco autores/pensadores do processo ensino/aprendizagem apresentadas no já citado **Apêndice A**, a partir das leituras de MONTANGERO & MAURICE-NAVILLE (1994), FREIRE (2000), GARDNER (1995), SCHANK (1997), OLIVEIRA (1993), RISCHBIETER (2002) e SCHÜTZ (2002), montei⁹ os Quadros 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5.

Estes quadros, apresentados na seqüência, mostram a comparação das idéias de cada pensador a respeito de conceitos relacionados ao processo de ensino/aprendizagem, e que têm importância para o contexto deste trabalho. Estes quadros também podem ser vistos em PACHECO *et al.* (2005b).

⁹ Baseado nas leituras das bibliografias citadas e em notas de aula da disciplina Teorias Contemporâneas de Aprendizagem, oferecida pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFSC, no terceiro período de 2000.

Quadro 2.1 – Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: **Avaliação**.

Pensador	Avaliação
Piaget	É feita em cima do erro. Pelo erro se medirá o que e como o aluno aprendeu ou ainda precisa construir para adquirir determinado conhecimento.
Freire	É processual e dialógica. Os saberes serão trabalhados pelos alunos e devolvidos sob uma nova forma. É a teoria da pergunta.
Gardner	Deve ser planejada a fornecer meios que simultaneamente ajudem a descobrir e a estimular as competências individuais.
Schank	Deve ocorrer em experiências reais ou simulações dessas, de forma dinâmica, possibilitando ao aprendiz aprender com os seus próprios erros.
Vygotsky	É feita pela análise da capacidade do aprendiz em utilizar instrumentos simbólicos para complementar suas atividades, ultrapassando suas bases biológicas.

Quadro 2.2 – Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: **Ambiente de Aprendizagem (Interface, Interatividade)**.

Pensador	Ambiente de Aprendizagem
Piaget	Deve apresentar uma interface amigável, de fácil entendimento, respeitando os estágios de desenvolvimento do aluno/aprendiz.
Freire	Deve promover curiosidade, criatividade, reflexão crítica, respeito, interatividade, cooperação, participação, corporificação das palavras pelo exemplo, não estando alheio à formação moral, ética e política do educando.
Gardner	Deve contemplar espaços que permitam despertar e motivar os alunos, oferecendo canais para desenvolver as múltiplas inteligências, lembrando-se também das áreas menos promissoras.
Schank	Deve ser dinâmico, o mais próximo possível da realidade vivida pelo aluno, deve permitir o erro e possibilitar o aluno a aprender com o erro. A interface deve ser interativa e incentivadora do processo de aprendizagem. As situações oferecidas ao aluno, reais ou simuladas, devem espelhar em alguns dos seus aspectos o interesse do próprio aluno.
Vygotsky	É o próprio ambiente cultural, pois não existe indivíduo crescendo fora dele. A cultura e o fator social são de fundamental importância no desenvolvimento do indivíduo. Desde o nascimento, o bebê passa a integrar uma comunidade marcada por hábitos, gestos, linguagens e tradições específicas, que orientam os rumos do seu desenvolvimento.

Quadro 2.3 – Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: **Conhecimento**.

Pensador	Conhecimento
Piaget	É o resultado dos estágios de assimilação, adaptação e acomodação, chegando ao equilíbrio, que é a construção do conhecimento, resultado de contínuas descobertas e da criatividade.
Freire	É o resultado da aprendizagem. Sua construção se dá a partir da realidade e se torna rigorosa por meio da reflexão crítica. União + colaboração + organização → síntese cultural (conhecimento).
Gardner	É a capacidade de gerar um produto cultural útil relacionado com a habilidade em questão e o meio ou, em outras palavras, é o “desenvolvimento das habilidades”.
Schank	É o conjunto das informações contidas na memória de um indivíduo, relacionadas a experiências pessoais e que estão disponíveis para uso em uma eventual situação futura, quando essa o exigir.
Vygotsky	É obtido com a interação com o meio e a cultura, fortemente intermediada pela linguagem. Depende fortemente do contexto sócio-histórico em que o indivíduo (aprendiz) está inserido.

Quadro 2.4 – Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: **O papel do professor**.

Pensador	Professor/Educador
Piaget	Deve evitar a rotina e a fixação de respostas e de hábitos. Deve também propor problemas aos alunos, sem dar-lhes soluções, provocando desequilíbrios e desafios. Deve assumir o papel de mediador, investigador, pesquisador e orientador, realizando com os alunos suas próprias experiências para auxiliar na sua aprendizagem e no seu desenvolvimento.
Freire	Aprende enquanto ensina. É o orientador do processo ensino-aprendizagem vivencial do educando (possui soberania intelectual).
Gardner	Deve produzir uma educação para o entendimento, aproveitando as diferentes habilidades dos educandos.
Schank	É a pessoa que idealiza, planeja, organiza e oferece situações que levarão o educando a aprender, sempre primeiramente levando em conta os interesses e as necessidades do educando. Não domina necessariamente todo o conteúdo e incentiva o educando a buscar novas fontes de conhecimento.
Vygotsky	Tem papel preponderante no processo de aquisição de conhecimento, pois este processo é essencialmente dependente das interações do aprendiz com os outros, especialmente com adultos que utilizam e dominam as diferentes linguagens simbólicas.

Quadro 2.5 – Resumo das principais idéias de Piaget, Freire, Gardner, Schank e Vygotsky, relativas à aprendizagem: **O papel do aluno.**

Pensador	Aluno/Educando
Piaget	Deve ser ativo e observador. Deve experimentar, comparar, relacionar, analisar, justapor, encaixar, levantar hipóteses, argumentar, pesquisar. Cabe ao aluno encontrar a solução dos problemas que lhe são apresentados.
Freire	Ensina enquanto aprende. Sujeito ativo do seu processo de conhecimento. Consciente, responsável, curioso.
Gardner	Como possui um perfil intelectual próprio, deve ser submetido abordagens curriculares adequadas às suas habilidades. Cada aluno deve ser tratado individualmente.
Schank	É o indivíduo que se envolve profundamente nos processos de aprendizagem, que refletem seus próprios interesses.
Vygotsky	Aprende não apenas explorando o ambiente, mas também dialogando, recebendo instruções, vendo o que os outros fazem e ouvindo o que dizem. As atividades cognitivas básicas do indivíduo ocorrem de acordo com sua história social e acabam se constituindo no produto do desenvolvimento histórico-social de sua comunidade.

2.4 Outras considerações

Parece-me que todos os autores colocaram o foco do ensino primordialmente no aprendiz. O leitor concorda? Motivar os alunos parece ser o grande desafio. Reconhecer suas eventuais deficiências e conhecer suas expectativas em relação ao curso e mesmo em relação às suas vidas parece ser um fator extremamente importante para que o professor assuma o papel de incentivador e mediador no processo de aprendizagem. Entretanto, uma questão que vem de imediato: Mesmo que preparado, seria possível o professor exercer esse papel na estrutura atual de ensino? Os currículos atuais, as salas de aula, a infraestrutura acadêmica como um todo e o número de alunos pelo qual o professor é responsável estão adequados para que o professor possa exercer satisfatoriamente o seu papel? E o processo de acesso à Universidade, por exemplo, o vestibular? É adequado? Qual a qualidade da matéria-prima (aluno) que chega ao professor? É boa, razoável, deixa a desejar? O modelo proposto neste trabalho deve fornecer subsídios para responder a essas e outras perguntas.

Um outro aspecto deve ser abordado. Hoje em dia existem apostas em *tecnologia/informática no ensino* para resolver eventuais problemas de didática. Entretanto, o que se espera é que no futuro só se fale em **ensino**, e que a tecnologia seja apenas mais uma de suas ferramentas: “*A Informática, ao invés de ser considerada um acessório ou prótese da Educação, é incorporada ao contexto da Educação*” (KOMOSINSKI, 2000), página 130.

Também em GARDNER (1999), página 42, faz-se uma reflexão sobre o uso da tecnologia no ensino, onde se afirma que as novas tecnologias devem ser vistas como meios e não como fins. À página 65 de BAZZO (1998) se complementa afirmando que “*inúmeros professores, em virtude da sofisticação dos computadores, estão jogando para eles as responsabilidades didáticas de forma alarmante. Não se pode, e não se deve, tirar o mérito do computador como auxiliar indispensável neste processo, mas é inconseqüente atribuir a ele algo mais do que o papel de auxiliar no processo de construção de conhecimento*”. Assim, posso concluir que o computador pode e deve apenas tomar parte de uma estratégia de ensino mais ampla.

Foi apresentado na Europa um programa educacional baseado em computador (THIRIET *et al.*, 2002), visando dar uma “dimensão européia” ao ensino de engenharia, cujas metas primárias foram: aumentar os conhecimentos das línguas européias, promover a mobilidade de professores e estudantes entre as nações, e iniciar discussões sobre harmonização de currículos e graus entre os países membros, com ênfase especial em ensino aberto, ensino à distância e educação continuada. Foi feita uma aplicação piloto e uma avaliação pelos alunos de graduação, que apresentou estes resultados, entre outros:

- 1- A aplicação das ferramentas oferecidas deveria ser opcional, não obrigatória;
- 2- As ferramentas via *Internet* deveriam ser um complemento às aulas expositivas ao invés de substitutas;
- 3- Deveria estar disponível uma versão impressa do texto, já que a leitura na tela é mais difícil;
- 4- A disponibilidade do curso deveria ser aumentada, pois houve problemas com faltas de pontos de trabalho, de configurações de computadores e falhas na rede;
- 5- É entediante ficar somente apertando botões;
- 6- Consideram as ferramentas via *Internet* bem vindas, desde que não sejam obrigatórias.

O resultado parece mostrar que um professor bem preparado didaticamente ainda tem um papel relevante dentro do ensino, como é consenso entre os cinco pensadores estudados.

Atualmente outros métodos de ensino também têm forte apelo. São técnicas como **RPG** (*Role Playing Games* - representação de papéis) (BOLZAN, 2003), **ODL** (*On Demand Learning* – aprendizagem por demanda), **TBT** (*Technology Based Training* - treinamento baseado em tecnologia), **CBR** (*Case-Based Reasoning* – raciocínio baseado em casos) (LACERDA et. al., 1998 e MARTINS, 2002) e vários outros. São modernos métodos de ensino e treinamento, dinâmicos, auxiliados ou não por computador. Podem ser usados para simular situações em vários ambientes (sala de aula, escritórios, indústria e outros), propiciando o trabalho em grupos, compartilhando tarefas e conhecimentos, entrosando pessoas, vencendo a timidez, buscando soluções para problemas apresentados. Sua utilização, se feita de forma adequada, pode ser muito motivadora e seu uso pode se constituir em forte aliado para o aprendizado. Mas, não seriam apenas mais ferramentas de ensino? Poderiam substituir adequadamente um professor preparado tanto técnica como didaticamente? Pode parecer óbvio que não, mas há autores que acreditam nisso e se esforçam para que isso se torne realidade, como pode ser visto em THIRIET *et al.* (2002). E qual a opinião do leitor a respeito?

Um outro aspecto. Conforme Vygotsky, dentro de sua teoria sócio-construtivista, as pessoas precisam aprender dentro de um ambiente social favorável. O ser humano, como ser sociável, precisa de atenção, ser ouvido. O método de ensino talvez seja quase secundário. Qual seria o real valor de uma boa “conversa construtiva”? Como se poderia elevar o “moral” dos estudantes frente aos seus desafios diários? A escola deveria buscar resolver os conflitos pessoais e familiares dos seus alunos? E os professores teriam tempo, interesse e preparo para lidar com estas questões com seus alunos?

Pelo que já foi colocado até aqui, preparar um professor-educador não é uma tarefa simples. Aliás, é uma tarefa complexa, envolvendo aspectos técnicos e humanos. E um agravante é a excessiva valorização das atividades de pesquisa e publicações (geram promoções e incentivos diversos e permitem a obtenção de bolsas e financiamentos), em detrimento das atividades de ensino/educação, conforme pode ser observado à página 52 de BAZZO (1998) e em FAIRWEATHER *et al.* (1996). Repetindo: boa parte dos atuais professores dentro do Ensino de Engenharia são engenheiros que dão aulas.

Existe um outro aspecto de muita importância, que deveria ser sempre considerado: a aprendizagem por imitação, ou seja, pela observação direta da conduta de outras pessoas. Isto é colocado em BRAGHIROLI *et al.* (1998) e DAVIDOFF (2001), como pode ser lido respectivamente à página 129 e à página 130. Os primeiros autores afirmam textualmente em seu livro: “*experimentadores provaram que os modelos mais passíveis de ser imitados são os que têm poder de reforçar (como pais, professores, amigos)*”. Assim sendo, há ainda de ser considerado o fato de que o professor é um modelo para o aluno (KOTNOUR, 1999), em todos os níveis e idades, passando-lhe inclusive valores éticos e posturas profissionais.

Existe resistência de uma grande parte dos professores de engenharia em mudarem seus métodos didáticos. E há vários motivos para isso. Existem fortes paradigmas a serem mudados. Inclusive nos próprios alunos, em boa parte acomodados, e que parecem preferir um ensino tradicional, mais previsível, conforme se pode deduzir, por exemplo, de BAZZO (1998), notadamente às páginas 109 e 251.

Até as primeiras décadas do século passado, para ser um engenheiro e dominar determinado ramo da engenharia, bastava dominar uns poucos manuais. E realmente era suficiente. O ensino se limitava a apresentar e interpretar esses manuais. Mas houve uma evolução nas dinâmicas de desenvolvimento, tanto no aspecto científico-tecnológico quanto nos aspectos humano, político e social. Entretanto, ainda conforme BAZZO (1998), à página 74, a forma de ensinar engenharia mantém-se praticamente imutável nos departamentos de ensino nos dias atuais. Várias mudanças curriculares são realizadas com certa frequência, mas normalmente não passam de mudanças cosméticas, paliativos, enxertos, que não logram o êxito esperado. Tão logo uma mudança curricular tem sua implementação terminada, já está sendo substituída por uma nova, quase tão ineficaz quanto ela. Esta situação leva à seguinte afirmação, extraída de PEREIRA & BAZZO (1997), à página 70: “*salvo raras exceções, com base em praticamente tudo o que se tem visto até aqui, as inúmeras reformas curriculares que se processam na busca de adaptações ao dinâmico desenvolvimento dos diversos campos de conhecimento humano têm sido inócuas*”. Isto traz transtornos para as coordenações e gera sobrecarga para os departamentos, sem surtir efeitos práticos que justifiquem tal investimento de professores-hora, conforme se pode deduzir das declarações dos citados autores.

Contatos informais com colegas professores me levam a crer que o modelo de repasse de conhecimentos e experiências pelo mestre, apesar de considerado antigo e ultrapassado por alguns educadores, como por exemplo, Gardner, tem vários atrativos. Um é a própria inércia, como pode ser depreendido de BAZZO (1998), página 74. Por que mudar um procedimento que vem dando certo? Na realidade, esse “dando certo” é relativo. Quais as alternativas responsabilmente tentadas? Outro aspecto é que sempre existem aqueles alunos que oferecem a resposta que o professor espera, independentemente do método de ensino empregado, o que acaba justificando o professor. Ou seja, para o tipo de avaliação escolhido, este aluno tem um desempenho compatível com o que se espera dele. Os demais alunos têm problemas de formação, falta-lhes base ou são preguiçosos ou desinteressados. E assim o professor tenta se eximir de responsabilidades, jogando o ônus do mau desempenho sobre o aluno que não correspondeu.

Estão certos esses professores em suas observações? O leitor, sendo professor(a) ou se está ou esteve de alguma forma envolvido(a) com o ensino, deve ter conversado com seus pares ou colegas a respeito deste assunto. Em sua experiência, até que ponto essas observações estão de acordo com a realidade observada dentro de um departamento de ensino de engenharia? Fazem algum sentido? Por outro lado, em OSTHEIMER *et al.* (1994) os autores responsabilizam os professores pelo desempenho ruim de seus alunos. É realmente o professor o único responsável pelo mau desempenho do corpo discente?

Do ponto de vista de alunos de várias fases e até de alunos já formados, ainda de acordo com conversas informais, também conhecidas por “conversas de corredores”, uma mudança também seria temerária. Afinal, se está ruim, pode piorar, e “acaba sobrando para nós!”. Parece que dá menos trabalho aprender a resolver uma família de problemas que o professor apresenta. Desta lista caem dois ou três na prova, e o aluno os reproduzem, como foi ‘adestrado’ a fazer. Na pior das hipóteses, trocam-se os valores numéricos dos dados. O aluno que reproduzir o que foi “aprendido” com maior fidelidade obterá a maior nota. Se houver uma falha generalizada, vale a pena uma pressão sobre o professor. Ele anula a avaliação ou diminui a sua participação (peso) na média final da disciplina (e como fica aquela história de aprender com o erro?), ou ‘alivia’ na próxima. Ou entra o famoso acordo ou “Pacto de Mediocridade”: “Eu finjo que ensinei, vocês fingem que aprenderam, e tudo acaba bem!”.

Na realidade, em termos de ensino-aprendizagem, tudo acaba mal. As deficiências se acumulam, os alunos percebem que não estão aprendendo, desanimam. Os outros professores percebem que seus alunos não estão preparados. Têm um longo programa a cumprir. Não dá para ‘perder tempo’. Rapidamente vêm à mente duas alternativas. Uma é o professor assumir o seguinte: “Vou fazer a minha parte, cumprir o meu programa. Os alunos é que dêem um jeito de sanar suas deficiências!”. Esta prática acaba gerando frustrações, descontentamentos, altos índices de reprovação, pouco aprendizado e evasão escolar. Um clima desconfortável se instala. Ocorrem trocas de acusações. A outra alternativa é baixar o nível de exigências e transferir o problema para mais à frente, para os outros professores ou para o próprio aluno, que enfrentará o mercado de trabalho despreparado. Isso faz sentido para o leitor? Até que ponto?

Isto faz lembrar uma “historinha” de um experiente professor de engenharia elétrica, hoje aposentado. Ele costumava dizer que existem quatro tipos de professor na engenharia, em função do seu conhecimento e de sua forma de avaliação:

-Tipo 1: é o professor "enrolão", isto é, aquele que não planeja e não prepara sua exposição, chega tarde nas aulas e termina mais cedo, repete conteúdos, não acaba o programa, dando, quando muito, umas pinceladas a respeito dos últimos conteúdos. Gosta de contar histórias e comentar o futebol do final de semana. É legal na avaliação. Os alunos não o respeitam, mas se calam, por que o professor não lhes incomoda e lhes é conveniente. Falam mal dele pelas costas e depois de formados gostam de contar histórias e fatos em termos de zombaria.

-Tipo 2: "enrolão", mas sem “papo”, com o grave defeito de exigir nas avaliações. É detestado pelos alunos, que se vingam nas avaliações discentes. É candidato a ser expulso do curso.

-Tipo 3: é um professor de bom conhecimento, que planeja e prepara suas aulas, atende bem os alunos em suas dúvidas, mas tem aquele “grave defeito” de exigir muito nas avaliações. Os alunos normalmente não gostam muito dele, mas é respeitado inclusive pelos estudantes já formados.

-Tipo 4: professor com bom conhecimento, planeja e prepara suas aulas, atende bem os alunos e é “leve” nas avaliações. É muito admirado pelos alunos, sendo candidato natural a nome de turma, patrono ou paraninfo.

Se o leitor concorda ou não com essa classificação, tem restrições ou se propõe a aperfeiçoá-la, não é a questão de momento. O mais importante aqui é deixar claro que também o aluno tem o seu grau de participação no seu aprendizado, neste caso, exercendo uma pressão direta na forma do professor ensinar ou ministrar suas aulas.

Outro aspecto a ser considerado. O aluno, via de regra, admira aquele professor que aparece na sala de aula sem nenhum apontamento e gradativamente vai enchendo o quadro

de giz com conhecimentos que brotam espontaneamente de sua cabeça. Esse é o exemplo do bom professor, aquele que realmente sabe. Por outro lado, aquele professor moderninho, que vem com técnicas de trabalho em grupo e coisas assim, não costuma ser bem aceito. É um malandro, não sabe o assunto, não prepara as aulas e coloca os alunos para trabalharem para ele. “Não merece o salário que ganha!”. Mas, onde foi adquirido um conhecimento de melhor qualidade? Em termos cognitivos, qual a melhor aula? Aquela aparentemente bem organizada, onde o aluno não precisava pensar, apenas memorizar? Ou aquela onde ele teve que interagir, organizar, elaborar mentalmente, raciocinar? Como medir adequadamente o real aprendizado? Aliás, esta é outra questão importante. Aprende aquele aluno que reproduz bem o que lhe é apresentado, ou aquele que a partir do conteúdo que lhe é exposto deduz suas conclusões e apresenta novas soluções? E qual o papel do sistema de avaliação adotado pelo professor no aprendizado? Os professores conhecem e usam técnicas adequadas de avaliação das respostas dos alunos aos objetivos propostos em suas disciplinas?

Por outro lado, a postura paternalista que muitos professores adotam só faz aumentar a irresponsabilidade do aluno em relação ao seu próprio aprendizado. Às páginas 174 e 175 de BAZZO (1998), lê-se: *“Apresenta-se-nos cada vez mais claro que as questões educacionais devem procurar perder o excesso de paternalismo com que 'cuidam' desta juventude. Passa despercebido, em função das inúmeras atribuições que a vida moderna nos incute, que a escola, para cumprir seus ditames formais, força os alunos a exercerem atividades bastantes para ocupar-lhes toda a semana de trabalhos rotineiros, castrando sua capacidade de criar e refletir”*. E continua: *“na qualidade de professores nos julgamos muito mais capazes de observar, corrigir e refletir por eles e medir o aprendizado através mais de exercícios de repetição do que de qualquer outra atividade abstrata que lhes desenvolva o raciocínio”*. Defende que os professores não alimentem o conformismo, evitando que os estudantes sejam privados de estruturar seriamente uma nova idéia e de buscar continuamente novas reflexões, lembrando que o caminho para o aprendizado inclui sucessivos erros e que a precisão e a ordem vêm depois. Afirma ainda: *“É comum, entre nós professores, querer poupar os estudantes de reflexões críticas, concedendo-lhes com isso mais tempo para tarefas mais 'relevantes' na formação do engenheiro. Tal postura é imensamente cerceadora da liberdade do pensamento que vai,*

inclusive, refletir na própria formação mecanicista que tanto está consumindo a criatividade de nossos alunos”.

2.5 Conclusões

O Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina vinha patrocinando alguns seminários (*workshops*) para a discussão do ensino de engenharia, promovendo debates, reflexões e análises, visando apontar algumas iniciativas que possam resultar em melhorias na educação tecnológica brasileira. No IV Workshop de Ensino de Engenharia (UFSC-11/2000), o último desta série, mais uma vez problemas foram levantados e soluções foram sugeridas pelos palestrantes e convidados¹⁰, refletindo preocupações em relação ao atual Ensino de Engenharia no Brasil. Algumas das conclusões lá apresentadas, conforme anotações do autor deste trabalho, servem também de conclusão para este capítulo:

- Existem poucos engenheiros idosos, sintoma de que a maioria deixa a profissão precocemente, por não se adaptar aos novos tempos e tecnologias e aos baixos salários;
- Atualmente o Brasil é o 18º país em termos de produção científica, correspondendo a 1,2% da produção mundial. Mas, na geração de tecnologia o país deixa a desejar. A indústria não investe na pesquisa, não é competitiva tecnologicamente;
- A globalização exige profissionais mais bem preparados, adaptáveis, e currículos flexíveis;
- A escola deve incentivar os alunos a pensar criativamente, buscando inovação e conhecimento, visando agregar valor ao produto de seu trabalho, fruto de tecnologia, conhecimento e talento;
- Os alunos devem ser estimulados a inovar para encontrar soluções para futuros problemas;
- O papel do professor deve ser o de orientar e incentivar. Não deve ser um obstáculo para os alunos. Ao contrário, deve ser um apaixonado pela sua profissão e um exemplo para os alunos. O aluno deve estudar só o básico e inventar o resto;
- Os currículos devem ser flexíveis e regionalizados e proporcionar uma sólida formação científica: matemática, física e biologia. Devem incluir conhecimentos básicos do mundo em que se está vivendo, como administração e ciências sociais. A empresa pode complementar a formação de acordo com sua especificidade;
- Os alunos devem ser estimulados a ousar!;

¹⁰ Eng^o aeronáutico Ozires Silva, à época diretor presidente da VARIG; Eng^o civil Luiz Bevilacqua, UFRJ/COPPE; Eng^o químico Cesar Malave, Texas A&M University; Eng^o mecânico Álvaro Prata, UFSC.

- O aluno deve ser estimulado a desenvolver seu senso crítico. Atualmente ele é apático e não está ciente de seu papel social. Precisa se enxergar como agente de mudanças sociais!;
- Devem-se valorizar menos os erros para não bloquear a busca de soluções;
- Uma das causas da evasão escolar é a não adequação do curso com a vocação do aluno. “No Brasil se valoriza muito o título, e não a competência técnica da pessoa, ao contrário do que ocorre nos países anglo-saxões”, colocou um dos convidados. O valor dos salários devia ter relação com a eficiência e o tipo de trabalho, não simplesmente com a titulação acadêmica, para não se transformar bons técnicos em maus pesquisadores, na busca de status social e melhor salário.

Por fim, foi considerado um risco para o ensino o afastamento total dos profissionais engenheiros das Universidades. Com a preferência por professores com mestrado e doutorado e com dedicação exclusiva, a ausência de profissionais com prática de engenharia está fazendo falta na formação e motivação dos novos profissionais¹¹.

Entretanto, é importante enfatizar que não se pode voltar a cometer o erro do passado, quando estes profissionais, ao invés de usarem suas experiências para o ensino de projeto e disciplinas profissionalizantes, foram incumbidos, em alguns casos, de ministrar disciplinas básicas de ciências e engenharia, para as quais não estavam preparados. Com isso, pouco ou nada acrescentavam ao curso ou, no mínimo, não eram adequadamente aproveitados. Por outro lado, estariam estes profissionais, ainda atuantes no mercado, à vontade para passar os segredos da profissão aos futuros concorrentes?

Assim, o que se percebe desta análise inicial é que o processo ensino/aprendizagem é um processo contínuo, difícil, dinâmico, delicado, que necessita de muita dedicação e uma constante avaliação e sucessivos ajustes para que produza os resultados esperados por professores, estudantes e instituições de ensino. E o professor deveria estar totalmente ciente e integrado a esta dinâmica.

¹¹ O Prof. Raimundo Celeste Ghizoni Teive, Dr. (UNIVALI), membro da banca de avaliação deste trabalho, lembrou:

1- Atualmente, para registro de um curso, o CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) exige o preenchimento da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) para os professores que irão ministrar disciplinas de Engenharia;

2- Hoje em dia está se tornando comum encontrar engenheiros com experiência prática e titulação acadêmica.

3

O ENSINO DE ENGENHARIA – UMA VISÃO GERAL

“O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade” (Art. 3º das Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia).

3.1 Introdução

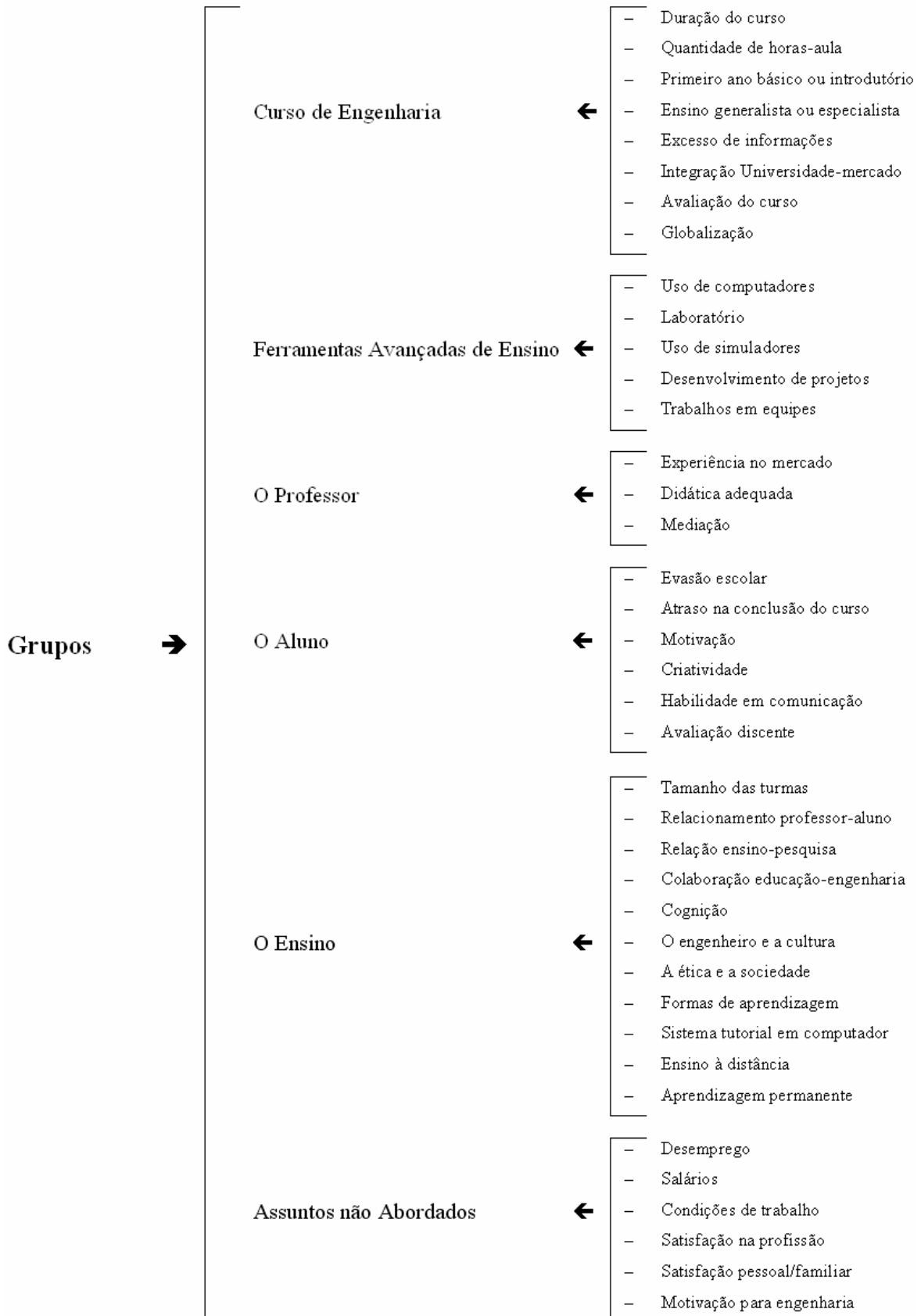
Neste capítulo apresento diversos assuntos que considere relevantes no contexto do ensino de engenharia elétrica, amplamente apresentados e discutidos em bibliografia especializada e em eventos sobre o ensino de engenharia. Estes assuntos foram importantes para a elaboração do glossário apresentado no **Apêndice G – CONCEITOS SELECIONADOS – GLOSSÁRIO**. Aquele glossário serviu de base para um questionário, desenvolvido de acordo com a metodologia proposta, explicada nos próximos capítulos.

Cabe dizer que foram destacados, na vasta bibliografia, as questões mais freqüentemente levantadas por um conjunto de autores neste momento histórico: final do Século XX e início do Século XXI. Na escolha destes assuntos visou-se verificar ações, reflexões, problemas e possíveis soluções que busquem o entendimento da dinâmica e a melhoria dos cursos de engenharia. Para permitir um melhor entendimento destes temas e da importância de cada um deles foram criados grupos, nos quais os assuntos foram classificados por afinidade, de acordo com o ponto de vista do autor deste trabalho. O que se busca com as classificações é se ter uma idéia geral dos assuntos abordados e de possíveis relações entre eles. Sugere-se que, para se situar melhor nos assuntos, o leitor acompanhe a leitura pelo Quadro 3.1. Seis grupos de aspectos/temas são apresentados. As opiniões de alguns autores são ressaltadas e alguns comentários são feitos.

A leitura deste capítulo pode ser um pouco enfadonha, pois é apresentado um mosaico de idéias de vários autores, com as quais eu não necessariamente concordo, mas que espelha o que se está discutindo no momento em termos de educação em engenharia. Para facilitar a recuperação dos assuntos pesquisados junto às fontes, todas as referências são citadas, o que torna a leitura um pouco mais difícil e truncada. Como um mesmo autor pode ter suas idéias classificadas em mais de um grupo temático, ele pode ser referenciado várias vezes.

Mas, por outro lado, em caso de dúvida ou da necessidade de um aprofundamento maior numa determinada questão, esta forma de apresentação tem se mostrado particularmente útil para a recuperação dos conteúdos bibliográficos. Ao final do capítulo emito algumas opiniões pessoais.

Quadro 3.1 – Grupos de assuntos relacionados ao ensino de engenharia.



3.2 O ensino de engenharia pelo mundo

3.2.1 Curso de engenharia

Neste grupo foram englobados 8 assuntos relacionados com os cursos de engenharia.

- **Duração do curso**: houve comentários sobre a duração do curso (quatro ou cinco anos), prevalecendo a opinião de quatro anos como a duração ideal (VANDERPLAATS, 1993; RAJARAMAN, 1993; SODERSTRAND, 1994; SMITH, 1994; PATTERSON, 1994; LEKHAKUL & HIGGINS, 1994 e GHOSH, 2000).

- **Quantidade de horas-aula**: em SODERSTRAND (1994) se percebe a preocupação com o excesso de créditos (horas-aula), e se sugere sua diminuição. Propõe-se uma reforma curricular para que o aluno, se desejar, possa se formar conjuntamente em Engenharia Elétrica e em Engenharia de Computação em apenas quatro anos, estando assim mais preparado para as rápidas mudanças do mercado de trabalho, sem “perder” muito tempo com a sua formação. Em BRONZINO *et al.* (1994) também se sugere a diminuição do número de disciplinas exigido, dando-se mais enfoque a projetos (aprendizado por projetos), que incluiriam os conteúdos de algumas disciplinas básicas, que seriam eliminadas. Conclamam por uma maior participação docente e da estrutura universitária neste processo, devido a sua complexidade, pois envolve muitas atividades interdisciplinares e se deve garantir o aprendizado necessário a um curso de engenharia, sem perda de qualidade.

- **Primeiro ano básico ou introdutório**: outro questionamento foi relativo ao primeiro ano: deveria ser básico (ensino de disciplinas como matemática, física e ciências) ou introdutório (ensino de disciplinas introdutórias à engenharia como circuitos elétricos, eletromagnetismo, termodinâmica e introdução a projetos)? Alguns autores (SODERSTRAND, 1994; AMON *et al.*, 1996 e SCOLES *et al.*, 2000) trabalham sobre a hipótese de cursos introdutórios, mais de acordo com as necessidades dos empregadores. CYGANSKI *et al.* (1994) descreve uma alteração curricular para introduzir disciplinas de engenharia desde o primeiro ano. PATTERSON (1994) têm dúvidas sobre o melhor modelo, considerando, entretanto, que a obtenção de sólidos conhecimentos em engenharia

é recomendável. Por fim, tenho observado que este “dilema” também tem sido alvo de discussões nas mudanças curriculares no curso de Engenharia Elétrica da UFSC, o que é fácil de se perceber, por exemplo, quando se faz uma comparação entre os currículos antigos e o atual.

- **Ensino generalista ou especialista:** ainda na linha de pensamento do tópico anterior está a questão de se formar um engenheiro generalista, com sólida base em engenharia e que precisaria ser lapidado pelo empregador, ou um especialista¹², pronto para assumir seu papel dentro da indústria ou no mercado de trabalho de um modo geral.

Esta última opção é mais favorável ao empregador, pois não lhe exige realizar maiores investimentos na adaptação do novo contratado ao ambiente de trabalho, além deste profissional recém formado começar a produzir mais rápido, reduzindo custos para a empresa. Assim, há autores consideram mais interessante a formação de engenheiros especialistas, que teriam maior possibilidades de emprego num mercado altamente competitivo, globalizado e onde o conhecimento evolui de forma muito rápida (ORR & EISENSTEIN, 1994; SODERSTRAND, 1994 e SMITH, 1994).

Alternativamente, em BARNES (1994) se defende uma base sólida em engenharia com uma ou duas especializações, naquelas áreas onde os professores da Universidade em questão são fortes. Em PATTERSON (1994) o autor, apesar de manifestar algumas dúvidas, acredita que um ensino generalista é mais adequado ao estudante, dando-lhe uma base de conhecimentos mais ampla para o exercício de sua profissão.

- **Excesso de informações:** em BARNES (1994), o autor defende que os professores devem se empenhar para que seus alunos melhorem suas habilidades de acesso à informação. Sugere que os alunos tenham maior flexibilidade de aprendizagem, usando as novidades oferecidas pela psicologia e explorando adequadamente as técnicas de redes neurais¹³ em computadores. Em SILVEIRA & SCAVARDA-DO-CARMO (1999) se

¹² Neste contexto, um indivíduo com grande conhecimento em uma área específica de conhecimentos, de interesse do empregador.

¹³ Em inglês, *neural net* ou *neural network*, frequentemente traduzido para o português como “redes neurais”. Mas, de acordo com DICMAXI (1998), neural significa “que diz respeito a nervos” ou “próprio dos nervos”, o que não parece ser um uso adequado para este contexto (falso cognato). Os adjetivos relacionados a neurônio são, de acordo com a mesma referência, **neuronal**, **neuronal** ou **neurônica**. Neste trabalho optei por usar o adjetivo **neuronal**, por sugestão de membros da banca de avaliação desta tese.

defende o uso de técnicas adequadas de ensino seqüencial¹⁴ e ensino concorrente¹⁵, de acordo com a disciplina e a quantidade de assuntos, para que o aluno consiga assimilar maior quantidade de conteúdo. Em CHAPMAN & MARTIN (1996) é defendida a adoção de jogos de negócios para simular situações reais da vida profissional, facilitando aos estudantes a agregação de conhecimentos. Por fim, em SMITH (1994) e PATTERSON (1994), os autores acham necessário o sacrifício de disciplinas de educação geral, como as humanas e sociais, em favor das disciplinas técnicas, evitando o excesso de disciplinas, mas mantendo a formação técnica, que consideram mais importante. Não é a opinião de educadores que defendem a formação integral do engenheiro, como aqueles envolvidos nos movimentos CT&S (Ciência, Tecnologia e Sociedade), assunto abordado no Item 3.5, que me parece ser uma abordagem mais completa e desejável do ponto de vista da Educação do cidadão. Além disso, no caso do Brasil, esta idéia se opõe às Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, já apresentadas neste trabalho.

Por fim, um assunto por vezes polêmico. Historicamente, até o fim da Guerra Fria, as atividades de **Inteligência** eram basicamente atividades militares, voltadas para a espionagem e a contra-espionagem. Atualmente isso tem mudado, e as atividades de **Inteligência**, notadamente as de **Inteligência Competitiva**, estão sendo reconhecidas como uma das principais ferramentas auxiliares no processo de tomada de decisões nas empresas e nos governos. São técnicas que ajudam a obter e proteger adequadamente informações consideradas importantes. Servem também para ajudar a separar as informações relevantes dentre outras de pouco ou nenhum interesse (PACHECO *et al.*, 2005a). Isso passa a ser muito importante na medida em que se considera que, hoje em dia, o poder é a informação e o seu adequado tratamento.

- **Integração Universidade-mercado:** em HOOLE (1991) se defende que as Universidades deveriam fornecer a teoria, deixando para as indústrias a parte prática dos conteúdos. Em AMON *et al.* (1996), LAMANCUSA *et al.* (1997) e PATON (2002) se

¹⁴ Ensino tradicional, onde o currículo é organizado seguindo uma estrutura programática lógica e histórica, com o conteúdo dividido em tópicos apresentados seqüencialmente e didaticamente pelo professor.

¹⁵ Alternativa considerada mais moderna para o ensino, onde os estudantes são expostos a problemas de engenharia concretos que requerem o conhecimento do conteúdo da disciplina para resolvê-los. Faz parte do processo a busca e a assimilação dos conhecimentos necessários para resolver o problema apresentado por meio de pesquisas e trabalhos em equipes, por exemplo. Assim, cada aluno pode aprender em seu próprio ritmo. Cabe ao professor orientar e coordenar as tarefas.

defendem parcerias entre as Universidades e as indústrias para diminuição de custos mútuos, estágios, treinamento e até uso dos conselhos consultivos das empresas pelas Universidades. Em HRUSCHKA *et al.* (2004) se sugere a interação escola-empresa por meio dos trabalhos de final de curso. Em VANDERPLAATS (1993) se defende a participação das indústrias na elaboração dos currículos, mas exigindo cuidados para que o aluno não se torne um mero usuário de pacotes computacionais. Sem o conhecimento das bases da engenharia ele se tornaria obsoleto tão logo o *software* fosse substituído. Em YAMADA & TODD (1997) é mostrado um estudo comparativo entre as Universidades japonesas e estadunidenses, e se conclui que o melhor relacionamento entre Universidades e indústrias neste último país é o diferencial que favorece os engenheiros ocidentais.

- **Avaliação do curso:** além dos comentários já feitos no **Capítulo 1**, pode-se ainda acrescentar o processo de *aprendizagem organizacional*¹⁶ para contínuo aperfeiçoamento do conteúdo e das apresentações das aulas, num único curso e entre vários cursos, com realimentação contínua do aprendizado. Em KOTNOUR (1999) um processo de avaliação contínua é descrito e avaliado. Para medir resultados em ensino e treinamento em engenharia, em DILLON *et al.* (2000) é sugerida a *Teoria Geral do Desempenho de Sistemas*, já comentada no **Capítulo 1**.

Outros autores também apresentam métodos para verificar o cumprimento das normas de ensino vigentes e para permitir reavaliações seguras do curso e correções de rota como pode ser visto, por exemplo, em SCOLES *et al.* (2000), SAFOUTIN *et al.* (2000) e ROYER *et al.* (2000). Em ROPPEL *et al.* (2000) se sugere avaliar disciplinas de laboratório usando opiniões de alunos em fase de obtenção de créditos, de formandos e de alunos de pós-graduação (creio que também se deveriam incluir opiniões de egressos que estão no mercado de trabalho). A construção de mapas conceituais¹⁷ para uso em avaliação de curso é sugerida em TURNS *et al.* (2000). Em INGHAM (2000) se percebe a

¹⁶ Uma metáfora, onde o conceito de aprendizagem é estendido para as organizações, como se elas fossem capazes de aprender da mesma forma como ocorre com as pessoas. Considera-se que é a aprendizagem organizacional que mantém uma empresa em permanente estado de adaptação, modificando e recriando seus processos internos e externos, mantendo-a “viva” e competitiva. Aqui o conceito é remetido ao ambiente de sala de aula, com o intuito de aperfeiçoar o processo ensino/aprendizagem.

¹⁷ Mapa conceitual: representação gráfica do tipo “nós – arcos” de relacionamentos entre conceitos, onde os nós representam conceitos ou idéias, e os arcos, unindo pares de nós, mostram os relacionamentos entre estes conceitos. Assemelha-se a uma rede semântica.

preocupação com o arquivamento das informações obtidas com as avaliações e com a facilidade de acesso a essas informações, quando desejado ou necessário.

- **Globalização:** em ORR & EISENSTEIN (1994) as Universidades são conclamadas a prepararem seus alunos para o mercado globalizado, preocupação também expressa em RAINEY (2002). Simpson afirma que a engenharia é uma profissão internacional (SIMPSON, 1994). Em HILBORN (1994) pede-se que se preparem os estudantes para tarefas colaborativas, exigência do mercado globalizado, onde aquele engenheiro competitivo e individualista não tem mais espaço. Em NÁVRAT & MOLNÁR (1998) também se demonstra preocupação com esta questão.

Aqui as **Atividades de Inteligência**, anteriormente comentadas, devem ser novamente consideradas. É concebível que alunos de cursos de engenharia de produção e de administração, principalmente, se formem e passem a atuar no mercado de trabalho, altamente globalizado, sem uma mínima noção do que é a Inteligência Competitiva? A escola pode formar alunos totalmente indefesos e “inocentes” em relação às atividades do mercado? Há lugar para inocência nos atuais mercados altamente competitivos? Sugiro uma leitura atenta de PACHECO *et al.* (2005a).

3.2.2 Ferramentas de ensino

Neste item foram considerados cinco tópicos que podem auxiliar o ensino como complemento ou mesmo substituição das aulas tradicionais expositivas, com suas provas, listas de exercícios, questionários e pesquisas em bibliotecas.

- **Uso de computadores:** com a popularização dos microcomputadores e das redes de computadores, a incorporação destes ao cotidiano dos estudantes e professores é uma realidade cada vez mais comum. O computador permite uma apresentação mais dinâmica dos conteúdos (hipertextos, por exemplo), a criação de novos métodos de ensino, a obtenção de modelos matemáticos e computacionais mais acurados e a simulação de processos. Também o computador pode ser uma ferramenta de ajuda em projetos, pode contribuir para a redução de custos das escolas e pode ser fonte de motivação para os alunos (HUELSMAN, 1991; DEMERDASH *et al.*, 1993a; VEMURE, 1993; VANDERPLAATS, 1993; HOBURG, 1993; MURRAY, 1997 e KOCIJANCIC, 2002). Em CYGANSKI *et al.* (1994) é defendido o uso integrado do computador para auxiliar a

compreensão dos assuntos e realizar tarefas penosas e repetitivas. Em CVETKOVIC *et al.* (1994), CHREN Jr. *et al.* (1996), CRYNES (1997) e CAÑIZARES & FAUR (1997) também se percebe a preocupação com a incorporação do computador como ferramenta de ensino em engenharia.

Entretanto, em MIRI & FU (1993) se defende o uso menos intenso do computador em projetos, alegando que nada substitui os dois ingredientes de excelência de um projeto, quais sejam, um profundo conhecimento dos fundamentos das ciências e da arte e a capacidade de trabalhar os detalhes. Em FLORI Jr (1997) o autor lembra que os computadores, na educação, são ferramentas cognitivas usadas em hipertextos, manipulação de dados, tratamento de modelos, cálculos matemáticos, processamento de textos, planilhas e simulações, entre outras importantes funções. Afirma, no entanto, que as tecnologias educacionais não passam de ferramentas, simples ferramentas que atuam sinergeticamente para energizar o ambiente educacional.

Por fim, em COLEMAN *et al.* (1998) se vai ao extremo de sugerir métodos de ensino baseados inteiramente no computador, que deixaria de ser apenas um coadjuvante. Ao professor caberia o papel de um facilitador. Entretanto, os autores manifestam dúvidas quanto aos resultados, embora se mostrem satisfeitos com as possibilidades e com a economia de tempo que deve ser observada.

O uso do computador em tutoriais, simuladores, projetos e no ensino à distância tem sido amplamente estudado e avaliado nos fóruns de discussão e congressos sobre ensino de engenharia. Como exemplo, pode-se citar o COBENGE (Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia), o WCETE (*World Congress on Engineering and Technology Education*), aqueles promovidos ou patrocinados pela ASEE (*American Society of Engineering Education*) e muitos outros.

- **Laboratório:** em CYGANSKI *et al.* (1994) se mostra os resultados de uma enquête entre ex-alunos, onde se detectou reclamações pela falta de aulas de laboratório em algumas disciplinas. Em ERNST (1997) se busca enfatizar o papel do laboratório no ensino de engenharia. Em SILVEIRA & SCAVARDA-DO-CARMO (1999) se considera a sua importância para o ensino concorrente, que consideram ideal nas escolas de engenharia. Houve quem defendeu a pertinência de aulas de laboratório logo nos primeiros anos de engenharia (SCOLES *et al.*, 2000). Há preocupação com uma melhor participação dos alunos em aula, incluindo laboratórios (WOODS, 1996) e na avaliação do ensino centrado

no aluno, o que inclui aulas de laboratório (MA & ZHOU, 2000). Por fim, há os que sugerem as simulações computacionais ou o uso remoto de laboratórios virtuais (SHEN *et al.*, 1999; CYBULSKI & LINDEN, 2000 e THIRIET *et al.*, 2002), o que implica uma nova abordagem didático-pedagógica das aulas de laboratório. Assim, de um modo geral, os autores defenderam a necessidade de laboratórios bem equipados, virtuais ou não, desde os primeiros anos de engenharia.

- **Uso de simuladores:** no caso do ensino de engenharia elétrica, os simuladores foram usados para atrair e motivar estudantes de eletromagnetismo, permitindo visualizar seus fenômenos (COLE *et al.*, 1990; HAMMOND & SYKULSKI, 1992; COREN, 1993; BEKER *et al.*, 1998 e HOBURG *et al.*, 2000), ensinar circuitos elétricos (GRAY & KUZIEJ, 1993; PILLAGE, 1993; COULON *et al.*, 1993 e VLACH, 1993), e em contadores elétricos (eletrotécnica) (BURET *et al.*, 1999). Também são muito úteis para a utilização de modelos mais elaborados no projeto e no estudo integrado de máquinas elétricas e fontes de alimentação controladas (DEMERDASH *et al.*, 1993b; CUI *et al.*, 1993; HOOLE *et al.*, 1993; DANIELS & SHAFFER, 1998; NIGIM & DeLYSER, 2001; CATHEY & HU, 2002 e KIKUCHI *et al.*, 2002). Entretanto, erros de formulações, de aproximações e falta de conhecimentos básicos por parte dos alunos podem levá-los a conclusões erradas, prejudicando seu aprendizado. Em LOWTER & FREEMAN (1993) se faz este alerta, juntamente a uma análise do ensino de eletromagnetismo com o auxílio de simuladores. Aparentemente este alerta deve servir também para os outros tipos de simulação. Em TOUMI (2002) é apresentada preocupação semelhante.

O uso de simuladores é considerado vital em ANTAO *et al.* (1992). Em HOOLE (1993) é proposto um curso de modelagem via computador, que serviria como uma ponte entre o aprendizado e o uso efetivo da linguagem de programação em simulação de fenômenos físicos. Em PATTERSON (1994) se incentiva o uso de pacotes computacionais diversos. Em WAKS & FRANK (2000) se diz que, entre outras coisas, as indústrias necessitam que seus contratados façam uso amplo de simuladores.

Mas, o uso de simuladores evoluiu bastante. Foram desenvolvidos simuladores para jogos de negócios, simulando situações reais da vida profissional e aquisição de habilidades não técnicas (CHAPMAN & MARTIN, 1996), de ambientes de trabalho (SULLIVAN & BAREN, 1997), de laboratórios (SHEN *et al.*, 1999), de sociedades acadêmicas, para treinamento dos estudantes (LIU *et al.*, 2001), e até do método estatístico

Taguchi, usado para refinar projetos de produtos e processos de manufatura (ALLWOOD *et al.*, 2001). Em CHUNG *et al.* (2001) há a preocupação de como fazer a avaliação dos alunos no ensino baseado em simulação.

O GRUCAD - Grupo de Concepção e Análise de Dispositivos Eletromagnéticos, do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina, tem por objetivo efetuar pesquisa básica e aplicada na área de Eletromagnetismo visando análise, concepção, otimização e implementação de dispositivos eletromagnéticos. Foram desenvolvidos alguns simuladores computacionais que são usados em algumas disciplinas do curso de graduação, já com certo sucesso. Outros Grupos/Laboratórios também possuem seus simuladores. Muitas vezes são programas desenvolvidos por alunos dos cursos de mestrado e doutorado para a etapa experimental de suas dissertações/teses e que depois terminam abandonados ou inacabados. Outros ainda ficam muito restritos a uns poucos casos particulares ou com restrições em suas entradas de dados ou com recursos visuais limitados, dificultando a interpretação de seus resultados. Muitos desses programas, com um pouco de atenção em sua parte ergonômica, poderiam se transformar em excelentes ferramentas de ensino para os cursos de graduação ou mesmo de pós-graduação.

- **Desenvolvimento de projetos:** conforme GHOSH (2000), em um estudo das universidades estadunidenses, a ênfase teórica e a diminuição de disciplinas práticas levaram os alunos ao desinteresse em face da ausência do espírito de projeto e de criatividade, resultando na diminuição do número de alunos matriculados nas escolas de engenharia. Para corrigir esta distorção, um dos principais órgãos de credenciamento de cursos de engenharia nos Estados Unidos, a ABET¹⁸ passou a exigir no mínimo 24 créditos de conteúdos de projeto no currículo de quatro anos de engenharia, a partir de 2000. Ghosh acrescenta que a preocupação atual é conciliar os requisitos de projeto com a necessidade de aprofundamento dos conceitos básicos de engenharia. Comenta ainda que muitos educadores discordam deste tipo de ensino. Credita isto à forte ênfase à pesquisa nas Universidades já que, se o envolvimento com projetos não for bem planejado, tira muito tempo dos pesquisadores. Entretanto, o citado pesquisador enaltece o valor do projeto no ensino, notadamente por providenciar trabalhos criativos e estimular a comunicação escrita e oral, a cooperação, o pensamento crítico e o trabalho em equipes, características muito

¹⁸ Accreditation Board for Engineering and Technology.

importantes para o mercado que absorverá os futuros profissionais, além de aumentar a motivação dos alunos e diminuir a evasão escolar.

Conforme PRADOS (1996), a experiência educacional de engenharia no futuro será construída em torno de projetos em suas várias etapas (pesquisa, desenvolvimento, elaboração, manufatura e comercialização). Em LUXHØJ & HANSEN (1996) é enfatizado que o ensino tradicional de engenharia é centrado no professor e o modelo para um ensino baseado em projeto é mais centrado no aluno, abordagem que vai ao encontro do ensino concorrente sugerido em SILVEIRA & SCAVARDA-DO-CARMO (1999).

Em DYM (1993) se afirma que os projetos não são adequadamente ensinados e apresentados e se propõe uma linguagem, uma estrutura e formas de realizar o projeto. Tais formas se baseiam nas ferramentas tradicionais de educação em engenharia e em novas técnicas de representação simbólica e raciocínio. Em TEO & HO (1998) se apresenta uma sistematização para a abordagem dos projetos de fim de curso usando um gerenciamento computadorizado, facilitando a alocação de projetos e equipes. Aliás, no Departamento de Informática e de Estatística, da Universidade Federal de Santa Catarina, foi desenvolvido um sistema de gerenciamento computadorizado de projetos¹⁹ que está funcionando muito bem, e que pode servir de referência para outros Departamentos/Universidades que estejam interessadas em um sistema semelhante.

Um novo curso de Engenharia de Projetos é descrito em RICHARDS & CARLSON-SKALAK (1997). Entretanto, os autores colocam que, em função das reações observadas nos professores, poucos estão preparados a ensinar projetos, o que é também uma preocupação observada em IVINS (1997) e IVINS & HOLLAND (1999).

Alguns autores se preocuparam com a avaliação dos alunos participantes nos projetos e da qualidade dos próprios projetos (MA & ZHOU, 2000 e CHAN, 2001). Além disto, vários autores, em vários países, se preocuparam com a inclusão de disciplinas de projetos nos currículos universitários. Muitas propostas e implementações em projetos vêm sendo consideradas (BORN, 1992; RAJARAMAN, 1993; ORR & EISENSTEIN, 1994; SODERSTRAND, 1994; SMITH, 1994; BRONZINO et al, 1994; URIBE *et al.*, 1994; LEKHAKUL & HIGGINS, 1994; HILBORN, 1994; AMON *et al.*, 1996; MURRAY, 1997; MULLINS *et al.*, 1999 e BRERETON *et al.*, 2000). Em suma, a participação dos

¹⁹ <http://projetos.inf.ufsc.br>.

alunos em atividades de projeto tem se tornado uma necessidade, já percebida pelo Departamento de Engenharia Elétrica-UFSC, que tem criado disciplinas de projeto. Mas, me parece, é apenas um início de um longo caminho a percorrer, que exigirá uma maior conscientização dos corpos docente e discente e o engajamento de professores, estudantes e técnicos em projetos realizados em equipes multidisciplinares, de preferência envolvendo outros Departamentos de Ensino, órgãos públicos e indústria.

- **Trabalhos em equipes**: este tema é considerado essencial nas atuais técnicas de trabalho nas empresas. Hoje o trabalho profissional é feito de forma colaborativa, com equipes multidisciplinares, e a mentalidade do novo engenheiro deve acompanhar esta transformação. Em BARNES (1994) se comenta como o avanço das telecomunicações permitiu a elaboração de projetos por equipes espalhadas em várias partes do mundo.

A formação tradicional dos engenheiros cria dificuldades para trabalhar em equipes com colegas de formação similar ou diferente (OSTHEIMER *et al.*, 1994). Importantes considerações em relação à habilidade do engenheiro trabalhar em equipes e da necessária sensibilidade nas relações interpessoais são feitas em PRADOS (1996), PRADOS (1997a) e RAINEY (2002). Num estudo sobre criatividade, mostrado em KLUKKEN *et al.* (1997), se observa que as indústrias procuram engenheiros com habilidades para trabalhar em grupos. Devido a essa exigência por parte das indústrias, em HILBORN (1994) se propõe que um novo paradigma de abordagem pedagógica cooperativa seja implementado nas salas de aula e são citados estudos que mostram a eficiência do ensino cooperativo no aprendizado. Em SCHLIMMER *et al.* (1994) são manifestadas as mesmas preocupações e se propõem algumas soluções que podem ser adotadas.

3.2.3 O professor

Este item engloba três assuntos a respeito dos professores, envolvendo atualizações didáticas, experiência profissional e preocupações com o ensino propriamente dito.

- **Experiência no mercado**: alguns autores manifestaram preocupação com a falta de experiência dos professores em relação às atividades desenvolvidas dentro das indústrias. Em VANDERPLAATS (1993) e FAIRWEATHER & PAULSON (1996) se considera que a pouca experiência ou desatualização profissional dos professores

provocam deficiências no profissional egresso, que repercutem na sua atuação na indústria. Segundo os mesmos autores, a contratação de professores considerados cientistas, ao invés de experimentados engenheiros, tende a enfraquecer o compromisso com o ensino e a dar mais ênfase a pesquisas e publicações. Uma experiência profissional prévia na indústria leva a uma maior valorização do ensino de engenharia, segundo eles.

Em CONNER (2002) se faz os seguintes questionamentos: Como professores sem contato com as indústrias podem ensinar práticas de engenharia a seus alunos? Como um professor altamente especializado em determinado campo de conhecimento pode ter uma visão abrangente das tendências futuras nas áreas de interesse técnico?

No caso do GRUCAD, existem contatos permanentes do Grupo com empresas de motores elétricos ou que usam esses motores em seus produtos o que, sem dúvida, são de grande valia para o Curso, para o Departamento e notadamente para professores, estudantes e pesquisadores envolvidos. Esse fato certamente deve repercutir em sala de aula, com aulas mais interessantes e associações entre a teoria acadêmica e a prática cotidiana das empresas. Além disso, gera pesquisas e publicações que dificilmente ficarão adormecidas nas “prateleiras”. Penso que contatos deste tipo devem ser incentivados pela Instituição. Um estágio periódico do professor numa indústria ou empresa de engenharia, digamos, a cada cinco anos, poderia também ser considerado. Seria viável?

- **Didática adequada:** em VANDERPLAATS (1993) se afirma que os professores de engenharia, em sua maioria, não evoluíram em sua didática. Em OSTHEIMER *et al.* (1994) os professores são responsabilizados pela evasão escolar. Já em GOLDBERG (1996) é criticada a resistência à mudança de procedimentos por parte dos professores. O despreparo dos professores para ensinar práticas de engenharia é criticado em CONNER (2002) que, assim como em NAIR (1997), chama a atenção para a necessidade de professores preparados para ensinar o novo engenheiro.

Em virtude do aumento avassalador das informações científicas, em BARNES (1994) é prevista uma nova atuação didático-pedagógica do professor, que deverá aumentar as habilidades dos alunos para acessarem as informações e para desenvolverem flexibilidade de aprendizagem. Uma nova postura didático-pedagógica deve ser assumida, usando-se ao máximo as tecnologias e metodologias existentes, e se integrando ensino e pesquisa de forma complementar (PRADOS, 1996). Prados diz ainda (PRADOS, 1997b) que estranha o pouco uso de tecnologia no ensino de engenharia, que segundo ele deveria

dar o exemplo e se adaptar às novas tecnologias para incrementar o aprendizado. Comenta o papel futuro das escolas, dos professores e das bibliotecas frente à enorme quantidade de informação disponível hoje em dia em qualquer lugar, em qualquer tempo e para qualquer um. O professor deve deixar de ser “o sábio no tablado” para se tornar o “guia ao lado” do estudante. Coloca que esta mudança, como qualquer outra, é trabalhosa e já está velha quando chega, mas o desafio é mantê-la, já que isto é essencial no mundo atual.

A definição de um novo modelo de *bom professor* de engenharia é considerada necessária em RAINEY (2002). Este novo professor, além de técnico, deve estar preparado para se voltar aos elementos humanos de engenharia, extrair a essência dos conhecimentos desta ciência e entender o processo que guia o desenvolvimento dos princípios científicos. Em SHERWOOD *et al.* (1997) se sugere treinamentos em docência com os alunos de pós-graduação interessados no magistério.

Uma iniciativa deste tipo, em termos de UFSC, é o chamado “Estágio Docência”²⁰. Mas, restam algumas dúvidas. Estão os professores que orientam estes estágios adequadamente preparados? Que experiências estão sendo repassadas? Os professores estão de fato acompanhando a atuação de seus orientados, principalmente em sala de aula? E o que os alunos envolvidos estão achando? Eles têm um canal adequado para emitir suas opiniões e propiciar um *feedback*? E os próprios orientados, como são avaliados? Como foram preparados para esta importante atividade? Os professores realmente estão interessados em formar um futuro educador, ou simplesmente encontraram um jeito de conseguir mais tempo para se dedicarem às suas pesquisas?

Em LEE *et al.* (1997) é abordada a avaliação didática dos professores em Universidades estadunidenses. De acordo com os autores, embora a maioria das Universidades diga que os docentes devam ser avaliados em relação às suas atividades de ensino, pesquisa e administração, a maioria dos entrevistados admitiu que a avaliação recai basicamente sobre pesquisa e publicações, pois propiciam mais verbas e prestígio para o pesquisador e a instituição. Além disso, este tipo de atividade vem a ser mais facilmente quantificável. Afirmam ainda que é pensamento corrente dentro das instituições que um

²⁰ Atividade curricular para estudantes de Pós-Graduação *stricto sensu* que se apresenta como disciplina optativa "Estágio de Docência", sendo definida como a participação de aluno de Pós-Graduação em atividades de Ensino na educação básica e na educação superior da UFSC (RESOLUÇÃO N° 10/CUn/97, de 29 de julho de 1997).

bom pesquisador é também um bom professor, pois pode estender para a sala de aula os conhecimentos adquiridos em suas pesquisas. Entretanto, a relação entre pesquisa e efetividade de ensino não é evidente.

O conhecimento técnico dos professores é frequentemente considerado mais importante que suas habilidades de ensino (FELDER & BRENT, 2004). Entretanto, continuam os autores, o ensino é algo tão importante e complexo como profissão que não se poderiam deixar pessoas exercerem esta atividade sem nenhum treino ou experiência prévia. O ensino de engenharia deve se basear nos estudos científicos sobre cognição e em abordagens pedagógicas mais pragmáticas e menos filosóficas (PACHECO & MARTINS-PACHECO, 2005).

- **Mediação:** o caminho natural de aprendizagem, segundo Maslow (*apud* FIALHO, 2001) pode ser assim expresso:

Não sei que não sei ⇔ Sei que não sei ⇔ Sei que sei ⇔ Não sei que sei.

As duas primeiras passagens necessitam de uma mediação. A terceira e última passagem consiste na transformação do conhecimento aprendido em um conhecimento automatizado, naquilo que fica implícito, naquilo que está dito “sem palavras”, e é feita pelo próprio indivíduo.

Em FLORI Jr. (1997) se faz uma análise do ensino via computador. São expostas cuidadosamente as cinco facetas²¹ de um ambiente de ensino, segundo David N. Perkins: bancos de informações, bloco de símbolos, Micromundos ou “Phenomenaria”, Conjuntos de Construção e Gerenciador de Tarefas. Analisa o desempenho do computador em relação a cada uma delas.

No caso das quatro primeiras facetas, *bancos de informação* (fonte virtual de informações), *bloco de símbolos* (caderno, quadro de giz), *micromundos* (simulação de ambientes) e *conjuntos de construção* (construção de modelos), o autor considera que o computador se tornou uma ferramenta quase indispensável.

Mas na última, *gerenciador de tarefas*, considera que o computador falha e ainda está longe de atingir um grau satisfatório de desempenho. E é nesta etapa que está a “cola que cola tudo junto”, papel que deve ser assumido pelo professor, que deve mediar todo o processo de aprendizagem, interagindo com os estudantes, facilitando as descobertas e a

²¹ O Apêndice C – FACETAS DE UM AMBIENTE DE ENSINO mostra um resumo dessas facetas.

aquisição de informações, realimentando o processo e procedendo a avaliação das atividades discentes. Considera que o diálogo é fundamental e o aprendizado deve ser mediado. Diz que o aprendizado de descrições simbólicas e abstratas do mundo planejado por outros não pode ser ganho por manipulação individual de atividades e que o ensino é uma atividade retórica que visa persuadir os estudantes a mudar a maneira como percebem e experienciam o mundo. Para isso, o diálogo professor-aluno é criticamente importante.

3.2.4 O aluno

Este item engloba seis assuntos a respeito dos alunos, envolvendo aspectos relativos ao aprendizado, à motivação, à participação e à criatividade.

- **Evasão escolar**: uma das metas de uma das coalizões²² de ensino nas Universidades estadunidenses é explicitamente evitar a evasão escolar (ORR & EISENSTEIN, 1994). Conforme CYGANSKI *et al.* (1994), o oferecimento de disciplinas de engenharia já no primeiro ano motiva os alunos e diminui a evasão escolar. Conforme OSTHEIMER *et al.* (1994), vários autores consideram a evasão escolar como responsabilidade dos professores, que não preparam aulas adequadas, aulas que “prendam” os estudantes. Este último artigo coloca ainda que “*muitos de nós necessitam ganhar uma nova perspectiva sobre o ensino de engenharia e ver as atividades de sala de aula como um aprendizado interativo para professores e estudantes*”²³. Em LUXHØJ & HANSEN (1996) (Dinamarca), MURRAY (1997) (Austrália) e BESTERFIELD-SACRE *et al.* (1997) (Estados Unidos) se preocupa com o elevado índice de evasão escolar e se propõem medidas para evitar isto, como correções nos currículos, planejamento de programas de estudo de acordo com o interesse dos alunos etc.

- **Atraso na conclusão do curso**: apenas um artigo entre os pesquisados (SODERSTRAND, 1994) abordou explicitamente a questão no atraso na conclusão do curso de engenharia, que foi um dos fatores motivadores para a reforma curricular feita na Universidade²⁴ na qual é docente. Basicamente, a solução tentada foi manter o estudante

²² SUCCEED – Southeastern Universities and Colleges Coalition for Engineering Education.

²³ Tradução livre do autor desta Tese.

²⁴ Universidade da Califórnia-Daves.

mais motivado durante todo o curso com uma “costura” mais interessante dos assuntos abordados no novo currículo proposto.

- **Motivação:** são apresentadas algumas técnicas para motivar os alunos, como projetos, estudo de casos, visita a instalações industriais (CYGANSKI *et al.*, 1994), uso de novas tecnologias educacionais (GRAY & KUZIEJ, 1993 e VEMURI, 1993), palestras nos dois últimos anos (SODERSTRAND, 1994), oferecimento de disciplinas de engenharia para os calouros (CYGANSKI *et al.*, 1994), curso de introdução à engenharia na forma de laboratório de projetos (URIBE *et al.*, 1994). Até uma nova abordagem para o ensino de programação de computadores para calouros, por meio da programação gráfica, é sugerida (PARK, 1996).

Também a melhoria do diálogo entre professor-aluno e entre os próprios alunos cria relações que motivam o aprendizado e geram no mais alto grau as metas de cognição e afetividade na educação (FLORI Jr., 1997). Alternativas apresentadas foram a criação de ambientes de trabalho que simulam ambientes profissionais: professores e alunos assumem papéis de engenheiros no desenvolvimento de projetos (JACKSON *et al.*, 1996). E até a simulação de um ambiente semelhante ao de uma revista de publicações científicas foi proposto, onde os alunos apresentam projetos, revisam artigos de colegas (processo de avaliação pelos pares), corrigem os seus em função das críticas recebidas e o professor assume o papel do editor (LIU *et al.*, 2001). Há preocupação com a motivação também em COLEMAN *et al.* (1998), que se esforçam para manter o interesse dos estudantes em um curso de engenharia baseado inteiramente no computador, e em GREGSON & LITTLE (1999), que propõem atividades de projetos no penúltimo ano (terceiro) para, além de preencherem uma lacuna de projetos, prepararem os estudantes para melhor desempenho no projeto de fim de curso, que é obrigatório.

- **Criatividade:** vários autores se preocuparam com este quesito, a maioria vinculando o tema principalmente com o desenvolvimento de atividades de projetos (BROWN, 1992; GHOSH, 1993; MIRI & FU, 1993; LUXHØJ & HANSEN, 1996; AMON *et al.*, 1996; GHOSH, 2000 e PAULIK & KRISHNAN, 2001), este último em forma de competição. Também é proposta a resolução de problemas criativos (ORR & EISENSTEIN, 1994; BRONZINO *et al.*, 1994 e OSTHEIMER *et al.*, 1994). Afirma-se que o pensamento criativo tem sido singularmente responsável por catapultar as nações à proeminência, sendo o mais vital recurso nacional (GHOSH, 1993).

Em VANDERPLAATS (1993) se defende o desenvolvimento da criatividade com ênfase na literatura e nas artes, notadamente nos primeiros dois anos de engenharia. Em PRADOS (1996) é colocado que entre as metas do ensino de engenharia devem estar ações para aumentar as habilidades de aprender e criar com o intensivo uso de tecnologias e metodologias de ensino.

Conforme YAMADA & TODD (1997), a falta de criatividade dos estudantes irá implicar mais tarde na perda de competitividade industrial. Em KLUKKEN *et al.* (1997) é considerado que os custos atuais de erros de projeto e/ou avaliações nas empresas/indústrias dificultam ou anulam o processo criativo. Porém, estas estão exigindo profissionais criativos. A Universidade deveria, então, ser o lugar de excelência para o desenvolvimento da criatividade.

- **Habilidade em comunicação:** em VEMURI (1993) são identificadas várias dificuldades dos alunos com relação à comunicação. Para supri-las, Vemuri sugere a inclusão de temas de escrita, retórica, arte de pensar e de se comunicar com clareza e de relação interpessoal. Afirma que a atual geração somente se comunica adequadamente com seus computadores, sugerindo atividades como confecção de relatórios e de artigos e apresentação de seminários para contornar estas deficiências. Outros autores também consideram que os estudantes são muito deficientes nesta habilidade (PRADOS, 1996; PRADOS, 1997a; KLUKKEN *et al.*, 1997; MAHAN *et al.*, 2000; WAKS & FRANK, 2000 e RAINEY, 2002).

Assim, vários pesquisadores vêm propondo soluções como integração entre disciplinas técnicas e lingüísticas (OSTHEIMER *et al.*, 1994; LEKHAKUL & HIGGINS, 1994; GERHARD, 1999; SHIRLAND & MANOCK, 2000; PAULIK & KRISHNAN, 2001; LUXHØJ & HANSEN, 1996; ROPPEL *et al.*, 2000; SCHULZ & LUDLOW, 1996; HENDRICKS & PAPPAS, 1996; SULLIVAN & BAREN, 1997; MURRAY, 1997; PIERSON, 1997 e FLORI Jr., 1997). Por exemplo, em STEINER (1998) se sugere um ano extra para desenvolver habilidades não técnicas e em LI (1999), a leitura de artigos com dicas para escrever artigos, dissertações e teses.

- **Avaliação discente:** neste item houve preocupações quanto a novas formas de avaliar os alunos frente às novas exigências dos cursos de engenharia. Nessas exigências incluem-se a obtenção de habilidades de comunicação oral e escrita

(OSTHEIMER *et al.*, 1994), aulas de laboratório (ROPPEL *et al.*, 2000), desenvolvimento de projetos (SAFOUTIN *et al.*, 2000 e CHAN, 2001) e também de trabalhos em equipes, detectando e tentando evitar os vícios que ocorrem na auto-avaliação e na avaliação por pares (DUZER & McMARTIN, 2000).

Entretanto, também ocorreram sugestões de métodos de avaliação para aumentar a participação do aluno na sala de aula e no laboratório (WOODS, 1996), e métodos para avaliação de resultados para suprir as falhas das avaliações por disciplina ou conteúdo (SHAEIWITZ, 1996). Também foram sugeridos métodos para tornar a avaliação mais abrangente e completa, sem tomar tempo excessivo de estudantes e professores, usando um ambiente de cenários onde o aluno seria avaliado como um todo, dentro de um contexto de engenharia com práticas profissionais, trabalhos em equipes e resolução de problemas (McMARTIN *et al.*, 2000).

Em TURNS *et al.* (2000) se propõe um método de avaliação dos estudantes e dos próprios programas de ensino por meio de mapas conceituais. Em MA & ZHOU (2000) é proposto um método para ensino centrado no aluno, usando a teoria de conjuntos difusos²⁵. Em CHUNG *et al.* (2001) se sugerem mapas de conhecimento²⁶ para avaliação dos alunos em trabalhos em equipes e o uso de técnicas de simulação.

Em relação às novas tecnologias educacionais, em FLORI Jr. (1997) é dito que o papel de avaliação é tipicamente do professor e deve ser consistente com as metas instrucionais, devendo ser *formativa*, acompanhando o estudante e direcionando o trabalho de aprendizagem, e *incremental*, indicando o que foi aprendido em cada etapa.

Avaliações incrementais, com realimentação constante para os estudantes e que permitam sucessivas correções de rota, são propostas em RADA & HU (2002). Para que este processo não tome tempo excessivo dos professores, se propõe avaliação pelos próprios colegas estudantes (avaliação pelos pares), num ambiente computacional, com metodologias para atribuir notas ou conceitos e que ainda possam detectar falhas e corrigir vícios nas avaliações. Em TARTAGLIA & TRESSO (2002) é apresentado um modelo de avaliação discente baseado em rede de computadores, em uso em Universidades italianas. O sistema permite vários tipos de testes e avaliações, verificando a retenção de conceitos, a

²⁵ Serão introduzidos no próximo capítulo.

²⁶ Tipo de mapa conceitual usado para medir o grau de entendimento dos estudantes acerca de um assunto.

habilidade em combiná-los em deduções e a capacidade de realizar cálculos numéricos simples para outros tipos de exercícios práticos propostos.

3.2.5 O ensino

Este item engloba 11 tópicos relacionados ao ensino propriamente dito.

- **Tamanho das turmas**: dos autores pesquisados, apenas dois se preocuparam em relacionar o tamanho das turmas com o rendimento escolar. KOPEIKA (1992) apresenta um estudo mostra que o rendimento cai com o aumento dos estudantes em sala de aula, recomendando turmas com no máximo 65-70 alunos²⁷. Em BOURNE *et al.* (1996) se busca contornar o problema das turmas grandes com o auxílio das novas tecnologias, usando material interativo baseado na rede mundial de computadores, pois argumentam que tanto turmas grandes quanto aulas pela televisão apresentam o mesmo problema de serem tediosas e não permitirem interação professor-aluno.

- **Relacionamento professor-aluno**: foi um tema pouco abordado e pouco aprofundado. Por exemplo, em STEDINGER (1996) e FLORI Jr. (1997) é considerado que o diálogo deve nortear o relacionamento entre alunos e professores, que devem atuar como parceiros no processo de ensino-aprendizagem.

Há autores que sugerem minimizar a deficiência neste relacionamento, principalmente em turmas muito grandes, com o uso da rede mundial de computadores. Acreditam que o material lá existente, com seus tutoriais e interatividade, juntamente com outras ferramentas interativas tais como salas de “bate-papo” (*chats*), *Orkut*²⁸ e correio eletrônico (*e-mail*), possam possibilitar discussões assíncronas e um novo tipo de relacionamento professor-aluno, professor-professor e aluno-aluno.

Há ainda os que sugerem a exploração de novas formas de ensino. Neste caso, pode ser citado o sistema tutorial inteligente ou sistema de instrução inteligente com ajuda de computador. Este sistema incorpora técnicas de inteligência artificial para gerar um robusto ambiente tutorial que vai permitir ao estudante seguir os estágios naturais de aprendizagem, como a aprendizagem exploratória e o “aprender fazendo” (BOURNE *et*

²⁷ Cabe observar que não foi considerada a infra-estrutura necessária para se trabalhar com este número de alunos.

²⁸ Site de relacionamentos na *Internet* que permite ao usuário interagir com amigos e comunidades virtuais com perfis e interesses semelhantes aos seus.

al., 1996). Outra forma é o ensino baseado na rede e ensino à distância (CHOU, 2000). Por fim, mesmo em que escolas possuam uma infra-estrutura adequada para o ensino, composta de professores auxiliares, tutoriais, horários de atendimento e laboratórios, é comum que um grande conteúdo seja passado em curto intervalo de tempo. Neste caso, principalmente em turmas muito grandes, os alunos são obrigados a uma atitude passiva, não havendo uma adequada interação professor-aluno, problema que pode ser minimizado com o uso adequado de recursos de multimídia, mesmo que apenas em apoio às aulas expositivas convencionais (CYBULSKI & LINDEN, 2000).

- **Relação ensino-pesquisa:** de um modo geral, os autores consideram que a pesquisa é privilegiada em relação ao ensino, dando maior prestígio ao professor, facilitando promoções e tornando mais fácil a obtenção de verbas para o professor e para a instituição onde trabalham (HOUSHMAND *et al.* 1996 e FAIRWEATHER & PAULSON, 1996). Estes últimos autores lembram que muitos professores são contratados em primeiro lugar como cientistas e depois como engenheiros, dando pouco valor ao ensino de engenharia e valorizando mais suas pesquisas. Em PATON (2002) se percebe preocupação com a qualidade da mão-de-obra formada nas Universidades e que chega às indústrias. O autor questiona o ensino de graduação e a pesquisa nas Universidades e os considera caros e pouco úteis, a não ser que patrocinados pelas próprias indústrias. Há autores que manifestam crença na integração de ensino e pesquisa (PRADOS, 1996). Em AMON *et al.* (1996) são apresentados os resultados de um curso de projetos que integra ensino e pesquisa, com patrocínio das indústrias. Em CONNER (2002) o autor, contundente, questiona como especialistas altamente qualificados, pesquisando em busca de novos conhecimentos, podem ensinar engenharia, que ele considera como a aplicação dos conhecimentos existentes.

- **Colaboração educação-engenharia:** apenas um artigo (SECHRIST *et al.*, 2002) mencionou explicitamente esta cooperação, o que parece demonstrar certo afastamento, talvez por falta de uma linguagem comum, embora entre os autores existam educadores com formação específica em educação. Acredito que uma união de esforços e experiências, sem preconceitos mútuos, seria muito importante para o aprimoramento do processo de ensino de engenharia, buscando formas adequadas de ensinar tecnologia.

- **Cognição:** uma tentativa interessante de promover a cognição e o uso do lado direito do cérebro, responsável pela intuição e pelo pensamento conceitual, é apresentada em OSTHEIMER *et al.* (1994). Nesta abordagem um professor especializado usa seus conhecimentos dos processos cognitivos e teoria de resolução de problemas para, juntamente com o professor da disciplina técnica, buscar os maiores ganhos em termos de cognição.

Também as modernas tecnologias educacionais baseadas em computador estimulam certos aspectos da cognição (FLORI Jr., 1997) e permitem simular ambientes que facilitam processos cognitivos. Em LIU *et al.* (2001) é descrito o uso de um sistema de simulação de um ambiente de sociedades acadêmicas. Nele são explorados aspectos de alto nível como monitoração cognitiva e pensamento crítico que, segundo os autores, são pouco explorados por outros sistemas.

Um novo método para planejamento e de avaliação para cursos com execução de projetos, usando as seis categorias da classificação de BLOOM²⁹ para ambientes educacionais (*conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação*) é apresentado em SAFOUTIN *et al.* (2000). A estas seis categorias, todas do domínio cognitivo, na citada referência é acrescentada uma sétima (*valorização*), no domínio emocional.

Uma reflexão a respeito da relação entre a cognição e o ensino de engenharia é feita em PACHECO & MARTINS-PACHECO (2005).

- **O engenheiro e a cultura:** o que se pondera neste item é a cultura geral que muitos estudiosos consideram imprescindível, mais do que em outros tempos, para o engenheiro do mundo globalizado. Inclui-se o conhecimento de história, geografia, ecologia, legislação, política, literatura, economia, comércio, segurança, psicologia e saúde, além de aspectos culturais de outros povos, incluindo outras línguas estrangeiras.

Em VANDERPLAATS (1993) já se recomendava a literatura e as artes para desenvolver a criatividade natural dos estudantes de engenharia. Em BARNES (1994), numa análise dos desafios do ensino de engenharia, se valorizam a comunicação dos

²⁹ Um sistema de classificação de objetivos de aprendizagem de acordo com seus níveis de habilidades requeridos, tais como memorização, raciocínio lógico, criatividade etc.

alunos com a sociedade de seu próprio país e com a de outras culturas, incluindo o estudo de história, literatura, línguas e culturas estrangeiras.

Foram abordadas mudanças curriculares para introduzir aspectos não técnicos como sociedades de engenharia, registro profissional, papel do engenheiro nas políticas públicas, natureza e meio ambiente (SODERSTRAND, 1994) e para propiciar a exposição dos estudantes a culturas diversas, ambientes internacionais e experiências sociais (CYGANSKI *et al.*, 1994). Também foram sugeridos ajustes curriculares para explorar assuntos como economia na engenharia, o engenheiro e as políticas públicas (BRONZINO *et al.*, 1994), práticas de negócios, entendimento e apreciação da diversidade cultural dos alunos, das faculdades e do quadro de pessoal (LUXHØJ & HANSEN, 1996), incluindo aspectos de saúde e segurança (McKNIGHT *et al.*, 1996) ou de confiabilidade e segurança (YAMADA & TODD, 1997).

Em CHUNG *et al.* (2001) se comenta que, entre as atuais preocupações do ensino de engenharia, estão o conhecimento dos impactos ambientais e sociais das tecnologias e os custos envolvidos. Em RAINEY (2002) se considera que para o engenheiro atual apenas os conhecimentos tecnológicos não são suficientes. Ele precisa tomar decisões levando em conta os custos e o mercado. Precisa de habilidades para negócios, de conhecimento cultural e de meios para manter sua vida equilibrada física e mentalmente, livre de estresse e com entusiasmo permanente. Deve adotar atitudes positivas, resolver conflitos, ser íntegro e sensível aos impactos causados pela tecnologia.

Em STEINER (1998) a autora vai mais longe e discute engenheiros como *técnicos* ou como *pessoas autênticas*. Ela inclui no primeiro grupo aqueles engenheiros que possuem habilidades técnicas, normalmente adquiridas em cursos formais especializados, e se limitam apenas a este universo escolhido. Já o segundo grupo transcende os limites técnicos. São indivíduos não conformistas, que operam fora dos paradigmas profissionais, culturais e sociais, assumindo responsabilidade sobre suas decisões, valorizando sua liberdade e sua individualidade, bem como as dos outros. Além dos aspectos técnicos da profissão, possuem uma visão social desenvolvida. Assim, a autora apresenta a proposta de uma Universidade australiana onde os alunos podem optar pelo que querem ser e, no caso dos *autênticos*, devem cursar mais um ano para cumprir as disciplinas não técnicas.

- **A ética e a sociedade:** este tema tem se mostrado presente em várias abordagens, o que demonstra uma preocupação com este importante aspecto da

engenharia, embora na maioria das publicações apareça apenas como mais um item numa reforma ou adaptação curricular (RAJARAMAN, 1993; LUXHØJ & HANSEN, 1996; ORR & EISENSTEIN, 1994; SODERSTRAND, 1994; BRONZINO *et al.*, 1994; PRADOS, 1996; PRADOS, 1997a; NAIR, 1997; ROPPEL *et al.*, 2000 e GHOSH, 2000).

Há também os autores que se preocuparam com a ética propriamente dita e com o seu ensino nos cursos de engenharia (HARRIS Jr. *et al.*, 1996; ABRAHAM *et al.*, 1997 e FLEDDERMANN, 2000).

Na contramão, em SMITH (1994) se comenta que no currículo apresentado no Canadá houve uma diminuição das disciplinas humanas e sociais para professores e alunos se dedicarem a uma visão mais ampla da engenharia. Ou seja, busca-se uma maior ênfase na parte técnica, ficando a questão social em segundo plano.

Já em DEMBE (1996) é criticada a falta de espaço nos currículos para conteúdos não técnicos como os fatores sociais envolvendo a proteção da vida e da propriedade. Consideram estes itens importantes para satisfazer alguns quesitos do código de ética da profissão. Em YAMADA & TODD (1997) se considera que entre as melhores práticas de engenharia de hoje está a ética profissional. Em RAINEY (2002) o autor avalia que o engenheiro de hoje, além do alto conhecimento técnico e de outras habilidades, deve ser íntegro, ético e sensível aos impactos causados pela tecnologia.

Um outro aspecto a ser considerado é o uso de serviços de **Inteligência**, comentados anteriormente, envolvendo ações de espionagem e contra-espionagem. Até onde se pode considerar esta atividade como ética? Tem realmente alguma ética? Em PACHECO *et al.* (2005a) se define o que são **Atividades de Inteligência** e se faz algumas considerações a respeito.

Por fim, há os autores que se preocupam com a questão da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CT&S), como ATMAN & NAIR (1996), STEINER (1998), SECHRIST *et al.* (2002), BAZZO (1998), MARTINS-PACHECO & PACHECO (2004a), MARTINS-PACHECO & PACHECO (2004b) e PACHECO *et al.* (2004b). Esta abordagem CT&S se preocupa com o impacto da tecnologia na sociedade, na cultura e no meio ambiente. Busca analisar/refletir sobre as imbricações destas questões. É um tema que tem mostrado crescente interesse, e que por isso mereceu um item especial neste capítulo (Item 3.5).

- **Formas de aprendizagem:** muitos autores, preocupados com o ensino de engenharia, têm abordado os estilos de aprendizagem individuais, como pode ser

observado, por exemplo, em SHARP *et al.* (1997), HUNKELER & SHARP (1997), CARVER Jr. *et al.* (1999), CHOU (1999) e LARKIN-HEIN & BUDNY (2001). Os estilos de aprendizagem se relacionam aos estilos individuais de perceber o mundo, de reter o conhecimento na memória e de processar mentalmente as informações (PACHECO & MARTINS-PACHECO, 2005).

Há vários modelos psicológicos de estilos de aprendizagem. Kolb³⁰ considera quatro tipos de aprendizes (divergentes, assimiladores, convergentes e acomodadores). Felder³¹ (FELDER & SILVERMAN, 1988 e FELDER & BRENT, 2004) considera quatro dimensões dicotômicas que diferenciam os aprendizes (sensorial/intuitivo, visual/verbal, ativo/reflexivo e seqüencial/global). Os métodos instrucionais que são eficientes para alguns estudantes podem não ser para outros. Se os métodos instrucionais forem capazes de fornecer práticas de ensino que englobem os estilos individuais de aprendizagem, é muito provável que os estudantes farão menos esforços para aprender de uma maneira mais confortável e motivadora. Dunn e Dunn³² consideram que cada pessoa tem preferências para lidar com os estímulos sensoriais e construir suas próprias estruturas de conhecimento. Os autores da teoria consideram cinco estímulos, quais sejam: *ambiental, emocional, sociológico, fisiológico e psicológico*.

Alguns autores demonstram preocupação com a integração dos conteúdos e disciplinas (VEMURI, 1993 e ORR & EISENSTEIN, 1994). Outros se preocupam com habilidades metacognitivas como, por exemplo, aprender a aprender (BARNES, 1994 e PELLEGRINO, 2002). Outros ainda se preocupam com os alunos com baixo desempenho escolar (HAYNES & RIORDAN, 1996 e BLUMNER & RICHARDS, 1997).

Neste último aspecto, no Departamento de Engenharia Elétrica (EEL) – UFSC existe a figura do professor Orientador Acadêmico, que fica responsável por um grupo de alunos de graduação. Este orientador, se adequadamente preparado, pode ter um papel muito importante dentro do contexto educacional. Os professores poderiam orientar os

³⁰ De acordo com David Kolb, as pessoas têm quatro diferentes estilos (formas) de aprendizagem, e sugere que os professores, ao prepararem suas aulas, levem em consideração esses quatro estilos, visando que todos os alunos sejam contemplados em sua forma preferencial de aprender. Estes estilos são apresentados resumidamente no **Apêndice B – ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE KOLB**.

³¹ O **Apêndice D – ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE FELDER** apresenta um resumo de suas idéias.

³² Um resumo desse modelo pode ser lido no **Apêndice E – ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE DUNN E DUNN**.

alunos na escolha das disciplinas, no número adequado de horas-aula em função dos seus desempenhos e da formação desejada. Poderiam ajudá-los a descobrir seus estilos preferenciais de aprendizagem para melhorar o rendimento dos seus estudos. Poderiam discorrer sobre a profissão e cobrar maior empenho dos alunos relapsos. Poderiam e deveriam, acredito eu, servir inclusive de apoio psicológico ao estudante. Creio que está atividade deveria ser incentivada e valorizada pela Instituição, e assumida como uma missão pelos professores. Mas, atualmente, temos tempo, preparo e incentivo para realizar esta nobre tarefa? Os professores, de um modo geral, valorizam esta atividade? Estão dispostos a investir parte do seu tempo nela?

- **Sistema tutorial em computador:** ou sistema tutorial inteligente, outro moderno recurso de aprendizagem. Começou timidamente como apoio para algumas disciplinas, servindo para ensinar simulação (ANTAO *et al.*, 1992), circuitos elétricos (YOSHIKAWA *et al.*, 1992) e projeto e manufatura (LAMANCUSA *et al.*, 1997). Também é usado desde o treinamento do estudante para o uso de pacotes computacionais como o MATLAB³³ (TILBURY & MESSNER, 1999) até o estudo de tecnologias cada vez mais complexas (VALDÉS *et al.*, 1999), incluindo o treinamento da simulação de motores de indução no MathCad³⁴ (NIGIM & DeLYSER, 2001). Continua em franca expansão, em novas aplicações.

O uso de sistemas tutoriais evoluiu rapidamente para sistemas de ensino auxiliados por computador ou até inteiramente baseados em computador (PRADOS, 1996) ou na rede mundial de computadores (BOURNE *et al.*, 1996). Em MURRAY (1997) se defende o uso de tutoriais para auxiliar o aprendizado, de forma que mais estudantes se formem e tenham suas habilidades melhoradas, sem queda da qualidade do ensino. Autores sugerem o uso de tutoriais e hipertextos para o ensino baseado nos estilos de aprendizagem de Felder (CARVER Jr. *et al.*, 1999) ou de forma que os estudantes ajustem a forma de apresentação dos assuntos ao seu próprio estilo de aprendizagem (CHOU, 1999). Por fim, autores

³³ Linguagem de programação apropriada ao desenvolvimento de aplicativos de natureza técnica, adequada àqueles que desejam à implementação e teste de soluções com facilidade e precisão, como num laboratório. Possui facilidades de computação, visualização e programação, dentro de um ambiente amigável e de fácil aprendizado.

³⁴ Aplicativo de cálculo (*software* matemático), destinado a profissionais e estudantes de áreas técnicas e científicas.

afirmam que pesquisas em multimídia educacional, com seus tutoriais e hipertextos, mostram muitos benefícios educacionais (CYBULSKI & LINDEN, 2000).

Esta parece ser uma área onde o EEL deveria investir como um complemento aos seus cursos e laboratórios. Permitiria tornar o aluno mais independente e adaptado às novas tecnologias. Acredito que ajudaria o EEL a manter sua posição de destaque dentro do cenário nacional e até internacional como um curso de excelência na área de Engenharia Elétrica.

- **Ensino à distância (EAD)**: a evolução dos sistemas computacionais e de telecomunicações e os vários estudos sobre ensino com o auxílio do computador levaram, inevitavelmente, ao ensino via rede mundial de computadores. Esses ambientes computacionais de ensino geralmente incluem recursos virtuais como sala de “bate-papo” (*chats*), correio eletrônico (*e-mail*), videoconferência, tutoriais etc.

O EAD vem sendo amplamente pesquisado, inclusive como uma maneira de diminuir os custos com a educação que, conforme alguns autores, sobe a cada ano (ORR & EISENSTEIN, 1994; GOLDBERG, 1996; BOURNE *et al.*, 1996; MURRAY, 1997; WALLACE & MUTOONI, 1997; PULLEN & BENSON, 1999 e PATON, 2002). Somente para se ter uma idéia, mais de 150 títulos sobre EAD foram encontrados no banco de teses e dissertações da Biblioteca Universitária (UFSC)³⁵.

A tecnologia de ensino à distância é defendida em GOLDBERG (1996) para melhorar a eficiência das Universidades que ministrariam cursos dentro das próprias corporações que empregarão seus acadêmicos. Assim, eles seriam treinados de acordo com o interesse do empregador. É demonstrada preocupação com o aspecto da interação humana, que seria compensada com atendimentos individuais e atividades de laboratório.

Alguns autores sugerem a combinação de ensino presencial com ensino à distância, como pode ser percebido em BOURNE *et al.* (1996), MURRAY (1997) e LATCHMAN *et al.* (1999). Outros propõem o ensino à distância para fins específicos, como por exemplo, cursos de atualização, treinamentos, uso de laboratórios virtuais e simulação de processos (LAMANCUSA *et al.*, 1997; SHEN *et al.*, 1999 e TILBURY & MESSNER, 1999). Há ainda autores que se preocuparam em avaliar especificamente o próprio processo de ensino

³⁵ Acesso ao *site* da Biblioteca Universitária – UFSC (<http://www.bu.ufsc.br>), feito em 07/01/05.

à distância (LILJA, 2001; PATON, 2002; KHALIFA & LAM, 2002; CHOU, 2000; TARTAGLIA & TRESSO, 2002 e RADA & HU, 2002).

Os custos tecnológicos (*hardware*, *software* e conexões) e a necessidade de mudança de paradigmas em relação às metodologias de ensino presencial são algumas questões que ainda limitam o ensino à distância.

- **Aprendizagem permanente ou educação continuada:** este é um tema bem atual, face às rápidas mudanças ocorridas na engenharia. Em PATON (2002) se comenta a diminuição da “vida média”³⁶ dos engenheiros, de quatro a cinco anos em 1998 para cerca de dois e meio a três anos em 2000, ocorrendo também a diminuição da competitividade da empresa contratante. Comenta-se ainda que são comuns as ofertas de cursos para educação continuada, mas reclama da pouca utilidade da maioria dos cursos para o engenheiro praticante ou por serem cursos muito básicos, ou por serem cursos oferecidos por empresas, freqüentemente de nível muito elevado.

Em OLADIRAN (1999) também se observa a preocupação com a vida média dos conhecimentos técnicos de um engenheiro e se coloca a importância de uma reciclagem anual por meio de cursos de curta duração, seminários, conferências, pesquisa e desenvolvimento, participação ativa em sociedades profissionais e instruções a domicílio.

A preocupação com a necessidade de educação continuada em profissões tais como engenharia elétrica, engenharia da computação, ciências da computação e outras, que estão em contínua transformação, é demonstrada em LILJA (2001). É sugerido o ensino à distância como uma forma adequada para propiciar uma contínua atualização dos ex-alunos, pois pode ser adaptado às suas situações atuais no mercado e lhes permitir utilizar melhor o seu tempo disponível. Em BOURNE *et al.* (1996) e THIRIET *et al.* (2002) também se considera o ensino à distância como uma solução para a educação continuada.

Em BARNES (1994) o autor considera um desafio para o engenheiro se manter atualizado num mundo em constantes e rápidas mudanças, e embora considere a possibilidade de busca de informações e bibliografias com o uso do computador, não acha isso suficiente. Considera importante preparar o aluno para a vida e diz que, de 10 a 30 anos depois de formados, estes alunos assumirão posições de liderança dentro da sociedade

³⁶ Considera-se aqui o tempo médio que um engenheiro, com os conhecimentos adquiridos até a sua formatura, se mantém competitivo no mercado de trabalho de engenharia, dentro de sua especialidade.

e afirma ainda que “*em termos de tempo após a graduação, cursos baseados em tecnologia ajudam o estudante a obter seu primeiro emprego; cursos baseados em ciências ajudam-nos a manter os empregos por cinco anos; cursos que incluam aspectos de ciências humanas e sociais ajudam-nos a atingir o topo de gerenciamento*”³⁷.

Em RAINEY (2002) se afirma que as instituições de alto nível deverão ver o ensino dentro de um contexto estratégico, não como um fim em si mesmo, mas como um processo de até 40 anos. Neste caso, os currículos incluiriam aspectos físicos, mentais, psicológicos e sociais que preparariam os estudantes para além da academia, fornecendo subsídios para exercer adequadamente suas profissões e para atuar positivamente em seus ambientes sociais.

No caso do EEL, penso que seria interessante que se oferecessem cursos de atualização à distância aos nossos ex-alunos, notadamente nas áreas de rápido avanço tecnológico.

3.2.6 Assuntos não abordados nas referências

Vários assuntos não mereceram referência ou foram apenas superficialmente citados. Considero assuntos importantes dentro do contexto educacional, pois influenciam o ambiente de ensino/aprendizagem, mesmo que indiretamente. Alguns estão arrolados entre os conceitos apresentados no já citado **Apêndice G – CONCEITOS SELECIONADOS – GLOSSÁRIO**, localizado ao final deste trabalho. Outros podem ser acrescentados a qualquer momento naquele banco de dados. Como exemplo, alguns tópicos são listados e comentados a seguir.

- **Desemprego:** não houve comentários nem com as condições do primeiro emprego nem com eventuais demissões.
- **Salários:** não se mencionou a questão salarial.
- **Condições de trabalho:** não foram contempladas questões como as condições de trabalho dentro das empresas, horas trabalhadas, relações profissionais, assistência médico-odontológica, psicológica, jurídica, seguro de saúde e insalubridade.

³⁷ Tradução livre do autor desta Tese.

- **Satisfação na profissão:** também não se comenta a grau de satisfação dos engenheiros dentro de sua profissão, quantos permanecem, e quantos buscam novos rumos.
- **Satisfação pessoal/familiar:** não foram feitos comentários explícitos sobre a importância do que foi aprendido nas Universidades para a vida não profissional do engenheiro, sua satisfação pessoal e sua vida familiar e social.
- **Motivação para engenharia:** não foi estudado o motivo que leva o estudante a buscar a profissão de engenheiro (dinheiro, *status*, prestígio). Este aspecto seria importante para analisar assuntos como evasão escolar, excesso de reprovações, falta de motivação estudantil e atrasos na conclusão do curso.

3.3 O ensino de engenharia pelo Brasil

Vários autores discutem o Ensino de Engenharia no Brasil. Existe uma vasta literatura. Pode-se ter uma visão do estágio atual deste ensino em artigos de congressos como o Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), o *World Congress on Engineering and Technology Education* (WCETE) e o *Global Congress on Engineering and Technology Education* (GCETE). Estes dois últimos, notadamente em suas edições de 2004 e 2005, respectivamente, realizadas no Brasil, trazem vários artigos e estudos de autores nacionais sobre o tema. Há vários outros artigos, teses e livros que traçam um perfil do ensino brasileiro de engenharia mostrando suas virtudes, problemas, possíveis soluções, enfim, mostrando como este ensino está sendo feito.

Sem desmerecer os diversos outros autores, optei neste trabalho por uma leitura atenta de BAZZO (1998), já que dispunha de boa bibliografia deste autor. Outras leituras com diferentes pontos de vista a respeito deste tema poderiam ser feitas, porém não é objetivo deste trabalho esgotar a discussão sobre este assunto.

Bazzo levanta, entre outros, os seguintes problemas dentro das escolas de engenharia pelo Brasil, relativos ao ensino de engenharia:

- 1- Despreparo profissional dos egressos das Universidades para atuar junto à sociedade;
- 2- Altos índices de evasão escolar e de reprovações;
- 3- Soluções propostas pontuais e extemporâneas, com poucos efeitos práticos (constantes alterações curriculares, alteração de carga horária, mudanças de horários, mais horas de laboratórios etc.);

4- Professores com conteúdos e procedimentos didático-pedagógicos pouco suficientes e inadequados para a formação do engenheiro contemporâneo.

O mesmo autor alerta para a necessidade de a educação privilegiar o ato de pensar em relação ao ato de reproduzir e para as dificuldades em abordar tal tema: *“O desafio é grande e envolve assuntos desconhecidos da área de atuação dos engenheiros. (...) O ambiente universitário é propício a discussões sobre ensino e a criação de uma massa crítica dentro das unidades de ensino é essencial para o início desse processo de reflexões e mudanças”*.

Para ele os professores deveriam buscar, além do aprimoramento técnico, o aprimoramento didático-pedagógico por meio de leituras e discussões. Deveriam evitar a tentação de se abrigar sob o guarda-chuva protetor do sistema tradicional de ensino. Não deveriam se omitir em discutir temas de ordem sociológica, política e pedagógica com seus alunos e mesmo com seus colegas, com a desculpa de deixar essa discussão para *“quem tivesse competência para tal”*. Os professores deveriam romper as dificuldades de relacionamento com os alunos e se tornar partícipes do processo de construção do conhecimento de seus educandos (atuar como mediadores), afirma.

Defende nos departamentos de ensino, além da formação técnica, uma formação mais humana e social dos professores, contribuindo para o desenvolvimento de novas posturas pedagógicas que resultem numa formação mais crítica dos alunos, evitando a produção de meras *“peças de reposição para o mercado”*. Esta forma de ensino, de formação de mão-de-obra especializada, mas acrítica, acaba contribuindo indiretamente para o aumento da dependência brasileira em relação aos países tecnologicamente mais avançados. Compra-se lá fora o que não se consegue produzir aqui por falta de criatividade, reflexão e ousadia.

Afirma que a mudança é difícil, pois os conceitos atuais de ensino estão fortemente enraizados nos professores, conservadores e refratários a mudanças significativas. Mas acredita que a mudança é possível e deve ser tentada a partir dos novos professores que passarão, obrigatoriamente, pelos cursos de pós-graduação. Anima-se com os novos campos de pesquisa que devem surgir, produzindo uma nova rede social de conhecimentos e um conjunto de padrões cognitivos e técnicos.

Por fim, o autor afirma que as lógicas internas da ciência e da tecnologia são modeladas pelas posturas pessoais, pela educação e pelas atitudes políticas e sociais de

seus praticantes. É preciso deixar claro que ciência e tecnologia não são isentos de ideologias, políticas e contextos sociais, diz.

3.4 O ensino de Engenharia Elétrica no EEL/UFSC

O foco inicial deste trabalho é o Departamento de Engenharia Elétrica (EEL) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Assim, se julgou interessante tecer alguns comentários a respeito deste Departamento e, no **Apêndice F – O DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – UFSC**, faz-se um breve histórico sobre sua atuação frente ao ensino de engenharia elétrica, que culmina com a última reforma curricular. A implementação desta reforma se iniciou no segundo semestre letivo de 1999 para a primeira fase do curso, foi gradativamente avançando para as outras fases e atualmente está concluída.

Destaco aqui que no EEL/UFSC há uma preocupação constante dos professores em oferecer uma resposta adequada aos anseios da sociedade em relação aos seus engenheiros. Percebo também uma grande semelhança entre as questões levantadas em discussões no EEL e aquelas encontradas em discussões semelhantes em outros países (evasão escolar, excesso de horas-aula no currículo, dúvidas se a formação deve ser mais especialista ou generalista, atualização de currículos e conteúdos, equilíbrio entre pesquisa, extensão e ensino etc.).

O trabalho realizado durante esta última reforma curricular teve como principal meta uma reavaliação da filosofia de formação do engenheiro eletricitista, adequando a filosofia de formação à nova realidade do profissional de Engenharia Elétrica: um mercado de trabalho bastante amplo, diverso e dinâmico. O profissional engenheiro deve estar preparado para atuar em inúmeras áreas de aplicação, para mudar de área após alguns anos de exercício profissional e para vir a atuar em áreas que nem sequer existiam na época de sua formação. Buscou-se uma estrutura ágil, de fácil atualização, sem a necessidade de reformas freqüentes na sua essência, garantindo uma formação básica sólida, a qual possibilita a atualização autodidata do profissional egresso.

3.5 A abordagem CT&S

As fortes relações entre ciência, tecnologia e sociedade têm merecido estudos e reflexões. Percebi que existe uma crença generalizada na tecnologia e na sua capacidade de encontrar soluções, até para os problemas que causa. O cotidiano, entretanto, mostra outras facetas, problemas graves, entre os quais estariam a poluição ambiental e outros problemas ecológicos, a concentração de renda, as desigualdades sociais, a miséria, a fome, o sofrimento, a perda da infância, o vazio existencial, a angústia e vários outros. Mas, parece que a maioria das pessoas não consegue perceber que ciência e tecnologia possam estar contribuindo para a geração de tais problemas. E os poucos que o conseguem, parecem impotentes frente ao desafio de promover as necessárias mudanças ao *status quo*. E outros que se beneficiam ou se julgam beneficiados pelo modelo atual de desenvolvimento, não desejam mudanças. E há ainda aqueles que temem que as mudanças possam piorar ainda mais suas já sofridas vidas, e preferem enfrentar um inimigo já conhecido, deixando tudo do jeito que está. Por fim, há os “crentes”, que consideram os cientistas os “sacerdotes” da “religião ciência”, a lhes prometer soluções para seus problemas e até a “vida eterna”. Isto seria apenas uma questão de mais algum tempo de estudo do genoma humano, descobrindo-se, enfim, as razões para o envelhecimento, a eliminação deste processo celular e abrindo caminho para a juventude e a vida eternas (PACHECO et al, 2004b).

Mas, ciência e tecnologia não são neutras, ou seja, independentemente do seu uso, para o bem ou para o mal, elas, por si só, promoverão profundas alterações na sociedade onde foram inseridas. E são ambíguas. Se por um lado podem se deixar dominar por pessoas ou grupos, por outro lado, dominam, condicionam e orientam a vida de uma parcela imensa da população, de forma direta e indireta. Destronam reis e fazem plebeus ascenderem. Geram outras tecnologias. Quem as desenvolve pode, num primeiro instante, beneficiar-se delas, mas pode também posteriormente ser sua vítima. Não se sabe, a priori, quais as conseqüências do seu uso. Podem se impor como a nova ciência/tecnologia dominante, substituindo ou destruindo uma outra, ou se associar a ela, mas quase sempre com efeitos imprevisíveis, tanto positivos, promovendo qualidade de vida, como negativos, provocando desarmonias e catástrofes.

Tendo em vista os vários interesses envolvidos, não basta mostrar de forma bastante clara a relação entre ciência, tecnologia e sociedade. É preciso ainda fornecer alternativas, valores que norteiem as ações da população. Algo que substitua esta busca desenfreada por ciência e tecnologia sem critérios, sem controle social, sem reflexão de seu pró e contras. Mas, quais seriam estes valores? Quem os passaria? A escola? A família? A sociedade? A mídia? As Igrejas? As religiões? Doutrinas, como o comunismo? Teocracias? Ajuda a reintrodução da filosofia nos currículos escolares? Em quais níveis? Todos? Neste caso, cuidar para que não se torne uma matéria descontextualizada e chata para a maioria dos alunos. E qual a participação da escola no processo? E das famílias? E quem financia o ensino? O grande capital permitirá algum movimento que o ameace? É possível tratar-se isoladamente as questões CT&S, sem levar em conta as exigências globais, notadamente dos grandes capitais? Como controlar a ganância do ser humano?

Este aparenta ser o grande desafio para a sociedade dos dias atuais. A solução, me parece, tem que passar pelas famílias, atuando em sintonia com as escolas. Mas, ambas devem ser e estar preparadas, acreditar na necessidade de mudanças e devem estar motivadas para isso. Para uma melhor reflexão a respeito sugiro a leitura da referência PACHECO *et al.* (2004b), já citada.

Em BAZZO (1998), o autor defende a introdução de conhecimentos relacionados à epistemologia, à filosofia da ciência e à relação entre ciência, a tecnologia e a sociedade (CT&S) na formação dos docentes que lidam com a educação tecnológica, buscando formar o engenheiro-cidadão, visando uma sociedade mais justa e igualitária. Tenta mostrar que o pensamento hegemônico e o corpo fechado de idéias, o ensino de engenharia baseado apenas na premissa do treinamento técnico-científico, são idéias superadas. Defende a apresentação e discussão da imbricação entre ciência, tecnologia e sociedade como relevante na construção do conhecimento em engenharia. Coloca:

- 1- O imediatismo de uma sociedade, impregnada de tecnologia em inúmeras situações, deturpa o entendimento do ser humano como indivíduo e membro de uma coletividade, exigindo sempre novas soluções tecnológicas e tornando rapidamente obsoleto tudo que nos cerca, inclusive nossos sentimentos e projetos de vida, num ciclo vicioso;
- 2- Os engenheiros, por força de sua formação, costumam correlacionar verdades absolutas às técnicas, às tecnologias e às ciências e suas fórmulas, conceitos, teorias, máquinas e processos, sem encontrar tempo para os devidos questionamentos acerca das repercussões, contribuições e conseqüências da tecnologia.

Comenta que ciência e tecnologia não são “campos esotéricos” isolados de outros afazeres dos seres humanos, mas a forma mecanicista como são ensinadas, direcionadas predominantemente para o desenvolvimento de técnicas e na busca de um treinamento para a profissão, se mostra intrigante e, em algumas situações, decepcionante quanto aos verdadeiros objetivos da educação universitária. Considera que a ciência e a tecnologia poderiam trazer maiores benefícios para o país e para a sociedade se fossem mais bem trabalhadas e tivessem melhor entendimento de suas influências nas pessoas e na sociedade, de seus benefícios e de seus riscos, tanto pelos seus praticantes como pela própria sociedade. Assim, as pessoas poderiam participar conscientemente de decisões de ordem política e social que influenciarão a vida de todos. A ciência e a tecnologia deveriam promover o bem estar social, servir a toda a sociedade e não apenas servir de instrumento de poder: deveriam ser um instrumento de desenvolvimento humano.

Questiona ainda a forma pronta e acabada como as conquistas tecnológicas são mostradas em sala de aula, de forma cronológica, como uma sucessão de acontecimentos, com a omissão dos erros e sucessivas correções de rumo, atrapalhando o processo de construção do conhecimento. Não se discutem os modelos, os métodos, os instrumentos “consagrados”.

É preciso diferenciar *instrução* de *educação*. Fala-se em educação quando se exige participação ativa dos alunos e se tem professores comprometidos com o contexto no qual estão inseridos. A liberdade é uma necessidade para o processo de construção do conhecimento em qualquer área, mas é difícil convencer disso àqueles que insistem em considerar conhecimentos de engenharia apenas aqueles comprováveis empiricamente. Einstein já reclamava dos atuais modelos de ensino e, entre outras coisas, afirmava que ao se ensinar ao homem apenas uma especialidade, ele se tornará apenas uma máquina utilizável, um cão ensinado, e não uma personalidade, um cidadão. O ensino deveria ser recebido como um dom inestimável, mas nunca como uma obrigação penosa.

Em SECHRIST *et al.* (2002) são apresentados os resultados de um encontro de dirigentes escolares de faculdades de educação e de engenharia, com o fim de discutir os rumos do ensino tecnológico nos Estados Unidos e preparar professores no contexto do mundo de tecnologia. O encontro buscava também formas de colaboração com outras comunidades, visando animar o público a respeito do conhecimento do mundo da tecnologia. Os participantes consideram papel da comunidade de engenharia educar a

população a respeito da tecnologia, população esta em grande parte ignorante no que diz respeito à ciência e à tecnologia. Defendem o ensino de tecnologia desde as escolas infantis. Enfatizam o papel do professor no ensino de tecnologia e de engenharia em escolas de primeiro e segundo grau e a necessidade de se prepararem adequadamente. Descrevem alguns projetos que visam preparar esses professores. Discutem iniciativas conjuntas entre escolas de educação e escolas de engenharia na busca da criação de novos cursos de engenharia.

Por sinal, neste particular, na UFSC já está sendo oferecido um curso de **Pós-Graduação em Educação Científica-Tecnológica**, no nível de mestrado e de doutorado, com a intenção, entre outras, de preparar professores para o ensino de ciência e tecnologia e suas implicações sociais.

Para finalizar este item, é importante que se diga: não basta dizer ao jovem que não se drogue. É preciso mostrar-lhes os prejuízos de tal atitude e lhes dar outras perspectivas agradáveis para suas vidas. Não adianta dizer às populações que a tecnologia pode produzir malefícios. É preciso lhes mostrar os problemas e as possíveis alternativas, sempre buscando a melhoria da qualidade de vida e, se não for possível eliminar, pelo menos minimizar os prejuízos provocados pela ciência e pela tecnologia.

3.6 Conclusões

Pelo que percebo, há uma preocupação mundial com a melhoria do Ensino de Engenharia. Neste contexto do novo engenheiro, a área de Ensino de Engenharia no Brasil tem despertado grande interesse nesses últimos anos. Podem ser citados diversos livros e teses de doutorado que deveriam ser lidos por todos os professores envolvidos com o Ensino de Engenharia de modo particular, e de ciências exatas de modo geral (BAZZO *et al.*, 2000; BAZZO & PEREIRA, 2000; PEREIRA & BAZZO, 1997; LINSINGEN *et al.*, 1999; KOMOSINSKI, 2000 e RODRIGUES, 2000).

Existem iniciativas dentro da instituição (UFSC) como semanas pedagógicas, seminários e *Workshops* de Ensino de Engenharia, avaliação discente, Programas de Formação Continuada. Porém, tenho percebido que o número de professores motivados a participar ainda é pequeno. Provavelmente o maior empecilho é a importância atribuída às

atividades de pesquisa e a necessidade de produção de artigos e outras publicações, elaboração de projetos para obtenção de recursos, confecção de relatórios de pesquisas, gerenciamento de convênios e outras atribuições. É com essas atividades que o pesquisador garante verbas para suas pesquisas e mantém sua produtividade.

As velhas discussões, no caso da engenharia elétrica, de como ensinar Maxwell e eletromagnetismo, se o engenheiro deve ser generalista ou especialista, curso de quatro ou cinco anos, evoluíram para um outro nível. Hoje se preocupa com a alta competitividade da indústria, a velocidade com que os conhecimentos surgem e a sua quantidade, a globalização e, talvez a parte mais importante, a consciência cada vez mais clara da forte relação entre ciência, tecnologia e sociedade e da responsabilidade social do engenheiro.

Para alguns, o ensino por meio da tecnologia parece ser a solução para os velhos problemas de didática. É ensino à distância, simuladores, jogos educativos. Porém, há várias críticas ao uso exclusivo da tecnologia no ensino. Além dela não ser igualmente acessível para todos os estudantes, muitos consideram que estas soluções apenas tiram o professor do tablado e o colocam dentro do computador. Muda a embalagem, mas o conteúdo do ensino acaba permanecendo o mesmo. E ainda vejo uma outra questão a ser considerada. Se o professor deixar de ser necessário em sala de aula, sobrarão mais tempo para fazer suas pesquisas? Ou ele vai acabar sendo demitido para diminuição do montante da folha de pagamento das Universidades? Acredito que um professor bem preparado é insubstituível, mas se não melhorar sua didática e o computador puder competir com ele, se tornar tão ou mais importante no processo de ensino/aprendizagem, haverá o risco de o professor ser demitido. Inclusive o bom pesquisador pois, me parece, um número maior de estudantes pode ser atendido por uma quantidade menor de instituições de ensino superior e algumas escolas poderiam ser fechadas. Isso faz sentido? Talvez mereça uma reflexão.

“Como fazer um aluno empreendedor, criativo, que trabalhe em grupos, se o professor é autoritário, pouco criativo, avalia individualmente, sem criatividade?” “Como despertar o empreendedorismo?” “Como fazer para gerar um profissional comprometido com a sociedade, principalmente o egresso de uma Universidade pública, de boa qualidade, paga por esta sociedade?” “Como conscientizar o futuro engenheiro a respeito do impacto da tecnologia no meio ambiente e na qualidade de vida da população?”

Estas foram algumas perguntas feitas durante o IV Workshop de Ensino de Engenharia, promovido pelo Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina em novembro de 2000.

“Saber encontrar dados é mais importante do que os dados por si mesmos”;

“Fazer as perguntas corretas é mais crítico que saber as respostas”;

“Habilidades pra resolver problemas gerais são mais importantes que habilidade para resolver um problema específico”;

“O problema não é o problema, mas lidar com o problema” (RAINEY, 2002)³⁸.

O caminho parece apontar para o investimento na formação do professor, reciclando-o para os novos tempos. Conscientizá-lo da sua importância no processo de aprendizagem. Poder-se-ia introduzir disciplinas nos cursos de mestrado e doutorado abordando o Ensino de Engenharia. Dever-se-ia promover reuniões didático-pedagógicas periódicas para se avaliar as formas de ensino adotadas e se buscar novas alternativas. Dever-se-ia investir na criação de uma massa crítica para que o processo se inicie e se mantenha.

“A experiência educacional de engenharia no futuro será construída em torno de projetos que incluiriam pesquisa, desenvolvimento, projeto, manufatura e comercialização de produtos de qualidade, processos e sistemas dentro de um contexto que incluiria considerações comerciais, proteção ambiental, segurança e saúde, ética e considerações sociais e políticas. Comunicação efetiva, trabalho em equipe e habilidades de aprendizagem continuada serão componentes integrais do projeto. Onde possível, os projetos serão baseados em problemas reais obtidos de setores econômicos públicos e privados” (PRADOS, 1996)³⁹.

Por fim, apesar de todas as dificuldades apresentadas, existem propostas para resolver certos problemas. Ações já estão em andamento e já apresentam seus primeiros resultados. Já se comentou aqui a avaliação institucional da UFSC e o antigo Exame Nacional de Cursos, o “Provão” do MEC. Outras ações podem ser implementadas. Entretanto, surge uma dúvida. Qual é a real efetividade destas propostas? Os resultados esperados estão sendo alcançados? Como verificar isso? Quais os pontos fortes e quais os

³⁸ Tradução livre do autor desta Tese.

³⁹ Tradução livre do autor desta Tese.

pontos fracos? Como fazer eventuais correções de rota? As coisas estão funcionando como planejado?

Parece extremamente importante a existência de métodos que permitam responder com segurança estas e outras perguntas. Métodos ou sistemas que permitam não somente detectar os problemas, mas até mesmo se antecipar a eles, caracterizá-los de forma que possam ser tomadas as atitudes corretivas mais adequadas e seguras. Mais ainda, os métodos de detecção devem permitir um fácil acompanhamento das ações para avaliação de suas efetividades e eventuais correções de rota.

No capítulo a seguir se tratará deste importante assunto, essencial para manter este complexo sistema de ensino vivo e atuante, formando técnicos e cidadãos.

4

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS

4.1 Introdução

Neste capítulo são apresentadas as ferramentas e as metodologias que serão utilizadas para se atingir os objetivos desejados, conforme justificado no **Capítulo 1**. Tais metodologias são o *ciclo de Deming (Planeje, Faça, Estude, Aja)*, a modelagem conhecida como *Mapas cognitivos difusos* e os *questionários*. Estes últimos são usados para a obtenção das informações necessárias à implementação do processo proposto.

4.2 O ciclo de Deming: Planeje, Faça, Estude, Aja

4.2.1 Apresentação

Este ciclo **Planeje, Faça, Estude, Aja (PFEA)** ou **Plan, Do, Study, Act (PDSA)** em inglês, é apresentado, por alguns autores, como parte de uma metodologia de aperfeiçoamento da qualidade de um processo. Neste caso, está-se considerando o processo de ensino-aprendizagem. Neste trabalho, o objetivo não é um estudo aprofundado desta teoria, mas a obtenção de suas características principais e a maneira como pode ser utilizada num processo de avaliação do ensino continuamente realimentado.

Uma apresentação deste ciclo é feita em HOUSHMAND *et al.* (1996). Compõe-se de quatro estágios, como pode ser observado na Figura 4.1, obtida da referência citada.

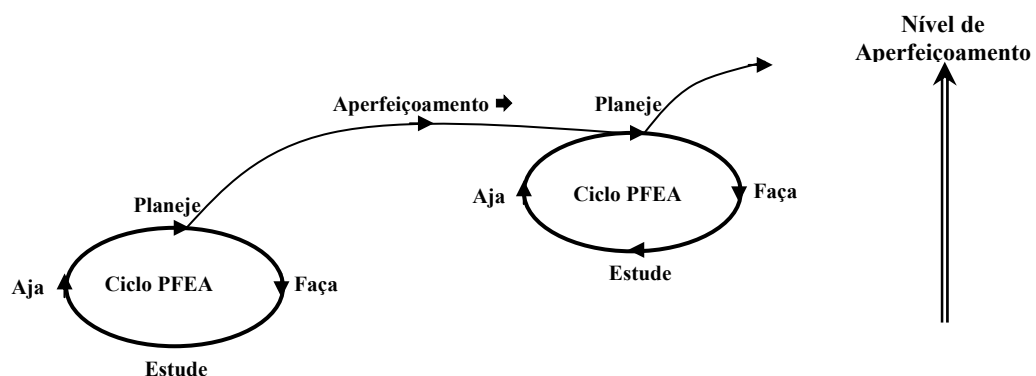


Figura 4.1 – Ciclo de Deming (adaptada de HOUSHMAND *et al.*, 1996).

De acordo com aqueles autores, esta metodologia foi inicialmente sugerida por Walter Shewhart, mas renomeada pelos japoneses para Deming, sendo então popularmente conhecida como o Ciclo de Deming.

Neste processo devem estar implicitamente inseridas as respostas às seguintes perguntas:

- Qual aperfeiçoamento se está tentando atingir? (identificação dos objetivos);
- Quais modificações devem ser feitas para que o processo resulte em melhoramentos?;
- Como pode ser detectado se determinada mudança é um melhoramento?

4.2.2 Fases

As fases do ciclo de Deming podem ser assim resumidas:

- Planeje: compõe-se de quatro tarefas principais:
 - *Identificação das áreas a serem aperfeiçoadas* (num ambiente escolar, poderiam ser considerados aspectos como habilidades de comunicação, melhoria dos conhecimentos dos instrutores, acréscimo de material ou disciplina relevante, aumento dos recursos computacionais ou qualquer outro aspecto relacionado ao ambiente);
 - *Definição de programas de aperfeiçoamento*, onde diferentes ferramentas e métodos são considerados, além de restrições e limitações práticas tais como a eventual necessidade de recursos financeiros, humanos e tecnológicos, o envolvimento da estrutura física e administrativa e outros recursos;
 - *Definição de ferramentas de monitoramento*, já que o ciclo somente pode ser implementado se houver dados adequados que garantam que se está conseguindo os progressos desejados;
 - *Plano de implementação*, onde um esquema da implementação é redigido e os recursos necessários são alocados.
- Faça: compõe-se de duas tarefas principais:
 - *Implementação do programa* propriamente dito, inicialmente num universo restrito, de forma que se percebam eventuais problemas ou inadequações;
 - *Coleta de dados para monitoração dos resultados*, por meio de exames ou questionários, feitos tão frequentemente quanto possível e armazenados de uma forma

adequada para que possam ser facilmente disponibilizados para sua análise, quando necessários.

- Estude: está associada com a análise dos dados obtidos na fase anterior (Faça) e se compõe também de duas tarefas:

- *Análise do desempenho para aferir os efeitos do programa*, transformando os dados brutos em informações úteis, quantitativas, que permitam responder a perguntas tais como: O programa implementado está gerando os resultados esperados? Quais os aspectos que realmente estão apresentando resultados melhores? Estatisticamente falando, os melhoramentos são significativos?

- *Identificação de pontos fracos e de áreas de contínuo aperfeiçoamento*, fornecendo saídas qualitativas que são as áreas de contínuo aperfeiçoamento.

- Aja: é o estágio final do ciclo, o estágio de implementação, quando os resultados da análise são usados e os passos para o melhoramento pretendido são dados, exigindo a participação da administração e a alocação de recursos para a execução do processo de aperfeiçoamento.

4. 3 Mapas cognitivos difusos

4.3.1 Introdução

Bart Kosko teve a idéia de combinar os **mapas cognitivos**, introduzidos, em 1976, pelo cientista político Robert Axelrod, com a **lógica difusa** (usada com a teoria de conjuntos difusos), criando a ferramenta conhecida por **mapas cognitivos difusos** (KOSKO, 1986).

A seguir são apresentados resumos de cada um destes conceitos, onde se procura mostrar a importância da ferramenta proposta para realizar avaliações, planejamento e ações de aperfeiçoamento também no contexto escolar.

4.3.2 Mapa cognitivo

Robert Axelrod, ao propor seu modelo, partiu da noção de causação, ou seja, da constatação de que as pessoas fazem avaliação das alternativas políticas complexas em termos das conseqüências que uma escolha em particular poderia causar no resultado do

processo sob análise e, por fim, em termos da soma dos efeitos de todas as decisões feitas sobre o resultado do processo. Afirma ainda que, na verdade, esta análise causal está construída dentro de própria linguagem humana e seria muito difícil raciocinar completamente de outras formas, mesmo que fosse tentado (AXELROD, 1976).

Axelrod propõe que os conceitos usados pelo tomador de decisões sejam representados por pontos (nós) e as ligações causais que relacionam cada conceito com os outros sejam representados por arcos (flechas) entre cada par de conceitos relacionados. O resultado é uma representação na forma de grafo orientado. Se forem dados pesos (valores) para as ligações (flechas), tem-se o **mapa cognitivo**, conforme mostrado na Figura 4.2, onde os nós C_i representam os conceitos e os valores v_{ij} representam os pesos das ligações, ou o grau de inter-relação dos conceitos considerados. Afirma que nesta forma de representação aparece o real potencial da abordagem sugerida. Assim, é relativamente simples se verificar como cada conceito e cada relação causal interagem entre si, e se permite também uma visão geral do conjunto das declarações retratadas.

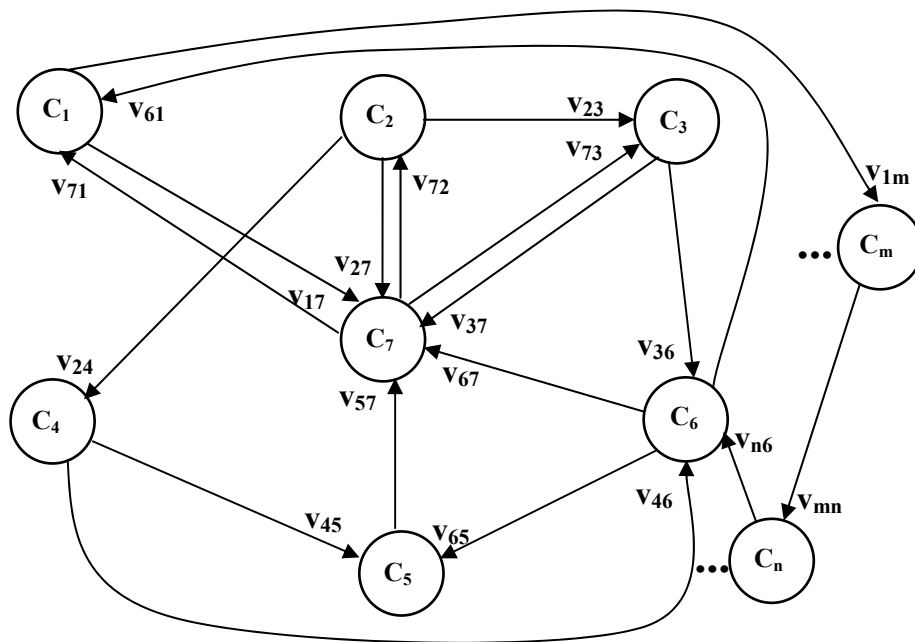


Figura 4.2 – Mapa cognitivo.

Desta forma, o sistema de tomada de decisões pode ser descrito pelo mapa cognitivo, que se compõe de duas partes. Os **nós**, representando as idéias, os conceitos, as alternativas políticas, as várias causas e efeitos, as metas e também o objetivo final do tomador de decisões. E as **arestas**, representando a relação causal entre estes conceitos ou

idéias, ou seja, como os conceitos ou idéias interferem ou não uns sobre os outros, o que é feito com o auxílio de duas leis básicas de interação entre as partes, quais sejam, “**causam**” e “**não causam**”. Por fim, no caso de causar, ainda há de se esclarecer se é no sentido de um conceito reforçar o outro ou de enfraquecê-lo. Ou seja:

$$\begin{aligned}
 & - \text{se } C_i \uparrow \rightarrow C_j \uparrow \text{ ou se } C_i \downarrow \rightarrow C_j \downarrow, \text{ então } v_{ij} > 0 \\
 & - \text{se } C_i \uparrow \rightarrow C_j ? \text{ e se } C_i \downarrow \rightarrow C_j ?, \text{ então } v_{ij} = 0 \\
 & - \text{se } C_i \uparrow \rightarrow C_j \downarrow \text{ ou se } C_i \downarrow \rightarrow C_j \uparrow, \text{ então } v_{ij} < 0
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Assim, uma vez que as propriedades das partes (nós) e as leis das interações entre elas são conhecidas, podem ser feitas inferências sobre o mapa cognitivo completo e sobre a realidade que ele representa.

No caso do modelo proposto por Axelrod, seu interesse era obter respostas a perguntas tais como: Como uma pessoa faria uma escolha entre várias alternativas? Seria possível fazer previsões a respeito de futuras atitudes? Como a troca em um conceito (ou em uma crença) poderia influenciar os outros? Como a troca de um conceito provocaria alterações no modo de pensar ou de agir daquele indivíduo? Ou, em outras palavras, o objetivo final era saber: Como funciona o processo de tomada de decisão de uma pessoa?

Axelrod coloca ainda que, como todo modelo matemático, o mapa cognitivo pode ser útil em dois modos verdadeiramente distintos: como um modelo normativo e como um modelo empírico. Interpretado como um modelo normativo, o mapa cognitivo não tem a pretensão de refletir acuradamente como uma pessoa deduz novas crenças a partir das antigas, como toma decisões e coisas assim, mas, ao contrário, pretende mostrar como alguém poderia fazer tais coisas. Interpretado como um modelo empírico, o mapa cognitivo pretende indicar como uma pessoa realmente realiza certas operações cognitivas, no sentido de que os resultados das várias operações que podem ser feitas com o modelo, de fato, correspondem ao ambiente da pessoa que está sendo modelada.

Em CRAIGER & COOVERT (1994) os mapas cognitivos são descritos como meios gráficos de representar influências direcionais entre conceitos (variáveis). Permitem a obtenção de um modelo matemático para representar informações vagas e ambíguas e raciocinar sobre elas.

A matemática envolvida na análise do mapa cognitivo é bastante simples, o que é uma de suas vantagens. Inicialmente são colocados todos os valores que uma determinada aresta (arco) pode ter, considerando opiniões individuais de vários especialistas a respeito de uma determinada relação entre dois conceitos quaisquer. Esses valores, com os respectivos significados, estão no Quadro 4.1, que mostra todas as combinações possíveis de valores para estas relações.

Quadro 4.1 – Valores que uma relação de conceitos pode assumir.

Símbolo	Significado do relacionamento
+	Positivo
-	Negativo
0	Zero (nulo)
\oplus	Não-negativo, isto é, zero ou positivo
\ominus	Não-positivo, isto é, zero ou negativo
m	Não-zero, isto é, positivo ou negativo
u	Universal, isto é, positivo, negativo ou zero
a	Ambivalente, isto é, conjunto vazio

A combinação das opiniões de vários especialistas a respeito da relação entre determinado par de conceitos pode se dar por meio de um sistema semelhante a uma votação (ganha a opinião mais “votada”), como no caso de uso de questionários. Se, por outro lado, os relacionamentos forem retirados de um texto de uma única pessoa a respeito de um determinado assunto, procurar-se-á a intersecção entre suas diferentes opiniões a respeito de determinado par de conceitos.

Para ficar mais claro, um exemplo. Suponha-se que de um determinado discurso de um especialista obtenham-se dois relacionamentos entre os conceitos **A** e **B**. Num trecho ele afirma que “**A** não pode machucar **B**” e em outro “**A** ajuda **B**”. A primeira frase pode ser interpretada como **A** pode ou não ajudar **B** (\oplus). A segunda, claramente é positiva (+). A intersecção de \oplus (0 ou +) e + é “+”. Logo, a conclusão geral, o valor do arco no mapa cognitivo, será “+”, ou seja, “**A** ajuda **B**”.

No caso da relação *ambivalente*, ela não é obtida diretamente das opiniões dos especialistas, mas pode surgir da combinação de duas ou mais opiniões a respeito de uma determinada relação de conceitos.

Existem ainda os efeitos indiretos entre conceitos. Por exemplo, **A** influencia **B** e **B** influencia **C**. Neste caso, qual a influência indireta entre **A** e **C**? Existe?

A influência indireta pode ser calculada por uma simples multiplicação dos conceitos de cada segmento. Se os valores numéricos dos arcos forem conhecidos, é uma multiplicação numérica como outra qualquer. Entretanto, se as relações forem indicadas apenas por sinais, as regras da multiplicação fornecem os seguintes resultados:

1. Positivo vezes outro valor fornece aquele outro valor;
2. Zero vezes outro valor fornece zero;
3. Ambivalente vezes outro valor (exceto zero) fornece ambivalente;
4. Negativo vezes negativo fornece positivo;
5. A multiplicação é distributiva sobre a união. Por exemplo: $(-).(\ominus) = (-).(- \cup 0) = ((-).(-)) \cup ((-).(0)) = (+) \cup (0) = \oplus$;
6. A multiplicação é simétrica. Por exemplo: $(-).(\ominus) = (\ominus).(-)$.

Outra situação de interesse é a seguinte. Quando existem dois ou mais caminhos entre dois conceitos quaisquer (por exemplo, **A** e **B**), passando por diferentes nós, e se deseja a influência total, no caso, do nó **A** sobre o nó **B**, deve-se fazer uma simples adição, governada pelas regras:

1. Zero mais outro valor fornece aquele outro valor;
2. Ambivalente mais outro valor fornece ambivalente;
3. Positivo mais positivo é positivo e negativo mais negativo é negativo;
4. Positivo mais negativo é universal, isto é, positivo, negativo ou zero;
5. A adição é distributiva sobre a união;
6. A adição é simétrica.

Finalmente, para se resolver o problema de tomada de decisões, deve-se obter o efeito de todas as variáveis (nós) sobre a variável de interesse.

Em sistemas pequenos, com um pouco de treinamento, é possível uma pessoa ir combinando mentalmente os conceitos, até obter o efeito total sobre a variável desejada.

Entretanto, para sistemas maiores, é necessária uma formulação mais sistemática para a realização dos cálculos necessários, visando permitir uma implementação em computador.

Neste caso, é montada uma matriz que é composta das influências de um conceito sobre o outro, ou seja, uma matriz que mostra a forma como o conceito da linha *i* atua sobre o conceito da coluna *j*. Esta matriz é chamada de matriz de valências, e aqui é representada por **[V]**.

O Quadro 4.2 mostra a matriz de valências do mapa cognitivo mostrado na Figura 4.2. Esta matriz será a base para a construção do modelo matemático que será utilizado para resolver um mapa cognitivo genérico que envolva grande número de conceitos (nós).

Quadro 4.2 – Peso das ligações do mapa cognitivo da Figura 4.2.

Conceitos		⇓ Efeito									
⇓ ⇒	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	...	<i>Cm</i>	<i>Cn</i>	
<i>C1</i>	v₁₁	v₁₂	v₁₃	v₁₄	v₁₅	v₁₆	v₁₇	...	v_{1m}	v_{1n}	
<i>C2</i>	v₂₁	v₂₂	v₂₃	v₂₄	v₂₅	v₂₆	v₂₇	...	v_{2m}	v_{2n}	
<i>C3</i>	v₃₁	v₃₂	v₃₃	v₃₄	v₃₅	v₃₆	v₃₇	...	v_{3m}	v_{3n}	
<i>C4</i>	v₄₁	v₄₂	v₄₃	v₄₄	v₄₅	v₄₆	v₄₇	...	v_{4m}	v_{4n}	
<i>C5</i>	v₅₁	v₅₂	v₅₃	v₅₄	v₅₅	v₅₆	v₅₇	...	v_{5m}	v_{5n}	
<i>C6</i>	v₆₁	v₆₂	v₆₃	v₆₄	v₆₅	v₆₆	v₆₇	...	v_{6m}	v_{6n}	
<i>C7</i>	v₇₁	v₇₂	v₇₃	v₇₄	v₇₅	v₇₆	v₇₇	...	v_{7m}	v_{7n}	
...	
<i>Cm</i>	v_{m1}	v_{m2}	v_{m3}	v_{m4}	v_{m5}	v_{m6}	v_{m7}	...	v_{mm}	v_{mn}	
<i>Cn</i>	v_{n1}	v_{n2}	v_{n3}	v_{n4}	v_{n5}	v_{n6}	v_{n7}	...	v_{nm}	v_{nn}	

Pela regra de multiplicação de duas matrizes $[X]$ e $[Y]$ de ordem n , o elemento ij da matriz resultante é dado pela expressão:

$$([X] \cdot [Y])_{ij} = \sum_{k=1}^n x_{ik} \cdot y_{kj} \quad 4.2$$

Se $[X]=[Y]=[V]$, tem-se:

$$[V]^2_{ij} = \sum_{k=1}^n v_{ik} \cdot v_{kj} \quad 4.3$$

Cada elemento v_{ij} da matriz resultante $[V]^2$, pela própria definição de produto matricial, representa o efeito indireto do conceito i sobre o conceito j , através de todos os caminhos de comprimento exatamente igual a 2, ou seja, existe exatamente um nó entre os nós i e j . Em outras palavras, o produto $v_{ik} \cdot v_{kj}$ expressa o efeito indireto do caminho do nó i ao nó k e do nó k ao nó j . Somando os efeitos de todos estes caminhos para todo k , tem-se o efeito indireto do nó i sobre o nó j considerando todos os caminhos de comprimento 2.

Refazendo o processo para a terceira potência, são obtidos os efeitos do nó i sobre o nó j considerando todos os caminhos de comprimento 3.

Extrapolando, para a potência q , serão obtidos todos os efeitos indiretos do nó i sobre o nó j por todos os caminhos de comprimento q .

Continuando o processo e considerando que o mapa cognitivo tem n nós, ou seja, foram relacionados n conceitos, e que o número máximo de arcos é, conseqüentemente, $n-1$, pode-se calcular o efeito total do conceito por meio da expressão:

$$[\mathbf{T}] = \sum_{q=1}^{n-1} [\mathbf{V}]^q \quad 4.4$$

A matriz $[\mathbf{T}]$ é a matriz total dos efeitos do conceito i sobre o conceito j , e pode ser usada para gerar informações acerca do efeito total de cada política sobre a variável de interesse e também para estudar a estrutura do mapa cognitivo.

Para finalizar este breve estudo, duas últimas definições. Um mapa cognitivo é dito **acíclico** se e somente se todos os elementos da diagonal principal da matriz dos efeitos totais $[\mathbf{T}]$ que o representa são nulos, ou seja, se nenhum conceito tem influência sobre si mesmo. Um mapa cognitivo é dito **balanceado** se e somente se nenhum elemento de sua matriz de efeitos totais $[\mathbf{T}]$ for universal, não-zero ou ambivalente, ou seja, nenhum elemento desta matriz é indefinido.

Ao final da análise, seja realizada mentalmente ou com o auxílio do modelo matemático computacional, a utilização/interpretação do resultado é a mesma. Políticas que produzem influência total negativa devem ser rejeitadas, bem como aquelas não-positivas. Políticas com influência nula (zero) devem ser desconsideradas. Políticas com resultado total não-negativo podem ser reservadas para novos estudos. Políticas que resultem em efeito total não nulo, universal ou ambivalente são inconclusivas. Finalmente, aquelas políticas que resultam em efeito total positivo devem ser as escolhidas.

Um exemplo de aplicação de Mapa Cognitivo pode ser obtido em MARTINS-PACHECO & PACHECO (2004b), onde se sugere esta metodologia para fazer uma abordagem sobre aspectos de CT&S que ofereça resultados válidos, motive os alunos e permita um grau de visualização do mundo real, relacionando alguns aspectos psicológicos, sociais, econômicos, tecnológicos e científicos.

4.3.3 Teoria da lógica difusa

É a outra idéia muito importante para se chegar à ferramenta pretendida. A intenção neste trabalho não é oferecer um estudo aprofundado do assunto, mas tão somente fornecer noções mínimas para a criação de uma base de raciocínio que permita entender a filosofia do mapa cognitivo difuso, assunto do próximo item. Este resumo foi inspirado no tutorial da Motorola denominado FUZZY LOGIC PROGRAM, indicado nas Referências Bibliográficas.

Conforme KLIR & YUAN (1995), o conceito de **incerteza** foi uma das mudanças de paradigma dentro da ciência e da matemática no Século XX. De acordo com a tradicional visão, a ciência deveria empenhar-se pela certeza em todas as suas manifestações (precisão, especificação, clareza, consistência) e evitar todas as incertezas (imprecisão, falta de especificação, dúvida, inconsistência), que seriam consideradas não científicas. Já de acordo com o moderno ponto de vista da ciência, as incertezas são consideradas essenciais, não uma “indesejável praga”, mas, de fato, uma grande utilidade.

Ainda, segundo os mesmos autores, geralmente se concorda que um importante ponto na evolução dos modernos conceitos de incertezas foi a publicação do artigo de Lotfi A. Zadeh, em 1965, embora algumas idéias lá apresentadas já houvessem sido vislumbradas pelo filósofo estadunidense Max Black em 1937.

Zadeh percebeu que a natureza *falso* ou *verdadeiro* da lógica *booleana* não retratava adequadamente os “vários tons de cinza” do mundo real (Ver Figura 4.3).

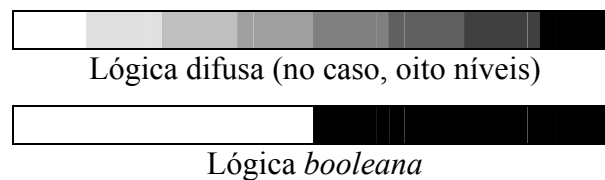


Figura 4.3 – Comparação entre a lógica difusa (oito níveis de “cinza”) e a lógica *booleana*.

Assim, introduziu uma teoria cujos objetos, os conjuntos difusos, são conjuntos cujas fronteiras não são precisamente definidas. A pertinência em um conjunto difuso não é uma questão de afirmação ou negação, mas ao contrário, uma questão de *grau*, do grau

de pertinência de um elemento a um conjunto específico. É comum, mas não necessário, que o grau de pertinência de um dado elemento a um determinado conjunto, bem como o grau de verdade das proposições associadas, estejam dentro do intervalo $\underline{1}$ e $\underline{0}$.

O valor $\underline{1}$ indica um grau de pertinência total, ou seja, o elemento pertence totalmente ao conjunto ou a proposição em questão é totalmente verdadeira. O valor $\underline{0}$, por sua vez, garante que o elemento não pertence ao conjunto ou que determinada proposição é falsa.

Outros valores entre estes extremos indicarão graus variados de pertinência do elemento ou de veracidade das proposições. Obtém-se, desta forma, uma maneira adequada de expressar transições graduais de pertinência a não-pertinência, o que é de grande utilidade ao se lidar com problemas reais, representando não somente uma significativa e potente representação de incertezas em medições, mas também uma significativa representação dos conceitos expressos vagamente em linguagem natural.

A Figura 4.4 tenta mostrar esta diferença, com o auxílio de um exemplo simples. Suponha-se que se tenha uma base de tinta vermelha, onde estão sendo misturados pigmentos amarelos. Admita-se que numa concentração de até 75% de vermelho (diluição de 25% de amarelo), ainda se considere a cor resultante como vermelha. Também se admita que uma mistura com concentração de vermelho entre 75% e 25% seja considerada uma cor laranja. A pergunta: E se a mistura for de exatamente 75% de vermelho (25% de amarelo)? A cor resultante deverá ser classificada ainda de vermelha ou já será laranja?

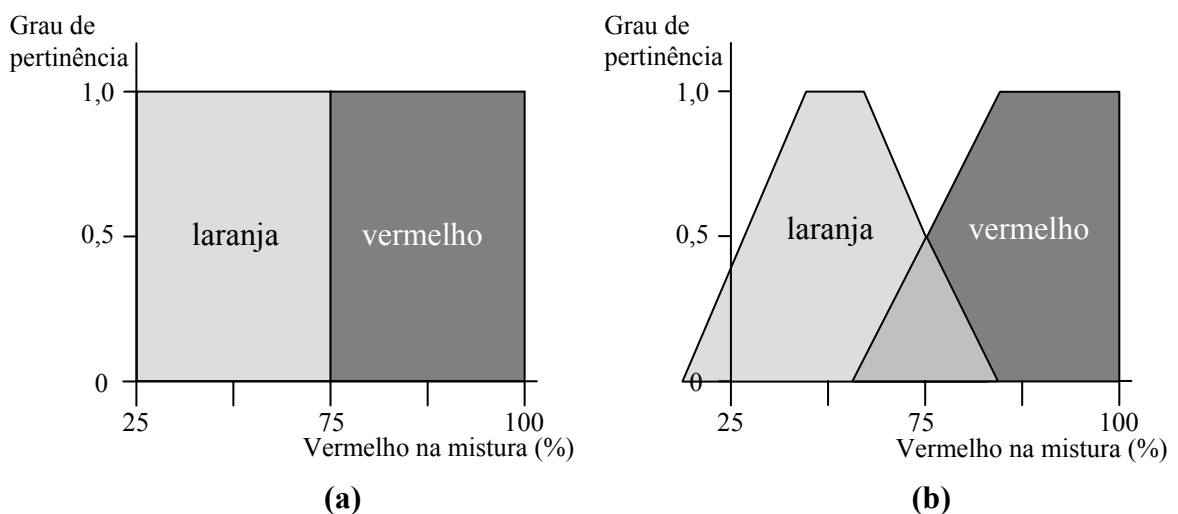


Figura 4.4 – Graus de pertinência em um conjunto clássico (letra a) e em um conjunto difuso (letra b).

Pela lógica *booleana*, num conjunto clássico ou convencional, um elemento deve pertencer a um conjunto ou ao outro. Em termos matemáticos, pode-se dizer que o conjunto S é definido pela sua função *característica* f_s . Esta função mapeia os elementos x de S com 1 (verdadeiro), se x é um elemento de S e com 0 (falso), se x não é um elemento de S , ou seja:

$$f_s : S \rightarrow \{ 0, 1 \}$$

$$\text{Para um elemento } x, f_s(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in S \\ 0, & \text{se } x \notin S \end{cases} \quad 4.5$$

Assim, no caso do exemplo da Figura 4.4a, qualquer mínima variação para baixo de 75% a cor é dita laranja. Qualquer pequena variação acima, é dita vermelha. Não há meio termo. E para o caso da mistura estar exatamente na marca de 75%, o melhor que se pode fazer é estabelecer um critério artificial para se decidir se a cor resultante é vermelha ou laranja. Evidentemente que se poderiam estabelecer mais faixas (vermelhão, vermelho, vermelhinho, laranjão, laranja, laranjinha, por exemplo), mas sempre haveria uma transição brusca de uma faixa para a outra, e a mesma indefinição em relação a um ponto na fronteira. No limite, pensar-se-ia em faixas infinitesimais, o que seria praticamente inviável num sistema de controle convencional, dada a dimensão exagerada que o problema assumiria e o custo do mecanismo (microprocessador) de controle, por exemplo. Albert Einstein, em 1921, já afirmava: “Até onde as leis da matemática referem à realidade, elas não são precisas. E até onde elas são precisas, elas não referem à realidade”⁴⁰(apud KLIR & YUAN (1995), página 15).

A alternativa que pode ser usada para resolver estes problemas de conjuntos com fronteiras mal definidas ou ambíguas é a lógica difusa. Neste caso, se poderia dizer que na transição, como acontece no mundo real, a cor não é nem vermelha e nem laranja. É “um pouco dos dois”, ou seja, está numa região difusa. Pertence aos dois conjuntos (vermelho e laranja) simultaneamente. No exemplo mostrado (Figura 4.4b), pertence 0,5 ao conjunto

⁴⁰ Tradução livre do autor desta Tese.

dos vermelhos e 0,5 ao conjunto dos laranjas. E o mesmo se pode obter para os outros pontos da região de transição. Pertencem aos dois conjuntos, com graus de pertinência diferentes, em função de suas posições (percentagens da mistura). Assim, um sistema difuso, apesar de seu nome soar contraditório, fornece um método rigorosamente preciso para se alcançar decisões precisas, claras, objetivas (FUZZY LOGIC PROGRAM, 1992).

Matematicamente, pode-se dizer que o conjunto S é definido pela sua função de *pertinência* μ_s . Esta função mapeia os elementos x de S com um valor entre 1 (verdadeiro ou totalmente pertencente a S) e 0 (falso ou totalmente não pertencente a S), passando por todos os valores intermediários, ou seja:

$$\mu_s : S \rightarrow [0, 1]$$

- se $\mu_s(x) = 1$, x pertence totalmente a S . 4.6
- se $\mu_s(x) = 0$, x está totalmente fora de S .
- se $0 < \mu_s(x) < 1$, x pertence parcialmente a S .

Assim, a função de pertinência é uma função matemática responsável por relacionar os elementos aos conjuntos difusos pré-estabelecidos. Estes elementos podem ser, por exemplo, sinais analógicos e/ou digitais vindos de transdutores, que são então fuzzificados, isto é, mapeados pela função dentro dos conjuntos difusos por meio de vários graus de pertinência. Estas funções podem ter várias formas, como a triangular e a trapezoidal, mostrada na Figura 4.4, que são as mais usadas por serem simples, flexíveis (suas inclinações podem ser facilmente ajustadas em função da saída desejada), fáceis de implementar e permitem processadores menores. Embora existam outras formas mais adequadas para representar os fenômenos naturais, elas exigem equações mais complicadas ou grandes tabelas de busca para que possam ser precisamente representadas, exigindo maior processamento, maior tempo de resposta e um processador mais dispendioso.

A lógica difusa vem sendo usada amplamente em sistemas de controle diversos, como por exemplo, em controle de máquinas elétricas (SANEIFARD *et al.*, 1998), incluindo aplicações em sistemas de potência (CARDOSO Jr. *et al.*, 2003).

4.3.4 Mapa cognitivo difuso

Como anteriormente colocado, o mapa cognitivo difuso combina os mapas cognitivos de Axelrod com a lógica difusa. O mapa cognitivo difuso, pelas suas características topológicas, se assemelha a uma rede neuronal (KOSKO, 1987 e STYLIOS & GROUMPOS, 2000). Não é objetivo deste trabalho um estudo destas redes, seus princípios, características, estágio atual de desenvolvimento, limitações, expectativas, implementações e aplicações. Este é um campo vasto de conhecimentos e seu estudo pode ser obtido na literatura, como em FAUSETT (1994). Por outro lado, é interessante que se faça uma breve apresentação deste tipo de rede, para uma melhor percepção dessas semelhanças.

Assim, de acordo com Fausett, uma rede neuronal artificial é um sistema de processamento de informações que tem certas características de desempenho em comum com redes neuronais biológicas. É desenvolvida como generalização de modelos matemáticos da cognição humana ou da biologia neuronal, baseada nas seguintes suposições:

- O processamento das informações ocorre em elementos muito simples chamados neurônios;
- Os sinais são transmitidos entre neurônios através de elos de conexão;
- Cada elo de conexão tem um peso associado o qual, numa rede neuronal típica, multiplica o sinal transmitido;
- Cada neurônio aplica uma função de ativação (usualmente não-linear) para sua rede de entrada (soma de todos os sinais de entrada com seus respectivos pesos) para determinar o sinal de saída.

Ainda de acordo com a mesma referência, uma rede neuronal é caracterizada por (1) seu padrão de conexão entre os neurônios (chamado de sua arquitetura), (2) seu método de determinar os pesos das conexões (chamado de seu algoritmo de treinamento ou de aprendizagem) e (3) sua função de ativação.

Por fim, ainda pode ser colocado que o estudo de redes neuronais é feito, basicamente, com dois objetivos principais, quais sejam, entender o funcionamento do cérebro humano e emular alguns de seus potenciais. Tem ainda aplicações em processamento de sinais, sistemas de controle, reconhecimento de padrões, medicina,

produção de fala, reconhecimento de fala, negócios, resolução de circuitos elétricos e de problemas de máquinas elétricas, previsão de carga e de afluências hídricas em sistemas de potência etc.

Uma diferença básica entre redes neuronais e mapas cognitivos difusos é em relação ao peso das conexões. A rede neuronal típica “aprende” qual deve ser o peso adequado (FAUSETT, 1994). No mapa cognitivo difuso, este peso é fornecido pelo opinante (estudante, entrevistado especialista na área que está sendo modelada etc.), dependendo do interesse que se tem em mente.

Neste último caso, duas situações são comuns. Se a ferramenta estiver sendo usada para avaliação de aprendizagem, por exemplo, avaliação do conhecimento adquirido por um estudante dentro de uma disciplina ou curso, os pesos serão dados por ele de acordo com o que aprendeu, com a sua forma de pensar e de interligar conceitos e do que se está pretendendo avaliar. Em função dos pesos dados pelo aluno, é feita sua avaliação.

Outra possibilidade é que estes pesos sejam dados por especialistas, como professores ou educadores, indicando suas crenças e convicções. Indicariam assim o relacionamento ideal entre os conceitos (nós), detectando pontos fortes e pontos fracos, e a rede poderia ser utilizada, por exemplo, para planejamento, permitindo realizar simulações e sugerir ações.

De acordo com KOSKO (1992), os conhecimentos causais incertos, ou seja, difusos, estão armazenados no mapa. Afirma que mapas cognitivos difusos são dígrafos assinalados, com **realimentação**, onde os graus de causalidade entre os conceitos estão entre +1 e -1. Os nós do mapa representam fenômenos variáveis ou conjuntos difusos. Não podem ser confundidos com sistemas especialistas tipo árvores lógicas, árvores de jogos, árvores de Markov, árvores causais Bayesianas, sistemas de herança baseados em estruturas e outros, que são árvores de decisão sem realimentação, pelo menos não de forma natural, com busca em grafos. Os mapas cognitivos difusos são sistemas dinâmicos, realimentados como esperado em sistemas físicos, evoluem ao longo do tempo, “aprendem”.

Nas árvores de busca, conforme KOSKO (1987), a representação e tratamento de conhecimentos apresentam várias limitações, tais como:

- não possuem um ambiente dinâmico, onde um processo realimentado possa ser estabelecido;

- o tempo de busca cresce com o aumento da árvore, a complexidade das decisões cresce exponencialmente, fica mais difícil fazer inferências e trabalhar em tempo real fica virtualmente impossível em grandes árvores;
- as árvores parciais não são naturalmente combináveis para formar uma árvore mais complexa, comprometendo a acuidade do processo e, desta forma, restringindo a participação de muitos especialistas na sua construção, limitando o conhecimento representado pela árvore.

Ainda conforme KOSKO (1987), idealmente cada especialista deve ter sua própria base de conhecimentos. As bases individuais são então combinadas numa única base representativa do conhecimento em questão. Isto é possível com os mapas cognitivos difusos, que são, segundo ele, a estrutura mínima de representação que supera as limitações das árvores de busca. O mapa é uma “generalização realimentada de uma árvore de busca”.

Num mapa cognitivo não difuso, as causalidades assumem apenas máximos graus ou zero, ou seja, os valores $\{-1, 0, +1\}$, respectivamente, enfraquece totalmente, não causa ou ativa completamente. Entretanto, em geral, o uso de pesos para as ligações (arestas) dentro do intervalo $[-1, +1]$ permite que diferentes graus de causalidades possam ser representados, caracterizando um conjunto difuso.

As inferências sobre um mapa cognitivo difuso são feitas por meio da ativação de algum(ns) conceito(s), verificando-se o espraiamento desta ativação através de todos os nós. A forma como é feita esta ativação é bastante simples, e é mais facilmente entendida com o auxílio do modelo matemático deduzido no Item 4.3.5.

Por hora pode-se dizer que a inferência ou a previsão sobre o mapa é um reflexo de um **ciclo limite**, ou seja, uma seqüência de saídas que passam a se repetir ciclicamente, onde normalmente fica mais clara a forma de atuação de cada conceito sobre os outros. Isso permite análises e conclusões a respeito do mapa.

Um outro importante objeto que pode ser extraído do mapa cognitivo difuso é o **padrão escondido**, ou seja, as inter-relações entre conceitos não percebidas numa primeira leitura e que surgem ao final da resolução do problema. Estas inter-relações podem fornecer informações importantes sobre o processo em estudo e trazer à tona aspectos relevantes para uma melhor análise e geração de diagnósticos relativos à situação que está sendo modelada/estudada.

Cada nó causal (conceito C_i no diagrama da Figura 4.2) no mapa cognitivo difuso é uma função não-linear que transforma as ativações ponderadas que chegam nele em valores dentro do intervalo $[0, 1]$ ou $[-1, +1]$, neste segundo caso levando em consideração que um conceito também pode enfraquecer parte dos demais. Esta função não-linear é chamada de **função limiar** ou **função de ajuste** (*threshold*).

A função limiar é parte importante do processo de resolução de mapas cognitivos difusos, como é mostrado mais adiante. Por hora, diga-se apenas que ela pode ser entendida como a introdução da saturação no processo iterativo.

Por exemplo, numa rede neuronal, uma vez que o neurônio é ativado e passa a transmitir determinada informação, o “sinal” passará através dele a partir daquele limiar, não importando mais um aumento na intensidade do sinal de entrada. A chave foi “ligada” e assim permanecerá até que o nível da entrada caia novamente abaixo deste limiar.

Esta função serve então para reduzir a saída sem restrições para uma saída dentro de uma faixa estreita, no intervalo $[0, +1]$ ou $[-1, +1]$, conforme já colocado. Embora isto impossibilite a obtenção de resultados quantitativos, o importante no método é a obtenção da informação relacional entre os conceitos, que ficará evidenciada.

A função limiar pode ser de vários tipos. Algumas funções mantêm a proporção das saídas, outras “achata” os valores numéricos mais significativos, buscando simular um processo de saturação. A escolha de um ou outro tipo depende da experiência ou sensibilidade do pesquisador, que pode testar diferentes opções.

Neste trabalho as funções de ajuste foram classificadas genericamente em três grupos: discretas, contínuas e quase-contínuas.

No grupo das **discretas** estão a bivalente, a trivalente e a septivalente. Neste caso, os resultados de cada etapa da simulação são “encaixados” dentro de intervalos discretos de acordo com a definição da função considerada (Equações 4.7 e 4.8). A septivalente é definida no **3º Passo** do Item 5.6.3.

No grupo das **contínuas** está a sigmóide. Neste caso, cada valor obtido na simulação é aplicado diretamente em uma das equações de definição (Equações 4.9a ou 4.9b), resultando no valor ajustado.

Finalmente no grupo das **quase-contínuas** estão a regularização e a normalização. Aqui os valores são ajustados um a um, como na sigmóide, mas levando em consideração as características (valores e distribuição) das grandezas de saída de cada iteração. O **3º**

Passo do Item 5.6.3 descreve duas funções deste tipo que foram incorporadas ao programa de simulação e colocadas à disposição de seus usuários.

Alguns exemplos são definidos matematicamente a seguir. Servem para ilustrar o processo de ajuste. A Figura 4.5 mostra a forma geral de algumas destas funções.

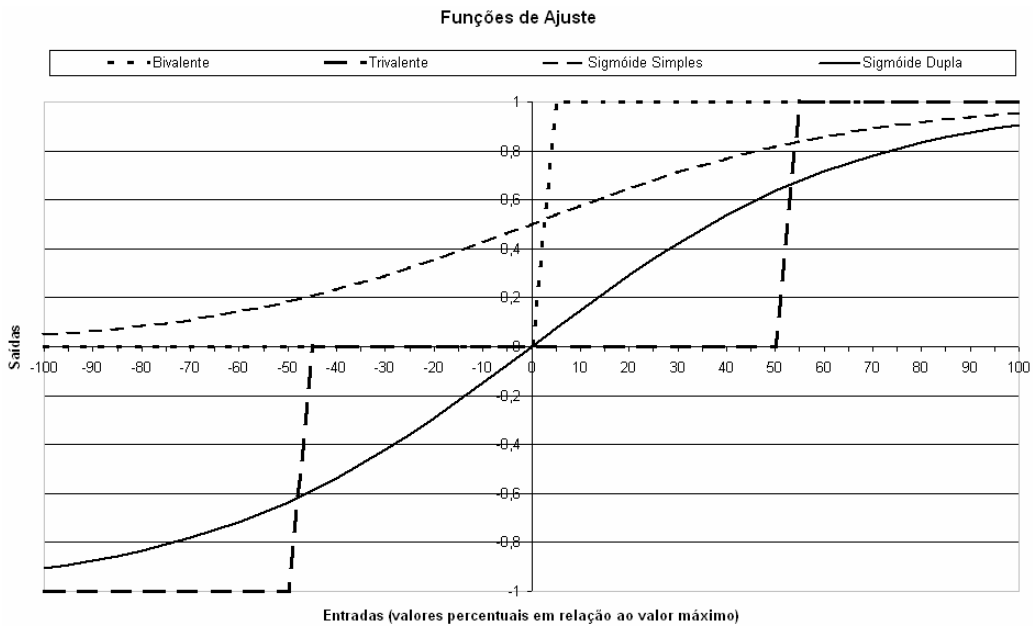


Figura 4.5 – Exemplos de funções de ajuste.

No caso da função sigmóide duas formas podem ser observadas. A primeira opção foi aqui chamada de *sigmóide simples*, onde se observa um forte “achatamento” dos valores negativos, forçando-os a zero, e dos valores grandes, forçando-os a 1. Lembra a função bivalente. A segunda opção foi chamada de *sigmóide dupla*, e pode ser observada a tendência de levar os valores positivos maiores a +1 e os mais negativos a -1, lembrando a função trivalente. Nas Equações 4.9a e 4.9b, a constante c dá a inclinação da sigmóide, onde $c = 5$ é um valor típico.

Nas Equações 4.8, 4.9a e 4.9b, x^{\max} é o maior valor absoluto da variável x , dentro do conjunto considerado. Isto é necessário para que não se tenha que ajustar os limites da função trivalente ou a constante c da função sigmóide para cada conjunto de dados de entrada. Este assunto será retomado no devido tempo, com mais detalhes, pois este procedimento é usado também quando do ajuste realizado com o auxílio das funções “quase contínuas”.

$$\begin{aligned}
 \text{- bivalente: } \quad f(x_i) &= 0, \quad x_i \leq 0 \\
 f(x_i) &= 1, \quad x_i > 0
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- trivalente: } \quad f(x_i) &= -1, \quad \frac{x_i}{|x^{\max}|} \leq -0,5 \\
 f(x_i) &= 0, \quad -0,5 < \frac{x_i}{|x^{\max}|} < +0,5 \\
 f(x_i) &= 1, \quad \frac{x_i}{|x^{\max}|} \geq +0,5
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

$$\text{- sigmóide, opção 1: } \quad f(x_i) = \frac{1}{1 + \varepsilon^{-c \cdot \frac{x_i}{|x^{\max}|}}}, \tag{4.9a}$$

$$\text{- sigmóide, opção 2: } \quad f(x_i) = \frac{1 - \varepsilon^{-c \cdot \frac{x_i}{|x^{\max}|}}}{1 + \varepsilon^{-c \cdot \frac{x_i}{|x^{\max}|}}}. \tag{4.9b}$$

Com isso, têm-se as bases para que sejam realizadas inferências a respeito dos conceitos, ou seja, se estão ativos ou inativos e como estão interferindo uns sobre os outros. Ao fim do processo, faz-se a *defuzzificação*, ou seja, o retorno às variáveis lingüísticas e a interpretação das informações geradas no processo.

Outro importante aspecto que deve ser considerado é a possibilidade de se construir bases de dados individuais por especialista. Assim, se torna importante a associação dos mapas dos diferentes especialistas para formar um único mapa mais complexo, com todas as informações, incluindo todos os conceitos relacionados, mesmo que o tenha sido por apenas um dos opinantes/especialistas. A forma de se efetuar esta associação é mostrada com o auxílio de um exemplo, obtido de KOSKO (1987).

Suponha-se que se disponha dos mapas de quatro especialistas, que fizeram as respectivas associações entre os conceitos, conforme Figura 4.6. Estes quatro mapas estão representados matricialmente no Quadro 4.3. Deseja-se associar os mapas num único mapa resultante.

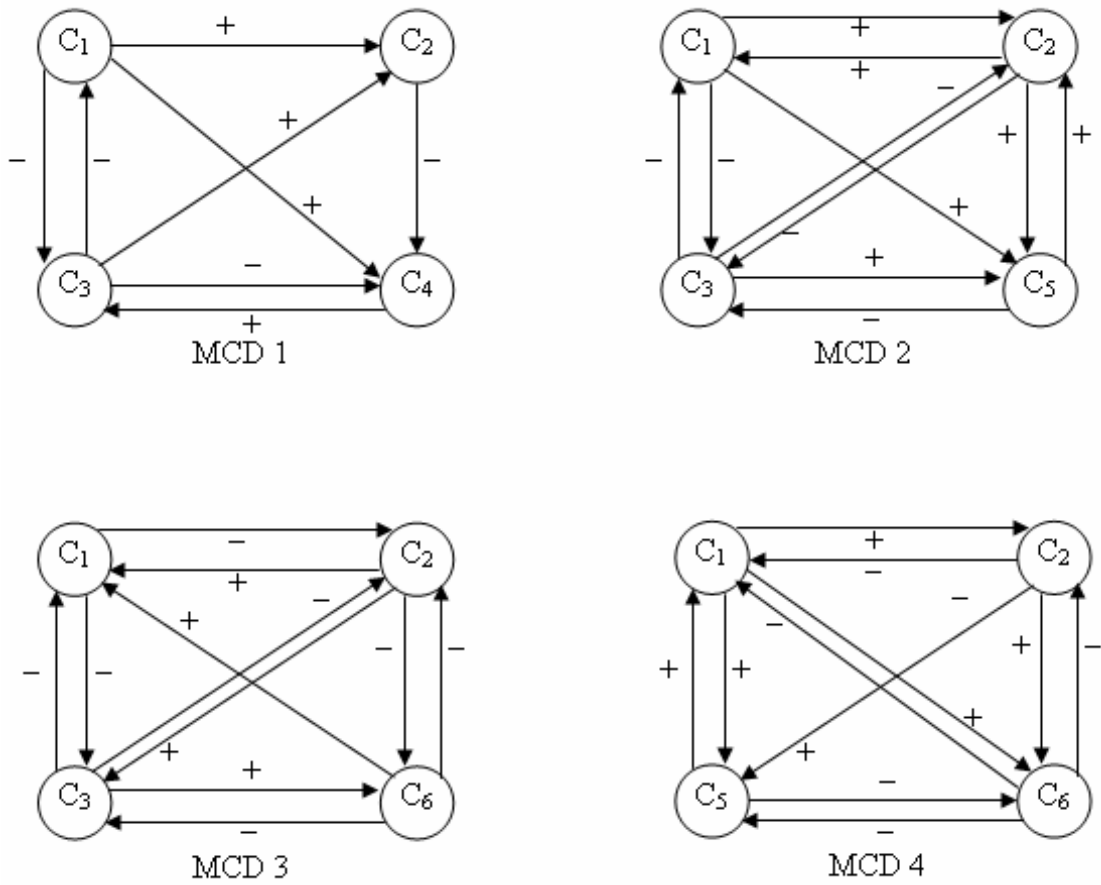


Figura 4.6 – Exemplo de associação de mapas cognitivos difusos.

Quadro 4.3 – Representação matricial dos mapas cognitivos difusos da Figura 4.5.

$$\text{MCD}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{MCD}_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{MCD}_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{MCD}_4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Observar no Quadro 4.3 o preenchimento com zeros das linhas e colunas referentes ao(s) nó(s) não presente(s) num específico mapa parcial, mas presente(s) em outro(s) e, conseqüentemente, no mapa resultante. Observar também os sinais dos relacionamentos, que podem ser diferentes para diferentes especialistas, e que devem ser considerados.

Assim, o mapa cognitivo completo é obtido simplesmente pela soma das matrizes individuais, e na forma matricial tem a aparência mostrada no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Representação matricial do mapa cognitivo difuso resultante.

$$\text{MCD} = \begin{bmatrix} 0 & 4 & -3 & 1 & 2 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 2 & 0 \\ -3 & -1 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ 2 & -2 & -1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

A partir da matriz resultante pode-se desenhar o grafo orientado completo, conforme mostrado na Figura 4.7. Este mapa pode ser examinado visualmente e/ou adequadamente tratado conforme procedimentos apresentados na seqüência deste capítulo. Assim, podem ser feitas inferências que auxiliem nas tomadas de decisão ou na elaboração de propostas que ofereçam soluções para eventuais problemas observados/detectados no contexto mapeado.

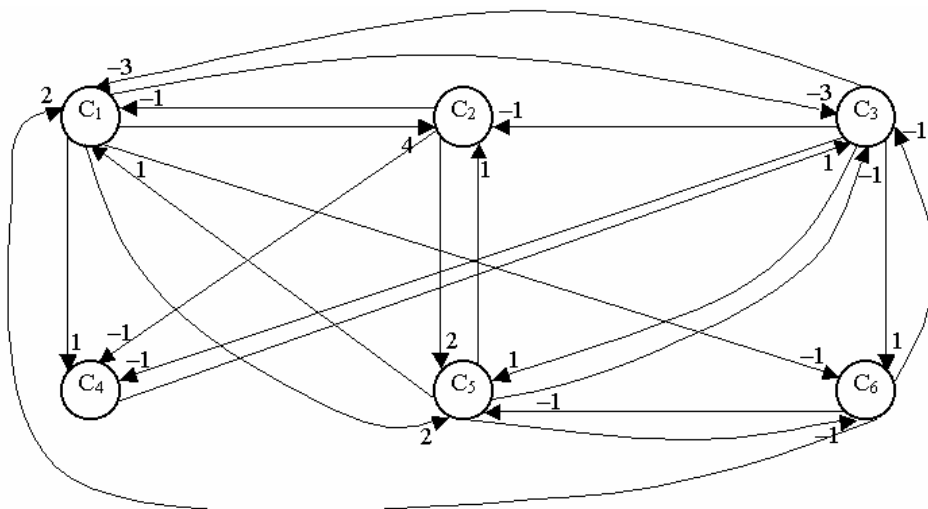


Figura 4.7 – Mapas cognitivos difusos combinados.

4.3.5 Modelagem matemática do mapa cognitivo difuso

Para se construir um modelo matemático que possa ser usado para resolver o problema representado por meio de um mapa cognitivo difuso foi feita uma analogia com a resolução de um circuito elétrico de controle. É uma adaptação do estudo de STYBLINSKI & MEYER (1988).

Seja o grafo orientado mostrado na Figura 4.8, representando um amplificador realimentado. Nesta figura as variáveis x_1 , x_2 , x_3 e x_4 são sinais elétricos. K_1 , A , K_2 e D são coeficientes de ganho e β é o coeficiente de realimentação.

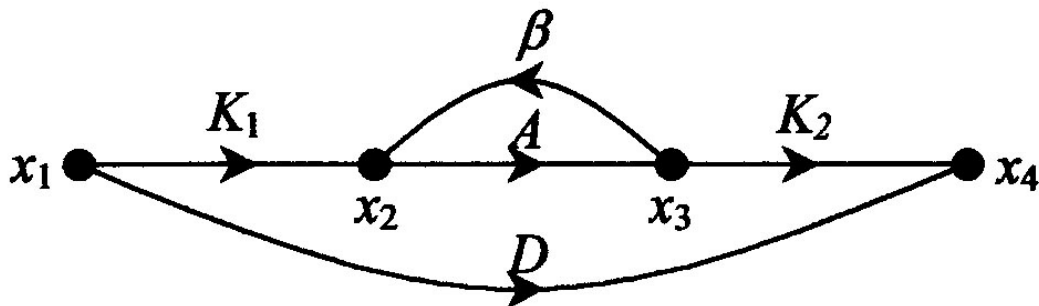


Figura 4.8 – Grafo orientado de um amplificador realimentado (adaptada de STYBLINSKI & MEYER, 1988).

Qualitativamente falando, o funcionamento deste circuito pode ser assim explicado: um sinal em x_1 é parte diretamente transmitido à saída (em x_4), através de D e parte é amplificada por K_1 e A até o nó 3. Neste nó, parte do sinal é transmitida à saída através de K_2 , e parte é retransmitida através de β (realimentada), retornando ao nó 2 para a entrada do amplificador A . Em função do sinal da realimentação (positivo ou negativo), o sinal x_2 pode ser aumentado ou diminuído, respectivamente, sendo então amplificado por A e K_2 , reduzindo ou ampliando o valor do sinal no nó 4 (x_4) (comparando com o caso sem realimentação), dependendo do tipo de realimentação utilizado. Matematicamente, o circuito elétrico pode ser representado pelo sistema de equações:

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 K_1 + x_3 \beta \\ x_3 &= x_2 A \\ x_4 &= x_3 K_2 + x_1 D \end{aligned} \tag{4.10}$$

Na forma matricial, separando as variáveis dependentes x_2 , x_3 e x_4 da variável independente x_1 , tem-se:

$$[x_2 \ x_3 \ x_4] = [x_2 \ x_3 \ x_4] \begin{bmatrix} 0 & A & 0 \\ \beta & 0 & K_2 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + [x_1] [K_1 \ 0 \ D] \quad 4.11$$

Generalizando:

$$\mathbf{X} = \mathbf{X} \cdot [\mathbf{G}] + \mathbf{X}_s \cdot [\mathbf{H}] \quad 4.12$$

Neste caso, \mathbf{X}_s é o vetor linha dos sinais independentes criados pelas fontes, ou seja, é composto daqueles nós que possuem apenas ramos saindo deles. \mathbf{X} é o vetor dos sinais dependentes e $[\mathbf{G}]$ e $[\mathbf{H}]$ são matrizes de coeficientes de transmissão.

Resolvendo o sistema matricial, chamando de $[\mathbf{I}]$ a matriz identidade, chega-se a:

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_s \cdot [\mathbf{H}] \cdot ([\mathbf{I}] - [\mathbf{G}])^{-1} \quad 4.13$$

Resolvendo-se para x_4 , tem-se:

$$x_4 = x_1 \cdot \left(\frac{K_1 K_2 A}{1 - A \beta} + D \right) \quad 4.14$$

Entretanto, a proposta aqui é obter análise qualitativa do circuito, como feita sobre o grafo orientado da Figura 4.8, sem a necessidade de se resolver inteiramente o circuito. Para isto é necessário que se provoque alguma causalidade. Isto pode ser obtido pela resolução do sistema de equações representado pela Equação 4.13 por meio de métodos iterativos, como o algoritmo do ponto fixo, Newton-Raphson, Gauss-Seidel, Jacobi ou outro semelhante.

Para esses algoritmos, tem-se:

$$x = f(x) \quad 4.15$$

A solução iterativa tem a fórmula típica:

$$x^{k+1} = f(x^k), \quad 4.16$$

ou seja, o valor atual da variável x é função do seu valor anterior. Aplicando esta definição para o sistema da Equação 4.12, chega-se a:

$$\mathbf{X}(t+1) = \mathbf{X}(t) \cdot [\mathbf{G}] + \mathbf{X}_s(t) \cdot [\mathbf{H}] \quad 4.17$$

onde:

$$\mathbf{X}_s(t) = \mathbf{X}_s(0) \quad 4.18$$

e:

$$\mathbf{X}_s(t) \cdot [\mathbf{H}] = \mathbf{X}(0) \quad 4.19$$

Os vetores $\mathbf{X}_s(t) = \mathbf{X}_s(0)$ e $\mathbf{X}_s(t) \cdot [\mathbf{H}] = \mathbf{X}(0)$ são assumidos constantes, pois representam as fontes do circuito. É importante salientar que a Equação 4.17 introduziu a **causalidade** entre o estado atual de x e o anterior, como se desejava.

O próximo passo é retornar ao mapa cognitivo difuso e comparar as variáveis e matrizes do mapa com aquelas obtidas para o amplificador.

Uma observação um pouco mais atenta permite perceber que as grandezas envolvidas nas equações anteriores são análogas àquelas do grafo orientado, embora difusas. Assim, o próximo passo é identificar e definir todas as grandezas presentes no mapa e correlacioná-las com as grandezas apresentadas na Equação 4.17.

A primeira grandeza é o vetor de ativação ou de estimulação \mathbf{A} , correspondente ao vetor \mathbf{X} . Contém os conceitos que serão ativados (fontes) e aqueles que serão influenciados (variáveis). Como o sistema é realimentado, mesmo um nó de ativação pode sofrer influência dos demais.

A segunda grandeza é a matriz dos pesos das arestas (ligações), ou seja, a matriz de valências $[\mathbf{P}]$, correspondente à matriz de ganhos $[\mathbf{G}]$.

Finalmente, o vetor da(s) ativação(ões) inicial(ais) \mathbf{A}^1 corresponde à parte constante $\mathbf{X}(0)$.

Assim, a equação que permite o cálculo das inter-relações dos conceitos em um mapa cognitivo difuso passa a ser:

$$\mathbf{A}(t + 1) = \mathbf{A}(t) \cdot [\mathbf{P}] + \mathbf{A}^1 \quad 4.20$$

Entretanto, um outro cuidado é necessário. Conforme anteriormente colocado, cada conceito C_i no mapa cognitivo difuso (ver diagrama da Figura 4.2) transforma as ativações ponderadas que chegam nele em valores dentro do intervalo $[0, 1]$ ou $[-1, +1]$, com o auxílio da **função limiar** ou **função de ajuste** (*threshold*). Esta função (f) deve ser introduzida na Equação 4.20, que se torna:

$$\mathbf{A}(t + 1) = f(\mathbf{A}(t) \cdot [\mathbf{P}]) + \mathbf{A}^1 \quad 4.21$$

Não se aplica a função de ajuste ao vetor de ativação inicial \mathbf{A}^1 pois, na sua inicialização, seus componentes assumem valores -1 (ativação negativa), 0 (não ativado) ou $+1$ (ativação positiva), já pertencentes ao intervalo desejado.

Finalmente, como os interesses são informações qualitativas, ou seja, as formas como os conceitos interagem, não há a necessidade de se manter a ativação inicial permanente, bastando um pulso inicial para iniciar o processo. Esta hipótese pode ser verificada com testes, que não foram feitos neste trabalho, embora o programa computacional desenvolvido permita usar as duas alternativas.

Assim, a expressão básica para a análise matemática do mapa cognitivo difuso é a seguinte:

$$\mathbf{A}(t + 1) = f(\mathbf{A}(t) \cdot [\mathbf{P}]) \quad 4.22$$

Existem variações que podem ser testadas. Uma, já citada, é se manter a entrada ativa, ou seja, somar-se o valor inicial das ativações ao resultado de cada iteração (Equação 4.21).

Também pode ser aplicado um coeficiente de aceleração ao vetor inicial de ativação \mathbf{A}^1 na Equação 4.21, visando diminuir o número de iterações em sistemas muito grandes e, conseqüentemente, tornar o processo mais rápido. Este coeficiente não foi implementado neste trabalho e, portanto, nenhum teste em relação à sua eficácia foi realizado. Sugere-se implementar e testar estas opções em futuros desenvolvimentos.

4.3.6 Generalização do modelo do mapa cognitivo difuso

Antes da apresentação de um modelo generalizado do mapa cognitivo difuso há a necessidade de se introduzir duas novas variáveis. Elas vão ajudar a direcionar a codificação de um algoritmo para a resolução do problema e são o vetor \mathbf{S} , indicando a saída do sistema sem restrições, isto é, antes da aplicação da função limiar, e o vetor \mathbf{R} , que é a saída restrita, ou seja, já dentro do intervalo $[-1,+1]$ (ou $[0, 1]$). Este último vetor é reaplicado à entrada, somado ou não à ativação inicial, dependendo da opção escolhida, realimentando o processo até a sua convergência. Assim:

$$\mathbf{S}^k = \mathbf{A}^k \cdot [\mathbf{P}] \quad 4.23$$

$$\mathbf{R}^k = f(\mathbf{S}^k) \quad 4.24$$

O tratamento do mapa cognitivo da forma como foi proposto é semelhante à resolução de um sistema realimentado como o mostrado na Figura 4.9.

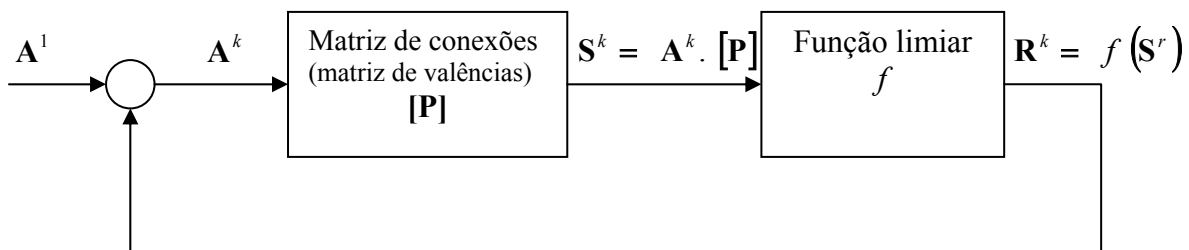


Figura 4.9 – Diagrama para simulação do mapa cognitivo difuso (adaptada de MARTINS-PACHECO, 2002).

Podem ser identificados no diagrama da citada figura o vetor de ativação inicial (\mathbf{A}^1), o vetor de estado (ativação) \mathbf{A} na iteração (tempo) k (\mathbf{A}^k), a matriz de valências $[\mathbf{P}]$ e a função limiar f .

Um algoritmo para resolver um mapa cognitivo difuso, baseado no diagrama anterior, é proposto a seguir. O mesmo algoritmo, na forma de um fluxograma, está mostrado na Figura 4.10. Foi o ponto de partida para a codificação de um programa computacional usado para testar a funcionalidade do algoritmo proposto.

Algoritmo

- 1- Definir os conceitos a serem considerados;
- 2- Montar o mapa cognitivo;
- 3- Estabelecer os pesos das ligações;
- 4- Montar a matriz [**P**] dos pesos das ligações, conhecida também por matriz de valências;
- 5- Escolher um vetor de ativação **A**₁, composto por zeros em todas as posições, com exceção daquela(s) pertencente(s) ao(s) conceito(s) que será(ão) ativado(s), ou seja, daquele(s) conceito(s) do(s) qual(is) se deseja conhecer a influência sobre os demais, que estará(ão) com valor **1**. Armazenar este vetor para comparações com outros que serão gerados.
- 6- Estabelecer o número máximo de iterações;
- 7- Inicializar o contador ($k=1$);
- 8- Incrementar o contador ($k=k+1$).
- 9- Multiplicar o vetor de ativação **A**^{*k*} pela matriz de pesos [**P**], obtendo-se o vetor sem restrições **S**^{*k*};
- 10- Aplicar a função limiar (*threshold*) no vetor de saída, obtendo o vetor de saída restrito **R**^{*k*}.
- 11- Obter o *ciclo limite*, ou seja, comparar este vetor resultante com os valores dos outros vetores de entrada das iterações anteriores. Se houver coincidência total de conteúdo com algum vetor anterior, **parar o processo**. A solução do problema é o conjunto de vetores desde aquele que se mostrou coincidente com o da última iteração até aquele obtido na penúltima iteração (pode ser um único vetor). Este resultado (ciclo limite) será o alvo das análises qualitativas posteriores. Caso contrário, salvar o vetor para as futuras comparações e avançar ao passo seguinte;
- 12- Verificar se o número máximo de iterações foi atingido. Se **não**, retornar ao Passo 8. Caso contrário, encerrar o processo.

Quanto à convergência do processo, em KOSKO (1987) se afirma que, na prática, o processo sobre um mapa cognitivo difuso converge em muito poucas iterações. Exemplos de aplicação podem ser vistos em MOHR (1997), PACHECO *et al.* (2004c) e PACHECO *et al.* (2004d).

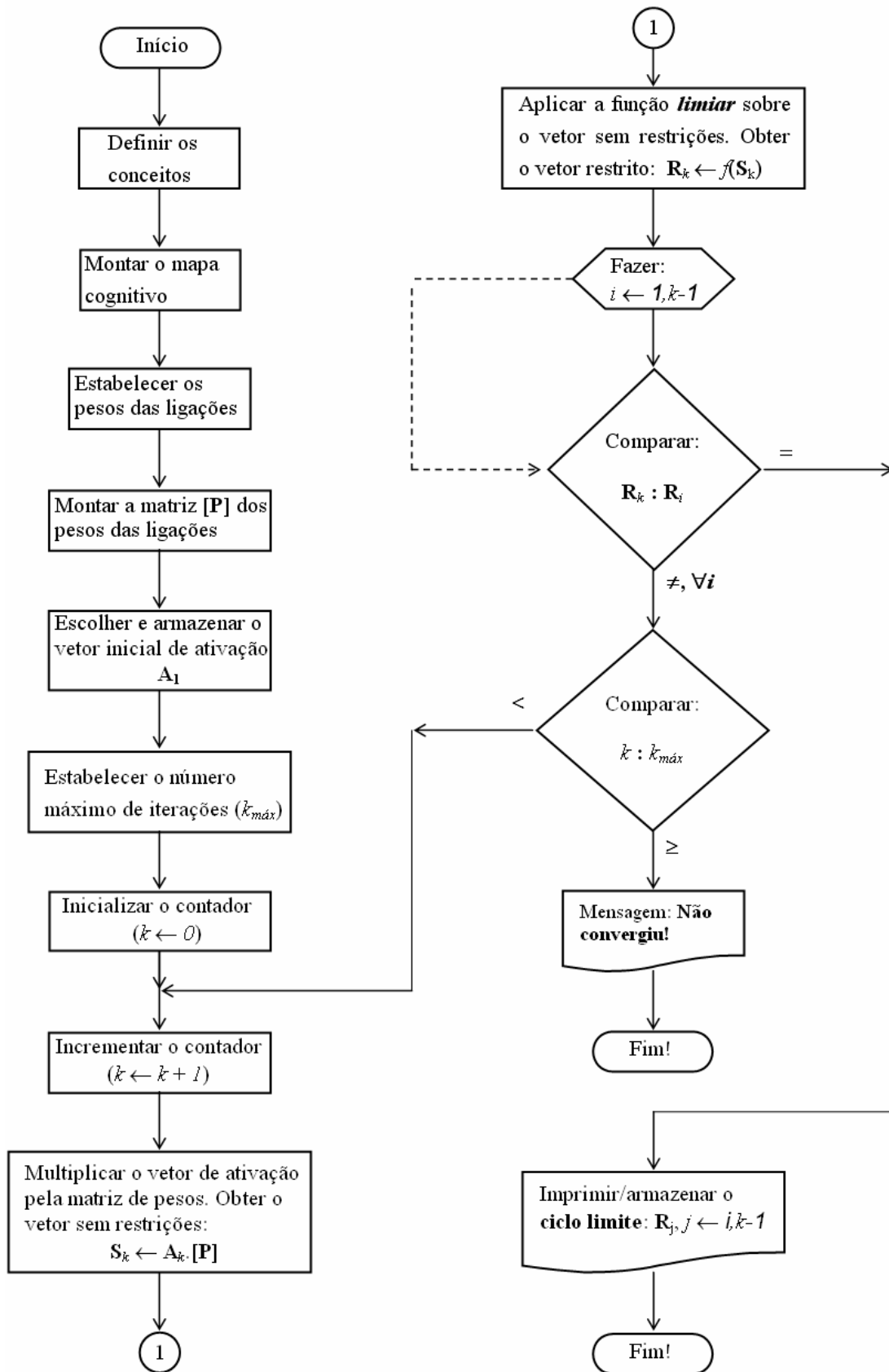


Figura 4.10 – Fluxograma para resolução de mapas cognitivos difusos.

4. 4 Questionário

4.4.1 Introdução

Neste trabalho o questionário tem um papel fundamental em todo o processo. Serve de fonte de dados para a obtenção dos pesos dos conceitos e para a definição dos conceitos mais significativos para a comunidade universitária. Deve ser colocado de forma clara, objetiva, evitando-se interpretações dúbias. Enfim, a qualidade dos dados, dos resultados e das conclusões dependerá dele. Deve ser elaborado em função do objetivo que deve ser atingido, ou seja, avaliar o aluno, avaliar o curso, explicitar a opinião discente e/ou docente sobre o curso, obter-se a opinião de funcionários ou da administração ou objetivos semelhantes. É uma etapa pré-simulação e deve ser realizada cuidadosamente.

4.4.2 Metodologia proposta

Conforme ROBERTS (1976), muitos dos julgamentos realizados para se construir um mapa cognitivo com o método do questionário são subjetivos. Para garantir que várias opiniões sejam incluídas, são utilizados grupos de especialistas. Entretanto, existem ainda duas questões remanescentes a serem resolvidas, quais sejam, qual a melhor forma de solicitar as opiniões de cada especialista e qual a melhor forma de combinar essas opiniões em um único mapa cognitivo.

O procedimento proposto na citada referência primeiro identifica as variáveis a serem consideradas e depois as flechas (arcos) e os sinais que relacionam essas variáveis (conceitos) duas a duas, em função da proposição feita (como os conceitos devem ser relacionados entre si). No caso dos mapas cognitivos difusos, que ele não trata, deve-se ainda obter os pesos dessas ligações (flechas).

O peso das ligações depende de como os conceitos foram formulados, do contexto considerado, do par de conceitos escolhidos, da pergunta feita para relacioná-los (proposição), da forma do opinante raciocinar e do seu conhecimento acerca do assunto. Por sua vez, este peso representa o grau de pertinência da proposição ao conjunto “proposição verdadeira”, ou seja, representa o quanto a proposição que relaciona os dois

conjuntos considerados é **verdadeira** (ou, o quanto é **não-falsa**). Conseqüentemente, se **w** é o peso, **1-w** representa o quanto a proposição é **falsa** (ou, o quanto é **não-verdadeira**).

Em relação à escolha das variáveis (conceitos) o autor considera dois passos: no primeiro, identificam-se todas as variáveis potencialmente relevantes; no segundo, selecionam-se aquelas consideradas mais importantes ou mais representativas. Alerta, entretanto, que este não é um procedimento geral e, dependendo do caso em estudo, encoraja a busca de outras soluções.

Em linhas gerais, o procedimento seria o seguinte: o primeiro passo é uma rodada de respostas livres. Por exemplo, os especialistas são colocados ao redor de uma mesa e levantam variáveis potenciais. Outra possibilidade é o uso de questionários individuais, respondidos livremente, sem qualquer tipo de restrição, onde o opinante é solicitado a listar tudo que ele achar relevante com a situação a ser estudada, incluindo restrições, influências, causa e efeito.

O segundo passo, ou rodada, é um *feedback* dos resultados do primeiro. As respostas individuais dos grupos são combinadas e devolvidas ao grupo para uma nova rodada de avaliação, onde os indivíduos podem promover adições. Alternativamente, isto pode ser feito pela pessoa que está construindo o mapa cognitivo a partir dos dados gerados.

No caso da lista total de variáveis não ser excessivamente grande, os especialistas podem ser usados para limitar o número de variáveis pelo agrupamento dos conceitos dentro de conjuntos com padrões semelhantes. Em conjuntos maiores, os conceitos podem ser agrupados em categorias, subcategorias e assim por diante. Desta classificação podem emergir outras variáveis não previamente listadas, que passam a fazer parte da lista. Se ainda assim o número de variáveis continuar sendo muito grande, pode ser necessário algum critério de escolha. Por exemplo, usar apenas variáveis dentro de uma categoria ou subcategoria. Outra possibilidade é fazer uma classificação da importância de um determinado conceito, julgando sua importância tanto de forma absoluta, independentemente de sua categoria, como de forma relativa, dentro de sua própria categoria ou subcategoria, e escolhendo os considerados mais significativos. Esta classificação pode ser feita dentro de grupos ou por meio de questionários, por um ou mais especialistas. Para se evitar que a tarefa se torne tediosa, podem ser usados grupos diferentes de especialistas para cada categoria ou subcategoria.

Uma vez definidos os conceitos, o passo seguinte é se obter as flechas (inter-relações) e seus sinais (a forma com que um conceito atua sobre os outros, fortalecendo-os ou enfraquecendo-os). No caso de mapas cognitivos difusos, também os pesos das ligações devem ser obtidos.

Nesta etapa, segundo ainda a mesma referência, é sugerido o uso de questionários, pois eles permitem a consideração sistemática de todas as possibilidades de relacionamentos, entre cada par ordenado de conceitos. Afirma que é freqüente que os tomadores de decisão não percebam ou não considerem todas as possibilidades de relacionamento, deixando de fora importantes relações, prejudicando assim a análise pretendida. Sugere também que a apresentação dos conceitos seja feita de forma aleatória, evitando, assim, vícios e tendências, já que julgamentos anteriores podem afetar os seguintes. Considera também que pode ser interessante permitir ao opinante retornar e alterar julgamentos anteriores, caso respostas posteriores o façam reconsiderar aqueles relacionamentos já concluídos.

4.5 Complemento

Apresentadas as ferramentas, resta agora combiná-las adequadamente para que se gere a ferramenta pretendida. Isto é feito no capítulo que se segue, e os resultados de um exemplo de aplicação são apresentados no último capítulo.

5

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA

5.1 Introdução

Uma vez definidas as ferramentas que se pretende usar, este capítulo mostra de que forma elas são úteis para a efetivação da proposta apresentada. Mostra ainda como o processo pode ser aplicado ao EEL/UFSC.

A idéia, então, é aproveitar o *ciclo de Deming* e a ferramenta *mapa cognitivo difuso* para o desenvolvimento de uma metodologia de análise, planejamento e avaliação formativa, num processo de realimentação e reavaliação contínuas.

5.2 Implementação do ciclo de Deming

Conforme colocado no capítulo anterior, esta metodologia permite avaliar aspectos como o processo de criação das habilidades desejadas para o novo engenheiro electricista e o grau de satisfação com o curso, de forma integrativa, por alunos e professores envolvidos. Também podem ser arroladas as opiniões de funcionários, da administração, de profissionais egressos ou de qualquer segmento da sociedade externa à Instituição que tenha qualquer relação com o processo ou mesmo apenas queira dele participar.

A proposta aqui sugerida é, basicamente, a inserção de um novo ciclo de Deming dentro do ciclo principal, permitindo que se obtenham, de forma adequada, os dados necessários à complementação deste ciclo principal. É preencher a parte faltante da fase **Faça**, permitindo o complemento do processo.

Este processo se dá conforme as etapas arroladas a seguir.

5.2.1 Fase Planeje

- *Identificação das áreas a serem aperfeiçoadas*: em linhas gerais, os objetivos desejados já foram explicitados. Os conceitos envolvidos na análise são inúmeros, ou seja, são muitas as variáveis envolvidas num ambiente de ensino/aprendizagem, o que resulta numa ampla massa de dados a ser trabalhada. Entretanto, como o objetivo deste trabalho é mostrar o potencial da ferramenta proposta e não tem a pretensão de fornecer um diagnóstico

definitivo do ambiente modelado, foi escolhido apenas um subconjunto dos conceitos selecionados e alguns objetivos desejáveis, que compõem a lista de conceitos (nós do mapa) selecionados. Esta relação é apresentada no capítulo seguinte, junto com os resultados da simulação-exemplo e uma análise destes resultados.

- *Definição de programas de aperfeiçoamento:* foram pensadas algumas alternativas para a obtenção de dados, em função de recursos materiais, humanos e de tempo, aplicabilidade, simplicidade e efetividade. Foram consideradas como propostas a realização de entrevistas, respostas a questionários e testes e até a construção de um mapa cognitivo, como sugerido por TURNS *et al.* (2000), aonde o entrevistado vai livremente relacionando os assuntos apresentados. Isto permite que sejam feitas várias observações e tiradas várias conclusões sobre como os assuntos ficam retidos ou entendidos pelo opinante, mostrando como o entrevistado vê o inter-relacionamento dos assuntos abordados.
- *Definição de ferramentas de monitoramento:* a solução que melhor satisfizes a totalidade dos critérios foi a pesquisa de opinião junto a alunos (graduação e pós-graduação), profissionais egressos e professores por meio de um questionário, onde se busca uma visão da realidade, o descobrimento de fatores motivacionais, as limitações do sistema ensino-aprendizagem e o valor de cada conceito/habilidade na visão de cada grupo, verificando o grau de consciência da importância de cada um. Os cuidados com a elaboração deste questionário são comentados ainda neste capítulo (Itens 5.4 e 5.5). A obtenção adequada dos dados necessários é essencial para a qualidade do trabalho e é responsável pela própria viabilidade da metodologia proposta.
- *Plano de implementação:* Optou-se, nesta etapa piloto, pela aplicação dos questionários apenas aos professores. Então, como meta, busca-se uma visão da realidade, o descobrimento de fatores motivacionais, as limitações do sistema ensino-aprendizagem, o valor de cada habilidade e o grau de consciência da importância de cada uma considerando apenas um grupo de

professores voluntários, chamados de ‘opinantes’ durante o processo de simulação.

5.2.2 Fase Faça

- *Implementação do programa*: consiste na aplicação do questionário para os professores, que foram convidados a, voluntariamente, respondê-los e fornecer os dados necessários para a próxima etapa.
- *Coleta de dados para monitoração dos resultados*: consiste na coleta e na armazenagem dos dados obtidos para análise posterior, o que foi feito de forma eletrônica.

5.2.3 Fase Estude

- *Análise do desempenho para aferir os efeitos do programa*: como anteriormente colocado, a transformação dos dados em informações úteis é feita com o auxílio de mapas cognitivos difusos que retratem a realidade pesquisada.

Assim, esta análise se foca no tratamento/interpretação das simultaneidades e paralelismos das informações, ou seja, quando e o quanto um conceito interage com os outros.

A transformação dos dados obtidos em informações úteis é feita não apenas pela análise do padrão escondido e do ciclo limite, características do mapa cognitivo difuso, mas também por meio do estudo de parâmetros estatísticos diversos que são obtidos dos próprios dados gerados a partir dos questionários.

Nesta etapa se conta com o auxílio de um pacote de programação descrito mais adiante, no Item 5.6.

- *Identificação de pontos fracos e de áreas de contínuo aperfeiçoamento*: esta etapa só pode ser concluída após a análise do item anterior, e serve de base para o estabelecimento das estratégias de aperfeiçoamento do processo de ensino-aprendizagem, inclusive do próprio processo de avaliação retroalimentada sugerido nesta tese.

5.2.4 Fase Aja

Em função dos resultados das etapas anteriores surgirão sugestões para eventuais correções de rota que permitam a aplicação da metodologia de forma mais ampla para outras disciplinas, outras fases e mesmo outros cursos dentro da Universidade ou fora dela. O potencial da ferramenta é bastante amplo e ela aceita eventuais ajustes que se fizerem necessários, mantendo sua base, sua essência e sua flexibilidade.

5.3 O ciclo de Deming no contexto do EEL

Como a pesquisa foi feita junto aos professores do curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica (EEL), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), as etapas do ciclo de Deming são interpretadas como correspondentes a:

- Fase **Planeje**: definição das habilidades importantes para o engenheiro. Pelo que já foi apresentado em capítulos precedentes, já há um consenso de quais sejam. Esta fase, no caso do EEL, foi elaborada por uma comissão de professores e estudantes, com participação de representantes de empresas e do Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA-10ª Região), que após análises, leituras e discussões diversas, culminou com a apresentação do atual currículo para o Curso de Engenharia Elétrica-UFSC.
- Fase **Faça**: está praticamente pronta, com a implementação do atual projeto pedagógico, que culminou com o novo currículo. Entretanto, é aqui que, aparentemente, ocorre uma falha. Considerando-se o ciclo de Deming, parece faltar um processo de avaliação retroalimentadora para avaliação do processo e proposição de eventuais correções de rota. A proposta deste trabalho é suprir esta deficiência.
- Fase **Estude**: fica prejudicada pela ausência de dados para avaliação do desempenho e identificação de pontos fortes e fracos.
- Fase **Aja**: também está prejudicada pelas falhas nas etapas anteriores.

Então, parece fácil perceber que o processo está se comportando como um sistema de controle em malha aberta, ou seja, sem realimentação, pelos menos de uma forma

sistemática e controlada, dificultando ou impedindo a detecção de eventuais problemas e a realização de possíveis correções de rota.

Assim, em vista do que foi colocado, um processo de realimentação que forneça as informações necessárias sobre o estado atual do sistema, que envolva a comunidade abrangida e permita que se vislumbre possíveis ações corretivas parece ser algo bastante útil e bem-vindo.

5.4 A coleta de dados

A metodologia proposta para a coleta de dados foi adaptada do modelo de ROBERTS (1976), apresentado no capítulo anterior, e suas linhas gerais são mostradas a seguir.

A forma de pesquisa de opinião escolhida foi o questionário. A seleção dos conceitos se baseou principalmente na literatura, notadamente nos assuntos abordados nos **Capítulos 2 e 3**, em depoimentos informais de colegas professores e em aspectos diversos observáveis em um campus universitário, incluindo salas de aula, equipamentos didáticos, restaurantes, bibliotecas, quadras de esporte e outros.

Entretanto, a simples escolha dos conceitos não é suficiente. Existem conceitos que podem possuir mais de uma definição, dependendo do autor ou do contexto considerado, e precisa ficar o mais claro possível qual a definição adotada no questionário, como o conceito deve ser entendido ou interpretado, para diminuir subjetividades. Para tanto, as definições foram reunidas num glossário e apresentadas junto aos conceitos.

Também a forma de apresentação dos conceitos deve ser refletida, e depende também da pergunta que deve ser feita para buscar a relação de causalidade entre cada par de conceitos. Por exemplo, a pergunta “*conceito i melhora/piora conceito j?*” esconde duas questões importantes: primeiro, envolve um julgamento de valor. Por exemplo, a repetência escolar num determinado curso é boa ou ruim? É algo que se deseja diminuir ou aumentar?

Muitas vezes a repetência escolar é vista como sintoma de falhas no sistema educacional, por exemplo, a incapacidade de o professor manter o aluno motivado devido a vários fatores. Neste caso, deveria ser minimizada, é algo não desejável. Por outro lado, o

que impediria alguém de pensar que a repetência escolar é conseqüência de um curso de alto nível, onde somente os melhores estudantes logrem aprovação? Neste caso, uma alta repetência escolar seria um sinal da excelência de um curso e seria um objetivo a ser alcançado. Seria, nesta eventual maneira de pensar, um bom *marketing* para o curso ou para a instituição.

Este mesmo conceito serve para levantar a segunda questão importante: por exemplo, seja a pergunta: *provas mais difíceis **melhoram/pioram** a repetência escolar?*

Antes de responder a esta pergunta, surge uma outra: o que significa *melhorar* ou *piorar* a repetência escolar? Diminuí-la ou aumentá-la? Na modelagem desenvolvida, melhorar a repetência escolar significa aumentá-la, torná-la mais evidente, enfatizá-la. Mas, e para o opinante? A representação mental de conceitos similares a este exige um processamento cognitivo mais complexo e é comum ocorrerem falhas no seu entendimento. Assim, parece razoável se supor que alguém que ache que provas mais difíceis aumentem a repetência escolar e, considerando este fato como algo ruim, responda que “provas mais difíceis **pioram** a repetência escolar”, imaginando o aumento desta característica que considera negativa. Mas, na lógica do modelo matemático desenvolvido, a resposta significaria diminuir a repetência escolar, enfraquecê-la, aumentar o número de alunos que se formam no curso, ao contrário do que o opinante gostaria de responder, e sua resposta estaria prejudicada e repercutiria nos resultados, podendo levar a conclusões erradas.

Optou-se, então, pela pergunta mais neutra *conceito i **aumenta/diminui** conceito j?* Se o interesse for analisar a influência de um conceito oposto, antônimo perfeito, troca-se seu sinal no vetor de ativação inicial a ser utilizado na simulação. Um exemplo deste processo pode ser visto em PACHECO *et al.* (2004d).

Finalmente, definida a pergunta, há a necessidade de se testar a formulação de cada conceito para que a pergunta se torne coerente, tanto para o conceito na posição *i* como na posição *j* da pergunta escolhida. Por exemplo, a pergunta *a didática **aumenta/diminui** a aprendizagem?* seria substituída por *a boa didática **aumenta/diminui** a aprendizagem?*, tornando mais clara a relação pretendida. A pergunta inversa seria: *a aprendizagem **aumenta/diminui** a boa didática?* As respostas dependerão da subjetividade do opinante. Tal subjetividade será representada pela escolha como resposta às perguntas, pelo opinante, de um dos sete níveis qualitativos: *aumenta muito (AM)*, *aumenta (AU)*,

aumenta pouco (AP), não causa (NC), diminui pouco (DP), diminui (DI) e diminui muito (DM). Estes níveis ou gradações dão origem aos **pesos** e aos **sinais** das flechas ou ligações do mapa cognitivo difuso.

Definida a pergunta, as respostas e as regras, foi feita uma relação inicial de conceitos obtidos a partir dos capítulos anteriores, que foram separados em categorias. Neste trabalho, como a idéia é modelar um ambiente universitário, foram escolhidas as categorias **Professor, Aluno, Curso, Ferramentas de Ensino e Outros Aspectos**. Numa segunda etapa, essas categorias foram divididas em subcategorias, conforme listagem a seguir:

Professor: Aspectos da personalidade/emocionais; Aspectos do ensino em sala de aula; Aspectos do ensino extraclasse; Aspectos profissionais e Outros aspectos.

Aluno: Aspectos da personalidade, Aspectos emocionais; Habilidades; Aspectos de aprendizagem; Aspectos facilitadores; Aspectos de cultura e Outros aspectos.

Curso: Aspectos na sala de aula e Aspectos extra-sala de aula.

Ferramentas de ensino: Categoria única.

Outros aspectos: Apoio acadêmico; Serviços/Lazer no Campus e Aspectos externos.

Este formato se mostrou interessante pela sua flexibilidade. Sempre que desejado ou necessário, o número, o conteúdo e os nomes das categorias e subcategorias podem ser facilmente alterados para cada nova simulação.

A relação completa dos conceitos selecionados dentro das categorias e subcategorias sugeridos se encontra no **Apêndice G – CONCEITOS SELECIONADOS**.

Na etapa seguinte, a intenção é relacionar dois a dois todos os conceitos por meio do questionário. Neste caso, se forem considerados **n** conceitos, serão necessários **n²** relacionamentos, número que se reduz para **(n²-n)** relacionamentos se for considerado que um conceito não age sobre ele mesmo, como se admitiu neste trabalho. Entretanto, nada impede que este relacionamento possa também ser considerado (STYLIOS & GROUMPOS, 2000). Isso pode ser feito com uma alteração muito simples no programa FCMQuest (questionário). Os programas que fazem o tratamento dos dados aceitam naturalmente a auto-influência dos conceitos.

O número elevado destes relacionamentos tem se mostrado um fator limitante do método, tornando o processo de aquisição de dados um pouco demorado e exaustivo. Mas,

é importante que todas as relações sejam feitas, verificando-se como um conceito **A** *causa* um outro conceito **B** (ou como este conceito **B** *é causado* pelo conceito **A**), e como este conceito **B**, por sua vez, *causa* o conceito **A** (ou, em outras palavras, como o conceito **A** *é causado* pelo conceito **B**). Forçando o opinante a fazer todas as relações, fica mais garantida a obtenção de padrões escondidos, que poderiam ficar invisíveis de outra forma.

Assim, há a necessidade de motivar os opinantes, fazendo-os participar das etapas de escolha de conceitos e convencendo-os da importância da tarefa. É importante que acreditem no processo, na qualidade das informações obtidas e no retorno oferecido em termos de melhoria no processo ensino/aprendizagem. A expectativa é que os resultados desta aplicação piloto sirvam para mostrar o potencial da ferramenta, ajudando no convencimento dos professores.

No caso do presente trabalho, para a escolha dos conceitos baseei-me nas idéias e opiniões apresentadas nos **Capítulos 2 e 3**, em opiniões informais de alguns colegas e na minha própria experiência sobre o assunto, principalmente com o auxílio da experiência adquirida com as várias simulações que foram feitas anteriormente à coleta de dados dos opinantes.

Para minimizar a questão do tempo de preenchimento do questionário, várias providências foram tomadas. Servem de sugestões para futuras aplicações. Outras opções podem ser tentadas. Os participantes, além de ajudarem na escolha dos conceitos mais relevantes, podem também contribuir com outras idéias para agilizar o processo.

A primeira providência foi, como já abordado, separar os conceitos em categorias e subcategorias para facilitar a visualização e eventuais alterações e ajustes.

A segunda foi reduzir o número de conceitos, escolhendo-se aqueles considerados mais importantes ou onde alguém pudesse ter algum interesse em particular.

A terceira foi criar subconjuntos com os conceitos escolhidos e montar mapas parciais para depois compor em mapas maiores, usando a técnica descrita no Item 4.3.4. Neste caso, criaram-se dois novos conjuntos: o primeiro é o dos conceitos **obrigatórios**, isto é, um grupo de conceitos que todos os opinantes teriam que relacionar; o segundo é o dos conceitos **optativos**, ou seja, o grupo de conceitos que os opinantes poderiam escolher dentro de um conjunto maior. Em números: foram arrolados 134 conceitos e escolhidos 50, dos quais 15 foram considerados obrigatórios. Dentre os 35 restantes, no mínimo 10 seriam

escolhidos pelos opinantes, os chamados optativos. Assim, podem resultar entre 35 e 50 conceitos relacionados, dependendo das escolhas individuais feitas por cada opinante.

Uma quarta providência foi a elaboração de um questionário via *WEB* (Item 5.5, a seguir) para agilizar e facilitar a coleta e armazenamento dos dados (respostas dos opinantes).

Outra providência foi não escolher conceitos complementares (antônimos), como por exemplo, *satisfação* e *insatisfação*. Neste exemplo, se o conceito presente no questionário for a *satisfação* e se o interesse na análise for a *insatisfação*, matematicamente basta multiplicar as relações que envolvam a *satisfação* por -1 . Neste caso, um dos conceitos fica excluído do processo. Mas, isto não se constitui problema. Com uma leitura cuidadosa dos resultados é possível, a partir de um dado conceito, inferir a respeito de seu antônimo perfeito, interpretando de modo complementar seus relacionamentos. Por exemplo, se a *satisfação* **umenta** a *alegria*, a *insatisfação* deve **diminuir** a *alegria*. Em último caso, se desejado que as respostas sejam mais explícitas, nada impede que se considerem os conceitos antônimos perfeitos simultaneamente.

Por fim, estruturou-se o questionário eletrônico para que pudesse ser interrompido e retomado a qualquer tempo, sendo respondido de acordo com o ritmo e a disponibilidade de tempo do opinante.

5.5 O questionário via *WEB*

Para uma análise do modelo proposto, é importante que se obtenha uma amostra das opiniões de pelo menos um grupo de pessoas envolvidas com o processo de ensino-aprendizagem a respeito de alguns aspectos relacionados a este processo. Para agilizar e facilitar a coleta e armazenamento dos dados (respostas dos opinantes) foi elaborado um questionário via *WEB*. Um resumo do projeto deste questionário, chamado de FCMQuest, é apresentado no **Apêndice H – FCMQuest**. A partir das especificações constantes naquele projeto foi desenvolvido um programa na linguagem JAVA.

O citado questionário relaciona entre si alguns conceitos relativos a um ambiente de ensino-aprendizagem. Alguns conceitos, considerados mais relevantes por professores com formação em Educação e/ou pela literatura, foram previamente selecionados (15 conceitos

obrigatórios). Outros conceitos são escolhidos pelo entrevistado a partir de uma lista, em função de seu significado, de sua familiaridade e/ou do seu conforto em relação a ele (10 ou mais conceitos **optativos**).

Inicialmente o usuário escolhe pelo menos 10 conceitos optativos, apresentado a ele em cinco grupos, baseados nas categorias e subcategorias do item anterior (no mínimo dois por cada grupo). O usuário é lembrado que o número de combinações entre os conceitos resultará em n^2 relacionamentos e quanto mais conceitos escolhidos, se por um lado é interessante para a qualidade dos resultados, por outro, exigirá mais tempo para o preenchimento do questionário pelo aumento de relacionamentos.

Para usar o programa, o opinante se cadastra (o próprio programa orienta este processo), lê algumas instruções, observa os conceitos obrigatórios, escolhe os optativos e faz os relacionamentos pedidos. Ao confirmar que concluiu sua participação o programa verifica se todos os relacionamentos de fato foram realizados. Se todos os conceitos estiverem relacionados, o programa envia a um endereço de correio eletrônico fornecido internamente os dados cadastrais e o arquivo de respostas do opinante. Pergunta se o opinante deseja fazer algum comentário. Se a resposta for afirmativa, é aberto um campo para uma mensagem que é enviada automaticamente ao mesmo endereço eletrônico anterior. Qualquer que seja este último procedimento do opinante, o programa abre uma tela de agradecimento e encerra a participação deste usuário.

5.6 Tratamento dos dados

5.6.1 Introdução

Uma vez recebidos os dados cadastrais, os conceitos escolhidos e os pesos das ligações atribuídos pelos opinantes, pode-se iniciar o tratamento desses dados. Para isso desenvolvi quatro programas na linguagem FORTRAN 77 que são brevemente descritos no **Apêndice I – PACOTE DE PROGRAMAÇÃO**. Escolhi esta linguagem por ser do meu domínio e pelo fato do GRUCAD possuir a licença de um compilador Fortran (Microsoft Developer Studio – Fortran PowerStation 4.0), que foi utilizado.

Esses programas são responsáveis pelo preparo dos dados usados no questionário, pelo armazenamento desses dados e para a análise e a obtenção de vários parâmetros

estatísticos, além da análise do Mapa Cognitivo Difuso (MCD) resultante propriamente dito. O roteiro usado no tratamento dos dados foi inspirado em MARTINS-PACHECO (2002). Os parâmetros usados para a análise são apresentados nos itens que se seguem.

5.6.2 Pré-processamento

Os passos a seguir pertencem à etapa de pré-processamento, ou seja, à etapa de obtenção de alguns parâmetros estatísticos e do preparo de alguns dados necessários à análise via mapa cognitivo difuso propriamente dita. O desenvolvimento desta etapa é feito basicamente com a ajuda do programa *Prepara.for*, apresentado no já citado **Apêndice I**.

1º Passo – Escolher os opinantes cujos dados serão trabalhados: esta escolha é feita comparando-se os dados cadastrais de cada opinante, enviados automaticamente pelo FCMQuest (questionário via *WEB*) juntamente com suas respostas ao questionário, com uma ou mais “máscaras” ou gabaritos escolhidos/montados pelo pesquisador usuário do programa. Quando houver total coincidência das “máscaras” com os dados cadastrais, o opinante é selecionado. Existe a possibilidade de generalizar os campos. Por exemplo, pode ser feita uma “máscara” que permita escolher qualquer opinante do arquivo, outra que permita a escolha de qualquer professor da UFSC, ou de qualquer professor do Centro Tecnológico. Pode ser feita uma “máscara” que selecione apenas professores de um determinado departamento de ensino ou da administração, ou ainda que permita apenas a escolha de professores com formação em Educação, com determinado tempo de serviço etc., ou ainda uma que permita uma combinação qualquer das diversas características constantes do cadastro. O pacote de programação permite ao pesquisador criar antecipadamente um conjunto de “máscaras” com possíveis perfis de opinantes que pode querer selecionar, e armazená-las em arquivo junto com uma breve descrição dos perfis que selecionam. Posteriormente as “máscaras” desejadas podem ser separadas pelo seu número (se necessário, outras poderão ser montadas durante o processo) e por meio delas o programa selecionará aqueles opinantes cujos dados serão trabalhados.

2º Passo – Montar as matrizes de opiniões ou de valências de cada opinante: em função das escolhas feitas no passo anterior e dos conceitos enviados ao FCMQuest para os

relacionamentos, o programa monta, para cada opinante, matrizes quadradas de dimensão igual ao do número máximo de conceitos que podem ser trabalhados. As linhas representam os conceitos que **ativam**, isto é, atuam sobre os demais, e as colunas os conceitos que estão **sendo ativados**, isto é, recebem influência dos demais. As posições (linhas e colunas) dos conceitos não relacionados pelo opinante em particular são sinalizadas e as matrizes resultantes são arquivadas para posterior impressão.

3º Passo – Escolha do equivalente numérico para o cálculo da "energia" de cada ativação (**9º Passo**) e da matriz média (**12º Passo**): para a realização das operações aritméticas é necessária a substituição dos sete níveis qualitativos ou **equivalentes literais** AM, AU, AP, NC, DP, DI e DM por **equivalentes numéricos**. O Quadro 5.1, adaptado de MARTINS-PACHECO (2002), mostra as opções de escolha atualmente implementadas. Podem ser gravadas até 10 diferentes opções, e o pesquisador escolhe a que deseja usar durante o processo de tratamento dos dados. Em testes realizados mostrados na referência citada anteriormente e neste presente trabalho, não se percebeu mudanças significativas nos resultados com o uso de um ou de outro equivalente numérico. Fica a sugestão para novos testes.

Quadro 5.1 – Equivalentes numéricos catalogados no programa de estudo de mapa cognitivo difuso (MCD).

Ordem	Equivalente literal →	AM	AU	AP	NC	DM	DI	DM
	Nome do equiv. numérico ↓							
1	Razão linear	1,00	0,67	0,33	0,00	-0,33	-0,67	-1,00
2	Razão áurea	1,00	0,85	0,62	0,00	-0,62	-0,85	-1,00
3	Razão áurea reversa	1,00	0,38	0,14	0,00	-0,14	-0,38	-1,00
4	Razão quadrática	1,00	0,50	0,25	0,00	-0,25	-0,50	-1,00
5	Razão exponencial	1,00	0,84	0,51	0,00	-0,51	-0,84	-1,00

4º Passo – Obter as frequências absoluta e percentual de escolha de cada conceito da lista original de conceitos: a partir das matrizes dos opinantes selecionados, é verificada a frequência de escolha de cada conceito da lista original de conceitos disponibilizada no questionário, ou seja, quantos opinantes escolheram cada conceito que lhes foram apresentados. Posteriormente é feito o cálculo percentual da escolha de cada conceito em

relação ao número de opinantes selecionados. Neste caso, os conceitos obrigatórios e aqueles porventura escolhidos por todos os opinantes terão frequência de 100%. Aqueles não relacionados por pelo menos um dos opinantes, 0%. Os demais se situarão entre esses limites. Esses dados são armazenados para análise posterior. Um histograma da frequência percentual de escolha de cada conceito da lista original de conceitos também é construído e armazenado.

5º Passo – Obter a lista dos conceitos efetivamente usados e suas frequências de ocorrência absoluta e percentual: aproveita-se a pesquisa anterior e se desconsidera aqueles conceitos com frequência zero em todas as matrizes individuais, refazendo-se a lista sem esses conceitos. Também é construído e armazenado um histograma da frequência percentual de escolha de cada conceito considerando-se apenas aqueles com frequências não nulas.

6º Passo – Eliminar das matrizes aqueles conceitos não relacionados: eliminam-se também das matrizes de valências de todos os opinantes com os quais se está trabalhando as linhas e as colunas correspondentes aos conceitos não relacionados por pelo menos um dos opinantes escolhidos, ou sejam, os conceitos com 0% de frequência percentual. Redefine-se a ordem das matrizes de valências, obtendo-se as matrizes reduzidas.

7º Passo – Pesquisar o total de cada gradação em cada linha da matriz de valências de cada opinante, nas matrizes já reduzidas: nesta etapa, para cada opinante, é feita uma pesquisa por linha (conceito “ativando”) do grau de ativação de cada conceito sobre os outros, buscando a frequência de ocorrência de cada gradação (a intensidade com que um conceito ‘causa’ cada um dos outros). Neste caso, além dos sete níveis qualitativos de respostas já mencionados – *aumenta muito (AM)*, *aumenta (AU)*, *aumenta pouco (AP)*, *não causa (NC)*, *diminui pouco (DP)*, *diminui (DI)* e *diminui muito (DM)* –, foi introduzido um oitavo, qual seja, o *não relacionado (NR)*. Este nível indica aquele conceito que, mesmo tendo sido relacionado por pelo menos um dos opinantes selecionados, não o foi por aquele sob análise. Este último nível qualitativo é usado também para indicar o relacionamento de cada conceito com ele mesmo, já que este relacionamento, como anteriormente colocado, não é considerado neste trabalho.

Os resultados são armazenados na matriz $[\mathbf{nAtivL}]_{Nconcr \times 8 \times NO}$, onde $Nconcr$ é o número de conceitos após a eliminação daqueles não relacionados por pelo menos um opinante, 8 é o número total de gradações, incluindo-se aí o nível **NR** (não relacionado), e NO é o número de opinantes selecionados.

8º Passo – Calcular o total geral absoluto e percentual de cada gradação, em relação ao total de gradações, na matriz de valências de cada opinante: com os dados obtidos no passo anterior são então calculados os valores totais absolutos (frequências) de cada gradação para cada opinante, armazenados na matriz $[\mathbf{TotL}]_{8 \times NO}$ e os valores totais percentuais em relação ao total de respostas para cada opinante, armazenados na matriz $[\mathbf{TtLPer}]_{8 \times NO}$. Matematicamente:

$$TotL_{j,k} = \sum_{i=1}^{Nconcr} nAtivL_{i,j,k}, \quad j=1, 8; \quad k=1, NO \quad 5.01$$

$$TtLPer_{j,k} = TotL_{j,k} \cdot \frac{100}{Nconcr \cdot Nconcr}, \quad j=1, 8; \quad k=1, NO \quad 5.02$$

onde:

$nAtivL_{i,j,k}$ → elemento i,j,k da matriz tridimensional $[\mathbf{nAtivL}]$. Esta matriz armazena na linha i , coluna j e camada k , o total da gradação j para o conceito i “ativando”, na matriz de valências do opinante k ;

$TotL_{j,k}$ → elemento j,k da matriz bidimensional $[\mathbf{TotL}]$. Esta matriz armazena na linha j e coluna k , o total da gradação j nas respostas do opinante k , considerando todos os conceitos “ativando” (todas as linhas da matriz de valências de cada opinante);

$TtLPer_{j,k}$ → elemento j,k da matriz bidimensional $[\mathbf{TtLPer}]$. Esta matriz armazena na linha j e coluna k , o total percentual da gradação j nas respostas do opinante k , considerando todos os conceitos “ativando” (todas as linhas da matriz de valências de cada opinante);

9º Passo – Pesquisar o total de cada gradação em cada coluna da matriz de valências de cada opinante, nas matrizes já reduzidas: nesta etapa, para cada opinante, é feita uma pesquisa por coluna (conceito “sendo ativado”) do grau de ativação de cada conceito pelos outros, buscando a frequência de ocorrência de cada gradação (a intensidade com que um conceito ‘é causado’ por cada um dos outros). Também são usados oito níveis

qualitativos. Os resultados são armazenados na matriz **[nAtivC]**_{Nconcr x 8 x NO}, onde *Nconcr* é o número de conceitos após a eliminação daqueles não relacionados, *8* é o número total de graduações e *NO* é o número de opinantes selecionados.

10º Passo – Calcular o total geral absoluto e percentual de cada graduação, em relação ao total de graduações, na matriz de valências de cada opinante: com os dados obtidos no passo anterior são então calculados os valores totais absolutos (frequências) de cada graduação para cada opinante, armazenados na matriz **[TotC]**_{8 x NO} e os valores totais percentuais em relação ao total de respostas para cada opinante, armazenados na matriz **[TtCPer]**_{8 x NO}. Como as matrizes **[TotL]** e **[TotC]** e as respectivas matrizes percentuais **[TtLPer]** e **[TtCPer]** representam os totais nas matrizes de valências de cada opinante, seus conteúdos são iguais. Seus cálculos foram feitos separadamente como uma forma de se verificar o funcionamento do programa e de se manter um padrão na programação. Matematicamente:

$$TotC_{j,k} = \sum_{i=1}^{Nconcr} nAtivC_{i,j,k} , j = 1, 8; k = 1, NO \quad 5.03$$

$$TtCPer_{j,k} = TotC_{j,k} \cdot \frac{100}{Nconcr \cdot Nconcr} , j = 1, 8; k = 1, NO \quad 5.04$$

onde:

*nAtivC*_{*i,j,k*} → elemento *i,j,k* da matriz tridimensional **[nAtivC]**. Esta matriz armazena na linha *i*, coluna *j* e camada *k*, o total da graduação *j* para o conceito *i* “sendo ativado”, na matriz de valências do opinante *k*;

*TotC*_{*j,k*} → elemento *j,k* da matriz bidimensional **[TotC]**. Esta matriz armazena na linha *j* e coluna *k*, o total da graduação *j* nas respostas do opinante *k*, considerando todos o conceitos “sendo ativado” (todas as colunas da matriz de valências de cada opinante);

*TtCPer*_{*j,k*} → elemento *j,k* da matriz bidimensional **[TtCPer]**. Esta matriz armazena na linha *j* e coluna *k*, o total percentual da graduação *j* nas respostas do opinante *k*, considerando todos o conceitos “sendo ativado” (todas as colunas da matriz de valências de cada opinante);

11º Passo – Calcular os valores totais percentuais, por linha, de cada graduação nas respostas, considerando todos os opinantes: os valores totais percentuais de cada graduação nas respostas, considerando todas as linhas (conceitos “ativando”) e todos os opinantes, são armazenados na matriz **[AtLper]** $Nconcr \times 8$. Matematicamente, cada elemento da matriz é calculado da forma:

$$AtLper_{i,j} = \sum_{k=1}^{NO} nAtivL_{i,j,k} \cdot \frac{100}{Nconcr \cdot NO}, \quad i = 1, Nconcr; \quad j = 1, 8 \quad 5.05$$

onde:

$AtLper_{i,j} \rightarrow$ elemento i,j da matriz bidimensional **[AtLper]**. Esta matriz armazena na posição linha i e coluna j , o total percentual da graduação j no ‘ativa’ do conceito i , considerando todos os opinantes. Em outras palavras, considerando as atuações do conceito i sobre os demais, se calcula e armazena o percentual de cada graduação j nestas atuações, considerando todas as opiniões.

12º Passo – Calcular os valores totais percentuais, por coluna, de cada graduação nas respostas, considerando todos os opinantes: os valores totais percentuais de cada graduação nas respostas, considerando todas as colunas (conceitos “sendo ativados”) e todos os opinantes, são armazenados na matriz **[AtCper]** $Nconcr \times 8$. Matematicamente, cada elemento da matriz é calculado da forma:

$$AtCper_{i,j} = \sum_{k=1}^{NO} nAtivC_{i,j,k} \cdot \frac{100}{Nconcr \cdot NO}, \quad i = 1, Nconcr; \quad j = 1, 8 \quad 5.06$$

onde:

$AtCper_{i,j} \rightarrow$ elemento i,j da matriz bidimensional **[AtCper]**. Esta matriz armazena na posição linha i e coluna j , o total percentual da graduação j no ‘é ativado’ do conceito i , considerando todos os opinantes. Em outras palavras, considerando as atuações de cada conceito sobre o conceito i , se calcula e armazena o percentual de cada graduação j nestas atuações, considerando todas as opiniões.

13º Passo – Cálculo de parâmetros diversos que serão úteis para a obtenção de alguns dados estatísticos e o desenho de histogramas: diversos parâmetros são calculados como segue:

a) Total da graduação i nas respostas, considerando todas as linhas (conceitos “ativando”) e todos os opinantes, absoluto e percentual, respectivamente:

$$iTL_i = \sum_{j=1}^{NO} TotL_{i,j} , i = 1, 8 \quad 5.07$$

$$TLPer_i = iTL_i \cdot \frac{100}{Nconcr \cdot Nconcr \cdot NO} , i = 1, 8 \quad 5.08$$

b) Total da graduação i nas respostas, considerando todas as colunas (conceitos “sendo ativados”) e todos os opinantes, absoluto e percentual. Estes resultados, por serem totais nas matrizes de valências inteiras devem coincidir com os do Item a anterior. Assim, respectivamente:

$$iTC_i = \sum_{j=1}^{NO} TotC_{i,j} , i = 1, 8 \quad 5.09$$

$$TCPer_i = iTC_i \cdot \frac{100}{Nconcr \cdot Nconcr \cdot NO} , i = 1, 8 \quad 5.10$$

c) Número médio da graduação i nas respostas, considerando todas as linhas (conceitos “ativando”) e todos os opinantes:

$$MeL_i = \frac{iTL_i}{NO} , i = 1, 8 \quad 5.11$$

d) Número médio da graduação i nas respostas, considerando todas as colunas (conceitos “sendo ativados”) e todos os opinantes:

$$MeC_i = \frac{iTC_i}{NO} , i = 1, 8 \quad 5.12$$

e) Desvio padrão da graduação i nas respostas, considerando todas as linhas (conceitos “ativando”) e todos os opinantes (valores absoluto e percentual em relação a todas as respostas):

$$DPL_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{NO} [TotL_{i,j} - MeL_i]^2}{NO - 1}}, \quad i = 1, 8 \quad 5.13$$

$$DPL_{per_i} = \frac{DPL_i \cdot 100}{Nconcr \cdot Nconcr}, \quad i = 1, 8 \quad 5.14$$

f) Desvio padrão da graduação i nas respostas, considerando todas as colunas (conceitos “sendo ativados”) e todos os opinantes (valores absoluto e percentual em relação a todas as respostas):

$$DPC_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{NO} [TotC_{i,j} - MeC_i]^2}{NO - 1}}, \quad i = 1, 8 \quad 5.15$$

$$DPC_{per_i} = \frac{DPC_i \cdot 100}{Nconcr \cdot Nconcr}, \quad i = 1, 8 \quad 5.16$$

14º Passo – Ordenação das frequências de ocorrência de cada resposta (graduação), considerando cada conceito ‘ativando’ os outros e das frequências de ocorrência de cada resposta (graduação), considerando cada conceito ‘sendo ativado’ pelos outros: essas ordenações são mostradas em tabelas, e servem, por exemplo, para mostrar, para cada graduação, qual o conceito que mais ‘causa’ os outros, ou ‘é causado’ pelos outros com aquela intensidade (graduação), dando uma idéia de sua energia ou de sua suscetibilidade, respectivamente.

15º Passo – Obtenção da “energia” de cada conceito: este é um parâmetro muito interessante. Mostra o grau de atuação de um conceito sobre cada um dos outros, tanto no sentido de aumentá-los (influência positiva: **AM**, **AU**, **AP**) quanto de diminuí-los (influência negativa: **DP**, **DI**, **DM**). Também mostra o grau do quanto um conceito é ativado pelos outros, tanto no sentido de ter sua ação ampliada (influência positiva), bem como diminuída (influência negativa). São quatro parâmetros muito importantes, pois indicam em quais conceitos se deve agir, e de que forma, para que se obtenha um resultado desejável ou se minimize um resultado indesejável. Esses parâmetros se encontram respectivamente nos vetores **FPIPA** (frequência percentual das influências positivas na

atuação do conceito i), **FPINA** (frequência percentual das influências negativas na atuação do conceito i), **FPIPeA** (frequência percentual das influências positivas no ‘é ativado’ do conceito i) e **FPINeA** (frequência percentual das influências negativas no ‘é ativado’ do conceito i), todos de dimensão 8 (número de gradações estabelecido). Os elementos dos vetores são calculados, respectivamente, por meio das seguintes expressões:

$$FPIPA_i = \sum_{j=1}^3 AtLper_{i,j} \cdot eqNu_j \cdot \frac{Nconcr}{100}, \quad i = 1, Nconcr \quad 5.17$$

$$FPINA_i = \sum_{j=5}^7 AtLper_{i,j} \cdot eqNu_j \cdot \frac{Nconcr}{100}, \quad i = 1, Nconcr \quad 5.18$$

$$FPIPeA_i = \sum_{j=1}^3 AtCper_{i,j} \cdot eqNu_j \cdot \frac{Nconcr}{100}, \quad i = 1, Nconcr \quad 5.19$$

$$FPINeA_i = \sum_{j=5}^7 AtCper_{i,j} \cdot eqNu_j \cdot \frac{Nconcr}{100}, \quad i = 1, Nconcr \quad 5.20$$

onde:

$FPIPA_i \rightarrow i^{ésimo}$ elemento do vetor das frequências percentuais das influências positivas no ‘ativa’ de cada conceito (“energia” positiva do conceito i ativando os outros);

$FPINA_i \rightarrow i^{ésimo}$ elemento do vetor das frequências percentuais das influências negativas no ‘ativa’ de cada conceito (“energia” negativa do conceito i ativando os outros);

$FPIPeA_i \rightarrow i^{ésimo}$ elemento do vetor das frequências percentuais das influências positivas no ‘é ativado’ de cada conceito (“energia” positiva sobre o conceito i sendo ativado pelos demais);

$FPINeA_i \rightarrow i^{ésimo}$ elemento do vetor das frequências percentuais das influências negativas no ‘é ativado’ de cada conceito (“energia” negativa sobre o conceito i sendo ativado pelos demais);

$EqNu_j \rightarrow$ equivalente numérico da gradação j , conforme Quadro 5.1.

16º Passo – Ordenação das frequências percentuais das influências: é feita a ordenação das frequências percentuais das influências “positivas” (AM, AU e AP) e “negativas” (DP, DI e DM) no “ativa” e no “é ativado” de cada conceito. O objetivo é facilitar a busca daqueles conceitos mais atuantes ou mais suscetíveis, bem como aqueles de menor influência ou menos influenciáveis. Esses conceitos são muito importantes para a montagem dos vetores de ativação, ou seja, na escolha daqueles conceitos que serão

ativados na análise do mapa cognitivo difuso, em função dos objetivos desejados ou perseguidos.

17º Passo – Obtenção da matriz numérica equivalente por opinante: é feita, na matriz de valências de cada opinante, a substituição dos equivalentes literais pelos equivalentes numéricos escolhidos no **3º Passo**. Os conceitos eventualmente não relacionados por um ou mais opinantes serão substituídos por **zero**, o mesmo equivalente numérico da gradação “não causa”. Obtém-se a família de matrizes $[\mathbf{MatNum}]_i, i=1, NO$, de dimensão $Nconcr \times Nconcr$, e que servem para realizar o tratamento numérico.

18º Passo – Obtenção da matriz média: finalmente é obtida a matriz de valências média que será usada na simulação do mapa cognitivo difuso. A matriz obtida é armazenada em arquivo magnético, estando disponível para a etapa de processamento a seguir (Item 5.6.3). Matematicamente a matriz média é obtida por meio da expressão mostrada a seguir:

$$[\mathbf{MatMed}] = \frac{\sum_{i=1}^{NO} [\mathbf{MatNum}]_i}{NO} \quad 5.21$$

19º Passo – Obtenção da matriz desvio padrão: é calculada a matriz desvio padrão em função das matrizes individuais dos opinantes. Matematicamente tem-se uma conhecida expressão muito utilizada em estatística:

$$[\mathbf{MatSTD}] = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NO} \{ [\mathbf{MatNum}]_i - [\mathbf{MatMed}] \}^2}{NO - 1}} \quad 5.22$$

5.6.3 Processamento

A seguir são fornecidas em passos as etapas do processamento do mapa cognitivo difuso propriamente dito. O desenvolvimento desta etapa foi feito com a ajuda do programa *Analisa.for*, apresentado no **Apêndice I**, que é baseado no fluxograma mostrado na Figura 4.10.

1º Passo – Obter a matriz média: a matriz média do grupo de opinantes escolhidos é lida a partir de um arquivo magnético gerado na etapa de pré-processamento (Item 5.6.2, anterior).

2º Passo – Escolher um nome para o caso que está sendo simulado: o programa pede ao usuário um nome para o caso que irá ser simulado, pois vários casos podem ser simulados na seqüência e armazenados nas mesmas pastas. Logo, por meio dos nomes é que o pesquisador poderá separar os dados de cada caso.

3º Passo – Escolha da função de ajuste: o programa permite ao pesquisador escolher entre seis opções diferentes para as funções de ajuste (outras podem ser acrescentadas à estrutura do programa). Algumas das funções disponíveis já foram apresentadas o Item 4.3.4. São aqui reapresentadas junto a opções novas. No grupo das **discretas** estão a bivalente, a trivalente e a septivalente. No grupo das **quase contínuas** estão a regularização e a normalização. No grupo das **contínuas** está a sigmóide. Optou-se pela sigmóide dupla (opção 2, Item 4.3.4) para fornecer saídas no intervalo $[-1, +1]$.

Nas definições das funções, a seguir, aparecem os seguintes símbolos e variáveis:

$Output_i^k \rightarrow i^{ésimo}$ elemento do conjunto de $Nconc$ elementos do vetor de ativação sem restrições (**antes** da aplicação da função limiar), na iteração k ;

$Output_i^k \rightarrow i^{ésimo}$ elemento do conjunto de $Nconc$ elementos do vetor de ativação com restrições (**depois** da aplicação da função limiar), na iteração k ;

$|Output_{max}^k| \rightarrow$ maior valor em módulo entre os elementos do vetor de ativação sem restrições, na iteração k ;

$Output_{medio}^k \rightarrow$ média dos valores do vetor de ativação sem restrições, na iteração k ;

$STD^k \rightarrow$ desvio padrão dos valores do vetor de ativação sem restrições, na iteração k ;

$limite_j \rightarrow$ limites dos seis subintervalos criados entre -1 e $+1$ com o auxílio dos equivalentes numéricos escolhidos no **3º Passo** da etapa de pré-processamento, onde serão distribuídos os valores do vetor de ativação sem restrições, gerando o vetor de ativação com restrições;

$Lambda \rightarrow$ coeficiente da função sigmóide.

$$\text{- regularização: } Output_i^k = \frac{Outpt_i^k}{|Outpt_{\max}^k|}, \quad i=1, Nconcr \quad 5.23$$

$$\text{- normalização: } Output_i^k = \frac{Outpt_i^k - Outpt_{\text{medio}}^k}{STD^k}, \quad i=1, Nconcr \quad 5.24$$

$$\text{onde: } Outpt_{\text{medio}}^k = \frac{\sum_{i=1}^{Nconcr} Outpt_i^k}{Nconcr} \quad 5.25$$

$$STD^k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Nconcr} [Outpt_i^k - Outpt_{\text{medio}}^k]^2}{Nconcr - 1}} \quad 5.26$$

- bivalente:

$$\begin{aligned} Outpt_i^k \leq 0 &\rightarrow Output_i^k = 0 \\ Outpt_i^k > 0 &\rightarrow Output_i^k = 1 \end{aligned} \quad 5.27$$

- trivalente:

$$\begin{aligned} Outpt_i^k \leq -0,5 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = -1 \\ -0,5 \cdot |Outpt_{\max}^k| < Outpt_i^k < +0,5 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = 0, \quad i=1, Nconcr \\ Outpt_i^k \geq +0,5 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = +1 \end{aligned} \quad 5.28$$

- septivalente:

$$\begin{aligned} Outpt_i^k < limite_6 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = eqNu_7 \\ limite_6 \cdot |Outpt_{\max}^k| \leq Outpt_i^k < limite_5 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = eqNu_6 \\ limite_5 \cdot |Outpt_{\max}^k| \leq Outpt_i^k < limite_4 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = eqNu_5 \\ limite_4 \cdot |Outpt_{\max}^k| \leq Outpt_i^k < limite_3 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = eqNu_4 \\ limite_3 \cdot |Outpt_{\max}^k| \leq Outpt_i^k < limite_2 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = eqNu_3 \\ limite_2 \cdot |Outpt_{\max}^k| \leq Outpt_i^k < limite_1 \cdot |Outpt_{\max}^k| &\rightarrow Output_i^k = eqNu_2 \\ limite_1 \cdot |Outpt_{\max}^k| \leq Outpt_i^k &\rightarrow Output_i^k = eqNu_1, \end{aligned} \quad 5.29$$

para $i=1, Nconcr$

$$\text{onde: } limite_j = \frac{eqNu_j + eqNu_{j+1}}{2}, \quad j=1, 6 \quad 5.30$$

$$- \text{sigmóide: } Output_i^k = \frac{1 - \varepsilon \frac{Lambda \cdot Output_i^k}{|Output_{max}^k|}}{1 + \varepsilon \frac{Lambda \cdot Output_i^k}{|Output_{max}^k|}} \quad 5.31$$

No caso da função sigmóide o pesquisador também deve escolher o coeficiente *Lambda*. A Figura 5.1 mostra uma família de sigmóides com diferentes valores de *Lambda* e pode guiar a escolha deste coeficiente. Pela observação desta figura se percebe que um grande valor deste amplifica os valores numéricos. Por exemplo, para *Lambda* igual a 10, valores acima de cerca de 0,33 são ajustados para o máximo (1). Por outro lado, para valores pequenos do coeficiente, os números maiores são penalizados, ficam “achatados”. Por exemplo, para *Lambda* igual a 1, uma entrada máxima, de valor 1, é ajustada para menos de 0,5. Testes podem ser realizados para cada caso em estudo para se obter um valor adequado para *Lambda*.

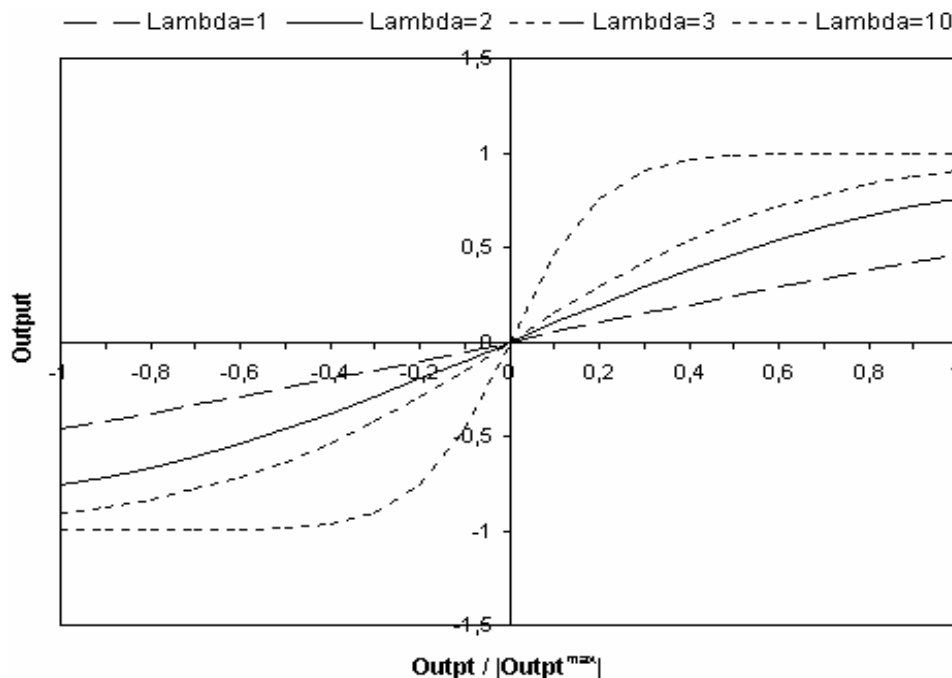


Figura 5.1 – Função sigmóide para quatro valores diferentes do coeficiente Lambda.

4º Passo – Escolha do número máximo de iterações e do critério de parada: aqui o pesquisador fornece o número máximo de iterações desejado e o critério de parada, podendo escolher entre o programa atingir o número máximo de iterações ou verificar a convergência (obtenção do ciclo limite) a cada iteração. O ciclo limite é pesquisado comparando-se a saída atual com as 23 anteriores a ela⁴¹. Se o ciclo for maior que essas 24 iterações, a pesquisa deste ciclo deverá ser visual, pela observação direta no arquivo que armazena todas as iterações até ser atingido seu número máximo. Em testes realizados, não foram observados ciclos limite tão longos.

5º Passo – Escolha do vetor de ativação ou de estimulação: a escolha deste vetor depende de qual ou quais conceitos o pesquisador está interessado em ver seu(s) efeito(s) sobre os demais. Por exemplo, pode escolher aqueles que têm maior “energia” positiva ou negativa, ou aqueles mais sensíveis, tanto no sentido de serem reforçados ou de serem enfraquecidos pelos demais.

No programa, a lista numerada dos conceitos escolhidos pelos opinantes é mostrada na tela em grupos de 10. O pesquisador pode ‘ativar’ quantos conceitos desejar, considerando tanto atuação positiva quanto negativa. Na atuação positiva deve fornecer o número de ordem do conceito com o sinal (opcional) positivo. Se desejar a atuação negativa do conceito, ou seja, uma atuação oposta ao seu sentido, deve fornecer o número de ordem com o sinal negativo. Por exemplo, “satisfação com o curso” entraria com sinal positivo à frente do seu número de ordem. Mas, se o pesquisador deseja modelar o conceito “**insatisfação com o curso**”, o sinal à frente do mesmo número de ordem deve ser negativo (“-satisfação com o curso”).

O número de conceitos a serem estimulados deve ser cuidadosamente escolhido para permitir que se isolem as condições de “causa” e “efeito”, ou seja, que se tenha condições de se perceber qual (is) conceito(s) está(ão) causando o quê no ambiente simulado.

⁴¹ Nenhum critério especial foi utilizado para definir este número de 23 saídas sucessivas, apenas um pouco de intuição. É relativamente simples alterar esse valor. A sugestão é que numa nova versão o usuário do programa escolha este número.

6º Passo – Escolha do modo de estimulação: neste ponto o pesquisador escolhe se o vetor de entrada será mantido ao longo das iterações, ou seja, se será somado ao novo vetor de ativação a cada iteração (modo *clamped*), ou se será usado apenas na iteração inicial, como um impulso, iniciando o processo, que depois evolui por conta de sua própria topologia (modo *nonclamped*).

7º Passo – Simulação: é o processo de resolução do mapa cognitivo difuso propriamente dito. São realizadas as iterações do processo conforme o fluxograma mostrado na Figura 4.10. Assim, é feita a pré-multiplicação da matriz de valências média pelo vetor de ativação inicial, obtendo-se a saída não ajustada, conforme a Equação 5.32, equivalente à Equação 4.23:

$$\mathbf{Output}_{1 \times Nconcr}^k = \mathbf{Input}_{1 \times Nconcr}^k \cdot [\mathbf{Matriz}]_{Nconcr \times Nconcr} \quad 5.32$$

Aplica-se a função de ajuste escolhida por meio da Equação 5.33, equivalente à Equação 4.24:

$$\mathbf{Output}_{1 \times Nconcr}^k = f \left(\mathbf{Output}_{1 \times Nconcr}^k \right) \quad 5.33$$

Gravam-se os resultados parciais, verifica-se convergência e o número máximo de iterações. Se o critério de parada for satisfeito, avança-se ao **8º Passo**, encerrando esta simulação.

Caso contrário, a simulação é continuada e se gera o novo vetor de entrada, com ou sem a soma da excitação inicial, conforme opção feita anteriormente, respectivamente pelas expressões:

$$\mathbf{Input}_{1 \times Nconcr}^{k+1} = \mathbf{Output}_{1 \times Nconcr}^k + \mathbf{Input}_{1 \times Nconcr}^0 \quad 5.34$$

Ou:

$$\mathbf{Input}_{1 \times Nconcr}^{k+1} = \mathbf{Output}_{1 \times Nconcr}^k \quad 5.35$$

8º Passo – Finalização: uma vez satisfeito o critério de parada, o programa arquiva os resultados finais. Se houve convergência, nesta etapa é feita a *defuzzificação*, ou seja, o

retorno das variáveis numéricas às expressões literais ou, em outras palavras, o restabelecimento das variáveis lingüísticas. Para isso, novamente são usados os equivalentes literais, só que agora na ordem inversa.

9º Passo – Verificação de mais casos a simular: ao final da etapa, o programa permite que se simule um outro caso com a mesma matriz média. Se for desejo do pesquisador simular um novo caso, retorna-se ao **2º Passo**. Caso contrário, a simulação está encerrada, seguindo-se ao **Pós-processamento**.

5.6.4 Pós-processamento

O pós-processamento do mapa cognitivo difuso é feito pela observação dos dados armazenados nos arquivos gerados, tanto na etapa de pré-processamento quanto na de processamento. Os arquivos são armazenados em pastas, com nomes sugestivos, de modo a facilitar a identificação de seus conteúdos. Os arquivos são separados por tipo, como arquivos de conteúdo geral com os dados dos opinantes, arquivos com dados para análises estatísticas, arquivos com dados em formato adequado para gerar gráficos etc.

A verificação e tratamento dos dados estatísticos e histogramas podem ser feitos com o auxílio de programas externos ao pacote, como por exemplo, a planilha eletrônica Excel-Microsoft ou equivalente.

Devem ser procurados, como parte da análise dos resultados, o ciclo limite (este limite, quando solicitado como o critério de parada, é indicado nos arquivos), padrões escondidos e mudanças nos resultados em função de alterações nos vetores de atuação (mudanças nos conceitos ativados).

Assim, nesta etapa, a observação dos resultados e a necessária reflexão a respeito deles são as principais ferramentas para se extrair do mapa todas as informações relevantes e desejadas que estejam contidas nele.

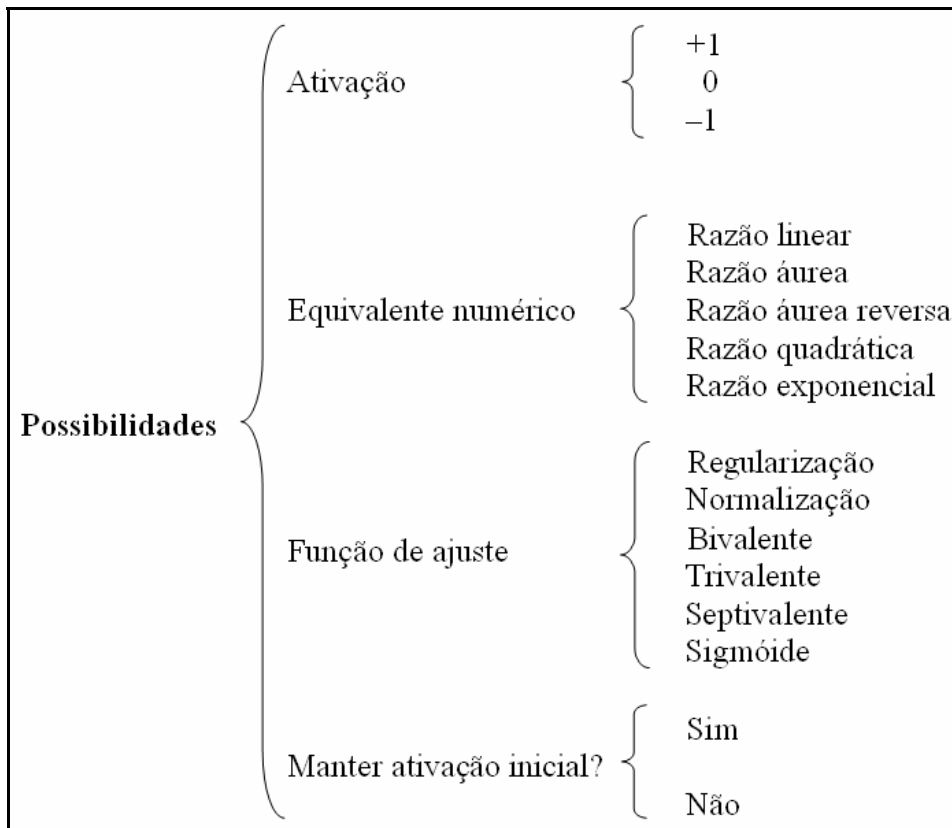
5.7 Observação final

Este capítulo apresentou as metodologias e as principais ferramentas necessárias à análise do mapa cognitivo difuso. Falta, a partir deste ponto, realizar a coleta dos dados e

aplicar as ferramentas, obter os resultados, refletir a respeito deles, oferecer possíveis interpretações e soluções e apresentar as conclusões finais a respeito de todo o processo. São os assuntos tratados no próximo capítulo, onde são apresentados alguns exemplos para ilustrar o funcionamento da ferramenta aqui exposta.

Para finalizar, o Quadro 5.2 apresenta um esquema com o resumo das principais opções oferecidas pelo pacote computacional desenvolvido. Pode ajudar na escolha do tipo de análise pretendido.

Quadro 5.2 – Esquema geral das possibilidades numéricas (adaptado de MARTINS-PACHECO, 2002).



6

RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados e comentados os resultados da simulação conforme a seqüência mostrada no capítulo anterior. O mesmo roteiro em passos daquele capítulo foi aqui seguido, acrescentando-se informações consideradas relevantes. Por fim, são feitos comentários sobre os resultados da pesquisa e apresentadas conclusões gerais, encerrando esta etapa do trabalho.

Sim, pois o trabalho desenvolvido nesta tese é apenas uma etapa, uma apresentação, um primeiro passo, e deve ser colocado em prática e continuamente aperfeiçoado para que se obtenham os resultados que se almeja alcançar em termos de melhoria no sistema educacional em engenharia. Nessa intenção, ao final são apresentadas sugestões para o aprimoramento deste trabalho e para futuros trabalhos.

6.2 Perfil dos opinantes

É importante ressaltar que se dispôs de uma pequena amostra de opiniões. O projeto, o desenvolvimento, os vários testes e simulações e a compatibilização dos programas computacionais e bancos de dados demandou um tempo bem maior do que o previsto inicialmente. Desta forma, a disponibilização do programa FCMQuest na *WEB* somente foi possível praticamente no início de férias da maioria dos professores do Departamento de Engenharia Elétrica (EEL). Poucos ainda foram contatados para respondê-lo em tempo hábil. Alguns responderam imediatamente após o retorno de suas férias, e seus dados ainda puderam ser incluídos nesta versão. Mas, ainda assim o número de opinantes foi pequeno e, desta forma, a análise estatística sobre a amostra não se torna adequadamente representativa, sendo aqui usada apenas como demonstração de como deveria ser feita. Entretanto, representam a forma de pensar e relacionar os conceitos daquele grupo que respondeu ao questionário eletrônico. Por outro lado, o percentual de respostas não é muito diferente do retorno à origem (ao pesquisador) de questionários enviados a determinado público-alvo para serem respondidos de forma voluntária. Isto foi possível observar com o uso do mecanismo de busca em <http://www.google.com.br/>, com a palavra-chave “questionários devolvidos”. Lá são mostradas várias pesquisas, e o número

de questionários devolvidos varia de dez a quarenta por cento. Sugere-se uma pesquisa mais acurada.

O EEL, em sua página <http://www.eel.ufsc.br/web/>, relaciona 46 professores. Um deles está afastado sem vencimentos. Logo, o universo sob análise engloba 45 docentes. Os dez que responderam correspondem assim a pouco mais de 22%. Este percentual é pequeno, mas se encontra dentro daquela média pesquisada. Para se ter um número mais significativo seria necessário uma maior ação de convencimento (esta ação foi restrita a alguns colegas) e/ou a concessão de algum incentivo, como algum tipo de pontuação num processo de avaliação docente, o que não ocorreu.

Embora fosse interessante uma amostra maior, não é fundamental nesta etapa, pois aqui o que se deseja é mostrar como o modelo funciona, seus pontos fortes e fracos e necessidades de ajustes ou adaptações. Não é um modelo definitivo. Visa somente oferecer pistas para diagnóstico de situações ou nortear ações corretivas. Entretanto, espera-se que estes dados já sirvam para iniciar um processo de reflexão dentro do EEL. Algumas conclusões podem ser diferentes para um conjunto maior de respostas, mas o procedimento de análise, mais importante neste momento, seria o mesmo.

Conforme colocado no capítulo anterior, a escolha dos opinantes que terão suas opiniões avaliadas é feita com o auxílio de “máscaras”. Em virtude do tamanho reduzido da amostra, optou-se por uma “máscara” que selecionasse *Instituição de Ensino de Nível Superior, Universidade Federal de Santa Catarina, Professor, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Elétrica*. Em outras palavras, qualquer professor do EEL/UFSC, independentemente de *titulação, regime de trabalho, tempo de serviço ou formação em educação*.

Entretanto, com base no cadastro preenchido pelos professores, pôde-se traçar um perfil mais acurado dos professores opinantes. Assim, além da classificação anterior (todos eram do EEL/UFSC), todos tinham titulação de *Doutor* e três já haviam feito seu estágio de *Pós-Doutorado*. O regime de trabalho de todos era *Dedicação Exclusiva*. Quanto ao tempo de serviço, houve dispersão. Um opinante tinha *menos de cinco anos* de docência, um *entre 5 e 10 anos*, um *entre 10 e 15 anos*, um *entre 15 e 20 anos*, um *entre 20 e 25 anos*, três *entre 25 e 30 anos*, um *entre 30 e 35 anos* e um *mais de 35 anos*. Quanto a uma possível formação em Educação, sete se declararam sem *nenhuma formação específica* e

três se declararam *autodidatas*, ou seja, fizeram leituras sobre o processo ensino-aprendizagem ou participaram de eventos relacionados a ele.

6.3 Tratamento dos dados

6.3.1 Introdução

O Quadro J.1, apresentado no **Apêndice J – DADOS INDIVIDUAIS DOS OPINANTES**, mostra os 50 conceitos por mim escolhidos para esta análise piloto. Esta impressão foi obtida diretamente do arquivo de dados enviado ao FCMQuest que, a partir dele, monta o questionário a ser respondido. Neste quadro, por questão de espaço, foram suprimidas as definições dos conceitos, originalmente colocadas na seqüência dos nomes dos conceitos, na mesma linha do conceito correspondente. Essas definições estão no **Apêndice G**, já citado anteriormente. Observar a divisão dos conceitos por categorias e subcategorias, e a indicação se é obrigatório ou optativo.

Uma vez terminado o preenchimento do questionário pelo opinante, ele é informado que seu questionário está concluído e tem a opção de salvar os dados para uma posterior reavaliação de suas respostas ou pedir para encerrar o processo. Na primeira opção, suas respostas são salvas e o opinante pode rever suas respostas quando lhe for mais conveniente. Se optar pela segunda alternativa, o programa indica junto ao seu cadastro que seu questionário está “pronto” e envia para o endereço de correio eletrônico cadastrado um arquivo com os seus dados cadastrais e outro com as suas respostas ao questionário para arquivamento eletrônico. Na seqüência, pergunta ao opinante se quer fazer algum comentário ou crítica ao processo. Se a resposta for positiva, abre uma janela onde o opinante pode, de forma optativa, apor o seu endereço eletrônico para receber eventual resposta, e escrever suas opiniões. Este comentário também é enviado na seqüência.

Recebidos esses arquivos, eles são armazenados em pastas previamente montadas e estão prontos para serem usados como dados de entrada para a simulação do mapa cognitivo difuso. Este processo é feito manualmente. Os arquivos são armazenados com o nome que o opinante escolheu. O cadastro é um arquivo único. Desta forma, cada vez que um novo arquivo de opiniões é recebido, o arquivo “cadastro” que o acompanha substitui o anterior, numa operação ainda manual.

6.3.2 Pré-processamento

A seguir são fornecidas em passos as etapas do pré-processamento, ou seja, a obtenção de alguns parâmetros estatísticos e o preparo de alguns dados necessários à análise via mapa cognitivo difuso propriamente dita. Relembrando, o desenvolvimento desta etapa é feito basicamente com a ajuda do programa *Prepara.for*, apresentado no **Apêndice I**.

1º Passo – Escolher os opinantes cujos dados serão trabalhados: foram escolhidos apenas os professores do EEL, como é a proposta deste modelo piloto. Esta escolha, uma vez que o pesquisador selecionou as “máscaras” desejadas, é feita de forma automática pelo programa.

2º Passo – Montar as matrizes de opiniões ou de valências de cada opinante: com a lista dos opinantes escolhidos no passo anterior, o programa lê os dados dos arquivos de cada opinante e monta suas matrizes de valências. O programa prepara ainda uma lista das graduações usadas e a lista dos conceitos disponibilizados para escolha pelos opinantes, colocando-os num formato que permite melhor visualização e impressão.

O Quadro J.2, no já citado **Apêndice J**, apresenta a mesma lista original de conceitos, mas agora trabalhada no *Prepara.for*, indicando os obrigatórios e os optativos, e a lista das graduações. Os Quadros J.3a, b, c, d, e, f, g, h, i, j apresentam as matrizes de valências originais de cada opinante. Para se manter o sigilo, os nomes ou apelidos usados pelos professores foram substituídos por números. Esses números indicam a ordem em que o arquivo foi enviado pelo FCMQuest por meio do correio eletrônico.

Observar que a diagonal das matrizes de valências é nula, já que os conceitos não foram relacionados com eles próprios. Conforme colocado anteriormente, há autores que defendem que um conceito pode causar a si próprio. Para incluir este efeito de “autocausação” bastaria uma simples modificação no questionário, permitindo relacionar cada conceito com ele mesmo. Os outros programas e procedimentos não sofreriam alteração.

3º Passo – Escolha do equivalente numérico para o cálculo da "energia" de cada ativação (**9º Passo**) e da matriz média (**12º Passo**): optou-se pelo equivalente numérico Razão Linear (ver Quadro 6.1). Em MARTINS-PACHECO (2002) a autora fez testes com outras opções, mas não se observou diferenças significativas nos resultados obtidos com o uso de uma ou de outra. Entretanto, sugere-se realizar novos testes, pois as aplicações são diferentes.

Quadro 6.1 – Equivalentes numéricos usados na simulação do mapa cognitivo difuso.

Ordem	Equivalente literal →	AM	AU	AP	NC	DM	DI	DM
	Equivalente numérico ↓							
1	Razão linear	1,00	0,67	0,33	0,00	-0,33	-0,67	-1,00

4º Passo – Obter as freqüências absoluta e percentual de escolha de cada conceito da lista original de conceitos: a Tabela J.1 mostra essas freqüências e a Figura J.1 mostra o respectivo histograma (**Apêndice J**). Como neste caso particular se trabalha com dez (10) opinantes, cada 10% corresponde a uma escolha, sendo imediata a obtenção das freqüências absolutas. Por exemplo, um conceito com freqüência 80% foi relacionado por oito opinantes.

5º Passo – Obter a lista dos conceitos efetivamente usados e suas freqüências de ocorrência absoluta e percentual: a Tabela J.2, no **Apêndice J**, mostra esses conceitos e as suas freqüências, desconsiderando-se aqueles conceitos sem ao menos uma escolha. A Figura J.2, no mesmo **Apêndice J**, mostra o histograma com a freqüência percentual dos conceitos escolhidos por pelo menos um dos opinantes. Também aqui, cada 10% corresponde a uma escolha, sendo imediata a obtenção das freqüências absolutas. Permaneceram na lista, portanto, 45 conceitos dos 50 conceitos da lista original. Logo, cinco conceitos não foram relacionados por pelo menos um dos opinantes.

Algumas observações podem ser feitas:

1- A maioria dos professores (60%) fez mais que o mínimo de relacionamentos solicitados. A Tabela 6.1 mostra a quantidade de conceitos relacionados por cada opinante,

tanto em relação ao total de conceitos (50), como em relação ao número de conceitos que foi escolhido por pelo menos um dos opinantes (45).

Tabela 6.1 – Número de conceitos relacionados por cada opinante e seu percentual em relação aos conjuntos original e reduzido de conceitos.

Opinante	Número total de relacionamentos	Percentual de relacionamentos (%)	
		No total de conceitos (50)	No conjunto resultante (45)
1	27	54	60
2	32	64	71
3	25	50	56
4	25	50	56
5	36	72	80
6	25	50	56
7	25	50	56
8	28	56	62
9	26	52	58
10	28	56	62

2- Os conceitos “O excesso de cobrança sobre o aluno”, “A atividade de lazer (professor)”, “O espírito empreendedor (aluno)”, “A avaliação do professor pelos alunos” e “O baixo salário oferecido pelo mercado” não foram escolhidos;

3- Um conceito optativo teve 100% de escolha: “A bolsa estudantil para pesquisa/iniciação científica”.

E alguns comentários e inferências sobre a forma de pensar dos opinantes (suas crenças pessoais) podem ser derivados dessas observações:

1- Nas simulações realizadas com 25 conceitos (15 obrigatórios e 10 optativos), o tempo total de preenchimento do questionário foi estimado entre uma e duas horas, dependendo dos cuidados e das reflexões do opinante. O Opinante 4 confirmou esta expectativa. Às 22h00min de 17/01/2005 ele solicitou via telefone informações sobre o endereço eletrônico da página do questionário e sobre possíveis “dicas” para o seu preenchimento. Às 23h30min suas respostas já tinham sido enviadas por meio do *e-mail* automático. Em relação aos demais participantes, este tipo de informação não pode ser

obtido direta ou indiretamente. Os Opinantes 1 e 2 reclamaram, também com o auxílio do correio eletrônico, no caso o de “Comentários”, do excessivo tempo para o preenchimento. Talvez isto se explique pelo fato de terem escolhido um número de conceitos maior que o mínimo, 27 e 32 respectivamente e terem, desta forma, demorado mais tempo que as duas horas previstas. O Opinante 5 foi quem fez o maior número de relacionamentos (escolheu 36 conceitos), mas não enviou comentários nem se manifestou pessoalmente a respeito de possíveis problemas.

2- Pode ter sido mera coincidência a escolha ou não de um determinado conceito por pelo menos um dos opinantes. Em outras palavras, o único critério usado para a não escolha pode ter sido o número mínimo de conceitos optativos a serem escolhidos. Assim, aquele conceito “escapou” da lista, já que o número de opinantes foi muito reduzido;

3- Por outro lado, a não escolha de determinado conceito pode se dever ao fato de o conceito em termos semânticos não ser significativo para o opinante, ou realmente não foi suficientemente valorizado por ele ou até mesmo não foi entendido;

4- O conceito optativo com 100% de respostas aparentemente é um aspecto bastante significativo no contexto do EEL, e está relacionado com a tendência do ensino tecnicista e o *status* (e necessidades) das atividades de pesquisa.

Sempre é bom lembrar que são apenas pistas, pois a amostra é pequena, mas parece espelhar em parte o que foi comentado em capítulos anteriores a respeito do ensino em engenharia, notadamente a supervalorização da pesquisa.

A partir da Tabela J.1 pode ser percebido que outros conceitos optativos com maior escolha (no caso, 80%) são “o conhecimento técnico-professor”, “a disponibilidade de material didático adequado” e “a boa qualidade da biblioteca no campus”. Ou seja, existe uma preocupação dos professores em fornecer condições para que o aluno possa aprender, o que parece demonstrar o interesse pelo ensino e pela aprendizagem, aspectos básicos para qualquer tentativa de um melhor ensino de engenharia. Talvez as questões a serem analisadas sejam as formas deste ensino e as prioridades dentro do EEL.

6º Passo – Eliminar da lista aqueles conceitos não relacionados: as novas matrizes de valências, já com a eliminação das linhas e colunas correspondentes aos conceitos não relacionados por pelo menos um dos opinantes, são mostradas nos Quadros J.4a, b, c, d, e, f, g, h, i, j.

Cabe aqui uma observação: apesar de apenas dez opinantes terem respondido ao questionário, já houve uma visível dispersão na escolha dos conceitos. Do mínimo possível de 25 conceitos ao máximo de 50, alcançou-se a marca de 45 conceitos relacionados. Ou seja, foram relacionados 20 conceitos além do mínimo, e se ficou a apenas cinco conceitos do máximo possível, havendo uma dispersão entre 30 conceitos optativos. Logo, parece possível trabalhar com subconjuntos de conceitos e, posteriormente, a partir deles compor um sistema maior, numa representação mais completa da realidade, evitando que um opinante tenha que usar excessivamente de seu tempo para fazer todos os relacionamentos necessários ao mapa completo.

7º Passo – Pesquisar o total de cada gradação em cada linha da matriz de valências de cada opinante, nas matrizes já reduzidas: as Tabelas J.3a, b, c, d, e, f, g, h, i, j no **Apêndice J**, na seção “Ativando” mostram os resultados destas pesquisas. Tem-se uma idéia da forma de atuação de cada conceito sobre os demais.

8º Passo – Calcular o total geral absoluto e percentual de cada gradação, em relação ao total de gradações, na matriz de valências de cada opinante: estes totais são mostrados nas duas últimas linhas das já citadas Tabelas J.3a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, **Apêndice J**, colunas da seção “Ativando”.

9º Passo – Pesquisar o total de cada gradação em cada coluna da matriz de valências de cada opinante, nas matrizes já reduzidas: ainda as Tabelas J.3a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, no **Apêndice J**, na seção “Sendo ativado” mostram os resultados destas pesquisas. Tem-se uma idéia da forma como cada conceito recebe a influência dos demais.

10º Passo – Calcular o total geral absoluto e percentual de cada gradação, em relação ao total de gradações, na matriz de valências de cada opinante: também estes totais são mostrados nas duas últimas linhas das Tabelas J.3a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, **Apêndice J**, colunas da seção “Sendo ativado”. Conforme antecipado no capítulo anterior, as duas últimas linhas das seções “Ativando” e “Sendo ativado” são idênticas, indicando ausência de erros nos cálculos destes parâmetros.

11º Passo – Calcular os valores totais percentuais, por linha, de cada gradação nas respostas, considerando todos os opinantes: esses valores percentuais são mostrados na Tabela J.4, **Apêndice J**, na seção “Ativando”. Permite se observar quais gradações foram mais usadas no “ativa” de cada conceito, dando uma idéia preliminar da força de atuação de cada um.

12º Passo – Calcular os valores totais percentuais de cada gradação, por coluna, nas respostas, considerando todos os opinantes: esses valores percentuais são mostrados na Tabela J.4, **Apêndice J**, na seção “Sendo ativado”. Permite se observar quais gradações foram mais usadas no “sendo ativado” de cada conceito, dando uma idéia preliminar da suscetibilidade de cada um.

13º Passo – Cálculo de parâmetros diversos:

a) Total de cada gradação nas respostas, considerando todas as linhas (conceitos “ativando”) e todos os opinantes, absoluto e percentual, respectivamente: os valores absolutos não foram armazenados, sendo usados para o cálculo dos valores percentuais, mostrados na penúltima linha da Tabela J.4, seção “Ativando”, e dos valores médios do Item c, a seguir.

b) Total de cada gradação nas respostas, considerando todas as colunas (conceitos “sendo ativados”) e todos os opinantes, absoluto e percentual, respectivamente: os valores absolutos não foram armazenados, sendo usados para o cálculo dos valores percentuais, mostrados na penúltima linha da Tabela J.4, seção “Sendo ativado”, e dos valores médios do Item d, a seguir. Estes resultados, por serem totais nas matrizes de valências inteiras devem coincidir com os do Item a anterior.

c) Número médio de cada gradação nas respostas, considerando todas as linhas (conceitos “ativando”) e todos os opinantes: esse número médio não foi armazenado, sendo usado apenas para o cálculo do desvio padrão do Item e, penúltimo desta seqüência.

d) Número médio de cada gradação nas respostas, considerando todas as colunas (conceitos “sendo ativados”) e todos os opinantes: esse número médio não foi armazenado, sendo usado apenas para o cálculo do desvio padrão do Item f, último desta seqüência.

e) Desvio padrão de cada gradação nas respostas, considerando todas as linhas (conceitos “ativando”) e todos os opinantes (valores absoluto e percentual em relação a

todas as respostas): apenas os valores percentuais foram armazenados e são mostrados na última linha da Tabela J.4, seção “Ativando”.

Algumas observações podem ser feitas:

1- O elevado percentual da gradação NR (não relacionado), de 62,9% e seu grande desvio padrão, de 10,7%, são esperados, pois nem todos os conceitos foram relacionados por todos os opinantes;

2- A gradação NC (não causa) teve o segundo maior percentual (16,3%) e também o segundo maior desvio padrão (6,6%). Isto pode ser explicado da seguinte forma: além de alguns conceitos realmente não terem relação direta de causalidade entre si, às vezes esta relação, mesmo existente, pode não ser observada pelo opinante se não for suficientemente evidente, de acordo com seus conhecimentos ou suas convicções. Também, na dúvida, a tendência parece ser escolher esta gradação;

3- Aparentemente é uma tendência das pessoas perceberem melhor a atuação positiva de um conceito, e não perceberem claramente uma atuação negativa, no sentido de enfraquecer o conceito. Isso pode ser visto na penúltima linha da Figura J.8, onde se percebe que o percentual das gradações “positivas” (aumenta muito, aumenta e aumenta pouco) se sobressai em relação aos percentuais das gradações “negativas” (diminui muito, diminui e diminui muito). Também os desvios padrões das respostas negativas são menores, parecendo justificar esta tendência.

f) Desvio padrão de cada gradação nas respostas, considerando todas as colunas (conceitos “sendo ativados”) e todos os opinantes (valores absoluto e percentual em relação a todas as respostas): apenas os valores percentuais foram armazenados e são mostrados na última linha da Tabela J.4, seção “Sendo Ativado”.

Além das observações do subitem anterior (letra e), acrescente-se que, em virtude de se estar trabalhando com o total das gradações, os valores deste subitem são idênticos ao do subitem anterior.

14º Passo – Ordenação das freqüências de ocorrência de cada resposta (gradação), considerando cada conceito ‘ativando’ os outros e das freqüências de ocorrência de cada resposta (gradação), considerando cada conceito ‘sendo ativado’ pelos outros: as freqüências de ocorrência ordenadas de cada gradação no “ativando” (ou causando) de cada conceito são apresentadas na Tabela J.5a. A Tabela J.5b apresenta as freqüências de

ocorrência ordenadas de cada graduação no “sendo ativado” (ou sendo causado) de cada conceito.

A partir da observação da Tabela J.5a se pode adquirir uma noção da força que sai (ou não) de um determinado conceito. Por exemplo, o conceito 15 (“o estresse – professor”) é fraco na atuação positiva (no sentido de fortalecer outros conceitos), pois aparece nas primeiras posições nas graduações “aumenta muito”, “aumenta” e “aumenta pouco”. Já o conceito 2 (“a boa didática”) é forte, ou seja, tem bastante influência sobre os demais. Por outro lado, na atuação negativa (o conceito aparece nas primeiras posições nas graduações “diminui muito”, “diminui” e “diminui pouco”), o conceito 42 (“o uso de técnicas de trabalho em equipes discentes”) é um dos que menos enfraquecem os demais. Já o conceito 29 (“o estresse – aluno”) é um dos que mais enfraquecem os outros. Parece ser coerente com as idéias de senso comum.

A partir da observação da Tabela J.5b se pode adquirir uma noção da suscetibilidade (ou não) de um determinado conceito. Por exemplo, o conceito 12 (“a perda salarial do professor”) se mostrou o menos afetado pela atuação dos demais. Isto pode ser explicado por ser um item que, em princípio, pouco depende dos outros conceitos relacionados. Poderia ocupar uma posição diferente se entre os conceitos estivesse, por exemplo, “a política do governo para o fortalecimento da educação superior”. Já o conceito 19 (“a aprendizagem – aluno”) se mostrou sensível à atuação positiva dos demais. Parece ser razoável, pois a aprendizagem do aluno, em tese, é a meta principal dos professores. Por outro lado, os conceitos que menos enfraquecem os demais são o de número 4 (“conhecimento técnico – professor”), o 34 (“o currículo cuidadosamente elaborado”), o 42 (“o uso de técnicas de trabalho em equipes discentes”) e o 44 (“a boa qualidade da biblioteca no campus”) o que, baseando-se no senso comum, parece totalmente razoável. Já o conceito 29 (“o estresse – aluno”) é o que tem maior potencial de enfraquecer os demais, o que parece coerente.

Muitas outras conclusões podem ser feitas a partir de observações destas duas tabelas. Entretanto, estas relações de causa e efeito ficam mais claras e diretas na matriz de energias, no próximo passo.

15º Passo – Obtenção da “energia” de cada conceito: são calculadas as frequências percentuais das influências dos conceitos, o que dá uma idéia da “energia” de cada um

atuando sobre os demais, no sentido de fortalecê-los ou enfraquecê-los, e a influência que cada conceito recebe dos demais, no sentido de ser fortalecido ou enfraquecido. Esses valores não são armazenados diretamente. São ordenados para facilitar a obtenção das informações que contém (ver próximo passo). Cabe salientar que este passo é diferente do 14º, apesar de alguma semelhança, pois lá são consideradas as frequências de ocorrência e aqui se pondera estas frequências com os valores numéricos das gradações.

16º Passo – Ordenação das frequências percentuais das influências: a matriz que contém essas informações se encontra na Tabela J.6.

Várias observações podem ser feitas: por exemplo, observando-se a primeira coluna da tabela, o conceito 15 (“o estresse – professor”) se confirma como o que menos atua no sentido de reforçar outros conceitos. Mas, se percebe com mais clareza que os conceitos 12 (“a perda salarial do professor”), 30 (“o trabalho fora da Universidade - aluno”) e 42 (“o uso de técnicas de trabalho em equipes discentes”) também são de fraca atuação nesse sentido.

Na outra extremidade da mesma coluna, o conceito 2 (“a boa didática”) se confirma como o de maior influência no sentido de causar outros conceitos. Mas, fica mais evidente que os conceitos 45 (“a bolsa estudantil para pesquisa/iniciação científica”), 10 (“o engajamento do professor à atividade de pesquisa”) e 6 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de pós-graduação”) também são muito fortes nesse quesito. Parece estar havendo coerência com as abordagens feitas nos **Capítulos 2 e 3**, com a valorização da didática e da pesquisa.

Ainda considerando a causação, só que agora no sentido de enfraquecer. Observando-se a segunda coluna da Tabela J.6 fica aqui mais claro que o conceito de número 42 (“o uso de técnicas de trabalho em equipes discentes”), obtido na inspeção da Tabela J.5a, é o mais fraco nesse quesito. Também pode ser observado que o conceito de número 39 (“a execução de projetos discentes multidisciplinares”), que tem relação com o 42, pois ambos envolvem trabalhos em equipes, está entre os mais fracos. E isto é importante. Vai à contramão do que vários autores consideram essencial para a formação do novo engenheiro. O que teria acontecido? Os professores não perceberam os conceitos? Não o entenderam? Realmente não o consideram importante? Têm algum preconceito ou dúvida em relação à multidisciplinaridade? Têm dúvidas de como isso pode funcionar?

Acham que atividades multidisciplinares os farão perder mais tempo com atividades de ensino em detrimento de suas pesquisas? Ou existem outras razões? Parece ser um bom ponto para reflexões. Que tipo de engenheiro o EEL quer formar?

Quanto ao conceito de maior causação negativa (com maior tendência de enfraquecer outros) aparece o de número 29 (“o estresse – aluno”), embora o 32 (“o grande número de alunos por professor”) e o 35 (“a evasão escolar”) também apareçam bem atuantes no sentido de enfraquecer os demais. Parece uma constatação de consenso.

Quanto às suscetibilidades dos conceitos, a partir da observação da terceira coluna da Tabela J.6, percebe-se que o conceito 12 (“a perda salarial do professor”) se confirma como o menos afetado pela atuação dos demais no sentido de fortalecê-lo. O mais suscetível, neste sentido, é o conceito de número 19 (“a aprendizagem – aluno”), confirmando a constatação feita no **14º Passo**, embora os conceitos 13 (“a satisfação com a profissão – professor”) e 3 (“o bom relacionamento professor – aluno”) tenham suscetibilidades próximas. Novamente, parece haver coerência com as idéias de senso comum.

Finalmente, observando-se a quarta coluna da Tabela J.6 podem ser percebidos os conceitos que tem menos tendência a serem enfraquecidos pelos demais, quais sejam, os conceitos de números 44 (“a boa qualidade da biblioteca no campus”), 42 (“o uso de técnicas de trabalho em equipes discentes”), 34 (“o currículo cuidadosamente elaborado”) e 4 (“conhecimento técnico – professor”).

Mas, o que poderia enfraquecer estes conceitos? Cortes de verbas? Falta de incentivo para atividades de formação do professor? Descuido com o cumprimento do currículo? Entretanto, conceitos diretamente relacionados a essas questões não constavam do conjunto de conceitos disponibilizados. Logo, parece haver coerência.

No outro extremo desta quarta coluna está o conceito mais suscetível a ser diminuído pela atuação de outros, o de número 29 (“o estresse – aluno”), seguido de perto pelo conceito de número 35 (“a evasão escolar”). A simples inspeção da matriz não deixa claro por que isso ocorre. Estes conceitos são bons candidatos a serem estudados na simulação do mapa cognitivo difuso. Assim, deve ficar mais clara a forma de inter-relacionamento entre eles e os demais conceitos. Lembrar que o conceito 29 também é o que atua mais negativamente sobre os demais, enfraquecendo alguns deles. Na simulação esse mecanismo deve ficar mais claro.

17º Passo – Obtenção da matriz numérica equivalente por opinante: as matrizes numéricas equivalentes de cada opinante foram obtidas pela substituição das gradações pelos equivalentes numéricos escolhidos (série **razão linear**). Essas matrizes não foram armazenadas. Foram usadas para calcular a matriz média de opiniões (próximo passo) e em seguida descartadas.

18º Passo – Obtenção da matriz média: a matriz de valências média, obtida com as matrizes numéricas parciais de todos os opinantes, é armazenada em arquivo magnético, estando disponível para a etapa de **processamento**. Ela representa o pensamento médio dos opinantes e será usada na simulação do mapa cognitivo difuso. É mostrada na Tabela J.7, **Apêndice J**. Na Figura J.3 do mesmo apêndice é mostrado o histograma desta matriz. É interessante observar nesta figura a concentração de valores perto do zero, o que pode ser explicado pelos zeros da diagonal, por relacionamentos realmente não existentes e por relacionamentos não percebidos, não entendidos ou que deixaram os opinantes em dúvida, evitando relacioná-los. Mas, mais interessante é um deslocamento da concentração das respostas para a metade positiva do gráfico, o que tem sido percebido em outras simulações. Isto parece sugerir uma tendência das pessoas perceberem melhor a influência positiva de um conceito sobre os outros do que sua atuação negativa, no sentido de enfraquecê-lo.

Por fim, a pouca frequência de respostas nos extremos do gráfico pode ser explicada por dúvidas na hora de indicar graus de relacionamento tão fortes. Também, parece indicar o senso comum. Por escrúpulo, fazer relacionamentos tão fortes parece gerar certo comprometimento com a resposta e certa insegurança para justificá-la, se solicitado a fazê-lo. Parece que um “mais ou menos” é mais fácil de ser aceito pela comunidade, sem o cidadão ter que empreender uma defesa de seus pontos de vista.

19º Passo – Obtenção da matriz desvio padrão: devido à amostra reduzida, talvez seja este o resultado de menor valor estatístico. Mas, como o principal objetivo aqui é explicar a metodologia, esta matriz é mostrada na Tabela J.8, no **Apêndice J**. O cálculo da matriz desvio padrão é interessante para que se tenha uma idéia da dispersão das respostas. Na Figura J.4 é mostrado o histograma dos desvios padrões. Nesta figura se observa uma

grande concentração de desvios perto da origem indicando desvio padrão nulo e coincidência de respostas. Mas, deve ser lembrado que a diagonal não está sendo relacionada, contribuindo para essa concentração. Também podem ser percebidos outros pontos de concentração. Ainda se percebe que desvio padrão máximo foi de 0,590, embora com um único evento. Entretanto, é difícil tentar explicar essas situações, pois pelo tamanho da amostra, basta um único opinante fazer um forte relacionamento e os outros deixarem de escolher esse relacionamento, que grandes diferenças aparecem no desvio padrão.

6.3.3 Processamento

Terminada a etapa de pré-processamento, se inicia a simulação do mapa cognitivo difuso propriamente dita. Relembrando, o desenvolvimento desta etapa é feito com a ajuda do programa *Analisa.for*, apresentado no **Apêndice I**. Alguns exemplos mostram como funciona esta etapa. Os passos gerais são mostrados na seqüência.

1º Passo – Obter a matriz média: esta matriz é mostrada na Tabela J.7 do **Apêndice J**, e foi obtida na etapa anterior. Está gravada em arquivo magnético e é lida diretamente deste arquivo.

2º Passo – Escolher um nome para o caso que está sendo simulado: o nome serve para identificar os dados resultantes, pois várias simulações podem ser feitas a partir da mesma matriz média. Podem ser usados três caracteres de identificação, por exemplo, **E01**.

3º Passo – Escolha da função de ajuste: foram escolhidas funções representativas de cada grupo (discretas, contínuas e quase-contínuas). Conforme já colocado no capítulo anterior, testes com diferentes funções em outras aplicações de mapas cognitivos difusos não mostraram diferenças significativas. Assim, apesar do objetivo dos exemplos não ser testar as funções, os resultados obtidos podem dar pistas de como funcionam.

4º Passo – Escolha do número máximo de iterações e do critério de parada: o número máximo de iterações previsto é de 99 iterações. Foi adotado um limite menor, 50

iterações, mas só por precaução, pois em nenhum caso-teste anteriormente simulado este limite foi atingido, ou mesmo sequer ameaçado. O critério de parada escolhido nas simulações foi a repetição de um ciclo limite que, lembrando, pode ser um ponto de equilíbrio, ou seja, duas saídas sucessivas idênticas.

5º Passo – Escolha do vetor de ativação ou de estimulação: a escolha deste vetor depende de qual ou de quais conceitos o usuário está interessado em observar seus efeitos sobre os demais. Por exemplo, o usuário pode escolher aqueles que têm maior “energia” positiva ou negativa, ou aqueles mais sensíveis, tanto no sentido de serem reforçados ou enfraquecidos pelos demais. No programa, o usuário pode ‘ativar’ quantos conceitos desejar, considerando tanto atuação positiva quanto negativa, fornecendo o número do conceito da lista dos conceitos escolhidos (mostrada na tela em grupos de 10) e um sinal. Este sinal deve ser positivo (opcional) se for desejada a atuação positiva do conceito, ou negativo, se for desejada uma atuação oposta. Por exemplo, satisfação com o curso entraria com sinal positivo, mas se o usuário desejar modelar a insatisfação com o curso, o sinal deveria ser negativo (– satisfação com o curso).

6º Passo – Escolha do modo de estimulação: aqui o pesquisador escolhe se o vetor de entrada será mantido ao longo das iterações, ou seja, somado ao novo vetor de ativação a cada iteração (modo *clamped*), ou se será usado apenas na iteração inicial, iniciando o processo, que depois evolui por conta de sua própria topologia (*noclamped*).

7º Passo – Simulação: foram simulados alguns exemplos para se mostrar o funcionamento do programa e permitir conclusões e observações. Esses casos são analisados na etapa de pós-processamento. Cada análise é armazenada sob um nome código (aquele escolhido no **2º Passo**), e pode ser feita em sucessivas simulações ou em simulações feitas em diferentes ocasiões.

8º Passo – Finalização: arquivamento dos resultados finais e *defuzzificação* (restabelecimento das variáveis lingüísticas), neste caso, se houve convergência. Para isso, novamente são usados os equivalentes literais, só que agora num procedimento inverso (equivalente numérico → equivalente literal).

9º Passo – Verificação de mais casos a simular: se for desejo do pesquisador simular um novo caso, retorna-se ao **2º Passo**. Caso contrário, a simulação está encerrada, seguindo-se ao **Pós-processamento**.

6.3.4 Pós-processamento

Esta etapa é mostrada nos exemplos a seguir.

6.4 Exemplos de aplicação

6.4.1 Exemplo 1: Engajamento do professor à atividade de pesquisa

Este conceito (número 10) foi inicialmente escolhido para ser ativado, pois está muito relacionado à cultura de pesquisas nas Universidades e foi um dos que mostrou maior “energia” de ativação sobre os demais (ver **16º Passo**, Item 6.2.2). Em outras palavras, é um dos que tem maior possibilidade de “causar” os demais.

Neste primeiro exemplo será dada uma breve explicação do “diálogo” do programa com o usuário. Nos demais exemplos somente serão apresentados seus dados de entrada e mostradas algumas saídas. Em função dos resultados serão feitos alguns comentários julgados pertinentes.

1º Passo – Obter a matriz média: é aquela mostrada na Tabela J.7 (**Apêndice J**).

2º Passo – Entrar com o código do caso (usar 3 caracteres alfanuméricos): este código é acrescentado aos nomes de todos os arquivos gerados na etapa. No caso, foi usado **E01**.

3º Passo – Escolher o tipo de função de ajuste quer usar: neste caso, são apresentadas as opções: Regularização → - opção 1; Normalização → - opção 2; Função bivalente → - opção 3; Função trivalente → - opção 4; Função septivalente → - opção 5 e Função sigmóide → - opção 6 (neste último caso, fornecer também o seu coeficiente). Foi fornecido o número **6** ao programa, significando a escolha da função **sigmóide**. Assim

sendo, fornecer também o coeficiente da função sigmóide. Pela observação das curvas na Figura 5.1 e pelos comentários lá feitos, escolheu-se $\lambda = 2$.

4º Passo – Entrar com o número máximo de iterações e do critério de parada: foi fornecido o número **50**. Nenhuma reflexão foi usada para esta escolha, apenas se desejou garantir que houvesse convergência. Quanto ao critério de parada, ou tipo de convergência, tem-se as opções: Opção 1 → o programa pára somente quando atinge o número máximo de iterações; Opção 2 → o programa pára se acha o ciclo limite ou se atinge o número máximo de iterações. Foi escolhida a segunda opção.

5º Passo – Escolher os conceitos que serão ativados: foi fornecido o número **10**, o que significa a ativação positiva do conceito 10 (“engajamento do professor à atividade de pesquisa”), isto é, no sentido de ser fortalecido. Relembrando, o critério de escolha foi a grande “energia” de ativação deste conceito, conforme observado na Tabela J.6, e seu valor psicológico dentro do EEL. Espera-se, ao final da simulação, perceber-se essa influência.

6º Passo – Escolher o modo de estimulação: ou seja, se deseja manter as ativações fixas (“*clamped*”) ou não? A opção foi **não** manter a ativação do conceito **10** fixa.

7º Passo – Simular: em menos de **2s** o programa informou que houve convergência em onze (11) iterações.

8º Passo – Finalização: o programa armazena os dados gerados. Se o nome escolhido para o caso já tiver sido usado numa outra simulação, o programa pergunta se é para “gravar em cima” ou, se a resposta for negativa, pede um novo nome e então faz as gravações, inclusive do arquivo gerado na *deffuzificação*.

9º Passo – O programa pergunta se é desejado rodar outro caso com a mesma matriz média: como a resposta foi **não**, ele foi encerrado.

Terminada a execução do programa, três arquivos são disponibilizados para permitir a interpretação do que ocorreu no ambiente simulado, fornecendo pistas de como

o processo evolui. A partir daí podem ser obtidos subsídios para eventuais providências e políticas de atuação, ou para correção de rumo, se algum resultado indesejado for percebido, ou para reforço das tendências verificadas, se desejadas e merecedoras de estímulos. Neste ponto, a sensibilidade e o conhecimento do responsável ou dos responsáveis pelo processo/análise se tornam essenciais para que se tracem as melhores políticas e se obtenham os melhores resultados.

O primeiro arquivo contém os dados da simulação (nome da série de equivalentes numéricos usada, função de ajuste, estimulação inicial mantida ou não), os valores dos vetores de entrada e saída ajustados e não ajustados em cada iteração e os resultados da simulação com informações a respeito da convergência e do ciclo limite, se houver. O Quadro 6.2 mostra parte do conteúdo deste arquivo. São vistos o vetor inicial com a posição do conceito **10** preenchida com **1** (conceito ativado) e as posições dos demais conceitos preenchidas com zeros, pois não foram ativados nesta simulação. O início do processo é mostrado no mesmo quadro, onde podem ser observadas as saídas da primeira e da segunda iterações antes e depois da aplicação da função de ajuste (“saídas sem restrição” e “saídas ajustadas”, respectivamente). Por fim, ainda no mesmo quadro é mostrado o final do processo, com as saídas das duas últimas iterações, também antes e depois da aplicação da função de ajuste. As iterações intermediárias foram suprimidas. Nestas duas últimas iterações pode ser percebida a ocorrência da convergência. Essas saídas são interessantes para se acompanhar a evolução do processo e para dirimir alguma possível dúvida em relação aos resultados. Elas são essenciais para a observação do ciclo limite, quando este ocorre. Mas, devido ao seu grande tamanho e por não serem necessárias na maior parte dos casos, são mais usadas para inspeção na própria tela do computador. As informações principais são armazenadas em outro arquivo. A interpretação destes resultados será feita oportunamente, após a apresentação das outras saídas de dados proporcionadas pelo programa e mostradas na Figura 6.1 e no Quadro 6.3.

O segundo arquivo armazena um conjunto de dados que pode ser usado num histograma, como o mostrado na Figura 6.1. Esta forma permite uma melhor visualização do grau de ativação de cada conceito ao fim da simulação.

Finalmente, o terceiro arquivo, mostrado no Quadro 6.3, guarda o vetor de ativação resultante *defuzzificado*, isto é, os resultados da conversão da saída numérica numa saída literal, lingüística.

**Quadro 6.2 – Primeiras e últimas iterações da simulação do Exemplo 1:
 Engajamento do professor à atividade de pesquisa.**

```

Equivalente numerico serie: Razao linear
Opcao 6 - Funcao sigmoide ..... , , Lambda = `2.000, "no clamped" !!!

Iteracao numero: 1 of 50

ENTRADA
1> -.00 2> -.00 3> -.00 4> -.00 5> -.00 6> -.00 7> -.00 8> -.00 9> -.00 10> 1.00
11> -.00 12> -.00 13> -.00 14> -.00 15> -.00 16> -.00 17> -.00 18> -.00 19> -.00 20> .00
21> -.00 22> -.00 23> -.00 24> -.00 25> -.00 26> -.00 27> -.00 28> -.00 29> -.00 30> .00
31> -.00 32> -.00 33> -.00 34> -.00 35> -.00 36> -.00 37> -.00 38> -.00 39> -.00 40> .00
41> -.00 42> -.00 43> -.00 44> -.00 45> .00

SAIDAS SEM RESTRICAO
1> -.20 2> -.30 3> -.30 4> -.70 5> -.10 6> -.70 7> -.10 8> -.30 9> -.40 10> .00
11> -.10 12> -.10 13> -.80 14> -.10 15> -.10 16> -.50 17> -.20 18> -.00 19> -.50 20> .40
21> -.00 22> -.10 23> .00 24> .00 25> .00 26> .00 27> .00 28> .00 29> .00 30> .00
31> .00 32> .00 33> .00 34> .00 35> .00 36> .00 37> .00 38> .00 39> .00 40> .00
41> .30 42> .00 43> .00 44> .50 45> .80

SAIDAS AJUSTADAS
1> -.24 2> -.36 3> .36 4> -.70 5> -.12 6> -.70 7> -.12 8> -.36 9> .46 10> .00
11> -.12 12> -.12 13> .76 14> .12 15> .12 16> .55 17> .24 18> .00 19> .55 20> .46
21> .00 22> .12 23> .00 24> .00 25> .12 26> .12 27> .00 28> .00 29> .00 30> .00
31> .00 32> .12 33> .00 34> .24 35> .00 36> .55 37> .00 38> .36 39> .12 40> .46
41> .36 42> .00 43> .00 44> .55 45> .76

-----

Iteracao numero: 2 of 50

ENTRADA
1> .24 2> .36 3> .36 4> .70 5> .12 6> .70 7> .12 8> .36 9> .46 10> .00
11> .12 12> .12 13> .76 14> .12 15> .12 16> .55 17> .24 18> .00 19> .55 20> .46
21> .00 22> .12 23> .00 24> .00 25> .12 26> .12 27> .00 28> .00 29> .00 30> .00
31> .00 32> .12 33> .00 34> .24 35> .00 36> .55 37> .00 38> .36 39> .12 40> .46
41> .36 42> .00 43> .00 44> .55 45> .76

SAIDAS SEM RESTRICAO
1> 1.86 2> 2.80 3> 3.26 4> 2.53 5> 3.03 6> 3.42 7> .35 8> .89 9> 2.27 10> 3.66
11> 1.09 12> -.08 13> 4.48 14> .68 15> -.40 16> 1.51 17> 1.91 18> 1.79 19> 4.15 20> 3.02
21> 1.11 22> 1.53 23> .37 24> .47 25> 1.64 26> 1.30 27> .12 28> .52 29> -2.56 30> -.15
31> .79 32> -.18 33> -.61 34> .79 35> -2.83 36> 2.13 37> .10 38> 2.01 39> .90 40> 2.12
41> 1.09 42> .13 43> -.01 44> 1.57 45> 2.51

SAIDAS AJUSTADAS
1> .39 2> .55 3> .62 4> .51 5> .59 6> .64 7> .08 8> .20 9> .47 10> .67
11> .24 12> -.02 13> .76 14> .15 15> -.09 16> .32 17> .40 18> .38 19> .73 20> .59
21> .24 22> .33 23> .08 24> .11 25> .35 26> .28 27> .03 28> .11 29> -.52 30> -.03
31> .17 32> -.04 33> .13 34> .17 35> .56 36> .44 37> .02 38> .42 39> .20 40> .44
41> .24 42> .03 43> .00 44> .34 45> .51

-----

Iteracao numero: 10 of 50

ENTRADA
1> .39 2> .52 3> .66 4> .42 5> .54 6> .57 7> .05 8> .19 9> .36 10> .48
11> .18 12> -.02 13> .76 14> .11 15> -.10 16> .24 17> .41 18> .41 19> .76 20> .56
21> .27 22> .34 23> .09 24> .13 25> .36 26> .33 27> .04 28> .14 29> -.56 30> -.03
31> .15 32> -.05 33> -.16 34> .11 35> .57 36> .39 37> .01 38> .34 39> .18 40> .35
41> .22 42> .03 43> -.02 44> .29 45> .51

SAIDAS SEM RESTRICAO
1> 2.45 2> 3.47 3> 4.68 4> 2.64 5> 3.63 6> 3.83 7> .30 8> 1.17 9> 2.24 10> 3.09
11> 1.07 12> -.14 13> 5.95 14> .66 15> -.58 16> 1.45 17> 2.59 18> 2.62 19> 5.89 20> 3.81
21> 1.67 22> 2.09 23> .53 24> .79 25> 2.24 26> 2.03 27> .23 28> .82 29> -3.73 30> -.16
31> .92 32> .29 33> .97 34> .67 35> -3.88 36> 2.43 37> .08 38> 2.14 39> 1.09 40> 2.19
41> 1.31 42> .20 43> -.12 44> 1.78 45> 3.33

SAIDAS AJUSTADAS
1> .39 2> .52 3> .66 4> .42 5> .54 6> .57 7> .05 8> .19 9> .36 10> .48
11> .18 12> -.02 13> .76 14> .11 15> -.10 16> .24 17> .41 18> .41 19> .76 20> .56
21> .27 22> .34 23> .09 24> .13 25> .36 26> .33 27> .04 28> .14 29> -.56 30> -.03
31> .15 32> -.05 33> -.16 34> .11 35> .57 36> .39 37> .01 38> .34 39> .18 40> .35
41> .22 42> .03 43> -.02 44> .29 45> .51

-----

Iteracao numero: 11 of 50

ENTRADA
1> .39 2> .52 3> .66 4> .42 5> .54 6> .57 7> .05 8> .19 9> .36 10> .48
11> .18 12> -.02 13> .76 14> .11 15> -.10 16> .24 17> .41 18> .41 19> .76 20> .56
21> .27 22> .34 23> .09 24> .13 25> .36 26> .33 27> .04 28> .14 29> -.56 30> -.03
31> .15 32> -.05 33> -.16 34> .11 35> .57 36> .39 37> .01 38> .34 39> .18 40> .35
41> .22 42> .03 43> -.02 44> .29 45> .51

SAIDAS SEM RESTRICAO
1> 2.45 2> 3.47 3> 4.68 4> 2.64 5> 3.63 6> 3.83 7> .30 8> 1.17 9> 2.24 10> 3.09
11> 1.07 12> -.14 13> 5.95 14> .66 15> -.58 16> 1.45 17> 2.59 18> 2.62 19> 5.89 20> 3.81
21> 1.67 22> 2.09 23> .53 24> .79 25> 2.24 26> 2.03 27> .23 28> .82 29> -3.73 30> -.16
31> .92 32> .29 33> .97 34> .67 35> -3.88 36> 2.43 37> .08 38> 2.14 39> 1.09 40> 2.19
41> 1.31 42> .20 43> -.12 44> 1.78 45> 3.33

SAIDAS AJUSTADAS
1> .39 2> .52 3> .66 4> .42 5> .54 6> .57 7> .05 8> .19 9> .36 10> .48
11> .18 12> -.02 13> .76 14> .11 15> -.10 16> .24 17> .41 18> .41 19> .76 20> .56
21> .27 22> .34 23> .09 24> .13 25> .36 26> .33 27> .04 28> .14 29> -.56 30> -.03
31> .15 32> -.05 33> -.16 34> .11 35> .57 36> .39 37> .01 38> .34 39> .18 40> .35
41> .22 42> .03 43> -.02 44> .29 45> .51

-----

***** O programa convergiu em 11 iteracoes !!!!
***** As iteracoes 11 e 10 COINCIDIRAM !!!!

Equivalente numerico serie: Razao linear
Opcao 6 - Funcao sigmoide ..... , , Lambda = `2.000, "no clamped" !!!
    
```

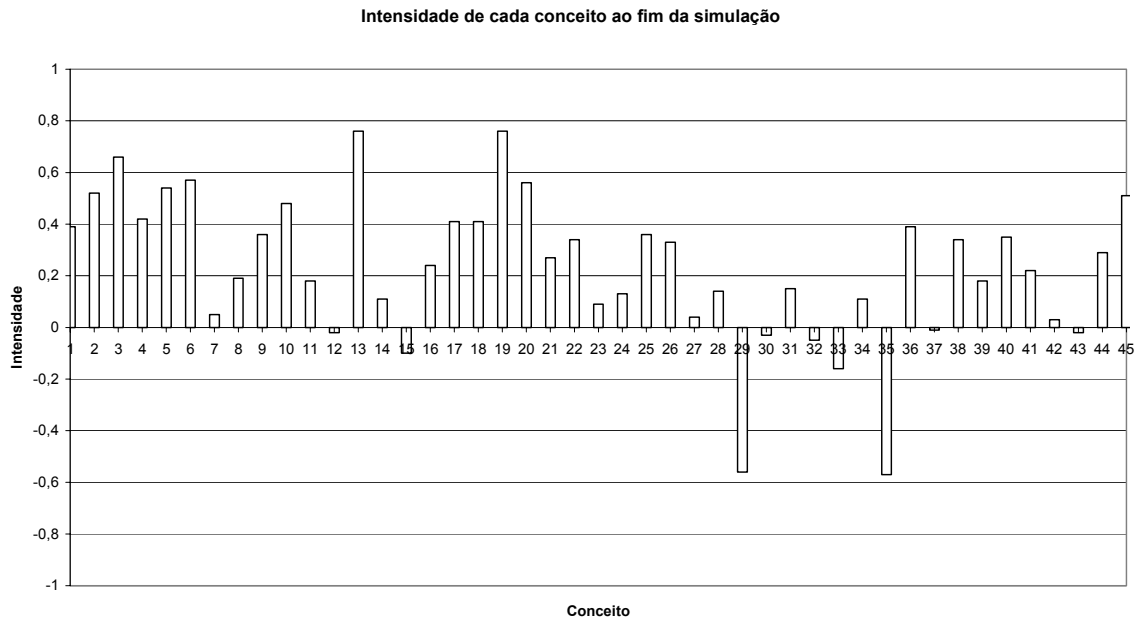


Figura 6.1 – Histograma das intensidades dos conceitos após a simulação.

Quadro 6.3 – Resultado da simulação da ativação do conceito 10 (“engajamento do professor à atividade de pesquisa”) com +1, defuzzificado.

Equivalente numerico serie: Razao linear.
Opcao 6 - Funcao sigmoide, Lambda = 2.0, "no clamped"

Iteracao numero: 11 de 50

RESULTADO FINAL

1→ AP	2→ AU	3→ AU	4→ AP	5→ AU
6→ AU	7→ NC	8→ AP	9→ AP	10→ AP
11→ AP	12→ NC	13→ AU	14→ NC	15→ NC
16→ AP	17→ AP	18→ AP	19→ AU	20→ AU
21→ AP	22→ AP	23→ NC	24→ NC	25→ AP
26→ AP	27→ NC	28→ NC	29→ DI	30→ NC
31→ NC	32→ NC	33→ NC	34→ NC	35→ DI
36→ AP	37→ NC	38→ AP	39→ AP	40→ AP
41→ AP	42→ NC	43→ NC	44→ AP	45→ AU

A observação destes relatórios permite várias leituras e algumas conclusões. Para restringir um pouco a análise, optou-se por trabalhar apenas com aqueles conceitos mais significativos, aqui considerados aqueles com valor final maior que **0,5** positivos ou menores que **0,5** negativos (em módulo, maiores que **50%** do valor máximo possível).

Houve também interesse em analisar aqueles quase nada significativos, aqui considerados aqueles com amplitude, em módulo, menores que 5% do valor máximo possível. Nada impede que se analisem também os outros conceitos, mas, em princípio, não devem ser os mais interessantes.

Primeiro, o grupo dos conceitos mais relevantes, com mais energia, ativados positivamente. É composto pelos conceitos de número 2 (“a boa didática”), 3 (“o bom relacionamento professor – aluno”), 5 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de graduação”), 6 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de pós-graduação”), 13 (“a satisfação com a profissão – professor”), 19 (“a aprendizagem – aluno”), 20 (“o conhecimento técnico – aluno”) e 45 (“a bolsa estudantil para pesquisa/iniciação científica”). No outro lado, entre os ativados mais negativamente têm-se os conceitos 29 (“o estresse – aluno”) e 35 (“a evasão escolar”), ou seja, são enfraquecidos.

Entre aqueles com baixa energia podem ser listados os conceitos 7 (“o horário de atendimento aos alunos”), 12 (“a perda salarial do professor”), 27 (“a atividade de lazer – aluno”), 30 (“o trabalho fora da Universidade – aluno”), 32 (“o grande número de alunos por professor”), 37 (“a reunião pedagógica periódica”), 42 (“o uso de técnicas de trabalho em equipes discentes”) e 43 (“o apoio psicológico institucional ao aluno”).

Assim, quando se estimulou o conceito “o engajamento do professor à atividade de pesquisa” e se usou a ferramenta de análise proposta, a ativação daquele conceito ativou também aqueles outros conceitos diretamente ou indiretamente relacionados com ele através das ligações e seus respectivos pesos fornecidos pelos opinantes. Aqueles conceitos com ligação mais forte são os mais afetados.

Então, de acordo com a opinião média dos professores opinantes, o maior engajamento do professor às suas pesquisas melhora sua didática, leva a um melhor relacionamento com os seus alunos, aumenta seu engajamento aos ensinos de graduação e de pós-graduação e melhora sua satisfação com a profissão. Também melhora a aprendizagem e o conhecimento técnico do aluno, além de propiciar bolsas estudantis para pesquisa/iniciação científica. Isto parece realçar a crença na pesquisa como uma atividade nobre e importante dentro do EEL, pelo menos para aqueles professores. A bibliografia consultada já antecipava esta conclusão para as escolas de engenharia de um modo geral, o que parece, pelo menos em parte, validar o modelo.

Por outro lado, o mapa mostra que a atividade de pesquisa do professor diminui o estresse do aluno e a evasão escolar. A evasão escolar parece fácil de se aceitar. Mas, e o estresse? Como explicar? Qual é a verdadeira relação? Existe? Bem, uma possibilidade é imaginar-se que enquanto o professor está fazendo suas pesquisas, o aluno pode ficar em paz, sem pressão. Mas, os dados sugerem outra coisa. Uma relação indireta. Ou seja, a atividade de pesquisa do professor favorece outros conceitos, como os citados anteriormente, e esses sim atuam diretamente sobre o estresse do aluno. Novos testes e observações no mapa podem elucidar melhor o caso.

Por fim, a pesquisa do professor não tem efeito sobre seu horário de atendimento aos alunos, suas perdas salariais, o lazer e o trabalho fora da Universidade do aluno, a quantidade de alunos por professor, os encontros pedagógicos periódicos, a repetência escolar, os trabalhos em equipes discentes e o atendimento psicológico ao aluno.

Parece razoável, pois os salários dos professores dependem de políticas mais amplas, fora do controle do professor, o lazer do aluno é uma decisão pessoal e poderia depender de outros fatores como, por exemplo, uma excessiva cobrança do professor sobre os alunos, e não de suas atividades de pesquisa em si. Também o trabalho do aluno fora da Universidade independe da vontade do professor. Talvez o estresse do professor pudesse ser afetado, mas o histograma mostra que ele até foi um pouco diminuído. A pesquisa parece ser realmente uma atividade muito valorizada. Também o excesso de alunos, encontros pedagógicos e o atendimento psicológico estariam sob o controle da instituição, não do professor.

Tudo parece funcionar de acordo. O único item que chama a atenção é a questão do atendimento ao aluno, que até melhorou um pouco. Qual a relação entre uma maior dedicação à pesquisa com um melhor atendimento aos alunos? E qual é a qualidade deste atendimento? É adequado do ponto de vista do aluno? O que os professores consideram um atendimento ao menos razoável? Talvez fosse interessante obter a opinião dos alunos.

Como curiosidade, observe-se o seguinte. Com a melhora do ensino, diminuição da evasão escolar e do estresse do aluno, a repetência escolar ficou negativa, piorou. Mas, o que isto significa piorar a repetência escolar? Lembrar que “... na modelagem desenvolvida, melhorar a repetência escolar significa umentá-la, torná-la mais evidente, enfatizá-la ...”. Logo, como neste exemplo ela piorou, significa que mais alunos lograram aprovação no curso.

Por fim, observa-se neste exemplo a tendência das respostas se concentrarem mais nas ativações positivas e em valores não muito altos. Este efeito é notado desde as matrizes de valências dos opinantes, conforme já comentado, e foi mantido com a função de ajuste utilizada. Observando a Figura 6.1 percebe-se que os conceitos de maior intensidade são justamente “a satisfação do professor com a profissão”(13) e “a aprendizagem do aluno” (19). Mais uma vez parece ficar explícita a crença dos professores de que a pesquisa os faz felizes e leva a uma melhor qualidade do ensino.

6.4.2 Exemplo 2: O estresse do aluno

Este conceito (número 29) foi escolhido para ser ativado, pois foi o que mostrou com maior influência negativa sobre os demais, conforme pode ser observado na Tabela J.6 (Energia de ativação).

Usando o mesmo roteiro do exemplo anterior (Item 6.4.1) e utilizando as mesmas opções da função de ajuste, número máximo de iterações etc., ativa-se este conceito 29 (“o estresse – aluno”) com +1 e os demais com 0. Procede-se então a simulação. Os resultados mais significativos estão assinalados no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Resultado da simulação da ativação do conceito 29 (“o estresse – aluno”) com +1.

```

Equivalente numerico serie: Razao linear.
Opcao 6 - Funcao sigmoide, Lambda = 2.0, "no clamped"
Iteracao numero: 11 de 50

RESULTADO FINAL
1-> DP      2-> DI      3-> DI      4-> DP      5-> DI
6-> DI      7-> NC      8-> DP      9-> DP      10-> DP
11-> DP     12-> NC     13-> DI     14-> NC     15-> NC
16-> DP     17-> DP     18-> DP     19-> DI     20-> DI
21-> DP     22-> DP     23-> NC     24-> NC     25-> DP
26-> DP     27-> NC     28-> NC     29-> AU     30-> NC
31-> NC     32-> NC     33-> NC     34-> NC     35-> AU
36-> DP     37-> NC     38-> DP     39-> DP     40-> DP
41-> DP     42-> NC     43-> NC     44-> DP     45-> DI
    
```

Num contexto real esta situação poderia ser entendida como uma necessidade de diagnóstico para uma situação como esta: **“percebe-se um excessivo estresse nos alunos e se deseja analisar quais as repercussões deste fato”**.

Assim, com base nos resultados mais significativos mostrados no Quadro 6.4, conceitos muito importantes no ambiente modelado sofrem diminuição (DI). São eles: “a boa didática” (2), “o bom relacionamento professor-aluno” (3), “o engajamento do professor à atividade de ensino de graduação” (5), “o engajamento do professor à atividade de ensino de pós-graduação” (6), “a satisfação com a profissão – professor” (13), “a aprendizagem – aluno” (19), “o conhecimento técnico – aluno” (20) e “a bolsa estudantil para pesquisa ou iniciação científica” (45). Já os conceitos que aumentam (AU): o próprio “o estresse do aluno” (29) e “a evasão escolar” (35).

Portanto, de acordo com a modelagem, e sempre lembrando que a base de dados disponível foi obtida a partir do pensamento do grupo de professores opinantes, o estresse do aluno enfraquece aspectos importantes relativos ao ensino (a boa didática, o bom relacionamento professor-aluno, a aprendizagem do aluno e o conhecimento técnico do aluno). Além disso, enfraquece a satisfação do professor com a sua profissão e até mesmo as atividades de pesquisa (conceitos 6 e 45), tão prezadas pelo professor. Por outro lado, tende a aumentar a evasão escolar, o que é indesejável.

Então, que medidas poderiam ser adotadas para diminuir o estresse do aluno? Qual deveria ser a política, a forma de atuação, por exemplo, do Chefe do Departamento? Sugere-se verificar o próximo exemplo.

6.4.3 Exemplo 3: Prognóstico para diminuir o estresse do aluno

Para tentar responder às perguntas do exemplo anterior, devem-se considerar os conceitos que mais atuam sobre o estresse. Os que atuam mais negativamente sobre ele seriam ativados com +1 e os que atuam mais positivamente sobre ele, ou seja, o aumentam, com -1. Para isto consulta-se, na matriz de valências média (Tabela J.7, **Apêndice J**), a coluna correspondente ao conceito 29 (“o estresse – aluno”). Depreende-se desta inspeção que os conceitos que tem uma maior atuação positiva, ou seja, o fortalecem, são o 32 (“o grande número de alunos por professor”) e o 35 (“a evasão escolar”). Por outro lado, os que têm maior atuação negativa (enfraquecem-no) são o 2 (“a boa didática”), o 3 (“o bom

relacionamento professor-aluno”), o 18 (“a facilidade de comunicação oral e escrita – aluno”) e o 19 (“a aprendizagem – aluno”).

Em termos administrativos, em quais destes conceitos se poderiam atuar diretamente de forma a enfraquecer “o estresse – aluno”? Parece possível enfraquecer o 32 (“o grande número de alunos por professor”) e encorajar o 3 (“o bom relacionamento professor-aluno”).

Então, para que se tenha um prognóstico de como a atuação direta nesses conceitos causaria ou não o resultado desejado (diminuição do estresse dos alunos), esta situação foi simulada com o conceito 29 (“o estresse – aluno”) ativo positivamente (+1), o conceito 3 (“o bom relacionamento professor-aluno”) também ativo positivamente (+1) e o conceito 32 (“o grande número de alunos por professor”) ativo negativamente (-1). Os resultados da simulação são apresentados no Quadro 6.5. Optou-se pela função de ajuste do grupo “quase-contínuas” chamada **regularização** (opção 1 do programa de simulação).

Quadro 6.5 – Resultado da simulação com a ativação dos conceitos 3 (“o bom relacionamento professor-aluno”) e 29 (“o estresse – aluno”) com +1 e do conceito 32 (“o grande número de alunos por professor”) com -1.

```

Equivalente numerico serie: Razao linear
Opcao 1 - Regularizacao ..... "no clamped" !!!

Iteracao numero: 12 de 50

RESULTADO FINAL

1-> AP   2-> AU   3-> AU   4-> AP   5-> AU
6-> AU   7-> NC   8-> AP   9-> AP   10-> AU
11-> AP  12-> NC  13-> AM  14-> NC  15-> NC
16-> AP  17-> AP  18-> AP  19-> AM  20-> AU
21-> AP  22-> AP  23-> NC  24-> NC  25-> AP
26-> AP  27-> NC  28-> NC  29-> DI  30-> NC
31-> NC  32-> NC  33-> DP  34-> NC  35-> DI
36-> AP  37-> NC  38-> AP  39-> AP  40-> AP
41-> AP  42-> NC  43-> NC  44-> AP  45-> AU
    
```

Assim, os conceitos que sofreram maiores aumentos foram “a satisfação com a profissão – professor” (13) e “a aprendizagem – aluno” (19). Também tiveram aumentos

significativos “a boa didática” (2), “o bom relacionamento professor-aluno” (3), “o engajamento do professor à atividade de ensino de graduação” (5), “o engajamento do professor à atividade de ensino de pós-graduação” (6), “o engajamento do professor à atividade de pesquisa” (10), “o conhecimento técnico – aluno” (20) e “a bolsa estudantil para pesquisa ou iniciação científica” (45). Ficaram diminuídos “o estresse do aluno” (29), como era desejado, e “a evasão escolar” (35). Desta forma, a simulação mostrou que com a atuação nos conceitos 3 e 32, no sentido indicado, além de se gerar o resultado esperado, também foram favorecidos outros aspectos considerados importantes num ambiente de ensino/aprendizagem.

Cabe aqui uma hipótese sobre o que significa aumentar o conceito 45 (“a bolsa estudantil para pesquisa ou iniciação científica”). Poder-se-ia imaginar que tal conceito apenas atuaria sobre os demais, pois seria suscetível apenas a outros fatores externos ao contexto analisado. Entretanto, provavelmente os professores opinantes entenderam que outras condições favoráveis ao ensino e a pesquisa, presentes no contexto representado, ocasionariam um aumento da disponibilidade de bolsas de pesquisa e iniciação científica. É um padrão escondido a ser pesquisado.

6.4.4 Exemplo 4: Prognóstico para aumentar a satisfação do professor e o aprendizado do aluno

Na mesma linha de pensamento do exemplo anterior, suponha-se que se deseja aumentar a satisfação do professor com a profissão (13) e, simultaneamente, aumentar a aprendizagem do aluno (19). Para isso, podem-se considerar os conceitos que mais atuam sobre eles. Os que atuam mais negativamente sobre eles seriam ativados com -1 e os que atuam mais positivamente sobre eles (os aumentam), com $+1$.

Na matriz de valências média (Tabela J.7, **Apêndice J**), na coluna correspondente ao conceito 13, percebe-se que atuam aumentando-o os seguintes conceitos: 2 (“a boa didática”), 3 (“o bom relacionamento professor-aluno”), 4 (“o conhecimento técnico – professor”), 6 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de pós-graduação”), 9 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de extensão”), 10 (“o engajamento do professor à atividade de pesquisa”), 19 (“a aprendizagem – aluno”) e 45 (“a bolsa

estudantil para pesquisa/iniciação científica”). Os que atuam diminuindo a satisfação com a profissão são o 29 (“o estresse do aluno”) e o 35 (“a evasão escolar”).

No conceito 19 atuam no sentido de reforçá-lo os conceitos 2, 3, 45, 29 e 45, coincidentes com os de mais forte atuação no conceito 13. Mas, além destes, atuam também o 5 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de graduação”), o 7 (“o horário de atendimento aos alunos”), o 17 (“o bom raciocínio lógico-matemático – aluno”), o 18 (“a facilidade de comunicação oral e escrita – aluno”), o 38 (“a disponibilidade de material didático adequado”), o 40 (“a existência de laboratórios equipados”) e o 44 (“a boa qualidade da biblioteca no campus”). No sentido de enfraquecê-lo atuam os mesmos conceitos 29 e 35 que enfraquecem o conceito 13.

Considerando, pelos dados coletados, que os professores já valorizam os conceitos relacionados à pesquisa, então a administração poderia estimular os conceitos 2 (“a boa didática”), 3 (“o bom relacionamento professor-aluno”), 38 (“a disponibilidade de material didático adequado”), 40 (“a existência de laboratórios equipados”) e 44 (“a boa qualidade da biblioteca no campus”). Tais conceitos são passíveis de ações concretas. Por exemplo, os dois primeiros podem ser estimulados por meio de cursos, palestras, reuniões e divulgação de material escrito sobre o assunto. Os demais, pela compra e disponibilização de livros e materiais didáticos apropriados e melhorias na infra-estrutura.

Assim, estimulando-se estes cinco conceitos positivamente obtêm-se os resultados mostrados no Quadro 6.6. Novamente foi usada a função de ajuste “regularização”.

Também aqui os conceitos que sofrem aumentos mais significativos são “a satisfação com a profissão – professor” (13) (o qual se desejava aumentar) e “a aprendizagem – aluno” (19) (que também se desejava aumentar). E também tiveram aumentos significativos “a boa didática” (2), “o bom relacionamento professor-aluno” (3), “o engajamento do professor à atividade de ensino de graduação” (5), “o engajamento do professor à atividade de ensino de pós-graduação” (6), “o engajamento do professor à atividade de pesquisa” (10), “o conhecimento técnico – aluno” (20) e “a bolsa estudantil para pesquisa ou iniciação científica” (45). Os que diminuiram foram o 29 (“o estresse do aluno”) e o 35 (“a evasão escolar”).

Estes resultados se mostraram semelhantes aos obtidos na simulação anterior (Figura 6.5), indicando que a tentativa de se aumentar a satisfação do professor e

simultaneamente o aprendizado do aluno correspondeu, na prática, a também diminuir o estresse do aluno.

6.4.5 Exemplo 5: Um contra exemplo

Como último exemplo imagine-se uma situação indesejável. O que acontece se o professor for desestimulado a fazer suas pesquisas? Em termos de modelo, o que acontece se o conceito 10 (“o engajamento do professor à atividade de pesquisa”) for estimulado com -1 ? Os resultados da simulação são mostrados no Quadro 6.6. Neste caso, foi usada a função de ajuste “septivalente”, representante do grupo das funções de ajuste “discretas”.

Quadro 6.6 – Resultado da simulação com a ativação do conceito 10 (“o engajamento do professor à atividade de pesquisa”) com -1 .

```

Equivalente numerico serie: Razao linear
Opcao 5 - Funcao septivalente .., "no clamped" ???

Iteracao numero: 6 de 50

RESULTADO FINAL

1-> DP      2-> DI      3-> DI      4-> DP      5-> DI
6-> DI      7-> NC      8-> DP      9-> DP      10-> DI
11-> DP     12-> NC     13-> DM     14-> NC     15-> NC
16-> DP     17-> DP     18-> DP     19-> DM     20-> DI
21-> DP     22-> DP     23-> NC     24-> NC     25-> DP
26-> DP     27-> NC     28-> NC     29-> AU     30-> NC
31-> DP     32-> NC     33-> AP     34-> NC     35-> AU
36-> DP     37-> NC     38-> DP     39-> DP     40-> DP
41-> DP     42-> NC     43-> NC     44-> DP     45-> DI
    
```

Como se pode observar nas saídas, todos os conceitos ficaram prejudicados. Ocorreu o contrário do que se obteve na simulação mostrada no Exemplo 1, onde o engajamento do professor à atividade de pesquisa foi estimulado positivamente. A aparente diferença nos conceitos 13 e 19, no Exemplo 1 com “AU” (aumenta) e aqui com “DM” (diminui muito) se deve exclusivamente às funções de ajuste, pois a sigmóide do primeiro exemplo “achata” mais os resultados. Vale também para o conceito de número 10 (“o engajamento do professor à atividade de pesquisa”), que lá não apareceu e aqui assumiu

valor “DI” (diminui). Assim, todas as vantagens, todos os resultados positivos obtidos anteriormente são aqui transformadas em desvantagens, transformados em resultados negativos, em desestímulos.

Os conceitos de número 2 (“a boa didática”), 3 (“o bom relacionamento professor – aluno”), 5 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de graduação”), 6 (“o engajamento do professor à atividade de ensino de pós-graduação”), 10 (“o engajamento do professor à atividade de pesquisa”), 13 (“a satisfação com a profissão – professor”), 19 (“a aprendizagem – aluno”), 20 (“o conhecimento técnico – aluno”) e 45 (“a bolsa estudantil para pesquisa/iniciação científica”) ficaram ativados negativamente, o contrário do que se desejaria. Já os conceitos 29 (“o estresse – aluno”) e 35 (“a evasão escolar”) ficaram ativados positivamente, ou seja, saíram fortalecidos, também o contrário do que se desejaria.

Nestas condições estaria aberto o caminho para greves, protestos e pedidos de demissão de professores, que estariam totalmente desanimados e desestimulados a seguir em sua profissão. E a aprendizagem dos alunos totalmente prejudicada. Isto de acordo com o modelo e as opiniões/crenças dos professores consultados. Evidentemente, existem muitos outros fatores envolvidos como, por exemplo, o desemprego, os baixos salários no mercado de trabalho, despreparo para assumir uma outra profissão etc. Mas, seria uma tendência a ser estudada e avaliada pelos responsáveis pelas políticas da Instituição.

6.5 Complemento

As simulações aqui mostradas visaram apenas ilustrar o potencial desta metodologia para modelar o ambiente de ensino/aprendizagem. Muitas outras situações poderiam ser estudadas dessa forma, e outras interessantes conclusões poderiam ser tiradas. Mas, acredita-se, esses exemplos já permitem caracterizar que não se trata de uma metodologia estatística, mas sim de uma modelagem do pensamento de um grupo, que traz à tona valores, crenças, relações e as imbricações dos processos presentes neste ambiente representado. Simulações deste tipo se constituem numa importante ferramenta em um meio administrativo, auxiliando na identificação e prevenção de problemas, ajudando a encontrar soluções e servindo como um importante auxiliar na tomada de decisões.

A validade dos resultados encontrados pode ser confirmada empiricamente por meio de sua confrontação com as idéias do pensamento de “senso comum”. Discussões e reflexões levarão a um maior amadurecimento das questões e possíveis mudanças de mentalidade, que acabarão por se refletir futuramente no próprio mapa, tornando o sistema vivo, dinâmico e realimentado.

Em relação aos resultados das simulações, um aspecto não ficou claro. Por que conceitos como “o estresse do professor” (15) ou “a repetência escolar” (33) possuem pouca expressividade neste modelo? São fatores indesejáveis, ou não? Não estão presentes no cotidiano do Departamento? Estão sendo percebidos? Estão tendo a devida atenção?

Uma hipótese que pode ser levantada é que os opinantes não consideram estes aspectos relevantes ou dignos de atenção. Ou têm outras prioridades, outras preocupações. Ou mesmo não entenderam direito as definições desses conceitos ou não concordaram com elas. Assim, caso a administração esteja preocupada com estas questões, uma pesquisa mais direcionada a estes aspectos deveria ser feita para se conhecer melhor o pensamento dos professores, e talvez dos alunos, a este respeito. Palestras com profissionais das áreas de saúde, de psicologia e de pedagogia poderiam ser interessantes.

Também pode ser percebida uma forte tendência para os mesmos resultados, considerando estimulações diferentes e a ausência de um ciclo limite. Esta tendência não foi observada em simulações realizadas como testes, com dados obtidos na bibliografia para outros ambientes de análise. Algumas hipóteses poder ser levantadas. Uma é a aparente existência de um pensamento hegemônico dentro do EEL, pelo menos entre os professores que colaboraram com a obtenção dos dados, todos ligados à pesquisa e à extensão. Pelas matrizes individuais podem ser percebidas tendências semelhantes, produzindo como resultado algumas ligações muito “fortes”, que prevaleceriam perante as demais e forçando determinado resultado. Também a existência dos conceitos obrigatórios pode ter reforçado esta tendência. Seria interessante refazer o processo sem esta obrigatoriedade. Outra possibilidade é que haja muitos relacionamentos entre alguns conceitos “fortes”, resultando uma matriz de valências muito rígida, densa, refletindo até, de certo modo, o pensamento fortemente lógico-matemático que caracteriza boa parte dos engenheiros. No próximo item são sugeridas algumas ações para melhor observar e explicar esta tendência.

Em relação a padrões escondidos, algumas relações indiretas foram percebidas e comentadas. Por outro lado, uma outra característica importante de mapas cognitivos difusos, o ciclo limite, que apareceu em algumas simulações em sistemas menores e com dados da bibliografia, não ocorreu em nenhum caso. A explicação aparente é a mesma colocada anteriormente, ou seja, a rigidez da matriz de valências leva a uma única resposta, final e definitiva.

Por fim, em ROBERTS (1976) se faz uma pergunta: “*Uma vez construído o mapa cognitivo, como saber se foi obtida uma descrição acurada do sistema sob análise?*”⁴²

E é respondida: “*A resposta é, você nunca tem certeza. Todos os modelos matemáticos, incluindo os mapas cognitivos, se apóiam sobre a suposição que você incluiu todas as informações relevantes em suas pressuposições. Obviamente, tais modelos podem ser verificados simplesmente retornando os resultados para o painel de especialistas (que forneceu as informações iniciais) para comentários e possíveis modificações, ou para um especialista independente. Este é um tipo de retroalimentação. O segundo tipo de realimentação vem das conclusões obtidas, ao invés da estrutura do modelo propriamente dita*”.

Esta pergunta e sua resposta podem ser aplicadas igualmente ao mapa cognitivo difuso. A Figura 6.2 ilustra este processo de retroalimentação.

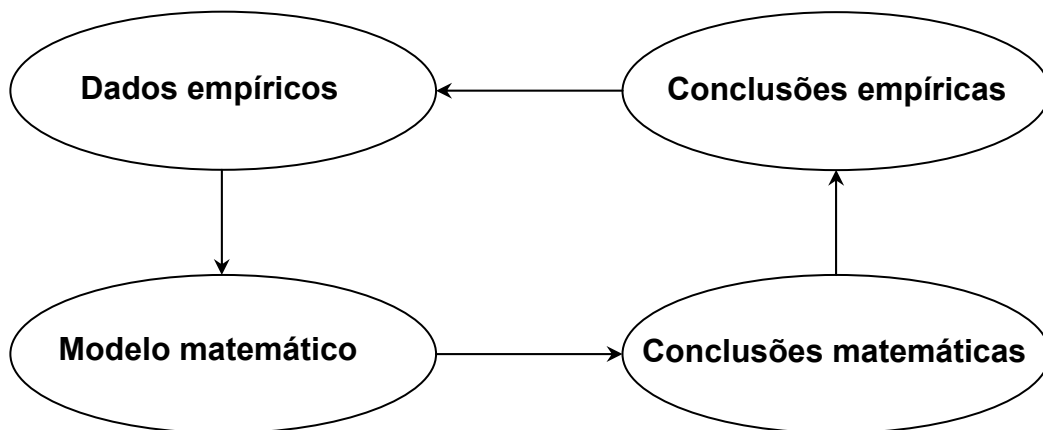


Figura 6.2 – Laço de retroalimentação contínua (adaptada de ROBERTS (1976)).

⁴² Tradução do autor deste trabalho.

6.6 Conclusões e sugestões para futuros trabalhos

Assim, findado o ciclo interno (coleta de dados) da metodologia de avaliação proposta, pode-se retornar ao ciclo externo, preenchendo-se a parte faltante da fase **Faça** e complementando o processo, agora já na alçada da administração do EEL.

Como já foi comentado, o tratamento dos dados dos questionários trazem à tona informações sobre o modo de pensar dos opinantes, o valor diferenciado que atribuem a determinados conceitos, as similaridades e divergências de opinião, os aspectos que mais influenciam os demais, as mútuas influências etc. Tais informações, quando bem interpretadas, podem ser importantes para guiar a administração no cumprimento do planejamento para o atingimento dos objetivos e metas.

O mapa cognitivo difuso permite, entre outras coisas, a criação de um modelo matemático do processo de ensino em engenharia. A validade de um mapa cognitivo difuso está em sua representatividade do processo, ou seja, no quanto mais o modelo espelha o processo em questão. Quanto mais representativo for o modelo, mais dados relevantes podem ser extraídos dele e mais conhecimento se obtém. A definição dos conceitos e a discussão dos resultados podem e devem ser feitas com a participação ativa do grupo interessado e com a participação dos opinantes. Desta forma, se possibilita a construção de um modelo mais fidedigno. Cabe aqui alertar o cuidado fundamental no sentido de ampliar a reflexão do grupo envolvido, levantando conceitos que, à primeira vista, podem não ter valor semântico às pessoas envolvidas, mas podem ter importantes relacionamentos não perceptíveis sem uma análise mais cuidadosa. Deve-se evitar o pensamento hegemônico. Deve-se provocar “desequilibrações”.

Assim, a discussão em grupo favoreceria um raciocínio relacional mais amplo por parte dos interessados e a exposição de diversos pontos de vista e aspectos importantes no processo educacional. Isto, além de favorecer a administração departamental, permitiria a construção do conhecimento, individual e grupal, sobre os aspectos e relações envolvidas no processo. Isto seria positivo para a definição e redefinição de valores e metas criando-se uma “cultura departamental”, favorecendo o trabalho colaborativo e cooperativo. Como o modelo “aprende”, novos conhecimentos podem ser acrescentados, e a representação da

“dinâmica” educacional, inserida no processo social de que ela toma parte, também pode ser contemplada por esta metodologia.

Deve ficar claro, como já foi comentado, que os mapas cognitivos difusos não constituem um método estatístico. Os dados obtidos até permitem várias análises estatísticas, como foi mostrado nos **Capítulos 5 e 6**. Mas, as diferenças já começam no questionário utilizado, diferente dos questionários tradicionais. Num questionário tradicional as perguntas, muitas vezes, direcionam as respostas de acordo com a tendenciosidade (o “viés”) do pesquisador. Já no mapa cognitivo difuso, uma quantidade muito grande de pequenas/simples relações de causa e efeito praticamente “inibe” tal problema, e o pensamento do opinante surge do “entrelaçamento” das relações entre os conceitos.

Sugere-se para aprimoramento do trabalho:

- Associação do programa desenvolvido a outras técnicas de inteligência artificial, como sistemas especialistas, para a criação de um sistema computacional mais amigável e mais fácil de ser gerenciado por um administrador.
- Associação com outras abordagens numéricas, como algoritmos genéticos e técnicas de “mineração” de dados.
- Pesquisa de outras formas de tornar a busca de dados (preenchimento do questionário) mais rápida e eficiente, por exemplo, com o uso do modelo de análise fatorial⁴³, que pode reduzir o tamanho da amostra e agilizar sobremaneira a aquisição e atualização dos dados do mapa cognitivo.
- Análise de “estabilidade” ou conformação da matriz de valências, visando o aperfeiçoamento do tratamento numérico e fazendo uma análise matemática das potencialidades e limitações do método, análise de sensibilidade e previsão do desempenho do sistema modelado, por exemplo, antecipando a existência ou a não existência de um ciclo limite e a sua evolução.
- Obtenção de um tipo de “função de transferência” do mapa e análise de seu comportamento com técnicas de circuitos elétricos.

⁴³ Técnica estatística calcada sobre o pressuposto de que uma série de variáveis observadas, medidas, chamadas de variáveis empíricas ou observáveis pode ser explicada por um número menor de variáveis hipotéticas, não observáveis, chamadas precisamente de variáveis hipotéticas ou variáveis fonte, mais conhecidas sob o nome de fatores (PASQUALI, 2003).

- Revisão e, se necessário, alteração dos conceitos utilizados, visando a um aperfeiçoamento e adaptação do processo de avaliação e uma melhor aproximação da situação real.

- Aplicação do questionário a alunos, funcionários e egressos do curso, buscando seus pontos de vista e os confrontando com a visão dos professores, buscando-se elementos para melhor entendimento de fatores como evasão escolar e altos índices de reprovação, por exemplo.

- Aplicação do questionário a alunos e a professores de outras áreas, como pedagogia e psicologia. Comparar e estudar os mapas resultantes, buscando novas inferências e pontos de vista.

- Incorporação de novos conceitos.

- Promoção de formas de discussão (seminários/palestras/cursos) para favorecer a construção da idéia da avaliação, considerando os segmentos administrativo, docente e discente, buscando engajar estes agentes do processo educacional na avaliação formativa contínua e retroalimentada.

- Disponibilização do questionário *on-line* para coleta periódica de dados de estudantes, professores e funcionários/servidores.

- Utilização de outras metodologias administrativas para ambientes educacionais, com caráter cíclico, em que o mapa cognitivo difuso possa ser utilizado como parte de um sistema de informação sobre o ambiente educacional.

A modelagem sugerida é muito abrangente, e pode ser aplicada em futuros trabalhos como:

- Ferramenta de ensino de aspectos não técnicos para engenheiros. A modelagem matemática de processos sócio-políticos, da imprecisão e da incerteza cria condições para um raciocínio relacional, “em rede”, diferente daquele raciocínio determinístico e probabilístico típico de um engenheiro.

- Em vários níveis da administração escolar.

- Como ferramenta para modelagem de diversos sistemas complexos em engenharia.

APÊNDICE A

TEORIAS CONTEMPORÂNEAS DE APRENDIZAGEM

A.1 Introdução

Vários autores buscam dar explicações e interpretações a respeito deste importante assunto na vida de cada um em particular e na humanidade como um todo, que é o processo de aprendizagem. Para este trabalho foram escolhidos cinco pensadores, que foram considerados como o pai da ciência do aprendizado (Jean Piaget), o pai do ensino dentro do contexto social (Paulo Freire), o representante da tecnologia no ensino (Roger Schank), o pai das inteligências múltiplas (Howard Gardner) e o Mozart da psicologia (Lev Semenovich Vygotsky).

Segue um resumo da bibliografia de cada autor e a forma como interpretam algumas facetas do ensino, que têm interesse para os objetivos deste trabalho.

A.2 Jean Piaget

Especialista em psicologia evolutiva e epistemologia genética, filósofo e educador, nasceu em Neuchâtel, Suíça, a nove de agosto de 1896 e morreu em Genebra a 16 de setembro de 1980. Desde criança interessou-se por mecânica, fósseis e zoologia. Enquanto realizava seus estudos secundários, trabalhou como assistente voluntário do laboratório do Museu de História Natural, de Neuchâtel, estudando malacologia.

Aliás, sua primeira paixão foi história natural, e deste interesse juvenil pela determinação e classificação dos moluscos o autor guardou, durante toda a sua existência, o gosto por uma observação penetrante, uma classificação precisa e, de modo mais geral, uma atitude científica fundando as hipóteses sobre os fatos (MONTANGERO & MAURICE-NAVILLE, 1994).

A segunda paixão foram os grandes problemas da biologia contemporânea, de uma parte, e da filosofia das ciências ou do conhecimento, de outra.

Registrando-se na divisão de ciências da Universidade de Neuchâtel, dela recebeu o título de doutor em ciências (1918), seguindo depois para Zurique, onde estudou nos laboratórios de psicologia de G. F. Lipps e estagiou na clínica psiquiátrica de E. Bleuler. Foi nesse período que tomou contato com as obras de S. Freud e C. Jung.

Em 1919 ingressou na Sorbonne, onde estudou psicopatologia com George Dumas e psicologia com Henri Piéron e Henri Delacroix. Simultaneamente, estagiou no hospital psiquiátrico de Saint' Anne e estudou lógica com André Lalande e Léon Brunschvicg. Recomendado por Theodore Simon para trabalhar no laboratório de psicologia experimental de Alfred Binet, fez pesquisas com o teste de Burt em crianças parisienses e crianças deficientes mentais no hospital da Salpatrière, onde pesquisou a formação do número na criança, em colaboração com A. Szeminska.

Escreveu seu primeiro trabalho para o *Journal de Psychologie*, sob o título "Essai sur quelques aspects du développement de la notion de partie chez l'enfant" (1921; "Ensaio sobre alguns aspectos do desenvolvimento da noção de parte na criança"). Na mesma época, teve contatos com I. Meyerson, que o induziu à leitura de Lucien Lévy-Bruhl. Pouco depois publicou seu segundo trabalho, *Essai sur la multiplication logique et les débuts de la pensée formelle chez l'enfant* (1921; *Ensaio sobre a multiplicação lógica e os inícios do pensamento formal na criança*).

Cerca de 1923 recebeu convite de E. Claparède para assumir a direção de estudos do Instituto Jean Jacques Rousseau, de Genebra, iniciando então um projeto de estudo sistemático da inteligência. Desde 1921 lecionou psicologia evolutiva na faculdade de ciências, de Genebra, filosofia das ciências, na faculdade de letras, e sociologia, no instituto de ciências sociais. Foi também professor de história do pensamento científico e psicologia experimental na faculdade de ciências, de Genebra. Em 1925 ocupou a vaga de A. Reymond na cadeira de filosofia da Universidade de Neuchâtel e, pouco depois, foi convidado para co-diretor do Instituto Jean Jacques Rousseau, juntamente com E. Claparède, ali prosseguindo suas pesquisas sobre inteligência, ao lado de seus colaboradores, Barbel Inhelder e E. Meyer.

Em 1955, com auxílio financeiro da Fundação Rockefeller, fundou em Genebra o Centre International d'Epistemologie Génétique (Centro Internacional de Epistemologia Genética).

Piaget é responsável por uma das maiores contribuições no campo da psicologia científica contemporânea, na área específica do comportamento cognitivo. Tal contribuição é julgada por John Flavell, em *The Developmental psychology of Jean Piaget* (1963; *A Psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget*), como comparável, em importância, à desenvolvida por Freud, no domínio da afetividade.

As aplicações de sua teoria do desenvolvimento encontram-se muito difundidas no **campo pedagógico** e na explicação da evolução da conduta cognitiva. Piaget assim se descreve, no prólogo que escreveu para a obra de Flavell:

Naturalista e biólogo por formação, interessado nos problemas epistemológicos, sem haver realizado um estudo formal em psicologia, meu principal propósito foi sempre determinar as contribuições das atividades da pessoa e os aspectos restritivos dos objetos no processo de aquisição do conhecimento.

De acordo com MIRADOR (1983), página 8877, embora sua carreira de psicólogo e epistemologista tenha sido entrecortada por indagações e interesses aparentemente variados, toda a sua motivação científica foi dirigida por propósito único: a pesquisa da adaptação dos seres vivos e, em especial, o processo adaptativo superior que caracteriza o ser humano.

Considerando um parentesco entre os processos biológicos e os processos psicológicos implicados no conhecimento, concebe-se a evolução sob a ótica de uma construção de formas de complexidade crescente. Quanto à explicação desta evolução, Piaget, quando jovem, propôs um caminho intermediário entre o de Darwin e o de Lamarck. Sobre o plano da evolução cognitiva, adota também uma posição intermediária entre as concepções inatistas, que explicam a razão pelas propriedades inerentes ao espírito humano, desde o nascimento, e o empirismo, que vê nas normas racionais o simples fruto da experiência. É esta posição intermediária que Piaget chamou bem depois de sua concepção, a partir de 1970, de **construtivismo**.

A.3 Paulo Freire

Conforme MIRADOR (1998), página 69, Paulo Reglus Neves Freire nasceu em Recife-PE em 19 de setembro de 1921. Bacharel em direito, exerceu por pouco tempo a profissão de advogado. Dirigiu o Serviço de Extensão Universitária da Universidade Federal de Pernambuco e participou da fundação de círculos populares de cultura por todo o Brasil. Em 1961, sob o patrocínio do bispo católico D. Hélder Câmara, criou o movimento de educação de base e, simultaneamente, elaborou o método Paulo Freire de alfabetização.

As campanhas de erradicação do analfabetismo levadas a cabo no Brasil durante as décadas de 1950 e 1960, tiveram como fundamento o método criado por Paulo Freire para a alfabetização de adultos. Centrado no desenvolvimento do pensamento crítico, em idéias de interesse social e político e no uso de um número reduzido de palavras, o método baseia-se na realidade do alfabetizando e utiliza vocábulos que lhe são familiares, como "enxada" para o lavrador e "torno" para o operário.

O ministro da Educação do governo João Goulart convocou-o para comandar, em janeiro de 1964, o Programa Nacional de Alfabetização. O golpe militar de março do mesmo ano impediu a realização do projeto e Freire esteve preso por setenta dias, acusado de subversão. Posto em liberdade, viveu cinco anos no Chile. Em 1969, foi consultor da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) e catedrático na Universidade de Harvard, nos Estados Unidos. Em 1971, em Genebra, Suíça, tornou-se consultor especial do setor de educação do Conselho Mundial de Igrejas e criou o Instituto de Ação Cultural, que atuou em diversos países africanos. Durante o exílio, recebeu prêmios internacionais e tornou-se o teórico brasileiro mais traduzido no exterior. Regressou ao Brasil em 1980, depois da anistia.

Sua obra mais conhecida é *Pedagogia do oprimido* (1969), cuja tese central sustenta que o pedagogo deve libertar o homem das alienações a que a consciência dominadora o submete. O primeiro passo nessa direção é a alfabetização, entendida como aproximação crítica da realidade por meio da linguagem. Paulo Freire morreu em São Paulo-SP em dois de maio de 1997.

Existem vastas referências sobre este pensador e suas obras. Escolheu-se uma pequena obra (FREIRE, 2000), de sua autoria, para se obter alguns aspectos e pistas do seu modo de pensar e ser, de suas crenças na sociedade e no ser humano.

Logo no início do livro ele já manifesta sua indignação com a situação dos “condenados da Terra”, os excluídos espalhados pelo mundo todo. Condena fortemente atitudes como ações terroristas, mas defende com vigor o que chama de *ética universal* do ser humano, ou seja, a ética que condena o cinismo de discursos do tipo “não adianta tentar salvar as crianças do Terceiro Mundo acometidas por doenças como diarreia aguda, pois somente se estaria prolongando uma vida destinada à miséria e ao sofrimento”. A ética que condena a exploração da força de trabalho do ser humano, que condena o acusar por “ouvir dizer”, que condena falsear a verdade, iludir o incauto, golpear o fraco e indefeso, soterrar

o sonho e a utopia, prometer sabendo que não cumprirá a promessa, testemunhar mentirosamente, falar mal dos outros pelo gosto de falar mal. E conclama aos educadores que vivam está ética, pratiquem, testemunhem perante o educando. O preparo científico do educador deve coincidir com a retidão ética.

Critica o que chama de ideologia fatalista, imobilizante que, segundo ele, anima o discurso neoliberal, tentando convencer a todos que nada se pode contra a realidade social: “a realidade é assim mesmo, que podemos fazer?”.

Coloca que, entre os saberes fundamentais à prática educativo-crítica ou progressista, o formando nestas práticas deve se convencer que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”. Afirma que não há docência sem discência. “Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender”. Considera não válido o ensino que não resulta em um aprendizado onde o aprendiz não se tornou capaz de recriar ou refazer o ensinado. A tarefa docente não é apenas ensinar os conteúdos, mas também ensinar a pensar certo. O professor não pode ser um mero memorizador, “um repetidor cadenciado de frases e idéias”, mas deve ser um desafiador. Deve ler bastante, mas não é o suficiente. Deve saber relacionar suas leituras com a realidade que o cerca, com o que acontece no seu país, na sua cidade, no seu bairro. Deve pensar certo! E coloca: “E uma das condições necessárias a pensar certo é não estarmos demasiado certos das nossas certezas”.

O ser humano não deve ser apenas **objeto** da história, mas igualmente o seu **sujeito**. Deve *constatar* não para se *adaptar*, mas para *mudar*. “O mundo não é. O mundo está sendo”. O aprendiz deve ser educado para ser agente ético destas mudanças. Deve ser curioso. Deve ser rebelde e revolucionário. Deve enfrentar os problemas do mundo para resolvê-los. Lutar para isso. Não pode se deixar domesticar. E o professor deve estar preparado para colaborar em todo este processo de aprendizagem. Deve estar preparado intelectualmente. Deve incentivar, não inibir o aprendiz. Deve ser seu parceiro na construção do conhecimento.

Neste relacionamento do educador com o aprendiz preocupa-se com a relação autoridade-liberdade, “sempre tensa e que gera disciplina como indisciplina”. O equilíbrio é necessário. Ambas possuem limites que não podem ser transgredidos. A ruptura deste equilíbrio em favor da autoridade leva ao *autoritarismo*. A ruptura em favor da liberdade leva à *licenciosidade*. Considera o autoritarismo e a licenciosidade formas indisciplinadas

de comportamento que negam o que chama de vocação ontológica⁴⁴ do ser humano. Considera que muitos professores estão cientificamente preparados, mas são “autoritários a toda prova”. “A incompetência profissional desqualifica a autoridade de professor”. E a autoridade docente “mandonista” destrói a criatividade do educando. A autonomia do educando se funda na sua *responsabilidade*, à medida que vai sendo assumida.

Sobre a pesquisa do professor, coloca o seguinte: “Fala-se hoje, com insistência, no professor pesquisador. No meu modo de entender o que há de pesquisador no professor não é uma qualidade ou uma forma de ser ou de atuar que se acrescenta a de ensinar. Faz parte da natureza da prática docente a indagação, a busca, a pesquisa. O de que se precisa é que, em sua formação permanente, o professor se perceba e se assuma, porque professor, como pesquisador”.

Em relação à ciência e à tecnologia, considera a sua negação “uma arrancada falsamente humanista”. Considera que não devem ser divinizadas nem diabolizadas, mas olhadas de forma “criticamente curiosa”. Alerta que o avanço da ciência e da tecnologia não pode legitimar uma “ordem” desordeira, onde as minorias “esbanjam e gozam” e as maiorias têm dificuldades para sobreviver, com justificativas do tipo “a realidade é assim mesmo” ou que a fome “é uma fatalidade do fim do século”, ou começo deste novo século. O progresso científico e tecnológico deve responder fundamentalmente aos interesses humanos, às necessidades da existência de homens e mulheres senão perdem toda a sua significação. Deve estar a serviço dos seres humanos, não do mercado, do lucro.

Lamenta que o caráter socializante da escola, de formação ou deformação, seja negligenciado, pois se mostra grande preocupação com o ensino dos conteúdos, este quase sempre entendido como transferência de saber. Não se trocam experiências e saberes obtidos de experiências informais nas ruas, nas praças, no trabalho, nas salas de aulas das escolas, nos pátios dos recreios.

Alerta aos mestres que não adianta falar em democracia e liberdade e impor ao educando sua vontade arrogante. Isto somente serve para irritar o educando e “desmoralizar o discurso hipócrita do educador”.

⁴⁴ **Ontologia:** parte da filosofia que trata do ser enquanto ser, isto é, do ser concebido como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres (AURÉLIO, 1986).

Por fim critica a arrogância. Considera que nem a arrogância é sinal de competência e nem a competência é causa de arrogância. Coloca: “Não nego a competência, por outro lado, de certos arrogantes, mas lamento neles a ausência de simplicidade que, não diminuindo em nada o seu saber, os faria gente melhor. Gente mais gente”.

A.4 Roger Schank

Estas informações foram obtidas em ENGINES (2002) e EDGE (2002).

Roger Schank é uma liderança mundial em pesquisa de inteligência artificial, teoria do aprendizado, ciência cognitiva e na construção de ambientes de aprendizagem. Ele escreveu mais de 25 livros sobre estes assuntos, tais como *Virtual Learning: A Revolutionary Approach to Building a Highly Skilled Workforce*; *Coloring Outside the Lines: Raising a Smarter Kid by Breaking All the Rules*; *Dynamic Memory: A Theory of Learning in Computers and People*; *Engines for Education* e *Designing World-Class E-Learning*.

Schank é professor em ciências da computação, educação e psicologia na *Northwestern University*, onde fundou em 1989 o *Institute for the Learning Sciences*, tendo sido anteriormente professor de ciências da computação e psicologia na *Yale University* e diretor do *Yale Artificial Intelligence Project*. Também foi professor visitante na *University of Paris VII*, membro de faculdade na *Stanford University* e membro pesquisador no *Institute for Semantics and Cognition*, na Suíça. É membro da Associação Americana de Inteligência Artificial foi fundador da *Cognitive Science Society* e co-fundador do *Journal of Cognitive Science*. É Ph.D. em lingüística na *University of Texas*.

Schank é um forte crítico do sistema educacional atual. Sua abordagem para a aprendizagem e para o treinamento corporativo envolve a ajuda para que as pessoas possam aprender fazendo, se permitindo cometer erros em um ambiente de aprendizagem seguro e compartilhando suas lutas com professores e especialistas. Este esforço o tem levado ao seu papel altamente vitorioso como professor, consultor e palestrante, bem como ao desenvolvimento de ferramentas de treinamento multimídia extremamente poderosas e efetivas.

Fundou o *Institute for the Learning Sciences (ILS)*, que tem um quadro de pessoal de 170 pessoas, incluindo pesquisadores e professores, programadores, especialistas, acima de 50 estudantes de pós-graduação e perto de 30 internos e quadro de visitantes. Também fundou e foi presidente de duas companhias de desenvolvimento de pacotes computacionais, a *Cognitive Systems, Inc.*, especializada no desenvolvimento de sistemas computacionais em linguagem natural baseados no conhecimento, e a *CompuTeach, Inc.*, para criar e comercializar pacotes computacionais para computadores pessoais.

Atualmente, é o presidente da *Socratic Arts*, uma companhia cuja meta é projetar e implementar sistemas de aprendizagem a baixo custo, baseados em história, por meio de elaboração de currículos em escolas, Universidades e corporações. A companhia trabalha com Universidades e corporações para desenvolver programas com grau de personalização e certificados. Também trabalha com escolas do segundo grau para criar últimos anos inventivos, em cooperação com grandes Universidades, tudo feito em tempo real.

A.5 Howard Gardner

Howard Gardner, professor adjunto de Neurologia na Boston School Of Medicine (EUA) e professor de Psicologia na Harvard University (EUA), professor de Educação e co-diretor do Projeto Zero, no Harvard Graduate School of Education. Líder de um grupo de pesquisadores na área de educação, tornou-se conhecido e famoso com o trabalho sobre Inteligências Múltiplas, que revolucionou, na mesma medida que polemizou, os tratados de educação existentes. Especializou-se em educação e neurologia pela Universidade de Harvard. É autor de mais de 15 livros, incluindo *Estruturas da Mente*, *Inteligências Múltiplas: A teoria na prática*, *A Criança Pré-Escolar: como pensa e como a escola pode ensiná-la*, *Mentes que Criam* e *O Verdadeiro, o Belo e o Bom*.

Sua teoria pressupõe que há mais de uma inteligência (ou dom, talento ou habilidade). Ele inicialmente propôs sete, mas atualmente (maio/2001) já considera uma oitava (naturalista).

As oito inteligências múltiplas consideradas e algumas características que podem auxiliar suas identificações são arroladas a seguir (GARDNER, 1995):

-
- **Inteligência lingüística:** manifesta-se na habilidade para lidar criativamente com as palavras, em diferentes níveis de linguagem (semântica, sintaxe), tanto na expressão oral quanto na escrita e se expressa pelo gosto de ouvir; gosto de ler; gosto de escrever; gosto de poesia e de jogos com palavras (pode ser bom orador e bom em debates ou pode ter facilidade em organizar as idéias por escrito); gosto de produzir textos criativos.
 - **Inteligência lógico-matemática:** como diz o nome, é característica de pessoas que são boas em lógica, matemática e ciências. É a inteligência que determina a habilidade para o raciocínio lógico-dedutivo e para a compreensão de cadeias de raciocínios bem como a capacidade de solucionar problemas envolvendo números e elementos matemáticos. É a competência mais diretamente associada ao pensamento científico e, portanto, à idéia tradicional de inteligência. Quem a possui aprecia cálculos; gosta de ser preciso; aprecia a resolução de problemas; gosta de tirar conclusões; dá explicações claras e precisas a respeito do que faz e de como pensa; tem boa argumentação; envolve-se em experimentações; utiliza estruturas lógicas.
 - **Inteligência musical:** envolve a capacidade de pensar em termos musicais, reconhecer termos musicais, reconhecer temas melódicos, ver como eles são transformados, seguir esse tema no decorrer de um trabalho musical e, mais ainda, produzir música. É a inteligência que permite a alguém organizar sons de maneira criativa, a partir da discriminação de elementos como tons, timbres e temas. Seu possuidor é sensível à entonação, ao ritmo e ao timbre; sensível ao poder emocional da música; responde à música com movimentos corporais, criando, imitando e expressando os ritmos e tempos musicais; reconhece e discute diferentes estilos e gêneros musicais; gosta de cantar ou tocar instrumentos; percebe a intenção do compositor da música.
 - **Inteligência espacial:** corresponde à habilidade de relacionar padrões, perceber similaridades nas formas espaciais e conceituar relações de similaridade nas formas espaciais. Inclui também a capacidade de visualização no espaço tridimensional e a construção de modelos que auxiliam na orientação espacial ou na transformação de um espaço. O indivíduo aprecia figuras; tem facilidade para indicar trajetórias; lê com facilidade gráficos, mapas, plantas e croquis; cria imagens; gosta de construir maquetes; movimenta-se facilmente entre os objetos do espaço; absorve com facilidade os conceitos de geometria; percebe e faz transformações no espaço.
 - **Inteligência corporal cinestésica:** é uma das competências que as pessoas acham mais difícil aceitar como inteligência. Cinestesia é o sentido pelo qual percebemos nosso corpo: movimentos musculares, peso e posição dos membros. Então a inteligência cinestésica se refere à habilidade de usar o corpo todo, ou partes dele, para resolver problemas ou moldar produtos. Envolve tanto o autocontrole corporal quanto à destreza para manipular objetos. Esta pessoa possui controle excepcional do próprio corpo; controla objetos; mostra boa sincronização de movimentos; explora o ambiente e os objetos com toques e movimentos; prefere atividades que envolvam manipulações de materiais ou movimentos corporais; demonstra habilidades em dramatização, esportes, danças ou mímica; lembra mais de algo que foi feito do que daquilo que foi dito; brinca com objetos enquanto escuta; mostra-se irrequieto ou aborrecido se fica muito tempo parado.
 - **Inteligência interpessoal:** inclui a habilidade de compreender as outras pessoas: como trabalham, o que as motiva, como se relacionar eficientemente com elas. Este tipo de inteligência é a que sobressai nos indivíduos que têm facilidades para o relacionamento com os outros. A pessoa relaciona-se bem; comunica-se bem; às vezes manipula opiniões; aprecia atividades em grupos; gosta de cooperar; percebe as intenções dos outros; forma e mantém relações sociais; influencia as opiniões ou ações dos outros; adapta-se facilmente a novos ambientes; percebe as diversas perspectivas sociais e políticas; mostra habilidades para mediar e organizar um grupo em torno de um trabalho ou de uma causa.

- **Inteligência intrapessoal:** é a competência de uma pessoa para se autoconhecer e estar bem consigo mesma, administrando seus sentimentos e emoções a favor de seus projetos. Significa dimensionar as próprias qualidades de trabalho de maneira efetiva e eficaz, a partir de um conhecimento apurado de si próprio, ou seja: reconhecer os próprios limites, aspirações e medos e utilizar esse conhecimento para ser eficiente no mundo. Seu portador é consciente dos próprios sentimentos; tem um senso do eu bastante desenvolvido; é motivado e possui metas próprias; estabelece e percebe um sistema de valores éticos; trabalha de modo independente; deseja ser diferente da tendência geral; possui intuição; tem consciência de seus limites e possibilidades.
- **Inteligência naturalista:** refere-se à habilidade humana de reconhecer objetos na natureza. Em outras palavras, trata-se da capacidade de distinguir plantas, animais, rochas. É fácil perceber que isso é indispensável para a sobrevivência no ambiente natural. Já se sabe que áreas específicas do cérebro entram em ação quando precisamos nos valer dessa habilidade. Botânicos e pessoas que trabalham no campo, por exemplo, precisam explorar a inteligência naturalista para dar conta de suas atividades. Podemos ainda citar o criador da Teoria da Evolução, Charles Darwin, como alguém que possuía a inteligência naturalista em um nível muito elevado. E não se pode esquecer de que ela é vital para as sociedades que ainda hoje dependem exclusivamente da natureza, como alguns índios da floresta. A capacidade de reconhecer artefatos culturais como marcas de carros, de sapatos ou tênis pode também depender desta inteligência naturalista.

Totalmente liberto de fórmulas acabadas, de testes que buscam uniformizar indivíduos em padronizações, Gardner propõe uma educação que auxilie as gerações mais jovens a enfrentar os desafios do futuro. Ciente das dificuldades de desenvolver uma educação ideal e universal, faz um esforço para conciliar pontos de vista conflitantes e sugere seis caminhos pedagógicos, visando renovar conceitos e tratados já envelhecidos.

O autor preocupa-se com conceitos amplos do que é uma pessoa educada e mostra que o propósito da educação é fazer o aluno entender princípios básicos para a formação do cidadão.

Nestes princípios, responsabiliza a escola pela missão de ensinar não só a ciência, onde se aprendem os conceitos de verdadeiro e falso sob a luz das explicações científicas, mas também os conceitos do belo e do feio por meio da compreensão das artes e dos esportes e também do juízo de valores morais e éticos como o bom e o mau.

Em seu livro *O Verdadeiro, o Belo e o Bom*, explora a Teoria de Darwin para exemplificar a verdade esclarecida pela ciência, a música de Mozart, especificamente a ópera "As Bodas de Fígaro", como exemplo de beleza e abstração da arte musical e finalmente releva a importância do padrão ético e moral (bom) citando como exemplo o Holocausto, onde coletivamente o homem cometeu um dos maiores desvios éticos e morais já conhecidos (GARDNER, 1999).

Os tratados pré-estabelecidos são aceitos e utilizados pela maioria das escolas, com pequenas adaptações culturais. Nestes modelos de educação escolar privilegiam-se, principalmente, a capacidade de ensinar e aprender os domínios da lingüística e da lógica matemática. Existe uma estrutura toda fundamentada nestes princípios, de tal maneira que os alunos são avaliados com relação a um possível bom desempenho escolar, por meio de testes denominados de QI ou de Coeficiente de Inteligência.

As pessoas que porventura não possuam bons desempenhos nestas habilidades cognitivas são rotuladas de pouco capazes ou consideradas alunos especiais, para não dizer problemáticos.

A aceitação destes julgamentos e critérios de maneira uniforme pelas escolas não tem merecido a devida crítica e argumentação por parte dos educadores e da sociedade, segundo Gardner.

Este tipo de escola também não tem premiado aqueles alunos que possuem notório desempenho em habilidades musicais, cinestésicas, espaciais e outras tais que não possuem espaços nos modelos clássicos.

Olhando para o futuro, vê a escola atual uma instituição conservadora. São conhecidas por todos as inúmeras e velozes mudanças do mundo moderno. Seria um exagero dizer que as escolas não mudaram em nada, pois há novos temas como ecologia, computadores, o uso de recursos visuais eletrônicos e a educação especial para quem possui problemas específicos. No entanto, nas salas de aulas de hoje, ainda existe ênfase sobre os exercícios práticos baseados na instrução recebida e matérias e atividades de certa forma descontextualizadas, como por exemplo, o uso de cartilhas e os testes de ortografia divergentes da realidade do educando. Isto vem contrastar com as experiências infantis fora da escola, por exemplo, a gama extensa de crianças que lidam com os meios de comunicação, com a televisão, telefones celulares, computadores, fax, filmadoras etc. Num instante, tem-se contato imediato com o mundo inteiro por meio da *Internet*. A mídia exerce grande influência com o auxílio de figuras sobre-humanas, heróis e heroínas. E as escolas, conservadoras ...

Será necessário que as escolas, para se tornarem competitivas em relações às rápidas mudanças do mundo atual, sejam receptivas pelo menos às seguintes tendências:

- **Grandes avanços tecnológicos e científicos:** ensinar a usar bem o computador e seus recursos, onde podem ser obtidas informações para estudantes do mundo inteiro. Literalmente é uma

tecnologia que coloca toda a informação do mundo na ponta dos dedos. Porém, o desafio é reconhecer e compreender o verdadeiro, o belo, e o bom, e quais verdades merecem ser reconhecidas, pois na rede há distorções absurdas, informações e desinformações.

- **Tendências políticas:** com o fim da guerra fria e do militarismo e o retorno das várias formas democráticas de governo, a comunicação mais rápida entre indivíduos e nações tornou-se facilitada. Há um desenvolvimento democrático de caráter controverso. O que era verdadeiro, belo e bom em 1950, ou mesmo em 1990, não tem hoje o mesmo valor; e, no entanto, pais e professores não conseguem esquecer-se de suas crenças interiorizadas.
- **Forças econômicas:** bens e serviços são comercializados num mercado cada vez mais global, a globalização. Os estudantes devem ser educados para que possam sobreviver neste ambiente cada vez mais adaptado às profundas propensões humanas.
- **Tendências sociais, culturais e pessoais na era moderna:** é utopia afirmar que os indivíduos estarão pessoalmente confortáveis e seguros, aptos a realizar seus próprios desejos, a conviver com aqueles de quem gostam e a participar de uma gama de oportunidades de lazer e cultura mais vasta que nunca. Uma previsão pode ser feita com segurança: os meios de comunicação serão uma dominante agência da educação em todo o mundo, ainda que por vezes involuntária.
- **A cambiante cartografia do conhecimento:** o conhecimento será sempre ampliado, é nato da condição humana. A interdisciplinaridade é a norma dos trabalhadores de equipes. A capacidade de combinar *insights* e técnicas de várias disciplinas será uma tarefa cada vez mais difícil, pois as próprias disciplinas estão mudando rapidamente.
- **Para além da modernidade:** Os puristas pós-modernos afirmam que o conhecimento é essencialmente sobre o poder, e que os que estão no poder determinam o que é verdadeiro e o que não é, determinações estas que mudam quando a “hegemonia” (isto é, a autoridade política que detém o controle) muda. Se for aceita esta postura pós-moderna como infalível, fica invalidada a iniciativa de criar uma educação que se encontre no verdadeiro, no belo e no bom.

A.6 Lev Semenovich Vygotsky

Vários estudos sobre a obra de Vygotsky estão sendo desenvolvidos, e atualmente é fácil se encontrar referências diversas sobre seus trabalhos e suas idéias. O texto que compõe este item foi baseado em OLIVEIRA (1993), RISCHBIETER (2002) e SCHÜTZ (2002).

Lev Semenovich Vygotsky nasceu em Bielarus (ou Bielorrússia), país que integrava a extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, em 17 de novembro de 1896. Era filho de uma família judia de situação econômica confortável e uma das mais cultas da

cidade onde viviam. Gostava de freqüentar bibliotecas e tinha a boa biblioteca de seu pai à disposição, onde costumava se reunir com colegas para estudar. Tinha interesse no aprendizado de línguas estrangeiras (inclusive o esperanto), estudava literatura, poesia e teatro. Morreu precocemente aos 37 anos, em 1934, vítima de tuberculose, doença com a qual convivia desde 1920. É considerado um dos pais da Psicologia e o autor mais influente neste início do Século XXI, chamado por muitos de "o Mozart da psicologia".

Vygotsky fez seus estudos na Universidade de Moscou. Naquele tempo, havia leis restringindo os direitos dos judeus, explicitando quais profissões poderiam exercer, em quais regiões poderiam viver e qual o número deles que poderiam ser formalmente educados. Assim, Vygotsky foi ensinado por tutores, somente conseguindo entrar no colégio nos dois últimos anos do curso secundário. Mas, conseguiu uma das vagas da cota dos judeus na Universidade de Moscou, onde se formou em Direito em 1917. Ele se graduou ao fim da Primeira Guerra Mundial e no início da Revolução Russa, que mudou instituições e expectativas sociais, criando um interessante ambiente de estudos. O contexto em que viveu e a sua doença ajudam a explicar o rumo e o ritmo que seu trabalho tomou. Suas idéias foram desenvolvidas na União Soviética nascida da Revolução Comunista de 1917, refletindo o desejo de reescrever a psicologia, com base no materialismo marxista, e construir uma teoria da educação adequada ao mundo novo que emergia dos escombros da revolução. Estes fatos deram ao seu trabalho o caráter de um projeto ambicioso, premido pela urgência.

Ele ensinou vários anos em escolas secundárias, o que lhe deu muita experiência prática no campo educacional. Mesmo graduado, continuou freqüentando cursos de história e filosofia na Universidade Popular de Shanyavskii, onde aprofundou seus estudos em psicologia, filosofia e literatura, embora sem alcançar novos graus acadêmicos. Mais tarde estudou também medicina em Moscou e em Kharkov, com o objetivo de compreender o funcionamento psicológico do homem por meio da análise de seus problemas neurológicos.

Em termos profissionais, foi professor e pesquisador nas áreas de psicologia, pedagogia, filosofia, literatura e deficiência física e mental em diversas instituições de ensino e pesquisa, enquanto lia, escrevia e dava conferências. O objetivo de suas pesquisas iniciais foi criação artística. Foi só a partir de 1924 que mudou drasticamente sua carreira, passando a dedicar-se à psicologia evolutiva, educação e psicopatologia, concentrando-se

nessas áreas e, em função de sua doença, produziu obras em ritmo intenso até sua morte prematura, incluindo também estudos nos campos das ciências sociais, da filosofia, da lingüística e da literatura.

Antes de sua morte, havia uma relativa liberdade dentro do regime que se impusera à Rússia e nações vizinhas, e Vygotsky pode produzir seus trabalhos em vários campos, entre eles sete livros e dezenas de artigos. Entretanto, a partir de 1936, durante o regime de Stalin, a psicologia se tornou politizada, e as idéias de Vygotsky não foram aceitas. Este fato, e também a tensão política entre os Estados Unidos da América e a União Soviética após a guerra, fizeram com que o trabalho de Vygotsky permanecesse desconhecido a grande parte do mundo ocidental durante décadas. Sobreviveram graças a ação de seus seguidores, que guardaram todo o seu material, até que reapareceram nos anos 1960, após a morte de Stalin, quando a influência política sobre a academia se arrefeceu. Nos anos 1980, com o fim do regime comunista e da Guerra Fria, este incrível patrimônio de conhecimento deixado por Vygotsky começou a ser revelado e as idéias de Vygotsky chegaram com força ao ocidente. O nome de Vygotsky hoje dificilmente deixa de aparecer em qualquer discussão séria sobre processos de aprendizagem.

Vygotsky considera que inicialmente o pensamento humano não é verbal e a linguagem não é intelectual, tendo linhas de desenvolvimento diferentes, mas que se encontram em torno dos dois anos de idade, quando o pensamento começa a se tornar verbal e a linguagem a se tornar racional. A linguagem, usada pela criança aparentemente apenas para uma interação superficial no seu convívio, penetra no seu inconsciente e passa a se constituir na estrutura do pensamento do indivíduo. Para Vygotsky, o que nos torna humanos é a capacidade de utilizar instrumentos simbólicos para complementar nossa atividade, é a nossa capacidade de imaginar, que permite ultrapassar nossas bases biológicas. Em um pequeno artigo sobre o jogo infantil, diz que as formas tipicamente humanas de pensar surgem, por exemplo, *quando uma criança pega um cabo de vassoura e o transforma em um cavalo, ou em um fuzil, ou em uma árvore. Os chimpanzés, por mais inteligentes que sejam, podem no máximo utilizar o cabo de vassoura para derrubar bananas, por exemplo, e jamais para criar uma situação imaginária.*

Assim, Vygotsky é o grande fundador da escola soviética de Psicologia, principal corrente que, hoje, dá origem ao socioconstrutivismo. O socioconstrutivismo, ou construtivismo social, considera de fundamental importância a cultura e o fator social no

desenvolvimento do indivíduo. *Não existe um indivíduo crescendo fora de um ambiente cultural. Desde o nascimento, o bebê passa a integrar uma comunidade marcada por hábitos, gestos, linguagens e tradições específicas, que orientam os rumos do desenvolvimento infantil.* Também a linguagem assume papel fundamental, constituindo uma poderosa “ferramenta cultural” capaz de mudar os rumos do desenvolvimento do aprendiz. Isto inclui outros sistemas simbólicos, como a linguagem matemática, que também são vistos como poderosos instrumentos para o pensar. O processo de aquisição de todos esses instrumentos é essencialmente dependente das interações das crianças com os outros, especialmente com adultos que utilizam e dominam as diferentes linguagens simbólicas.

Embora a influência desse movimento na área educacional seja cada vez maior, suas conseqüências pedagógicas ainda não são claras. Mas, a teoria sugere que é possível explorar mais profundamente o papel das interações com os outros, parceiros e tutores, na construção de ambientes de aprendizagem ricos. Indivíduos não aprendem apenas explorando o ambiente, mas também dialogando, recebendo instruções, vendo o que os outros fazem e ouvindo o que dizem. Assim, todas as atividades cognitivas básicas do indivíduo ocorreriam de acordo com sua história social e acabam se constituindo no produto do desenvolvimento histórico-social de sua comunidade. As habilidades cognitivas e as formas de estruturar o pensamento do indivíduo não seriam determinadas por fatores congênitos, mas resultado das atividades praticadas de acordo com os hábitos sociais da cultura em que o indivíduo está inserido. Conseqüentemente, a forma de pensar de um indivíduo está intimamente ligada com a sociedade onde vive e com a sua própria história pessoal. E a linguagem tem papel crucial neste processo de desenvolvimento cognitivo.

Um dos princípios básicos da teoria de Vygotsky é o conceito de *zona de desenvolvimento proximal*, que representa a diferença entre a capacidade do aprendiz resolver problemas por si próprio e a capacidade de resolvê-los apenas com a ajuda de alguém. Esta pessoa que intervém de forma não-intrusiva para assistir e orientar o aprendiz pode ser tanto um adulto (progenitor, professor, tutor, irmão mais velho) quanto um colega que já tenha desenvolvido a habilidade requerida. Esta idéia de zona de desenvolvimento proximal é de grande relevância em todas as áreas educacionais. De acordo com Vygotsky, uma característica essencial do aprendizado é que ele desperta vários processos de

desenvolvimento internamente, os quais funcionam apenas quando o aprendiz interage em seu ambiente de convívio.

Finalizando, talvez um fator que explique o grande interesse atual por Vygotsky seja o fato de que ele desenvolveu sua teoria (não existe um “método Vygotsky”) durante a revolução russa, um tempo de grandes mudanças culturais. Assim, como os desenvolvimentos biológico e cognitivo não ocorrem isoladamente, conforme acreditava, o seu próprio desenvolvimento cognitivo foi fortemente influenciado por estas mudanças. Por outro lado, a sociedade atual, neste início de Século XXI, está sendo fortemente influenciada por uma outra revolução, que é o uso maciço da tecnologia computacional, e talvez isto explique, pelo menos em parte, o que faz a teoria de Vygotsky tão interessante setenta anos após a sua concepção.

APÊNDICE B

ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE KOLB

B.1 Introdução

Conforme SHARP *et al.* (1997), pesquisadores e teóricos vem desenvolvendo vários modelos para descrever as diferentes maneiras pelas quais os estudantes aprendem. Vários pesquisadores concordam que os educadores deveriam tentar alcançar todos os tipos de aprendizagens descritos em qualquer uma das teorias, usando técnicas adequadas de abordagem para cada estilo. A seguir são apresentados, de forma resumida, os estilos de aprendizagem de Kolb, com suas principais características. São usados por vários educadores da área de engenharia para acentuar e melhorar a aprendizagem de seus alunos.

B.2 Os estilos de aprendizagem segundo Kolb

Tipo 1 ou divergentes (“*divergers*” ou imaginativos) (**Por que?**): percebem as informações por meio de experiências concretas, confiam em seus sentimentos, necessitam expressar seus sentimentos quando aprendem, procuram significado pessoal enquanto aprendem e desejam interação pessoal com o professor e colegas. Necessitam saber porque determinado material é importante para eles ou para outros com os quais se identificam ou têm empatia. Aprendem bem por meio de discussões, se preocupam com a forma com que as pessoas são afetadas pelas informações. Trabalham para manter o grupo harmonioso, podem ver as coisas de diferentes perspectivas e têm facilidade para generalizar idéias. Neste caso, o papel do instrutor é motivá-los e mostrar como o material estudado se encaixa no contexto geral, além testemunhar o crescimento dos estudantes, que gostam de interagir com o instrutor e de serem reconhecidos como indivíduos. Estatisticamente, correspondem a 10% do total de estudantes;

Tipo 2 ou assimiladores (“*assimilators*” ou analíticos) (**O que?**): percebem as informações por meio de conceituação abstrata e as processam por meio de uma observação reflexiva. Gostam de informação pela própria informação, querem saber o que o especialista conhece e buscam um conhecimento conceitual daquilo que estão aprendendo. Se dão bem em aulas convencionais. Tomam diferentes partes da informação, analisam-nas, organizam-nas e entendem como um todo. Gostam de organização, tendem a ser detalhistas, gostam de seguir procedimentos. São cuidadosos, metódicos e cautelosos

em suas abordagens, buscando evitar erros. Aprendem bem a partir da leitura dos tópicos e não apreciam trabalhos em grupos, embora trabalhem, pois seguem procedimentos indicados. Gostam de ver o professor como especialista e líder. Neste caso, o papel do instrutor é a tradicional de autoridade e fornecedor de informações, numa forma organizada e acurada. Correspondem a 40% do total de estudantes;

Tipo 3 ou convergentes (“*convergers*” ou de sentido comum) (**Como?**): percebem informações por meio de conceituação abstrata e as processam ativamente. Gostam de testar as informações, tentar situações, separar objetos para ver como funcionam e aprender fazendo. Desejam saber a praticidade e uso das informações. Não gostam de despender muito tempo em aulas expositivas ou leituras de muito materiais, enfatizando fazer coisas sem grande perda de tempo. Tomam decisões rápidas, procuram uma resposta correta e cortam o que não consideram essencial no assunto. Gostam de um modelo para seguir e de laboratórios. Não gostam de trabalhar em grupos, pois se sentem perdendo tempo, pois sozinhos trabalhariam mais rapidamente. Neste caso, o papel do instrutor é o de guia e facilitador. Precisa ser menos fornecedor de conhecimento e permitir aos aprendizes um papel mais ativo no aprendizado. Correspondem a 30% do total de estudantes;

Tipo 4 ou acomodadores (“*accommodators*” ou dinâmicos) (**O que se?**): percebem a informação por meio de experiência concreta e a processam por meio de experimentação ativa. São entusiastas e preferem aprender por autodescoberta. Seguem seus próprios ritmos e esquemas quando estão aprendendo e não gostam de procedimentos e regras. Gostam de interagir com outras pessoas e de discussões em grupos, mas com pequena supervisão do instrutor. Gostam de obter informações e criar algo novo e descobrir coisas por conta própria. São “resolvedores de problemas” e tomadores de riscos, aprendendo com seus erros. Adaptam o que estão aprendendo para o seu próprio uso, usando criatividade para mudar e fazer melhor. Aqui o papel do instrutor é como avaliador e remediador, encorajando os alunos para a autodescoberta, permitindo aos alunos ensinarem a si mesmos, assumindo uma posição secundária, servindo de fonte e avaliador do que eles fazem. Correspondem a 20% do total de estudantes.

APÊNDICE C

FACETAS DE UM AMBIENTE DE ENSINO

C.1 Introdução

De acordo com FLORI Jr. (1997), as tecnologias e programas educacionais para computador possuem um grande potencial para o melhoramento do processo de ensino e de aprendizagem, difundindo informações, facilitando a comunicação e promovendo certos aspectos de cognição. Ele também considera que a classificação e o entendimento dessas tecnologias se torna mais fácil se vistas sob a ótica das cinco facetas de um ambiente de aprendizagem, apresentadas por David N. Perkins. Perkins notou que essas facetas, em variadas proporções, devem estar presentes em qualquer ambiente educacional, mesmo naqueles que usam bastante tecnologia.

Assim, para melhor entendimento do que sejam essas cinco facetas, apresenta-se a seguir um breve resumo de cada uma delas, com explicações e exemplos voltados para o ensino de ciências e de engenharia.

C.2 Facetas de um ambiente de ensino

Bancos de Informação: o aprendizado começa com a aquisição de informações. As fontes de informações tradicionais são o professor, os livros-texto, materiais de referência e colegas. Modernamente a tecnologia fornece fontes virtualmente inesgotáveis de informações por meio de várias formas e com sofisticados sistemas de busca. Mas não basta ter a informação disponível. Mais importante é saber usá-la, separar o que é importante do que não é, e esta habilidade deve ser desenvolvida, para operar, analisar e sintetizar estas informações;

Bloco de Símbolos: entendido como “*uma superfície de construção e manipulação de símbolos*” ou “*uma folha branca de papel*”, tem por propósito o suporte da memória de curto prazo dos estudantes, como eles recordam idéias, desenvolvem raciocínio, formulam e manipulam equações, no fundo, uma manipulação de símbolos. No sistema tradicional, os ‘blocos de símbolos’ podem ser o quadro de giz, os cadernos dos estudantes, rascunhos, desenhos e acessórios de arte. Com as novas tecnologias são os processadores de texto, programas de desenho e projeto com ajuda do computador, planilhas eletrônicas e programas de cálculo como Scilab, MathCad e MATLAB;

Micromundos ou “Phenomenaria”: permitem aos estudantes fazerem as conexões entre as representações abstratas e os fenômenos reais, por meio de modelos ou pequenas amostras do ambiente real, permitindo que hipóteses possam ser feitas e testadas. No sistema tradicional cita aquários, herbários e terrários, modelos de moléculas, máquinas, processos biológicos e passeios de campo em lugares de negócios ou históricos. Na sala de aula tecnológica, cita simulações de todo o tipo, que permitem criar o fenômeno e avaliar o seu desenvolvimento;

Conjuntos de Construção: permitem que se montem modelos para estudo. Como exemplos apresenta modelos moleculares, placas de montagem de circuitos elétricos, laboratórios de química e física, onde dispositivos e experiências são montados pela junção de peças ou componentes e usados para estudo. Modernamente inclui programas de simulação avançados, que permite ao usuário montar o sistema peça por peça. Comenta que, de um modo geral, estes conjuntos de construção requerem muito tempo do professor e dos alunos e impõe alta carga cognitiva aos estudantes, mas usados efetivamente produzem alto nível de aprendizado;

Gerenciador de Tarefas: é o responsável pelo manejo do processo de aprendizagem, o mediador, que deve facilitar a descoberta e aquisição de informação, construção e supervisão de exercícios significativos. Interage com os estudantes, realimentando o processo e avaliando o trabalho do estudante. Na classe tradicional normalmente é o professor. Na prática educacional corrente o estudante é encorajado o autogerenciamento e o gerenciamento estudante-estudante por meio de atividades colaborativas.

APÊNDICE D

ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE FELDER

D.1 Introdução

Richard M. Felder propõe um modelo de aprendizagem que categoriza os estilos individuais de aprendizagem em cinco dimensões onde, apesar do processo ser dinâmico, um indivíduo pode ser categorizado com um estilo preferencial de aprendizado dentro de cada dimensão. Um resumo dos estilos é apresentado a seguir, obtido com o auxílio do material em FELDER & SOLOMAN (2003).

D.2 Resumo dos estilos de aprendizagem de Felder

1. Aprendizes Ativos e Reflexivos: aprendizes **ativos** tendem a compreender e reter melhor informação trabalhando de modo ativo, ou seja, discutindo ou aplicando a informação ou explicando-a para outros. Os aprendizes **reflexivos** preferem primeiro refletir quietos sobre a informação, antes de partir para qualquer ação.

2. Aprendizes Sensoriais e Intuitivos: aprendizes **sensoriais** gostam de aprender fatos, de resolver problemas com métodos estabelecidos, sem complicações e surpresas, tendem a ser mais detalhistas e bons para memorizar fatos e fazer trabalhos práticos (laboratório). Os aprendizes **intuitivos** preferem descobrir possibilidades e relações, gostam de novidade e se aborrecem com a repetição, podem ser melhores no domínio de novos conceitos e sentem-se mais confortáveis do que os sensoriais com abstrações e formulações matemáticas e são mais rápidos no trabalho e mais inovadores do que os sensoriais.

3. Aprendizes Visuais e Verbais: aprendizes **visuais** lembram melhor o que viram – figuras, diagramas, fluxogramas, filmes e demonstrações. Aprendizes **verbais** conseguem tirar maior proveito das palavras – explicações escritas ou faladas.

4. Aprendizes Indutivos e Dedutivos: aprendizes **indutivos** tendem a ir do particular para o geral, inferindo princípios a partir dos fatos. Os aprendizes **dedutivos** gostam de partir do geral para o particular, deduzindo resultados a partir dos princípios gerais.

5. Aprendizes Seqüenciais e Globais: aprendizes **seqüenciais** tendem a aprender de forma linear, em etapas logicamente seqüenciadas, seguindo caminhos mais lógicos

para encontrar soluções. Os aprendizes **globais** tendem a aprender em grandes saltos, assimilando o material quase aleatoriamente, sem ver as conexões, para, então, repentinamente "compreender" tudo. Podem ser hábeis para resolver problemas complexos com rapidez, ou para juntar as coisas de forma original assim que tenham formado o grande quadro, mas podem ter dificuldade para explicar como fizeram isso.

APÊNDICE E

ESTILOS DE APRENDIZAGEM DE DUNN E DUNN

E.1 Introdução

Este material foi inspirado em INTIME (2004) e LARKIN-HEIN & BUDNY (2001).

Rita Dunn e Kenneth Dunn acreditam que os estudantes adquirem informação e habilidades de muitas maneiras diferentes. Assim, desenvolveram uma teoria onde afirmam que se o instrutor providenciar uma variedade de métodos de aprendizagem que acomodem os estilos de aprendizagem individuais, isto conduzirá a um aumento significativo do sucesso da aprendizagem. Os autores da teoria consideram cinco estímulos e seus elementos, quais sejam:

- 1- *Ambiental*, envolvendo elementos como som, luz, temperatura, tipo de mobiliário etc.;
- 2- *Emocional*, envolvendo os elementos motivação, persistência, estrutura psicológica, responsabilidade etc.;
- 3- *Sociológico*, relacionado à forma de trabalho/estudo: individual; com colegas/amigos; em pares/duplas; em grupos pequenos; como parte de uma equipe/um time; sob autoridade/orientação de um adulto/professor etc.;
- 4- *Fisiológico*, relacionando elementos que se referem a quando e como os alunos tendem a aprender melhor: percepção, estimulação externa (comer, beber, mastigar chiclete enquanto estuda), tempo/hora mais favorável para estudo (de manhã, à tarde, antes/depois do almoço), mobilidade ao estudar (tendência de ficar sentado ou de se mover constantemente), rotina (preferência por atividades variadas ou por atividades repetidas ou rotineiras) etc.;
- 5- *Psicológico*, englobando elementos relativos à inclinação de processamento, isto é, envolvendo elementos como se o estudante é impulsivo (rápido e pouco perseverante) ou reflexivo (mais lento, mas mais constante nos seus estudos e reflexões) ou se privilegia o processamento cerebral esquerdo (seqüenciais, analíticos) ou direito (holísticos, simultâneos, globais) etc.

Assim, se o professor/pai/educador perceber as características do ambiente de ensino/aprendizagem mais adequadas ao seu educando, melhores serão os resultados do processo. E essas características, conforme colocado anteriormente, envolve desde

aspectos internos ao aprendiz até aspectos externos e aparentemente insignificantes, como o material ou a cor da mobília e o volume do som, ou até sua ausência.

E.2 Princípios filosóficos dos estilos de aprendizagem de Dunn e Dunn

Este modelo está alicerçado nos seguintes princípios filosóficos:

- 1- A maioria dos indivíduos é capaz de aprender;
- 2- As condições de aprendizado em que cada um aprende melhor variam extensivamente;
- 3- Preferências de aprendizagem individuais existem e podem ser medidas com confiança;
- 4- A maioria dos estudantes é automotivada para aprender quando tem a opção de usar seu estilo de aprendizagem preferido e experimenta sucesso;
- 5- A maioria dos professores pode aprender a usar estilos de aprendizagem individuais como uma base para a instrução;
- 6- Quando professores escolhidos não são capazes de aprender a usar os estilos individuais de aprendizagem como uma base para a instrução, alunos podem ser ensinados a se ensinar entre si, e assim desviar os estilos de seus professores;
- 7- O uso das forças dos estilos individuais de aprendizagem como base para as instruções aumenta o aprendizado e a produtividade.

APÊNDICE F

O DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA (EEL/UFSC)

F.1 Introdução

Boa parte do material aqui exposto foi extraído da página do Departamento na rede mundial de computadores (<http://www.eel.ufsc.br>), em dezembro de 2002, que possui, além dessas informações, várias outras a respeito dos seus cursos de graduação e pós-graduação, incluindo disciplinas, professores, infra-estrutura, laboratórios e *links* para outros *sites* que podem interessar ao visitante.

F.2 Histórico

O Curso de Engenharia Elétrica foi criado em 1966 na então Escola de Engenharia Industrial, atendendo às necessidades das empresas concessionárias de energia elétrica em Santa Catarina, notadamente a CELESC e a SOTELCA. Na época, o curso era seriado anual com uma única ênfase em Eletrotécnica. A primeira turma, oriunda de um desmembramento do curso de Engenharia Mecânica, formou-se em 1967.

Com a reforma universitária instituída nacionalmente (Projeto MEC-USAID), o curso foi reformulado para o regime de créditos em base semestral, introduzindo-se em 1971, além da habilitação em **Energia**, a habilitação em **Telecomunicações**. A nova habilitação foi introduzida a pedido da COTESC, antecessora da TELESC, empresa concessionária de telefonia.

No final dos anos setenta e início dos anos oitenta, a sede das Centrais Elétricas do Sul (Eletrosul) se mudou do Rio de Janeiro para Florianópolis. As Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (Celesc) e as Telecomunicações de Santa Catarina S.A. (Telesc) tiveram que se modernizar. O mercado para profissionais das áreas de energia elétrica e de telefonia se expandia, e o engenheiro eletricitista era um profissional em alta no mercado.

Mas, nos anos seguintes, com a estagnação econômica e falta de investimentos na área de energia e telecomunicações, o panorama mudou. O prestígio do engenheiro eletricitista diminuiu. As chances de um bom emprego nessa área diminuíram. Houve uma redução dos salários oferecidos pelo mercado.

A própria UFSC sofreu conseqüências deste quadro, notadamente em seu Departamento de Ensino de Engenharia Elétrica. A relação aluno-vaga em engenharia elétrica caiu no vestibular, e alunos sem muita vocação começaram a adentrar no curso.

Devido à conjuntura econômica daquela época, os salários dos professores também diminuíram. Foi oferecida uma compensação por meio da concessão de bolsas de pesquisa e incentivo à geração de pesquisas, que acabou supervalorizada. Os professores se deslocaram para suas salas e laboratórios, mudando suas prioridades dentro da Universidade, dedicando-se mais à pesquisa e à extensão, mais rentáveis e reconhecidas pelos seus pares. Os alunos passaram a reclamar da falta de atendimento. Há quem reclame também de uma queda na qualidade do ensino fundamental, incluindo aqui primeiro e segundo graus.

Assim, com o passar do tempo, os alunos também mudaram. Vieram mais desmotivados por várias causas. Suas chances de um bom emprego foram diminuídas. Passaram a criticar de forma mais contundente as aulas e os professores.

Apesar destas dificuldades, a Universidade Federal de Santa Catarina, notadamente o seu Centro Tecnológico e particularmente o seu Departamento de Engenharia Elétrica, continua ocupando lugar de destaque no cenário do ensino universitário brasileiro e até internacional, com vários convênios de cooperação assinados com várias instituições no exterior, graças principalmente à alta qualificação técnica de seus professores. Entretanto, para manter este lugar de destaque não apenas na pesquisa, mas também no ensino, principalmente o de graduação, também já se percebem movimentos em prol de uma melhor qualidade do Ensino de Engenharia, mesmo considerando as boas notas obtidas no antigo Exame Nacional de Cursos, o “Provão” do MEC.

Em 1978 realizou-se a primeira alteração substancial deste currículo. Esta reforma visava adequar o mesmo à Resolução 48/76/CFE, do Conselho Federal de Educação, a qual definia o novo currículo mínimo dos cursos de Engenharia e estabelecia as suas áreas e habilitações. Sendo Eletricidade uma das habilitações definidas na resolução, apresentou-se um novo currículo que era praticamente uma união das duas antigas habilitações. O currículo de 1978 exigia 298 créditos (4470 horas-aula em semestres de 15 semanas) para sua integralização. Essa carga horária estava cerca de 24% além do mínimo de 3600 horas-aula.

Em 1989 realizou-se uma nova reforma curricular. Esta reforma teve como objetivos a redução da carga horária e a atualização tanto dos conteúdos técnicos quanto da estrutura curricular à nova realidade do exercício da Engenharia Elétrica. A nova estrutura curricular deveria levar em conta a rápida evolução da tecnologia e a necessidade de uma maior flexibilização da formação do profissional.

Na nova configuração curricular, os conhecimentos básicos necessários à formação do Engenheiro Eletricista passaram a ser ministrados em 7,5 fases. O número de créditos para a integralização do currículo foi reduzido para 255 (3825 horas-aula). A maior flexibilidade de formação foi viabilizada pela subdivisão da especialização em duas grandes áreas: Sistemas de Informação e Sistemas de Energia. Essa subdivisão correspondia à realidade da atuação profissional e à expectativa do provável futuro da atividade do Engenheiro Eletricista. A subdivisão em áreas não foi rígida. O estudante podia escolher disciplinas de outra área que não a de sua especialização, para complementar seu conhecimento.

Outra novidade introduzida na reforma curricular de 1989 foi o Estágio Profissional, em caráter optativo. Esta modalidade de estágio permitiu uma experiência mais prolongada (um semestre) em atividades de investigação científica ou de atuação profissional em empresas do setor eletro-eletrônico.

O currículo implantado a partir do primeiro semestre de 1989 foi sendo gradativamente modificado desde aquela época. Essas modificações visaram a atualização dos conteúdos das disciplinas. Isso foi feito com a modernização das disciplinas existentes, com a substituição de disciplinas antigas por outras mais atuais e, muitas vezes, com a criação de novas disciplinas. Em 1998, nove anos após sua implantação, o currículo contava com 4.366 horas-aula.

Após diversos anos de debates sobre a estrutura curricular, formou-se em 1996 um consenso no Departamento de Engenharia Elétrica de que uma reforma curricular mais profunda era necessária. Para essa conclusão contribuiu de forma decisiva a constatação, pela maioria do corpo docente, de que as mudanças que têm ocorrido na prática da Engenharia devido à evolução tecnológica não podiam mais ser ignoradas. Ao longo dos últimos anos, os cursos de Engenharia têm procurado adaptar seus currículos a essas mudanças. Entretanto, a adaptação mais freqüente tem sido na forma de aumento do conteúdo teórico das disciplinas obrigatórias. Além disso, a maioria das adaptações foi

realizada internamente à Universidade e baseadas quase que exclusivamente em critérios acadêmicos.

Deve-se mencionar que o fenômeno descrito acima não ocorreu exclusivamente na UFSC. Este é um fenômeno natural da atividade de ensino, ao qual ficam especialmente suscetíveis os cursos relativos às carreiras de forte conteúdo tecnológico. Estes cursos sempre ficarão premidos entre a necessidade de uma estruturação curricular, estável por pelo menos cinco anos, e a realidade de uma evolução tecnológica, que renova cerca de 50% dos conteúdos técnicos neste mesmo intervalo de tempo. O Curso de Engenharia Elétrica da UFSC é, reconhecidamente, um dos melhores cursos do País e da América Latina. Uma nova reforma curricular tornou-se necessária para que essa qualidade não seja reduzida e, na medida do possível, seja aumentada. Trata-se, portanto, de uma evolução natural que deverá ser repetida periodicamente no futuro.

A partir de abril de 1997 iniciou-se, no Departamento de Engenharia Elétrica da UFSC, um trabalho de reformulação do currículo do curso de Engenharia Elétrica. O novo currículo começou a ser implementado a partir do segundo semestre de 1999 e introduz diversos fatores modernizadores no ensino da engenharia. Foi planejada uma transição entre os currículos antigo e novo. O trabalho que resultou no novo currículo foi desenvolvido no período de abril de 1997 a novembro de 1998.

Durante os trabalhos, praticamente todos os professores envolvidos com o Curso contribuíram com a participação em comissões de especialistas e por meio de discussões e sugestões. O andamento dos trabalhos foi amplamente divulgado por meio de uma página de acesso irrestrito na *Internet* e de uma lista de discussões aberta a todos os interessados.

Foram consultadas e convidadas à participação as empresas do setor eletroeletrônico e as entidades de classe ligadas à Engenharia Elétrica. Diversas palestras e diversos debates foram realizados no âmbito universitário e em entidades de classe como o CREA-SC. Diversas empresas contribuíram com críticas e sugestões, todas levadas em consideração e muitas implementadas no novo currículo. Assim, se espera ter-se contribuído para a inovação do processo de geração de um currículo voltado para as necessidades e para os anseios da sociedade.

As propostas que são apresentadas junto ao novo currículo são apresentadas a seguir. Algumas metas são satisfeitas pela própria estrutura curricular. Outras se tornam viáveis com a implementação prática da reforma.

a) Propostas para Atingir os Objetivos de Flexibilidade e de Atualidade

- Reduzir o conteúdo obrigatório aos tópicos realmente essenciais à formação de um Engenheiro Eletricista;
- Aumentar o número de disciplinas optativas e aumentar a flexibilidade de escolha das mesmas;
- Otimizar a cadeia de pré-requisitos;
- Criar áreas de especialização dentro do Curso de Engenharia Elétrica;
- Garantir uma formação suficientemente abrangente.

b) Propostas para Atingir uma Formação de Qualidade

- Reduzir o tempo em sala de aula sem reduzir o conteúdo na mesma proporção;
- Aumentar a responsabilidade e a participação do aluno no processo de aprendizagem;
- Aumentar o conteúdo de projeto nas disciplinas e no curso;
- Induzir o desenvolvimento das habilidades de comunicação oral e escrita;
- Possibilitar uma formação complementar de espectro mais amplo.

c) Propostas para um Currículo Atrativo, Relevante e Integrado com a Comunidade

- Formação básica sólida;
- Formação com abrangência mínima garantida;
- Disciplinas optativas que retratem o estado da arte em tecnologia;
- Disciplinas optativas de interesse do setor empresarial;
- Realização de projetos interdisciplinares e de interesse da comunidade.

Os objetivos traçados para o novo currículo podem ser classificados da seguinte forma:

- **Flexibilidade:** Permitir a flexibilidade de uma formação moldada aos futuros interesses profissionais do estudante;
- **Atualidade:** Gerar um currículo facilmente atualizável;
- **Qualidade de Formação:** Formar Engenheiros Eletricistas com elevada capacitação técnica, capazes de se manter continuamente atualizados ao longo de suas vidas profissionais e capazes de atuar como transformadores sociais visando o bem estar social;
- **Relevância, Atratividade e Integração com a Comunidade:** O currículo deve preparar o estudante para diversas possíveis carreiras e para uma vida profissional de atualização contínua. O currículo também deve ser capaz de atrair indivíduos talentosos e com os mais diferentes perfis para o desafio intelectual que representa o trabalho em Engenharia Elétrica. Finalmente, a estrutura curricular deve possibilitar a criação de parcerias com o setor empresarial, com o ensino do segundo grau e com a comunidade em geral.

APÊNDICE G

CONCEITOS SELECIONADOS: GLOSSÁRIO

LEGENDA: **Conceito obrigatório**

Conceito optativo

Conceito não selecionado

G.1 PROFESSOR

G.1.1 Aspectos da personalidade/emocionais

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

A

Autoridade do professor em sala de aula

Respeito à hierarquia, considerando o professor o líder em sala de aula, de quem os alunos devem seguir orientações.

Autoritarismo do professor em sala de aula

Imposição das idéias e vontades do professor de forma autoritária, despótica, dominadora, arrogante, fechado ao diálogo.

C

Competição entre colegas professores

Disputa entre indivíduos, no caso entre colegas professores, por vantagens, posição, reconhecimento, realização ou obtenção de algo, como recursos financeiros ou bolsas de pesquisa ou orientandos.

Criatividade (professor)

Capacidade de imaginar, inventar, produzir, suscitar.

I

Inércia para iniciar/mudar (professor)

Dificuldade para começar uma ação ou alterar um comportamento em andamento.

L

Liderança sobre os alunos

Influência exercida pelo professor sobre seus alunos, funcionando como um guia em questões acadêmicas e exemplo a ser imitado.

M

Motivação (professor)

Conjunto de fatores psico-fisiológicos que interagem entre si e direcionam a conduta de um indivíduo, no caso o docente, jogando-o “para frente”.

G.1.2 Aspectos de ensino em sala de aula

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

B

Boa didática

Conhecimento por parte do professor de noções de didática, métodos de ensino, formas de aprendizagem etc.

Bom relacionamento professor-aluno

Aspecto particular do que Gardner chama de **inteligência interpessoal**, no caso traduzido na existência de diálogo docente/discente a respeito de assuntos de ensino/aprendizagem, abordando métodos de ensino e avaliação, esclarecimentos de dúvidas, propostas de abordagens dos assuntos etc.

C

Correta avaliação do aluno pelo professor

Processo (prova, teste, trabalho, entrevista) criteriosamente aplicado pelo professor com o objetivo de aferição do grau de entendimento de um aluno em relação a um determinado tópico ou conteúdo programático.

E

Ensino na graduação

Ministração de aulas pelo professor em turmas de graduação.

**Ensino na pós-graduação
Epistemologia do professor**

Ministração de aulas pelo professor em turmas de pós-graduação.
Em resumo, se o professor é empiricista (pedagogia centrada no professor), apriorista (pedagogia centrada no aluno) ou interacionista-constructivista (pedagogia centrada numa relação de troca professor-aluno).

Excesso de cobrança sobre o aluno

Cobrança excessiva por parte do professor, muitas vezes com o objetivo de manter o aluno com medo e, desta forma, forçando-o a estudar.

P

Postura crítica do professor ante os conteúdos ministrados

Preocupação do professor de mostrar, além da parte técnica, as etapas que foram vencidas para se chegar até aquele conhecimento e suas repercussões para a ciência e para a sociedade.

G.1.3 Aspectos de ensino extraclasse

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

C

Conhecimento da história da ciência (professor)

Conhecimento, pelo professor, da história das descobertas da ciência, entendendo os contextos das descobertas, as colaborações entre indivíduos e grupos, o encadeamento das descobertas, os fracassos, as correções de rotas etc.

Conhecimento técnico (professor)

Conhecimento profundo dos assuntos das disciplinas que leciona.

Consciência da relação entre ciência, tecnologia e sociedade (professor)

Consciência clara da forte relação entre ciência, tecnologia e sociedade e a responsabilidade social do engenheiro.

E

Engajamento do professor à atividade de ensino de graduação

Dedicação adequada ao curso de graduação que ministra, dando a ele a devida atenção, desde a preparação das aulas, listas de exercícios etc., até a disponibilização de horários de atendimento compatíveis com as necessidades dos alunos e do curso.

Engajamento do professor à atividade de ensino pós-graduação

Dedicação adequada à disciplina de pós-graduação ministrada, dando a ela a devida atenção, desde a preparação das aulas, listas de exercícios etc., até a disponibilização de horários de atendimento compatíveis com as necessidades dos alunos e da disciplina.

H

Horário de atendimento aos alunos

Horário reservado pelo professor para dar atendimento extra-sala aos seus alunos.

I

Interesse do professor no ensino

Interesse traduzido na adequada preparação e condução das aulas, buscando tanto a sua motivação quanto a dos seus alunos, incluindo cuidados com a avaliação, solicitude em relação às demandas dos alunos etc.

O

Organização das aulas (professor)

Organização dos conteúdos apresentados, de maneira didática e compreensível.

G.1.4 Aspectos profissionais

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

B

Bom relacionamento professor-professor

Aspecto particular do que Gardner chama de **inteligência interpessoal**, incluindo, no caso, a habilidade de compreender seus colegas, observando como trabalham, o que os motiva e como se relacionar eficientemente com eles, enfim, buscando um relacionamento agradável e produtivo com eles.

D

Dedicação exclusiva à Universidade (professor)

Professor que não exerce atividades fora da Universidade, se dedicando às atividades de ensino, pesquisa e extensão dentro da instituição.

E

Engajamento do professor à atividade de extensão

Realização de atividades de extensão universitária, de acordo com as normas vigentes da instituição.

Engajamento do professor à atividade de pesquisa

Pesquisa realizada pelo professor como parte de suas atividades dentro do departamento de ensino, abrangidas pela consideração da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão na Universidade.

Estágio para professores em empresas

Estágio feito por professores em empresas ou grupos de pesquisa de outras instituições de ensino, que tenham relação com as disciplinas que ministrem ou em áreas de interesse do departamento de ensino.

Experiência no mercado / indústrias (professor)

Professor que trabalha ou já trabalhou em empresas que desenvolvem atividades relacionadas com o curso oferecido.

P

Perda salarial do professor

Diminuição sistemática do poder aquisitivo do professor.

S

Satisfação com a profissão (professor)

Considera-se que os professores gostam do que fazem e se sentem estimulados em seu trabalho por algum retorno que consideram importante.

G.1.5 Outros aspectos

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

A

Atividade de lazer (professor)

Atividade não relacionada com o trabalho habitual, em equilíbrio com este, visando descontração, distração, recreio, relaxamento e convivência familiar.

Auto-avaliação (professor)

Mecanismo de avaliação que permite ao professor refletir acerca de seu desempenho acadêmico e atribuir a si próprio um conceito ou nota, visando aprimorar sua atividade profissional.

C

Cultura geral (professor)

Noções de história, geografia, psicologia, filosofia, literatura, teatro, cinema etc.

E

Espírito empreendedor (professor)

Professor com mente aberta e disposto a organizar, gerenciar e assumir certos riscos de um projeto ou empreendimento dentro de seu grupo de pesquisa ou mesmo num negócio paralelo à Universidade.

Estresse (professor)

Excessiva tensão ou solicitação na realização de tarefas.

Ética (professor)

Conjunto de princípios ou normas morais a que se devem ajustar-se as relações entre os diversos membros da sociedade ou que se devem observar no exercício de uma profissão.

N

Noção de administração de empresas (professor)

Conhecimento básico sobre como administrar uma empresa, incluindo produção, vendas, contratação de pessoal, distribuição, desenvolvimento de produtos, e noções de economia, contabilidade etc.

P

Publicação científica do professor

Publicação de livros, artigos e relatórios técnicos, como resultado de seu trabalho no ensino, na pesquisa e na extensão universitária.

R

Religiosidade/espiritualidade (professor)

Prática de atividades religiosas ou de meditação, frequência a cultos ou outras atividades relacionadas aos cuidados da mente/espírito.

G.2 ALUNO

G.2.1 Aspectos da personalidade

<u>Conceito Considerado</u>	<u>Significado atribuído neste trabalho</u>
A Ambição (aluno)	Desejo veemente de riquezas, de poder, de glória ou de honras.
C Competição entre colegas estudantes	Disputa entre indivíduos, no caso entre alunos, por vantagens, posição, realização ou obtenção de algo, como melhores notas ou conceitos.
E Extroversão (aluno)	Característica da personalidade em que o indivíduo direciona seu interesse mais para fora de si mesmo (ambiente, coisas ou pessoas) do que para o seu interior, além de facilmente exteriorizar seus pensamentos e sentimentos.
I Individualismo (aluno)	Sentimento e conduta egocêntrica, evitando compartilhar descobertas, experiências, tarefas e conhecimentos com os colegas.
Inércia para iniciar/mudar (aluno)	Dificuldade para começar uma ação ou alterar um comportamento em andamento.
Introversão (aluno)	Característica da personalidade em que o indivíduo direciona seu interesse mais para suas próprias experiências e sentimentos do que para objetos externos ou outras pessoas.
L Liderança positiva (aluno)	Influência exercida sobre os colegas, incentivando-os a cumprirem seus papéis em sala de aula e liderando-os, de forma pacífica, em suas reivindicações frente aos professores ou à instituição.
S Supervalorização do tempo (aluno)	Tendência a agir considerando o fator urgência do tempo como de extrema importância.

G.2.2 Aspectos emocionais

<u>Conceito Considerado</u>	<u>Significado atribuído neste trabalho</u>
A Amizade entre colegas estudantes	Sentimento de amigo; afeto que liga as pessoas, gera solidariedade.
C Confiança nos colegas estudantes	Sentimento de segurança com relação às atitudes e intenções dos membros de um grupo.
F Frustração (aluno)	Sentimento causado pela privação de um desejo ou necessidade ou por engano frente a uma expectativa.
I Independência (aluno)	Autonomia, iniciativa, capacidade de realizar seus estudos e seus trabalhos sem excessiva dependência de professores e colegas.
Iniciativa (aluno)	Qualidade de quem concebe e executa espontaneamente.
M Motivação (aluno)	Conjunto de fatores psico-fisiológicos que interagem entre si e direcionam a conduta de um indivíduo, no caso o estudante, jogando-o “para frente”.
P Participação em sala de aula (aluno)	Atitude ativa do aluno em sala de aula, perguntando, argumentando e criticando, construindo seus saberes num processo contínuo de trocas com o professor e colegas estudantes.
Passividade em sala de aula (aluno)	Atitude apática, sem participação e/ou questionamentos, aceitando acriticamente tudo que lhe é repassado.

G.2.3 Habilidades

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

A

Autoconhecimento (aluno)

É a **inteligência intrapessoal** de Howard Gardner, ou seja, a competência de uma pessoa para se autoconhecer e estar bem consigo mesma, administrando seus sentimentos e emoções a favor de seus projetos, reconhecendo os próprios limites, aspirações, medos e possibilidades.

B

Bom raciocínio lógico-matemático (aluno)

O que Gardner chama de **inteligência lógico-matemática**, característica de pessoas hábeis em lógica, matemática, ciências, raciocínio lógico-dedutivo, compreensão de cadeias de raciocínios e solução de problemas envolvendo números e elementos matemáticos. É a competência mais diretamente associada ao pensamento científico e, portanto, à idéia tradicional de inteligência.

Bom relacionamento estudante-estudante

Aspecto particular do que Gardner chama de **inteligência interpessoal**, incluindo, no caso, a habilidade de compreender e aceitar seus colegas, observando como trabalham, o que os motiva e como buscar um relacionamento agradável e produtivo com eles.

C

Criatividade (aluno)

Capacidade de imaginar, inventar, produzir, suscitar.

D

Domínio de língua estrangeira (aluno)

Conhecimento de línguas estrangeiras como inglês (principalmente), francês ou espanhol.

E

Espírito empreendedor (aluno)

Aluno com mente aberta e disposto a organizar, gerenciar e assumir os riscos de um negócio ou empreendimento.

F

Facilidade de comunicação oral e escrita (aluno)

O que Gardner chama de inteligência lingüística, e se manifesta na habilidade para lidar criativamente com as palavras, em diferentes níveis de linguagem (semântica, sintaxe), tanto na expressão oral quanto na escrita.

G.2.4 Aspectos de aprendizagem

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

A

Aprender a aprender (aluno)

Saber pensar e ter, ao mesmo tempo, a capacidade de dominar e renovar informação, de decidir o que fazer com ela, aprendendo a transformar, enfim, não se restringir a copiar e decorar.

Aprendizagem (aluno)

Entendida aqui como o processo de apreensão e retenção do conhecimento, no caso, aquele específico para o exercício da profissão escolhida e feito durante seu curso em análise.

Auto-avaliação (aluno)

Mecanismo de avaliação que permite ao aluno refletir acerca de seu desempenho e aprendizado e atribuir a si próprio um conceito ou nota.

C

Conhecimento da história da ciência (aluno)

Conhecimento, pelo aluno, da história das descobertas da ciência, entendendo os contextos das descobertas, as colaborações entre indivíduos e grupos, o encadeamento das descobertas, os fracassos, as correções de rotas etc.

Conhecimento técnico (aluno)

Domínio das disciplinas técnicas (específicas) do curso, que caracterizam sua futura profissão.

E

Estágio discente

Estágio profissional feito por alunos em empresas ou laboratórios, incluindo os da própria instituição de ensino, que operem em áreas de interesse do seu curso.

P

Punição ao mau estudante

Penalidade imposta ao aluno por desempenho e/ou comportamento inadequado.

R

Realização de pesquisas (aluno)

Pesquisa estudantil dentro de programas como a iniciação científica.

G.2.5 Aspectos facilitadores

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

D

Dedicação adequada ao curso (aluno)

Interesse pelo curso, dando a ele total prioridade, assistindo e participando das aulas regulares, estudando o conteúdo e cumprindo todas as tarefas correlatas.

E

Estabelecimento de objetivos (aluno)

O aluno deve ter bem claro o que pretende atingir com o curso.

I

Interesse pelo curso (aluno)

Interesse traduzido na frequência e participação das aulas, na entrega pontual de tarefas e no esforço para estudar e aprender os conteúdos apresentados.

N

Noção de administração de empresas (aluno)

Conhecimento básico sobre como administrar uma empresa, incluindo produção, vendas, contratação de pessoal, distribuição, desenvolvimento de produtos, e noções de economia, contabilidade etc.

O

Organização pessoal (aluno)

Capacidade do aluno de organizar o seu tempo e seu espaço de trabalho e manter seu planejamento, para dar conta de todas as suas atividades e otimizar o seu tempo.

P

Planejamento das atividades (aluno)

Capacidade do aluno de planejar suas atividades, escolhendo prioridades e estabelecendo horários para suas várias atividades, aumentando sua eficiência e evitando improvisações e perda de tempo.

S

Satisfação com o curso (aluno)

Considera-se que os estudantes gostam do curso que estão fazendo, se dedicam a ele e se sentem satisfeitos.

G.2.6 Aspectos de cultura

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

C

Consciência da relação entre ciência, tecnologia e sociedade (aluno)

Consciência clara da forte relação entre ciência, tecnologia e sociedade e a responsabilidade social do engenheiro.

Cultura geral (aluno)

Noções de história, geografia, filosofia, literatura, teatro, cinema etc.

E

Ética (aluno)

Conjunto de princípios ou normas morais a que se devem ajustar-se as relações entre os diversos membros da sociedade ou se observar no exercício de uma profissão.

M

Manter-se informado (aluno)

Habituar-se a leitura de jornais e revistas, ouvir rádio, assistir telejornais ou buscar notícias na rede mundial de computadores, para manter-se atualizado sobre o que se passa no mundo.

N

Noção de humanidades (aluno)

Noção sobre dinâmica social, psicologia, sociologia etc.

P

Postura crítica (aluno)

Aluno atento aos conteúdos, questionador, que adquire uma atitude ativa em relação ao seu aprendizado, buscando um relacionamento entre os conteúdos apresentados e entre eles e a história e a sociedade.

G.2.7 Outros aspectos

<u>Conceito Considerado</u>	<u>Significado atribuído neste trabalho</u>
A	
Atividade de lazer (aluno)	Atividade não relacionada com os estudos, visando descontração, distração, relaxamento e congraçamento.
Avaliação do professor pelos alunos	Processo por meio do qual os alunos emitem opinião a respeito do desempenho docente de seus professores.
C	
Consumo de drogas ilícitas ou exagero no álcool (aluno)	Consumo de alucinógenos ou outras drogas proibidas ou de álcool em excesso.
Cooperação com os colegas estudantes	Troca de auxílios para um fim comum, solidariedade, ajuda mútua.
E	
Estresse (aluno)	Excessiva tensão ou solicitação na realização de tarefas.
P	
Prática de esportes / competições esportivas (aluno)	Atividades de lazer praticadas pelos estudantes para recreação, relaxamento, condicionamento físico, confraternização etc.
R	
Religiosidade/espiritualidade (aluno)	Prática de atividades religiosas ou de meditação, frequência a cultos ou outras atividades relacionadas aos cuidados da mente/espírito.
T	
Trabalho fora da Universidade (aluno)	Atividade exercida pelo aluno fora da Universidade, não relacionada com os seus estudos, normalmente remunerada, com horário a cumprir.

G.3 CURSO

G.3.1 Aspectos na sala de aula

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

A

Apresentação do plano de ensino

Disponibilização do planejamento das aulas, avaliações, programa, bibliografia e apresentação de outros aspectos relativos à disciplina num determinado semestre ou período de aulas na graduação ou na pós-graduação.

F

Formação de profissional especialista

O curso forma engenheiros com uma pequena base de ciências e altamente especializados em uns poucos tópicos de interesse da área onde irá atuar. Seu espectro de conhecimentos é estreito e profundo na parte técnica.

Formação de profissional generalista

O curso forma engenheiros com uma forte base de ciências e matemática, com uma leve especialização em um poucos tópicos de interesse da área onde irá atuar. Seu espectro de conhecimentos é largo e pouco profundo na parte técnica.

Forma compartimentada de conteúdos

Diz-se do ensino no qual os assuntos são apresentados em partes aparentemente estanques, muitas vezes sem uma correlação clara entre eles e com o mundo real.

G

Grande número de alunos por professor

Excesso ou grande número de alunos por turma, em relação ao número de professores envolvidos diretamente com a turma.

Q

Qualidade do ensino

Ensino com professores preparados técnica e didaticamente motivados, com proposta pedagógica eficiente e com instalações e material didático adequados.

R

Repetência escolar

Ato ou efeito de repetir uma disciplina já cursada por ter obtido uma nota insuficiente, de acordo com o critério de avaliação adotado.

Respeito às formas ou estilos individuais de aprendizagem

Consideração de que pessoas diferentes têm diferentes estilos ou formas de aprendizagem, como propõem Felder, Dunn e Dunn, Kolb e outros. O professor deveria conhecer esses estilos e tentar abranger a todos, quando no planejamento e preparo de suas aulas.

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

U

Uso de técnicas pedagógicas adequadas

Conhecimento de teorias e práticas de questões e métodos de educação e de ensino e aplicação desses conhecimentos no planejamento e apresentação das aulas, da forma mais adequada possível.

G.3.2 Aspectos extra-sala de aula

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

C

Currículo cuidadosamente elaborado

De forma genérica, um plano pedagógico e institucional para orientar a aprendizagem dos alunos de forma sistemática, feito de acordo com as mais modernas metodologias, supostas conhecidas.

E

Educação continuada

Aprendizagem promovida por cursos de reciclagem, oferecidos de forma presencial, pela rede mundial de computadores ou outros meios para promover uma constante atualização de egressos das universidades, já atuantes no mercado de trabalho.

Ensino à distância

Procedimentos didático-pedagógicos realizados com o auxílio de tecnologias como televisão e rede mundial de computadores, ou, em outras palavras, ensino não-presencial.

Ensino gratuito

Ensino oferecido por escolas sem cobrança de mensalidades.

Ensino público

Ensino oferecido e/ou controlado pelo poder público, por meio do estabelecimento de currículos mínimos e outras normatizações.

Evasão escolar

Desistência, por parte do aluno, de concluir o curso, por motivos diversos, incluindo desmotivação e problemas financeiros.

I

Integração Universidade-mercado

Acordos, convênios ou parcerias entre empresas e Universidade para diminuição de custos mútuos, oferecimento de estágios, de treinamento e realização de pesquisas de interesse das empresas, onde a Universidade realizaria as pesquisas e as indústrias financiariam os trabalhos.

R

Reunião pedagógica periódica

Reunião entre professores do curso, principalmente entre aqueles de disciplinas afins, para troca de informações e experiências, avaliação dos procedimentos didático-pedagógicos no processo ensino-aprendizagem, planejamento de atividades etc.

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

S

Sistema de créditos

Sistema acadêmico baseado em créditos, que são valores simbólicos que se outorga ao estudante quando é aprovado numa matéria que estava cursando ou conclui um determinado curso, e têm relação com o número de horas-aula dedicado àquela atividade.

G.4 FERRAMENTAS DE ENSINO

G.4.1 Categoria única

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

A

Adoção de técnicas de aprendizagem baseada no erro

Aproveitamento do erro cometido pelo aluno/aprendiz para medir o que e como ele aprendeu ou o que ainda precisa construir para adquirir determinado conhecimento.

D

Disponibilidade de dispositivos audiovisuais

Existência de material de apoio didático disponível para o professor e alunos, em quantidade e qualidade adequadas, em todas as salas de aula.

Disponibilidade de material didático adequado

Existência de material de apoio às aulas, como livros, apostilas, transparências, mapas, componentes em laboratórios, conjuntos didáticos etc.

E

Execução de projetos discentes multidisciplinares

Desenvolvimento de projetos individuais ou em equipes, de preferência multidisciplinares.

Existência de laboratórios equipados

Disponibilidade de laboratórios adequados para as disciplinas com tópicos práticos, com infra-estrutura (pessoal, equipamentos e componentes) em quantidade e qualidade compatíveis com os tamanhos das turmas.

U

Uso de simuladores diversos

Uso de equipamento, técnica ou programa de computador que simula algum veículo, máquina, componente, situação ou processo, visando à imitação da coisa verdadeira.

Uso de técnicas de trabalho em equipes discentes

Execução de trabalhos, projetos, listas de exercícios, trabalhos em laboratórios ou de campo em grupos de estudantes, com as atividades distribuídas entre cada componente do grupo.

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

Uso do computador

Uso de dispositivo eletrônico que permite a realização de cálculos, simulações e controle de processos.

G.5 OUTROS ASPECTOS

G.5.1 Apoio acadêmico

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

A

Apoio psicológico ao aluno

Atendimento prestado por profissionais da psicologia visando dar apoio em questões como problemas no relacionamento professor-aluno, aluno-aluno, saudades de casa, depressões, angústias etc.

B

Biblioteca de qualidade no campus

Biblioteca com bom acervo, de fácil acesso e facilidade para empréstimos.

Bolsa estudantil para pesquisa/iniciação científica

Bolsa oferecida aos alunos para que em troca participem de grupos de pesquisa, contribuindo para os mesmos.

M

Moradia estudantil

Alojamentos no Campus ou próximo dele, para oferecer moradia a baixo custo aos estudantes.

R

Restaurante universitário

Restaurante com comida relativamente simples, de boa qualidade, a preço acessível, disponibilizado para alunos, preferencialmente.

S

Sala de aula adequada

Entende-se sala de aula com conforto térmico, acústico, boa iluminação, bom quadro de giz ou equivalente e equipada com carteiras que ofereçam ao menos um conforto mínimo aos estudantes, que passam sentados nelas uma boa parte do dia.

G.5.2 Serviços/lazer no Campus

<u>Conceito Considerado</u>	<u>Significado atribuído neste trabalho</u>
B	
Bar no/próximo do campus	Local de recreação, descontração e de encontros entre colegas.
Boate, saraus, baladas e afins	Eventos usados para recreação, descontração, encontros entre colegas, paqueras e diversão.
C	
Centro acadêmico	Centro ou diretório acadêmico, de representação discente.
D	
Disponibilidade de livros/apostilas usados (“sebo”)	Local de venda organizada de material didático usado em boas condições, disponível para alunos, para compra, troca ou venda.
L	
Livraria no campus	Livraria com os livros-texto utilizados nas disciplinas, bibliografia de apoio e outros, incluindo literatura, história, humanidades etc.
P	
Papelaria no campus	Loja com materiais escolar e de escritório, tais como lápis, grafite, canetas, papel de vários tipos, régua, compasso, esquadros etc.

G.5.3 Aspectos externos

<u>Conceito Considerado</u>	<u>Significado atribuído neste trabalho</u>
B	
Baixo salário oferecido pelo mercado	Salário que o profissional formado deverá encontrar como remuneração pelo seu trabalho, que atualmente é considerado insatisfatório para várias profissões e pode ser um desestímulo para o aluno.
E	
Excesso de informações	A grande quantidade de informações que chega aos indivíduos por meio de jornais, revistas, rádio, televisão e rede mundial de computadores, sobre os mais variados assuntos.

Conceito Considerado

Significado atribuído neste trabalho

G

Globalização

Fenômeno observado na atualidade que consiste na maior integração entre os mercados produtores e consumidores de diversos países. Permite também a produção de bens, no todo ou em partes, em várias partes do mundo, dependendo de fatores como custos e disponibilidades de matéria-prima, mão de obra e capitais. Por fim, permite a distribuição das equipes de planejamento, projeto e gerência por todo o globo, possível com as atuais facilidades de telecomunicações.

M

Mercado de trabalho para os egressos do curso

A princípio, principal objetivo do aluno ao ingressar numa Universidade.

P

Perspectiva de emprego (aluno)

Expectativa de que o aluno, ao se formar, consiga exercer a profissão para a qual se preparou.

Preocupação com a ecologia

Busca de soluções tecnológicas que evitem ou minimizem os impactos sobre o ecossistema e as condições de vida na Terra.

S

Supervalorização das atividades de pesquisa do professor

É opinião corrente que as faculdades têm maior tendência em valorizar pesquisa e publicações para promoções e incentivos. Assim, a quem considere que a contratação de professores que se consideram mais cientistas que experimentados engenheiros tende a enfraquecer o compromisso com o ensino e o aprendizado estudantil e a dar mais ênfase a pesquisas e publicações, melhor reconhecidas pelos seus pares, pela instituição de ensino e órgãos governamentais.

V

Violência na sociedade

Qualquer força empregada contra a vontade, liberdade ou resistência de pessoa, causando constrangimento, físico ou moral, exercido sobre alguma pessoa para obrigá-la a se submeter à vontade de outrem.

APÊNDICE H

FCMQuest

H.1 Introdução

Com o intuito de agilizar e facilitar a coleta e armazenamento dos dados (respostas dos opinantes) foi construído um questionário via *WEB*, chamado de **FCMQuest**.

Foi elaborado um projeto do questionário e, a partir das especificações constantes neste projeto, foi escrito um programa na linguagem JAVA. Para isto, foi fundamental a colaboração do Professor Leandro José Komosinski, do Departamento de Informática e de Estatística (INE/UFSC), que codificou o programa como um exemplo de aplicação dentro de sua disciplina INE 5646 - Programação para *WEB*.

A seguir é feita a uma breve descrição das principais etapas do programa.

H.2 Descrição

Inicialmente é mostrada uma página de apresentação ao usuário do programa, explicando sua finalidade e fornecendo algumas instruções sobre o seu uso a as etapas seguintes.

A primeira etapa é escolha de uma **identidade** e de uma **senha** pelo usuário. Na seqüência, o usuário deve preencher um **cadastro**, com informações como: **Tipo de local de trabalho/estudo** (Instituição de ensino de nível superior, Órgão público não educacional etc.), **Nome do local de trabalho/estudo** (UFSC, CEFET etc.), **Categoria funcional** (professor, aluno, funcionário etc.). Em função da escolha da categoria funcional, devem ser escolhidas **Classes** e **Subclasses** (nem toda Classe possui uma Subclasse). Por exemplo, no caso de professor, as classes são **Titulação**, **Regime de trabalho**, **Tempo de serviço**, **Centro ao qual o professor está vinculado** e sua subclasse Departamento de lotação e a **Formação em educação** do professor, se formal ou informal.

Todas essas informações estão num **Banco de dados**, que pode ser facilmente ampliado e atualizado.

A finalidade deste cadastro é permitir análises estatísticas e, principalmente, permitir a seleção de conjuntos de opinantes de acordo com um perfil pré-escolhido com o auxílio de ‘máscaras’ ou gabaritos. Comparando-se os dados do cadastro com as

‘máscaras’ pode-se selecionar um grupo ou vários grupos de opinantes para trabalhar com seus dados simultaneamente.

Preenchido o cadastro, o usuário passa à etapa seguinte, que é uma breve explicação do processo. A seguir lhe são mostrados os conceitos obrigatórios, isto é, aqueles conceitos que todos os opinantes devem relacionar. Na seqüência, são apresentados os conceitos optativos, dentro de suas categorias ou subcategorias, conforme o já citado **Apêndice G – CONCEITOS SELECIONADOS**. Pede-se ao opinante que escolha ao menos dois conceitos em cada categoria/subcategoria. O programa não avança se não forem feitas no mínimo essas duas escolhas. O usuário é alertado que mais escolhas levam a um maior número de relacionamentos. Findo o processo de escolhas, o programa mostra a relação dos conceitos a serem trabalhados e permite alterações. Se o usuário achar que está tudo bem, ele pode optar em “iniciar” o processo ou “voltar depois”. Neste caso, o programa salva os dados e para disponibilizá-los novamente no retorno do usuário.

Se a escolha for “iniciar”, os conceitos são apresentados aos pares, juntamente com suas definições, na forma de pergunta: “Em sua opinião, conceito i ... *aumenta/diminui* ... conceito j?” Como resposta, o opinante pode assinalar um dos sete níveis qualitativos: *aumenta muito, aumenta, aumenta pouco, não causa, diminui pouco, diminui e diminui muito*. Estes serão os **pesos** e os **sinais** das flechas ou ligações. O usuário pode retificar qualquer suas respostas

O usuário deverá, então, relacionar o conceito i com todos os conceito j, antes de avançar para o próximo conceito i ou dar uma pausa no seu trabalho, apertando o botão “voltar depois”.

Terminados todos os relacionamentos, o programa apresenta uma tela de agradecimento e permite ao usuário duas opções: “VOLTO DEPOIS”, que permite ao opinante salvar suas respostas para efetuar revisões e alterações, ou “FINALIZAR”. No caso desta segunda opção, o programa abre um campo para o usuário inserir comentários, críticas, sugestões ou pontos de vista, de forma anônima. Se preferir se identificar e ser contatado, existe um campo opcional para colocar o seu endereço de correio eletrônico.

Preenchendo ou não o campo de comentários, o usuário deverá apertar o botão “SAIR”. O trabalho estará encerrado e o usuário não poderá voltar ao programa, a não ser por meio de um novo usuário. No futuro, para se evitar que um mesmo usuário responda mais de uma vez, pode-se usar seu número de matrícula ou seu cadastro de pessoa física

(CPF) como “nome” do usuário. Neste teste piloto não se considerou importante este detalhe.

Após o usuário deixar o programa, o sistema coloca um registro de questionário “pronto” no cadastro do usuário e, via correio eletrônico, envia automaticamente três mensagens ao responsável pela coleta de dados: uma com os dados do cadastro atualizados, outra com os conceitos escolhidos e as respostas do opinante em questão e uma terceira com seu comentário, se for o caso.

APÊNDICE I

PACOTE DE PROGRAMAÇÃO

I.1 Programa *Organiza.for*

Este programa, o segundo da série, é de pré-processamento e ajuste dos dados de entrada. Lê os dados a serem usados para o cadastramento dos opinantes e os conceitos catalogados da pasta onde estão inicialmente armazenados, e gera quatro arquivos de saída:

1- Dados.dad: utilizado pelo programa FCMQuest (WEB). Contém todos os conceitos assinalados como "Obrigatorio" ou "Optativo" numa única lista, indicando suas categorias, subcategorias e definições;

2- Dados.imp: utilizado para inspeção visual (controle) dos dados (conceitos). Armazena todos os conceitos assinalados como "Obrigatorio", "Optativo" ou "Nao usado" numa única lista, indicando suas categorias, subcategorias e definições;

3- Saida.sai: utilizado para inspeção visual (controle) dos dados (conceitos). Contém todos os conceitos assinalados como "Obrigatorio", "Optativo" ou "Nao usado" numa única lista, indicando suas categorias, subcategorias e definições, num *layout* mais parecido com aquele mostrado no **Apêndice G**;

4- Grada.dad: arquivo com as gradações (pesos da flechas) que serão utilizadas pelos opinantes em resposta às perguntas do questionário.

I.2 Programa *Escolhas.for*

Este programa (terceiro da série) pode ser rodado antes ou depois da coleta das opiniões dos opinantes, e permite gerar dois arquivos de dados e os seus conteúdos:

1- EqNumerico.dad: contém os possíveis equivalentes numéricos das respostas obtidas ao questionário. Esses equivalentes numéricos são necessários para converter as respostas literais dos opinantes em números para que se possa realizar o tratamento matemático das respostas.

2- Mascaras.dad: contém as "máscaras" ou "gabaritos" que irão permitir a escolha dos opinantes cujos dados serão trabalhados.

Esse programa é composto por duas sub-rotinas:

→ ArqEqN – Permite criar e gerenciar o arquivo dos equivalentes numéricos das gradações das respostas ao questionário. Propicia visualizar os dados já gravados, eliminá-los e/ou gerar e gravar novos dados.

→ Masks – Permite gerar e gerenciar o arquivo para gravar as "máscaras" a serem utilizadas para selecionar os opinantes que terão seus dados analisados. Propicia visualizar as "máscaras" já gravadas, eliminá-las e/ou gerar e gravar novas "máscaras".

I.3 Programa *Prepara.for*

Este programa é o quarto do pacote de simulação usado na pesquisa de aplicação do Mapa Cognitivo Difuso (MCD) na avaliação do processo ensino-aprendizagem. Permite a escolha dos opinantes que terão os seus dados trabalhados e prepara um arquivo para a impressão desses dados em um formato que permite uma visualização melhor que aquela oferecida pelo arquivo gerado no programa via *WEB*. Numa segunda etapa, a partir dos dados gerados nos três primeiros programas, realiza os cálculos de parâmetros estatísticos. São eles: frequência de ocorrência de cada gradação de resposta de cada opinante, matriz média geral, "energia" de cada conceito (o quanto ele influencia ou é influenciado pelos outros) e taxa de ocorrência de cada gradação considerando todos os opinantes, providenciando dados para a construção de um histograma. Por fim, gera dados que serão usados no programa 'Análise', último programa do pacote de programação MCD.

Esse programa é composto por nove sub-rotinas:

→ Choose – Permite a escolha do perfil do opinante que terá suas respostas utilizadas para as análises.

→ Select – Faz separação dos opinantes que terão seus dados trabalhados nas etapas posteriores deste programa.

→ Reader – Faz a leitura dos dados dos opinantes escolhidos na etapa anterior. Estes dados são lidos a partir dos arquivos gerados pelo programa *FCMQuest*.

→ Stats – Faz o tratamento dos dados dos opinantes escolhidos anteriormente, obtendo os parâmetros estatísticos desejados e pesquisa outros parâmetros, como o grau e a forma de atuação de um conceito sobre os outros e a "energia" de cada conceito.

→ OrdRea – Chamada pela “Stats”, pesquisa o conteúdo de um vetor real e guarda as posições dos seus valores em ordem crescente. Destrói o vetor original.

→ Histog – Permite a obtenção dos histogramas das frequências das respostas na matriz média e dos valores na matriz desvio padrão dos opinantes anteriormente selecionados.

→ Ordena – Chamada pela “Histog”, ordena os dados de um vetor em ordem crescente. Faz a ordenação no próprio vetor de entrada, destruindo-o.

→ Histo – Também chamada pela “Histog”, obtém a frequência de ocorrências de valores dentro de determinadas faixas num intervalo.

→ Output – Arquia os dados obtidos nesta etapa, e que servirão para posterior impressão e para análise pelo programa "Análise".

I.4 Programa *Análise.for*

Este programa é o quinto e último do pacote de simulação usado na pesquisa com MCD. A partir dos arquivos de dados disponibilizados pelos quatro programas anteriores, simula o mapa cognitivo difuso permitindo que se obtenha e se analise o "Ciclo limite" e o "Padrão escondido" nas relações entre os conceitos considerados no mapa.

Esse programa é composto por 14 sub-rotinas:

→ Inicio – Lê os dados da matriz média preparada anteriormente no programa "Prepara", bem como dos equivalentes numéricos usados no seu cálculo, para serem trabalhados neste programa.

→ Opcao – Permite que o usuário do programa escolha o tipo de função de ajuste ("threshold") a ser usada no vetor de saída a cada iteração, e a escolha do "apelido" do arquivo de saída com os dados gerados.

→ VEstim – Permite a entrada do vetor de estimulação e do número de iterações desejado.

→ Simula – É o procedimento central do programa. Simula a ativação da matriz dos conceitos e obtém as saídas brutas ajustadas. Prepara a nova entrada e reinicia o processo, controlando o número de iterações e armazenando os resultados parciais e final.

→ VetXMt – Faz a multiplicação do vetor de ativação pela matriz dos conceitos.

→ Regula – Faz o ajuste do vetor de saída por meio de sua regularização.

→ Normal – Faz o ajuste do vetor de saída por meio de sua normalização.

→ Triva – Faz o ajuste do vetor de saída por meio da distribuição de seus valores em três faixas, que dependem do maior valor em módulo do conjunto. Atribui os valores -1 , 0 e $+1$, respectivamente aos valores da faixa 1 (menores valores), da faixa 2 (valores intermediários) e da faixa 3 (maiores valores).

→ Septi – Faz o ajuste do vetor de saída por meio da distribuição de seus valores em sete faixas, que dependem do maior valor em módulo do conjunto. Atribui os valores dos equivalentes numéricos respectivamente aos valores da faixa 1 (menores valores), das faixas 2, 3, 4, 5 e 6 (valores intermediários) e da faixa 7 (maiores valores).

→ Sigmoid - Faz o ajuste do vetor de saída por meio de uma função sigmóide, cujo coeficiente é escolhido pelo usuário.

> Funcao - Subprograma "Function", que calcula a função sigmóide propriamente dita.

→ Imprim - Imprime os vetores de entrada e de saída a cada iteração.

> ImpLit - Transforma a última saída numérica numa saída literal, usando as gradações literais (*defuzzificação*).

→ Fim - Verifica se o usuário deseja analisar outros casos com a mesma matriz numérica, reiniciando o programa ou, se não desejado, encerrando-o.

APÊNDICE J

DADOS INDIVIDUAIS DOS OPINANTES

J.1 Lista de conceitos enviada ao FCMQuest

Quadro J.1 – Arquivo de dados enviado ao FCMQuest (as definições dos conceitos foram aqui suprimidas por questão do tamanho da página)

Optativo	Professor	Aspectos da personalidade / emocionais	A liderança sobre os alunos
Obrigatório	Professor	Aspectos de ensino em sala de aula	A boa didática
Obrigatório	Professor	Aspectos de ensino em sala de aula	O bom relacionamento professor-aluno
Optativo	Professor	Aspectos de ensino em sala de aula	O excesso de cobrança sobre o aluno
Optativo	Professor	Aspectos de ensino extra-classe	O conhecimento técnico (professor)
Obrigatório	Professor	Aspectos de ensino extra-classe	O engajamento do professor na atividade de ensino de graduação
Obrigatório	Professor	Aspectos de ensino extra-classe	O engajamento do professor na atividade de ensino de pós-graduação
Optativo	Professor	Aspectos de ensino extra-classe	O horário de atendimento aos alunos
Obrigatório	Professor	Aspectos profissionais	A dedicação exclusiva da Universidade (professor)
Obrigatório	Professor	Aspectos profissionais	O engajamento do professor na atividade de extensão
Obrigatório	Professor	Aspectos profissionais	O engajamento do professor na atividade de pesquisa
Optativo	Professor	Aspectos profissionais	A experiência no mercado/indústrias (professor)
Obrigatório	Professor	Aspectos profissionais	A perda salarial do professor
Obrigatório	Professor	Aspectos profissionais	A satisfação com a profissão (professor)
Optativo	Professor	Outros aspectos	A atividade de lazer (professor)
Optativo	Professor	Outros aspectos	A cultura geral (professor)
Optativo	Professor	Outros aspectos	O estresse (professor)
Optativo	Professor	Outros aspectos	A publicação científica do professor
Optativo	Aluno	Habilidades	O bom raciocínio lógico-matemático (aluno)
Optativo	Aluno	Habilidades	O espírito empreendedor (aluno)
Obrigatório	Aluno	Habilidades	A facilidade de comunicação oral e escrita (aluno)
Obrigatório	Aluno	Aspectos de aprendizagem	A aprendizagem (aluno)
Optativo	Aluno	Aspectos de aprendizagem	O conhecimento técnico (aluno)
Optativo	Aluno	Aspectos facilitadores	A dedicação adequada ao curso (aluno)
Optativo	Aluno	Aspectos facilitadores	O interesse pelo curso (aluno)
Optativo	Aluno	Aspectos facilitadores	A noção de administração de empresas (aluno)
Obrigatório	Aluno	Aspectos de cultura	A organização pessoal (aluno)
Optativo	Aluno	Aspectos de cultura	A noção de humanidades (aluno)
Optativo	Aluno	Outros aspectos	A postura crítica (aluno)
Optativo	Aluno	Outros aspectos	A atividade de lazer (aluno)
Optativo	Aluno	Outros aspectos	A avaliação do professor pelos alunos
Optativo	Aluno	Outros aspectos	A cooperação com os colegas estudantes
Obrigatório	Aluno	Outros aspectos	O estresse (aluno)
Optativo	Curso	Aspectos na sala de aula	O trabalho fora da Universidade (aluno)
Optativo	Curso	Aspectos na sala de aula	A apresentação do plano de ensino
Optativo	Curso	Aspectos na sala de aula	O grande número de alunos por professor
Obrigatório	Curso	Aspectos extra-sala de aula	A repetência escolar
Optativo	Curso	Aspectos extra-sala de aula	O currículo cuidadosamente elaborado
Optativo	Curso	Aspectos extra-sala de aula	A evasão escolar
Obrigatório	Curso	Aspectos extra-sala de aula	A integração Universidade-mercado
Optativo	Ferramentas de ensino	Categoria única	A reunião pedagógica periódica
Optativo	Ferramentas de ensino	Categoria única	A disponibilidade de material didático adequado
Optativo	Ferramentas de ensino	Categoria única	A execução de projetos discentes multidisciplinares
Optativo	Ferramentas de ensino	Categoria única	A existência de laboratórios equipados
Optativo	Ferramentas de ensino	Categoria única	O uso de simuladores diversos
Optativo	Outros aspectos	Apoio acadêmico	O uso de técnicas de trabalho em equipes discentes
Optativo	Outros aspectos	Apoio acadêmico	O apoio psicológico institucional ao aluno
Optativo	Outros aspectos	Apoio acadêmico	A boa qualidade da biblioteca no campus
Optativo	Outros aspectos	Apoio acadêmico	A bolsa estudantil para pesquisa/iniciação científica
Optativo	Outros aspectos	Apoio acadêmico	O baixo salário oferecido pelo mercado

J.2 Listas disponibilizadas: conceitos originais e graduações

Quadro J.2 – Lista original de conceitos e lista de graduações trabalhadas no *Prepara.for*.

Relação dos conceitos (matrizes originais dos opinantes antes de qualquer ajuste):

Ordem Obrigatorio Descricao

1	NAO	A lideranca sobre os alunos
2	SIM	A boa didatica
3	SIM	O bom relacionamento professor-aluno
4	NAO	O excesso de cobranca sobre o aluno
5	NAO	O conhecimento tecnico (professor)
6	SIM	O engajamento do professor aa atividade de ensino de graduacao
7	SIM	O engajamento do professor aa atividade de ensino de pos-graduacao
8	SIM	O horario de atendimento aos alunos
9	NAO	A dedicacao exclusiva aa Universidade (professor)
10	SIM	O engajamento do professor aa atividade de extensao
11	SIM	O engajamento do professor aa atividade de pesquisa
12	NAO	A experiencia no mercado/industrias (professor)
13	NAO	A perda salarial do professor
14	SIM	A satisfacao com a profissao (professor)
15	NAO	A atividade de lazer (professor)
16	NAO	A cultura geral (professor)
17	NAO	O estresse (professor)
18	NAO	A publicacao cientifica do professor
19	NAO	O bom raciocinio logico-matematico (aluno)
20	NAO	O espirito empreendedor (aluno)
21	SIM	A facilidade de comunicacao oral e escrita (aluno)
22	SIM	A aprendizagem (aluno)
23	NAO	O conhecimento tecnico (aluno)
24	NAO	A dedicacao adequada ao curso (aluno)
25	NAO	O interesse pelo curso (aluno)
26	NAO	A nocao de administracao de empresas (aluno)
27	NAO	A organizacao pessoal (aluno)
28	SIM	A nocao de humanidades (aluno)
29	NAO	A postura critica (aluno)
30	NAO	A atividade de lazer (aluno)
31	NAO	A avaliacao do professor pelos alunos
32	NAO	A cooperacao com os colegas estudantes
33	SIM	O estresse (aluno)
34	NAO	O trabalho fora da Universidade (aluno)
35	SIM	A apresentacao do plano de ensino
36	NAO	O grande numero de alunos por professor
37	NAO	A repetencia escolar
38	NAO	O curriculo cuidadosamente elaborado
39	SIM	A evasao escolar
40	NAO	A integracao Universidade-mercado
41	SIM	A reuniao pedagogica periodica
42	NAO	A disponibilidade de material didatico adequado
43	NAO	A execucao de projetos discentes multidisciplinares
44	NAO	A existencia de laboratorios equipados
45	NAO	O uso de simuladores diversos
46	NAO	O uso de tecnicas de trabalho em equipes discentes
47	NAO	O apoio psicologico institucional ao aluno
48	NAO	A boa qualidade da biblioteca no campus
49	NAO	A bolsa estudantil para pesquisa/iniciacao cientifica
50	NAO	O baixo salario oferecido pelo mercado

1 AM ==> Aumenta muito

2 AU ==> Aumenta

3 AP ==> Aumenta pouco

4 NC ==> Nao causa

5 DP ==> Diminui pouco

6 DI ==> Diminui

7 DM ==> Diminui muito

8 -- ==> Nao relacionado

J.4 Conceitos disponibilizados

J.4.1 Lista e freqüências de ocorrências

Tabela J.1 – Lista dos conceitos disponibilizados para a escolha e as freqüências de escolha absoluta (quantidade) e relativa (percentual de escolha) de cada um em relação ao número de opinantes selecionados.

Equivalente numerico serie: Razao linear .

<u>Conceito</u>	<u>Frequencia</u>	<u>Percentual</u>	<u>Descricao</u>
C 1	5	50.00	A lideranca sobre os alunos
C 2	10	100.00	A boa didatica
C 3	10	100.00	O bom relacionamento professor-aluno
C 4	0	.00	O excesso de cobranca sobre o aluno
C 5	0	00.00	O conhecimento tecnico (professor)
C 6	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de ensino de graduacao
C 7	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de ensino de pos-graduacao
C 8	10	100.00	O horario de atendimento aos alunos
C 9	5	50.00	A dedicacao exclusiva aa Universidade (professor)
C 10	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de extensao
C 11	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de pesquisa
C 12	4	40.00	A experiencia no mercado/industrias (professor)
C 13	1	10.00	A perda salarial do professor
C 14	10	100.00	A satisfacao com a profissao (professor)
C 15	0	.00	A atividade de lazer (professor)
C 16	3	30.00	A cultura geral (professor)
C 17	1	10.00	O estresse (professor)
C 18	5	50.00	A publicacao cientifica do professor
C 19	6	60.00	O bom raciocinio logico-matematico (aluno)
C 20	0	.00	O espirito empreendedor (aluno)
C 21	10	100.00	A facilidade de comunicacao oral e escrita (aluno)
C 22	10	100.00	A aprendizagem (aluno)
C 23	6	60.00	O conhecimento tecnico (aluno)
C 24	5	50.00	A dedicacao adequada ao curso (aluno)
C 25	4	40.00	O interesse pelo curso (aluno)
C 26	1	10.00	A nocao de administracao de empresas (aluno)
C 27	2	20.00	A organizacao pessoal (aluno)
C 28	10	100.00	A nocao de humanidades (aluno)
C 29	4	40.00	A postura critica (aluno)
C 30	1	10.00	A atividade de lazer (aluno)
C 31	0	.00	A avaliacao do professor pelos alunos
C 32	2	20.00	A cooperacao com os colegas estudantes
C 33	10	100.00	O estresse (aluno)
C 34	2	20.00	O trabalho fora da Universidade (aluno)
C 35	10	100.00	A apresentacao do plano de ensino
C 36	7	70.00	O grande numero de alunos por professor
C 37	3	30.00	A repetencia escolar
C 38	3	30.00	O curriculo cuidadosamente elaborado
C 39	10	100.00	A evasao escolar
C 40	7	70.00	A integracao Universidade-mercado
C 41	10	100.00	A reuniao pedagogica periodica
C 42	0	00.00	A disponibilidade de material didatico adequado
C 43	2	20.00	A execucao de projetos discentes multidisciplinares
C 44	7	70.00	A existencia de laboratorios equipados
C 45	4	40.00	O uso de simuladores diversos
C 46	1	10.00	O uso de tecnicas de trabalho em equipes discentes
C 47	2	20.00	O apoio psicologico institucional ao aluno
C 48	0	00.00	A boa qualidade da biblioteca no campus
C 49	10	100.00	A bolsa estudantil para pesquisa/iniciacao cientifica
C 50	0	.00	O baixo salario oferecido pelo mercado

J.4.2 Histograma das freqüências percentuais de ocorrência de cada conceito

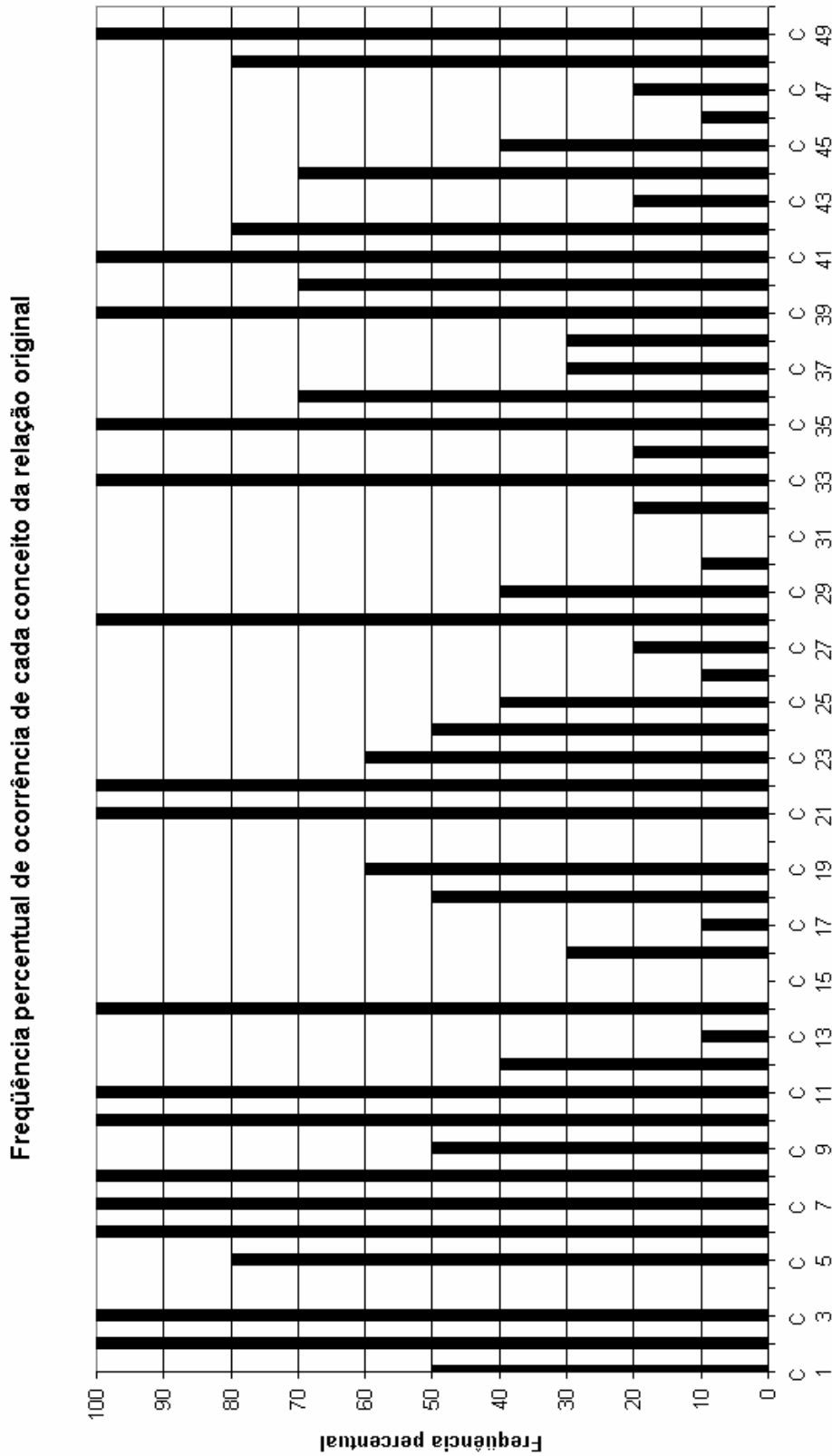


Figura J.1 – Histograma das freqüências percentuais de escolha de cada conceito no conjunto original.

J.5 Conceitos efetivamente usados

J.5.1 Lista e freqüências de ocorrências

Tabela J.2 – Lista dos conceitos escolhidos por pelo menos um dos opinantes e as freqüências de escolha absoluta (quantidade) e relativa (percentual de escolha) de cada um em relação ao número de opinantes.

Relação dos conceitos escolhidos e dos respectivos percentuais de escolha pelos opinantes

Ordem	Quantidade de escolha	Percentual de escolha	Descricao
1	5	50.00	A lideranca sobre os alunos
2	10	100.00	A boa didatica
3	10	100.00	O bom relacionamento professor-aluno
4	8	80.00	O conhecimento tecnico (professor)
5	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de ensino de graduacao
6	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de ensino de pos-graduacao
7	10	100.00	O horario de atendimento aos alunos
8	5	50.00	A dedicacao exclusiva aa Universidade (professor)
9	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de extensao
10	10	100.00	O engajamento do professor aa atividade de pesquisa
11	4	40.00	A experiencia no mercado/industrias (professor)
12	1	10.00	A perda salarial do professor
13	10	100.00	A satisfacao com a profissao (professor)
14	3	30.00	A cultura geral (professor)
15	1	10.00	O estresse (professor)
16	5	50.00	A publicacao cientifica do professor
17	6	60.00	O bom raciocinio logico-matematico (aluno)
18	10	100.00	A facilidade de comunicacao oral e escrita (aluno)
19	10	100.00	A aprendizagem (aluno)
20	6	60.00	O conhecimento tecnico (aluno)
21	5	50.00	A dedicacao adequada ao curso (aluno)
22	4	40.00	O interesse pelo curso (aluno)
23	1	10.00	A nocao de administracao de empresas (aluno)
24	2	20.00	A organizacao pessoal (aluno)
25	10	100.00	A nocao de humanidades (aluno)
26	4	40.00	A postura critica (aluno)
27	1	10.00	A atividade de lazer (aluno)
28	2	20.00	A cooperacao com os colegas estudantes
29	10	100.00	O estresse (aluno)
30	2	20.00	O trabalho fora da Universidade (aluno)
31	10	100.00	A apresentacao do plano de ensino
32	7	70.00	O grande numero de alunos por professor
33	3	30.00	A repetencia escolar
34	3	30.00	O curriculo cuidadosamente elaborado
35	10	100.00	A evasao escolar
36	7	70.00	A integracao Universidade-mercado
37	10	100.00	A reuniao pedagogica periodica
38	8	80.00	A disponibilidade de material didatico adequado
39	2	20.00	A execucao de projetos discentes multidisciplinares
40	7	70.00	A existencia de laboratorios equipados
41	4	40.00	O uso de simuladores diversos
42	1	10.00	O uso de tecnicas de trabalho em equipes discentes
43	2	20.00	O apoio psicologico institucional ao aluno
44	8	80.00	A boa qualidade da biblioteca no campus
45	10	100.00	A bolsa estudantil para pesquisa/iniciacao cientifica

J.5.2 Histograma das frequências percentuais de ocorrência de cada conceito

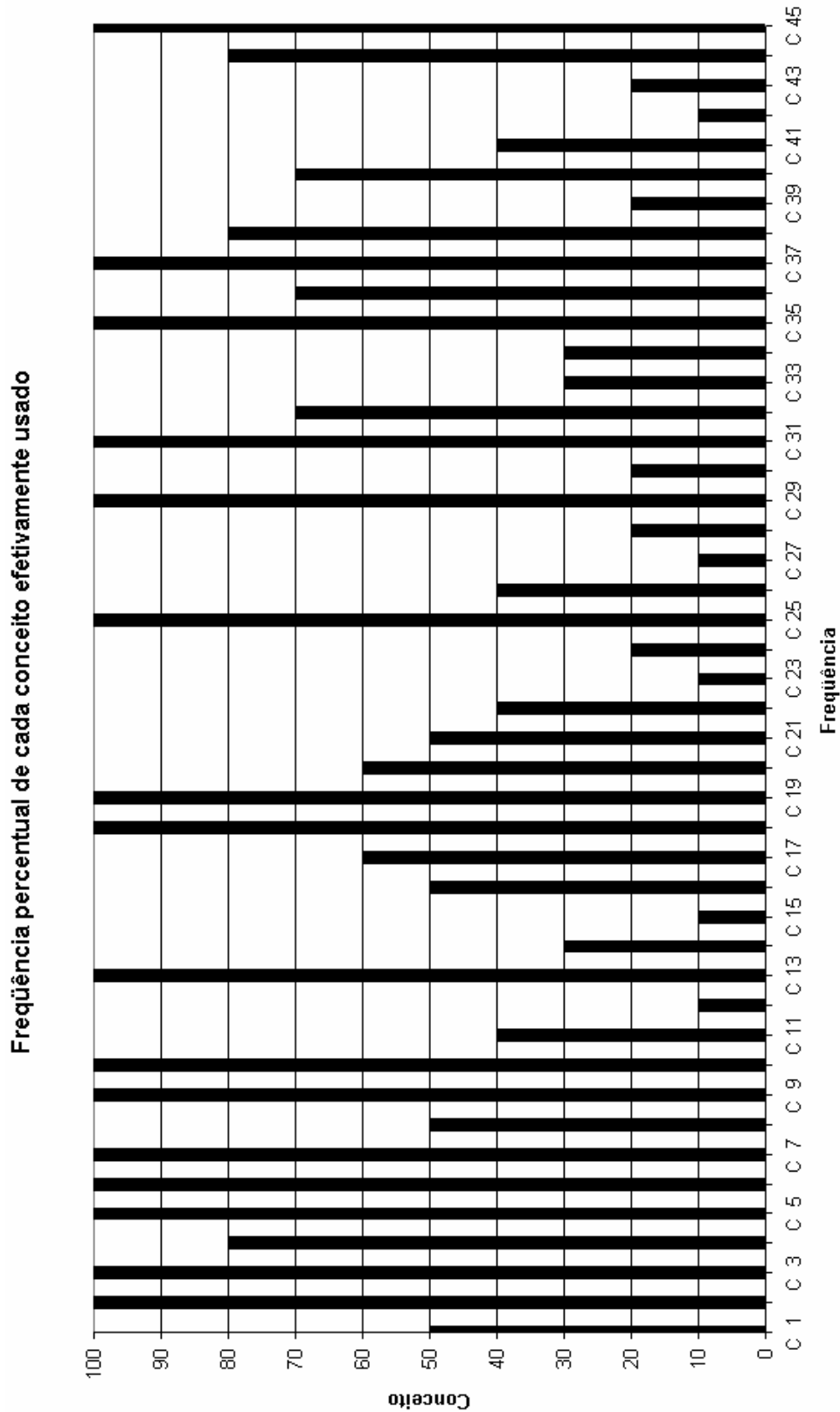


Figura J.2 – Histograma da frequência percentual de cada conceito efetivamente usado.

J.7 Frequências de ocorrência das graduações nas respostas dos opinantes

J.7.1 Opinante 01

Tabela J.3a – Frequência de ocorrência de cada graduação nas respostas do Opinante 01, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 01

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	S E N D O A T I V A D O									S E N D O A T I V A D O								
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR		
C1	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C2	0	0	1	25	0	0	0	19	1	1	1	23	0	0	0	19		
C3	0	0	0	25	0	0	0	19	0	0	0	17	0	0	0	19		
C4	0	4	4	10	0	0	0	19	2	1	1	20	0	1	0	19		
C5	0	0	0	19	0	0	0	19	1	1	1	18	0	0	0	19		
C6	0	0	0	14	0	0	0	19	1	1	1	18	0	0	0	19		
C7	0	0	0	26	0	0	0	19	0	0	0	24	0	0	0	19		
C8	0	0	0	21	0	0	0	45	0	0	0	22	0	0	0	45		
C9	0	0	0	13	0	0	0	19	2	1	1	21	0	0	0	19		
C10	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C11	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C12	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C13	0	0	2	24	0	0	0	19	0	0	0	13	0	0	0	19		
C14	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C15	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C16	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C17	0	0	0	17	0	0	0	45	0	0	0	17	0	0	0	45		
C18	0	0	1	24	0	0	0	19	1	1	1	21	0	0	0	19		
C19	0	0	0	18	0	0	0	19	0	0	0	15	0	0	0	19		
C20	0	0	0	12	0	0	0	19	0	0	0	17	0	0	0	19		
C21	0	0	0	12	0	0	0	19	0	0	0	16	0	0	0	19		
C22	0	0	0	15	0	0	0	19	0	0	0	17	0	0	0	19		
C23	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C24	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C25	0	0	0	25	0	0	0	19	0	0	0	25	0	0	0	19		
C26	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C27	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C28	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C29	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C30	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C31	0	0	0	18	0	0	0	19	0	0	0	23	0	0	0	19		
C32	0	0	0	26	0	0	0	19	0	0	0	25	0	0	0	19		
C33	0	0	0	24	0	0	0	19	0	0	0	23	0	0	0	19		
C34	0	0	0	18	0	0	0	19	0	0	0	16	0	0	0	19		
C35	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C36	0	0	0	25	0	0	0	19	0	0	0	18	0	0	0	19		
C37	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C38	0	0	0	26	0	0	0	19	0	0	0	26	0	0	0	19		
C39	0	0	0	25	0	0	0	19	0	0	0	21	0	0	0	19		
C40	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C41	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C42	0	0	0	24	0	0	0	19	0	0	0	20	0	0	0	19		
C43	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C44	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45		
C45	4	2	5	11	2	2	0	19	1	2	4	20	0	0	0	19		
Soma	24	34	68	538	17	16	5	1323	24	34	68	538	17	16	5	1323		
%	1.2	1.7	3.4	26.6	.8	.8	.2	65.3	1.2	1.7	3.4	26.6	.8	.8	.2	65.3		

J.7.2 Opinante 02

Tabela J.3b – Frequência de ocorrência de cada graduação nas respostas do Opinante 02, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 02

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	A T I U N C A D P N D I O D M NR									S E N D O A T I U N C A D P I U A D O NR								
	AM	AU	AP	NC	ADP	NDI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR		
1	4	16	6	0	2	1	2	14	6	16	4	0	0	0	2	14		
2	11	11	4	0	1	1	2	14	11	11	4	0	0	1	1	14		
3	12	10	4	0	1	1	2	14	12	10	4	0	0	1	1	14		
4	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
5	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
6	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
7	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
8	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
9	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
10	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
11	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
12	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
13	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
14	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
15	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
16	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
17	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
18	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
19	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
20	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
21	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
22	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
23	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
24	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
25	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
26	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
27	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
28	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
29	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
30	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
31	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
32	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
33	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
34	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
35	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
36	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
37	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
38	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
39	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
40	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
41	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
42	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
43	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
44	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
45	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
46	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
47	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
48	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
49	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
50	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
51	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
52	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
53	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
54	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
55	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
56	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
57	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
58	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
59	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
60	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
61	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
62	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
63	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
64	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
65	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
66	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
67	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
68	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
69	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
70	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
71	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
72	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
73	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
74	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
75	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
76	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
77	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
78	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
79	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
80	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
81	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
82	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
83	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
84	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
85	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
86	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
87	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
88	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
89	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
90	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
91	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
92	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
93	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
94	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
95	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
96	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
97	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
98	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
99	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
100	11	10	4	0	1	1	2	14	11	10	4	0	0	1	1	14		
Soma	132	298	230	164	62	73	33	1033	132	298	230	164	62	73	33	1033		
%	6.5	14.7	11.4	8.1	3.1	3.6	1.6	51.0	6.5	14.7	11.4	8.1	3.1	3.6	1.6	51.0		

J.7.3 Opinante 03

Tabela J.3c – Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 03, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 03

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	A T I V A N D O								S E N D O A T I V A D O							
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR
C01	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C02	6	0	0	1	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C03	4	4	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C04	0	1	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C05	1	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C06	16	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C07	1	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C08	11	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C09	1	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C10	1	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C11	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C12	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C13	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C14	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C15	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C16	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C17	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C18	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C19	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C20	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C21	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C22	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C23	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C24	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C25	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C26	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C27	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C28	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C29	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C30	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C31	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C32	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C33	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C34	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C35	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C36	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C37	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C38	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C39	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C40	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C41	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C42	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C43	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C44	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C45	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
Soma	108	131	8	295	2	50	6	1425	108	131	8	295	2	50	6	1425
%	5.3	6.5	.4	14.6	.1	2.5	.3	70.4	5.3	6.5	.4	14.6	.1	2.5	.3	70.4

J.7.4 Opinante 04

Tabela J.3d – Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 04, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 04

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Con- ceito	A T I U A N D O								S E N D O A T I U A D O							
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR
C1	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C2	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C3	0	11	0	0	0	0	0	21	0	12	0	0	0	0	0	21
C4	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C5	0	15	0	0	0	0	0	21	0	11	0	0	0	0	0	21
C6	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C7	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C8	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C9	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C10	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C11	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C12	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C13	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C14	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C15	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C16	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C17	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C18	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C19	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C20	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C21	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C22	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C23	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C24	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C25	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C26	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C27	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C28	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C29	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C30	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C31	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C32	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C33	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C34	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C35	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C36	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C37	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C38	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C39	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C40	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C41	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C42	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C43	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C44	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C45	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
Soma	34	155	71	267	31	24	18	1425	34	155	71	267	31	24	18	1425
%	1.7	7.7	3.5	13.2	1.5	1.2	.9	70.4	1.7	7.7	3.5	13.2	1.5	1.2	.9	70.4

J.7.5 Opinante 05

Tabela J.3e – Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 05, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 05

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	Ativando									Sendo ativado												
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR		S	E	N	D	O	A	T	I	U	A	D	O	NR
C01	1		4	18	2	1	2	10		1	15	14	1	2								10
C02	11			16			1	10		12	10	4	12									10
C03		1		10				10		4	12	10	3									10
C04				10				10		6	4	4	2									10
C05				12				10			7	4	5									10
C06				10				10			4	4	14									10
C07				16				10			4	1	12									10
C08				10				10			1	1	4									10
C09				10				10			1	1	2									10
C10				10				10			6	4	15									10
C11				14				10		1	10	3	21									10
C12				16				10			3	2	20									10
C13				10				10			4	2	2									10
C14				10				10			4	1	2									10
C15				10				10			4	1	2									10
C16				10				10			4	1	2									10
C17				14				10			1	1	2									10
C18				14				10			4	1	2									10
C19				10				10			4	1	2									10
C20				14				10			1	1	1									10
C21				14				10			1	1	1									10
C22				10				10			1	1	1									10
C23				14				10			1	1	1									10
C24				10				10			1	1	1									10
C25				10				10			1	1	1									10
C26				10				10			1	1	1									10
C27				10				10			1	1	1									10
C28				10				10			1	1	1									10
C29				10				10			1	1	1									10
C30				10				10			1	1	1									10
C31				27				45			1	1	1									45
C32				9				10			1	1	1									10
C33				10				10			1	1	1									10
C34				10				10			1	1	1									10
C35				24				45			1	1	1									45
C36				6				10			4	4	16									10
C37				23				10			4	4	29									10
C38				13				10			6	12	14									10
C39				10				10			6	12	14									10
C40				9				10			5	10	17									10
C41				9				10			5	10	17									10
C42				9				10			5	10	17									10
C43				15				10			4	8	16									10
C44				9				10			4	8	16									10
C45				10				10			4	8	16									10
Soma	127	213	240	465	79	90	46	765		127	213	240	465	79	90	46	765					
%	6.3	10.5	11.9	23.0	3.9	4.4	2.3	37.8		6.3	10.5	11.9	23.0	3.9	4.4	2.3	37.8					

J.7.6 Opinante 06

Tabela J.3f – Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 06, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 06

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	A T I U A N D O								S E N D O A T I U A D O							
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR
C01								45								45
C02								21								21
C03								21								21
C04								21								21
C05								21								21
C06								21								21
C07								21								21
C08								21								21
C09								21								21
C10								21								21
C11								21								21
C12								21								21
C13								21								21
C14								21								21
C15								21								21
C16								21								21
C17								21								21
C18								21								21
C19								21								21
C20								21								21
C21								21								21
C22								21								21
C23								21								21
C24								21								21
C25								21								21
C26								21								21
C27								21								21
C28								21								21
C29								21								21
C30								21								21
C31								21								21
C32								21								21
C33								21								21
C34								21								21
C35								21								21
C36								21								21
C37								21								21
C38								21								21
C39								21								21
C40								21								21
C41								21								21
C42								21								21
C43								21								21
C44								21								21
C45								21								21
Soma	48	172	205	119	21	25	10	1425	48	172	205	119	21	25	10	1425
%	2.4	8.5	10.1	5.9	1.0	1.2	.5	70.4	2.4	8.5	10.1	5.9	1.0	1.2	.5	70.4

J.7.7 Opinante 07

Tabela J.3g – Frequência de ocorrência de cada graduação nas respostas do Opinante 07, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 07

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	A T I U N A D O								S E N D O A T I U A D O							
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR
C01	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45
C02	1	0	0	11	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C03	0	0	0	19	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C04	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C05	0	0	0	20	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C06	0	0	0	17	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C07	0	0	0	19	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C08	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C09	0	0	0	19	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C10	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C11	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C12	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C13	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C14	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C15	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C16	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C17	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C18	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C19	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C20	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C21	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C22	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C23	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C24	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C25	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C26	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C27	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C28	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C29	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C30	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C31	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C32	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C33	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C34	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C35	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C36	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C37	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C38	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C39	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C40	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C41	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C42	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C43	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C44	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
C45	0	0	0	14	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
Soma	10	102	58	391	6	28	5	1425	10	102	58	391	6	28	5	1425
%	.5	5.0	2.9	19.3	.3	1.4	.2	70.4	.5	5.0	2.9	19.3	.3	1.4	.2	70.4

J.7.8 Opinante 08

Tabela J.3h – Frequência de ocorrência de cada graduação nas respostas do Opinante 08, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 08

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	A T I U A N D O								S E N D O A T I U A D O							
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR
C1	0	4	7	13	3	0	0	10	1	0	5	11	2	0	0	10
C2	0	1	1	14	1	0	0	10	0	1	4	19	0	0	0	10
C3	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C4	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C5	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C6	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C7	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C8	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C9	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C10	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C11	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C12	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C13	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C14	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C15	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C16	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C17	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C18	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C19	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C20	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C21	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C22	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C23	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C24	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C25	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C26	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C27	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C28	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C29	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C30	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C31	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C32	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C33	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C34	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C35	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C36	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C37	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C38	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C39	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C40	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C41	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C42	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C43	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C44	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
C45	0	1	1	12	0	0	0	10	0	1	1	6	1	0	0	10
Soma	26	138	146	352	48	38	8	1269	26	138	146	352	48	38	8	1269
%	1.3	6.8	7.2	17.4	2.4	1.9	.4	62.7	1.3	6.8	7.2	17.4	2.4	1.9	.4	62.7

J.7.9 Opinante 09

Tabela J.3i – Frequência de ocorrência de cada graduação nas respostas do Opinante 09, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 09

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Con- ceito	A T I U A N D O								S E N D O A T I U A D O							
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR
C01	1		10	10	2	0	0	20	0	9	6	10	0	0	0	20
C02	2		0	7	0	1	1	20	1	13	6	9	1	0	0	20
C03	2	1	4	5	1	2	0	45	0	0	0	1	0	0	0	20
C04	1		0	11	0	1	0	20	1	10	6	0	0	0	0	20
C05	1		0	10	0	2	0	20	0	0	0	10	0	0	0	20
C06	1		0	14	0	0	0	45	0	0	0	20	0	0	0	20
C07	1		0	10	0	0	0	20	0	0	0	14	0	0	0	20
C08	1		0	12	0	0	0	45	0	0	0	21	0	0	0	20
C09	2		0	10	2	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C10	1		0	11	0	1	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C11	1		0	10	0	2	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C12	1		0	11	0	1	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C13	1		0	10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20
C14	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C15	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C16	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C17	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C18	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C19	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C20	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C21	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C22	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C23	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C24	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C25	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C26	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C27	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C28	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C29	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C30	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C31	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C32	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C33	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C34	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C35	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C36	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C37	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C38	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C39	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C40	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C41	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C42	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C43	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C44	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
C45	1		0	10	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	20
Soma	24	121	177	269	24	33	2	1375	24	121	177	269	24	33	2	1375
%	1.2	6.0	8.7	13.3	1.2	1.6	.1	67.9	1.2	6.0	8.7	13.3	1.2	1.6	.1	67.9

J.7.10 Opinante 10

Tabela J.3j – Frequência de ocorrência de cada gradação nas respostas do Opinante 10, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais.

Nome do Opinante: Opinante 10

Frequencia de ocorrencia das respostas, considerando a forma de atuacao do conceito:

Conceito	A T I V A N D O								S E N D O A T I V A D O							
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR
1	0	0	1	25	1	0	0	18	2	2	7	13	3	0	0	18
2	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soma	41	32	177	450	44	12	0	1269	41	32	177	450	44	12	0	1269
%	2.0	1.6	8.7	22.2	2.2	.6	.0	62.7	2.0	1.6	8.7	22.2	2.2	.6	.0	62.7

J.8 Freqüências de ocorrência totais percentuais de cada gradação nas respostas, considerando todos os opinantes

Tabela J.4 – Freqüência de ocorrência total percentual de cada gradação, considerando a forma de atuação do conceito, por linha (“Ativando”), por coluna (“Sendo ativado”) e totais absolutos e percentuais, considerando todos os opinantes.

Matriz geral percentual

Ocorrência percentual de cada resposta, considerando a forma de atuação do conceito:

Conceito	A T I U A N D O									S E N D O A T I U A D O								
	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR	AM	AU	AP	NC	DP	DI	DM	NR		
C1	1.3	6.7	6.2	14.7	2.2	.4	.7	67.8	2.2	11.1	8.0	8.4	1.6	.2	.7	67.8		
C2	12.0	14.2	7.6	19.0	.9	.0	1.1	40.7	6.0	13.6	14.9	21.1	1.1	1.0	.9	40.7		
C3	4.0	11.6	13.6	26.0	.9	.0	1.3	40.7	5.0	22.4	11.1	13.6	2.4	2.9	1.1	40.7		
C4	3.6	11.6	10.4	15.6	.2	.2	.0	51.6	3.6	9.6	8.7	24.4	.2	.0	.0	51.6		
C5	3.6	17.6	13.6	17.3	.6	.3	.0	40.7	3.0	19.3	15.1	14.4	3.6	3.1	.0	40.7		
C6	6.9	13.0	15.0	17.0	.0	.9	.2	40.7	6.7	15.3	12.0	21.1	2.4	1.0	.0	40.7		
C7	1.1	6.9	9.0	35.1	3.6	2.4	.4	40.7	2.4	6.9	11.3	29.6	3.6	5.1	2.4	40.7		
C8	4.7	6.9	9.0	10.4	1.1	1.1	.0	70.2	2.4	3.6	2.7	19.6	3.6	.4	.0	70.2		
C9	5.3	10.0	9.0	10.4	1.1	1.3	.0	40.7	4.4	7.3	9.6	33.3	2.2	2.4	.0	40.7		
C10	10.7	12.0	9.6	24.4	1.6	1.1	.0	40.7	7.6	10.2	9.0	27.0	1.3	1.0	.9	40.7		
C11	3.1	4.0	6.7	10.9	.9	.4	.2	73.0	2.2	3.3	4.9	15.3	.2	.2	.0	73.0		
C12	.2	.7	.7	.6	1.6	.7	.4	92.2	.0	.0	.2	6.2	.2	.7	.0	92.2		
C13	5.1	16.7	11.1	22.4	2.0	1.6	.4	70.2	12.0	20.7	8.0	10.4	2.7	3.0	1.6	70.2		
C14	.7	5.6	.0	4.0	.7	.4	.0	80.0	.2	3.1	5.0	10.4	.0	.2	.0	80.0		
C15	.6	.2	.4	1.0	1.6	2.9	.0	92.2	1.0	.3	.0	2.2	1.1	2.4	1.0	92.2		
C16	6.6	6.6	6.0	13.0	1.6	2.2	1.1	63.1	4.0	8.0	5.1	16.4	1.6	1.3	.0	63.1		
C17	9.0	7.6	6.0	13.0	.9	.0	1.1	40.7	2.2	8.0	12.2	11.6	1.4	1.1	.7	40.7		
C18	1.1	7.1	9.1	35.0	2.9	2.2	.4	40.7	2.2	7.1	14.7	31.0	1.0	1.1	.7	40.7		
C19	9.0	14.0	10.1	23.1	.9	.0	2.0	60.7	13.6	19.6	10.4	9.0	.9	2.9	2.0	60.7		
C20	9.0	6.9	9.0	15.1	1.1	3.3	1.1	62.9	9.1	10.7	6.0	8.0	1.4	1.6	1.3	62.9		
C21	9.0	6.7	9.0	14.2	.2	1.0	1.0	76.4	2.2	5.6	7.1	12.2	1.3	1.0	.7	76.4		
C22	1.1	6.9	5.0	.0	.4	.4	.0	76.4	4.0	5.3	5.1	6.4	.2	1.1	1.1	76.4		
C23	.2	1.1	4.0	.0	1.1	.0	.0	86.9	.0	2.2	3.3	4.4	.0	.4	.0	86.9		
C24	.2	2.4	2.2	4.4	.0	.0	.0	73.0	.0	3.3	3.0	3.0	.0	.4	.0	73.0		
C25	.1	5.0	1.0	3.4	2.4	.9	.7	40.7	1.0	9.9	1.1	3.0	1.1	1.1	.2	40.7		
C26	.7	4.9	.0	10.2	.9	1.3	.0	73.0	2.4	8.2	6.9	6.4	.4	1.1	.7	73.0		
C27	.0	1.0	1.1	.0	.9	.4	.0	86.9	.0	1.1	1.0	4.2	.2	.2	.0	86.9		
C28	1.0	.0	1.1	.0	.2	.7	.4	70.2	.0	2.2	1.9	4.0	.2	.2	.0	70.2		
C29	.9	3.0	1.1	3.0	5.0	11.0	4.0	40.7	.7	2.7	2.0	21.0	10.4	16.2	5.0	40.7		
C30	.2	.4	.4	.0	1.1	.0	.7	80.0	.2	.0	.0	8.2	1.6	.2	.2	80.0		
C31	.4	4.0	10.0	41.0	.2	.0	.0	70.2	.0	4.0	.9	44.0	1.6	.2	.0	70.2		
C32	.9	1.6	1.0	19.1	5.3	10.4	2.0	50.9	.7	1.3	.9	33.1	3.3	1.6	.2	50.9		
C33	.7	1.1	1.0	9.0	1.0	2.0	.0	82.4	.2	1.1	.0	10.0	1.6	2.7	1.0	82.4		
C34	.7	.0	4.7	2.2	.7	1.1	.2	82.4	.4	4.4	6.2	6.4	.0	.0	.0	82.4		
C35	1.6	4.0	9.0	30.1	2.9	5.0	4.0	40.7	1.0	1.0	1.6	21.3	13.0	15.0	3.0	40.7		
C36	6.4	9.6	9.0	14.9	1.6	1.1	.0	57.1	4.7	6.9	10.7	18.9	1.1	.7	.0	57.1		
C37	.2	5.1	10.0	36.9	.1	1.1	.0	40.7	.7	2.0	6.4	44.4	4.0	1.0	.0	40.7		
C38	2.4	11.0	9.6	20.2	2.0	2.2	.2	51.6	1.3	11.3	10.9	24.0	.7	.0	.2	51.6		
C39	.0	10.7	10.6	2.0	.0	2.4	.2	57.3	.0	5.1	3.3	2.7	.2	.4	.0	57.3		
C40	3.0	10.7	10.6	14.0	1.0	2.0	.2	57.3	3.6	8.0	9.1	21.1	.7	.2	.0	57.3		
C41	1.1	4.9	2.4	12.2	.9	.4	.0	70.0	1.0	4.2	4.7	10.0	.2	.9	.2	70.0		
C42	.0	.4	1.6	3.1	.4	.0	.0	94.4	.0	1.1	3.1	1.3	.0	.0	.0	94.4		
C43	.7	1.0	5.9	7.1	.2	.9	.0	84.4	.0	.7	1.1	.0	1.0	.0	.0	84.4		
C44	4.2	11.3	7.6	18.4	1.3	2.2	.4	54.4	1.0	7.6	10.2	26.0	.0	.0	.0	54.4		
C45	6.7	15.1	16.2	16.9	1.6	1.0	1.1	40.7	4.2	11.0	14.2	26.9	.4	1.0	.0	40.7		
Media																		
%	2.0	6.9	6.8	16.3	1.6	1.9	.7	62.9	2.0	6.9	6.8	16.3	1.6	1.9	.7	62.9		
DP%	2.3	3.9	4.0	6.6	1.2	1.2	.7	10.7	2.3	3.9	4.0	6.6	1.2	1.2	.7	10.7		

J.10 Matriz das energias de ativação

Tabela J.6 – Matriz das energias de ativação, considerando a energia de ativação positiva e negativa de cada conceito “ativando” (causando) os demais ou “sendo ativado” (sendo causado) pelos demais, considerando todos os opinantes.

Energia de ativacao

Respostas ordenadas considerando a energia de ativacao

Equivalente numerico serie: Razao linear .

Conceito Ativa+	Conceito Ativa-	Conceito Ativado+	Conceito Ativado-
15	42	12	44
42	30	30	42
30	14	43	34
12	41	27	4
27	27	45	27
33	16	32	11
33	22	15	23
32	11	15	40
28	43	33	14
43	43	35	39
29	31	39	39
24	31	39	8
35	37	37	12
41	34	24	24
39	36	28	28
26	36	30	30
31	18	30	41
14	12	11	31
34	24	41	1
22	4	31	25
11	30	16	45
37	1	21	16
21	2	7	26
18	2	22	17
20	40	44	43
17	40	26	23
25	38	18	18
25	44	40	6
16	21	25	21
38	45	17	32
40	1	1	9
44	1	9	2
39	1	36	37
39	15	45	10
19	20	10	20
44	20	20	15
13	1	20	33
13	1	1	19
10	1	1	13
45	1	1	7
2	1	1	35
10	1	1	3

J.12 Histograma da matriz numérica média

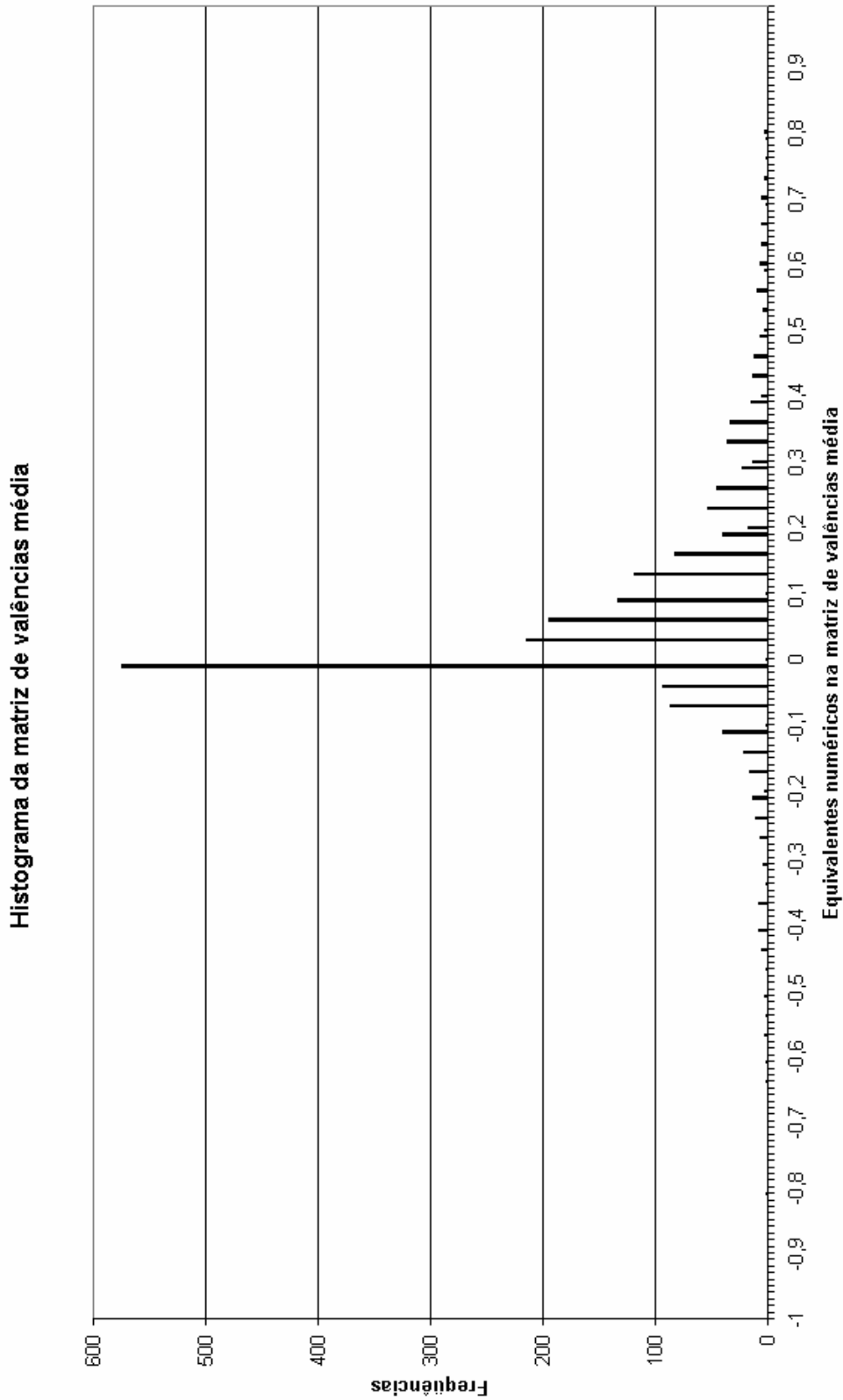


Figura J.3 – Histograma da matriz numérica média.

J.14 Histograma da matriz de desvios padrão

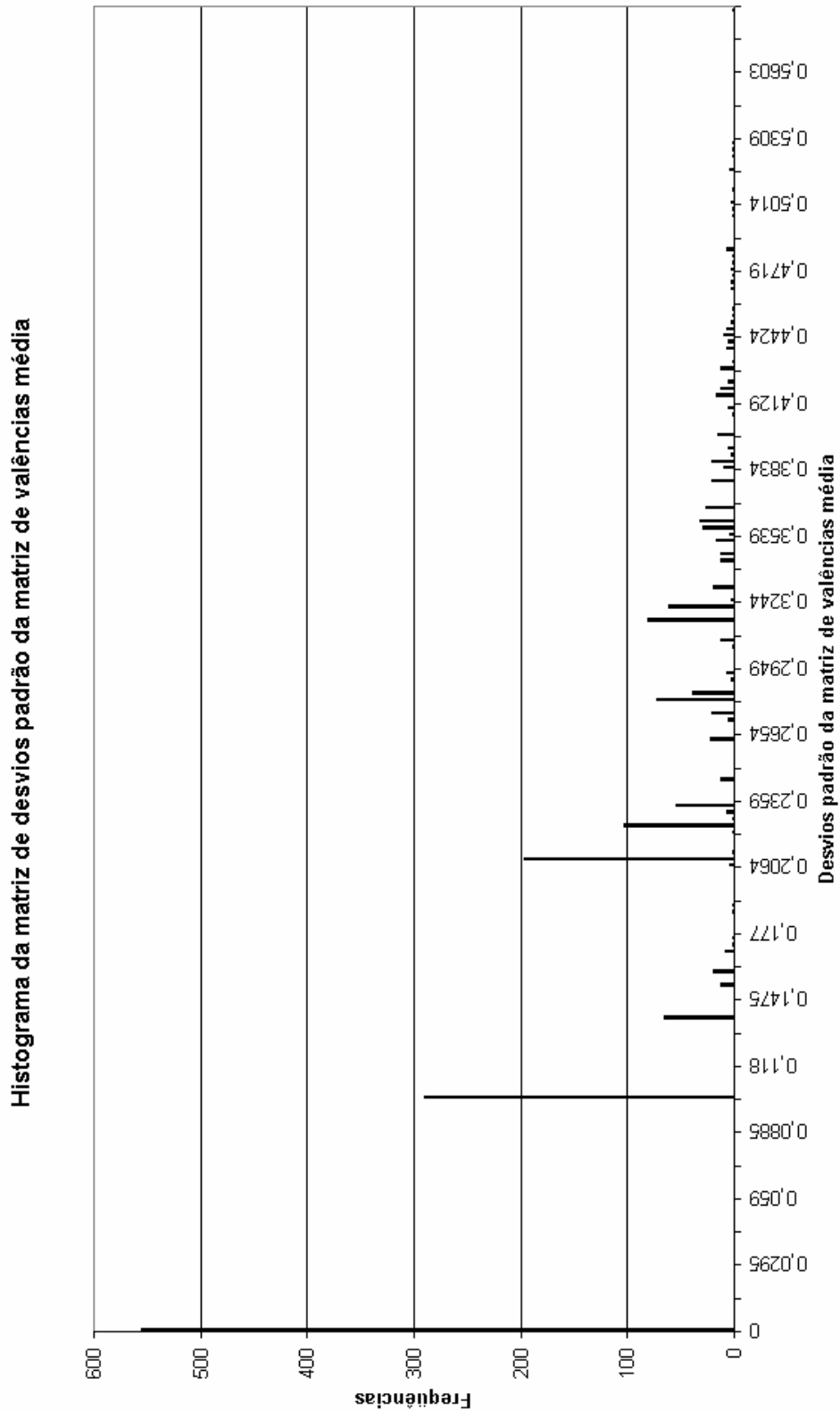


Figura J.4 – Histograma da matriz de desvios padrão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- ABRAHAM, S.; KNIES A. D.; KUKRAL K L. et al.; 1997. Experiences in Discussing Ethics with Undergraduate Students. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 305-307.
- ALLWOOD, J. M., COX, B. M.; LATIF, S. S.; 2001. The Structured Development of Simulation-Based Learning Tools With an Example for the Taguchi Method. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 4 (Nov.), p. 347-354.
- AMON, C. H.; FINGER, S.; SIEWIOREK, D. P. et al.; 1996. Integrating Design Education, Research and Practice at Carnegie Mellon: A Multi-disciplinary Course in Wearable Computers. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 279-285.
- ANTAO, B. A. A.; BRODERSEN, A. J.; BOURNE, J. R. et al.; 1992. Building Intelligent Tutorial Systems for Teaching Simulation in Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 35, n. 1 (Feb.), p. 50-56.
- ATMAN, C. J.; NAIR, I; 1996. Engineering in Context: An Empirical Study of Freshmen Students' Conceptual Frameworks. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 317-326.
- AURÉLIO; 1986. *Novo Dicionário Aurélio da língua portuguesa*. 2. ed., 1986. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- AXELROD, R.; 1976. *Structure of Decision*. 1. ed. New Jersey: Princeton University Press.




- BARNES, F. S.; 1994. New Challenges for Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 119.
- BAZZO W. A.; 1998. *Ciência, Tecnologia e Sociedade e o Contexto da Educação Tecnológica*. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V.; LINSINGEN, I. von; 2000. *Educação Tecnológica – Enfoques para o ensino de engenharia*. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC.

- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V.; 2000. *Introdução à Engenharia*. 6. ed. Florianópolis: Editora da UFSC.
- BEKER, B.; BAILEY, D. W.; COKKINIDES, G. J.; 1998. An Application-Enhanced Approach to Introductory Electromagnetics. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 1 (Feb.), p. 31-36.
- BESTERFIELD-SACRE, M.; ATMAN, C. J.; SHUMAN, L. J.; 1997. Characteristics of Freshman Engineering Students: Model for Determining Student Attrition in Engineering. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 2 (Apr.), p. 139-149.
- BLUMNER, H. N.; RICHARDS, H. C.; 1997. Study Habits and Academic Achievement of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 2 (Apr.), p. 125-132.
- BOLZAN, R. de F. F. de A.; 2003. *O aprendizado na internet utilizando estratégias de Roleplaying Game (RPG)*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BORN, R. C.; 1992. A Capstone Design Experience for Electrical Engineers. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 35, n. 3 (Aug.), p. 240-242.
- BOURNE, J. R.; BRODERSEN, A. J.; CAMPBELL, J. O. et al.; 1996. A Model for On-Line Learning Networks in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 253-262.
- BRAGHIROLI, E. M.; BISI, G. P.; RIZZON, L., A. et al.; 1998. *Psicologia geral*. 16. ed. Petrópolis: Editora Vozes.
- BRERETON, O. P.; LEES, S.; BEDSON, R. et al.; 2000. Student Group Working Across Universities: A Case Study in Software Engineering. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 4 (Nov.), p. 394-399.
- BRONZINO, J. D.; AHLGREN, D. J.; CHUNG, C.-L. et al.; 1994. Design and Teamwork: A Must for Freshmen. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 184-188.
- BROWN, R. B.; 1992. Incorporating Computer-Aided Design into an Electrical Engineering/Computer Science Curriculum. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 35, n. 3 (Aug.), p. 182-189.
- BURET, F.; MULLER, D.; NICOLAS, L.; 1999. Computer-Aided Education for Magnetostatics. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 1 (Feb.), p. 45-49.



- CAÑIZARES, C. A.; FAUR, Z. T.; 1997. Advantages and Disadvantages of Using Various Computer Tools in Electrical Engineering Courses. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 40, n. 3 (Aug.), p. 166-171.
- CARDOSO Jr., G.; ROLIM, J. G.; ZÜRN, H. H.; 2003. Interpretation of Remote Backup Protection Operation for Fault Section Estimation by a Fuzzy Expert System. In: IEEE BOLOGNA POWER TECH 2003 (Jun. 2003: Bologna, Italy). *Proceedings*. Bologna, 2003. p. 1-6.
- CARVER Jr., C. A.; HOWARD, R. A.; LANE, W. D.; 1999. Enhanced Student Learning Through Hypermedia Courseware and Incorporation of Students Learning Styles. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 1 (Feb.), p. 33-38.
- CATHEY, J. J.; HU, K.; 2002. A MATLAB-Based Graphical Technique for Amortization Study of Adjustable Speed Drives. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 3 (May), p. 177-181.
- CHAN, K. L.; 2001. Statistical Analysis of Final Year Project Marks in the Computer Engineering Undergraduate Program. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 3 (Aug.), p. 258-261.
- CHAPMAN, G. M.; MARTIN, J.; 1996. Developing Business Awareness and Team Skills: The Use of a Computerized Business Game. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 2 (Apr.), p. 103-106.
- CHOU C.; 1999. Developing Hypertext-Based Learning Courseware for Computer Networks: The Macro and Micro Stages. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 1 (Feb.), p. 39-44.
- _____; 2000. Constructing a Computer-Assisted Testing and Evaluation System on the World Wide Web – The CATES Experience. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 3 (Aug.), p. 266-272.
- CHREN Jr., W. A.; CLEAVER, T. G.; COOK, C. et al.; 1996. Introducing Electronics Design Automation Tools into the Engineering Curriculum. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 247-252.
- CHUNG, G. K. W. K.; HARMON, T. C.; BAKER, E. L.; 2001. The Impact of a Simulation-Based Learning Design Project on Student Learning. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 4 (Nov.), p. 390-398.
- COLE, R. W.; MILLER, E. K.; CHAKRABARTI, S. et al.; 1990. Learn About Fields and Waves Using Visual Electromagnetics. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 33, n. 1 (Feb.), p. 81-94.

- COLEMAN, J. N.; KINNIMENT, D. J.; BURNS, F. P. et al.; 1998. Effectiveness of Computer-Aided Learning as a Direct Replacement for Lecturing in Degree-Level Electronics. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 3 (Aug.), p. 177-184.
- CONNER, D. A.; 2002. February 2002 Editorial. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 1 (Feb.), p. 1.
- COREN, R. L.; 1993. Computational Techniques in the First Course on Electromagnetism. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 2 (May), p. 230-232.
- COULON, F. de; FORTE, E.; RIVERA, J.M.; 1993. KIRCHHOFF: An Educational Software for Learning the Basic Principles and Methodology in Electrical Circuits Modeling. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 19-22.
- CRAIGER, P.; COOVERT, M. D.; 1994. Modeling Dynamic Social and Psychological Processes with Fuzzy Cognitive Maps. In: IEEE WORLD CONGRESS ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (3.: Jun. 1994: Orlando, FL). *Proceedings of the Third Conference on Fuzzy Systems*. Orlando, 1994. p. 1873-1877.
- CRYNES B. L.; 1997. Universal Students Computer Access – Requiring Engineering Students to Own Computers. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 301-304.
- CUI, X.; WANG, J.; SHAO, H.; 1993. The Teaching of Numeric Techniques in Computational Electromagnetics. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 2 (May), p. 261-264.
- CVETKOVIC, S. R.; SEEBOLD, R. J. A.; BATESON K. N. et al.; 1994. CAL Programs Developed in Advanced Programming Environments for Teaching Electrical Engineering. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 221-227.
- CYBULSKI, J. L.; LINDEN, T.; 2000. Learning Systems Design with UML and Patterns. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 4 (Nov.), p. 372-376.
- CYGANSKI, D.; NICOLETTI, D.; ORR, J. A.; 1994. A New Introductory Electrical Engineering Curriculum for the First-Year Student. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 171-177.
- 
- DANIELS, M. W.; SHAFFER, R. A.; 1998. Re-Inventing the Electric Machines Curriculum. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 2 (May), p. 92-100.

DAVIDOFF, L., L.; 2001. *Introdução à Psicologia*. 3. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.

DEMBE, A. E.; 1996. The Future of Safety and Health in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 2 (Apr.), p. 163-167.

DEMERDASH, N. A. O.; GALLAGHER, R. H.; SCHILLING, R. J. et al.; 1993a. Impact of Academic Computing on Teaching Electrical Engineering at Clarkson University. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 94-102.

DEMERDASH, N. A.; LUO, Z.; ALHAMADI, M. A. et al.; 1993b. Teaching Electric Machinery and Associated Electromagnetic Fields – A Case for the Benefits of Academic Computing. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 2 (May), p. 240-249.

DICMAXI; 1998. *Michaelis Português - Moderno Dicionário da Língua Portuguesa*. Ver. 1, 1998. DTS Software Brasil Ltda. (em CD).

DILLON, W. E.; KONDRASKE, G. V.; EVERETT, L. J. et al.; 2000. Performance Theory Based Outcome Measurement in Engineering Education and Training. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 92-99.

DUZER, E. V.; McMARTIN, F.; 2000. Methods to Improve the Validity and Sensitivity of a Self/Peer Assessment Instrument. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 153-158.

DYM, C. L.; 1993. The Role of Symbolic Representation in Engineering Design Education. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 187-192.

E


EDGE; 2002. *The Third Culture*. http://www.edge.org/3rd_culture/bios/schank.html (acesso: Nov 2002).


ENGINES; 2002. *Roger C. Schank*. <http://www.engines4ed.org/hyperbook/misc/rcs.html> (acesso: Nov 2002).

ERNST, E. W.; 1997. The Editor's Page. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 3 (July), p. 199-200.

F

FAIRWEATHER, J.; PAULSON, K.; 1996. Industrial Experience: Its Role in Faculty Commitment to Teaching. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 209-215.

- FAUSETT L.; 1994. *Fundamentals of Neural Networks – Architectures, Algorithms, and Applications*. 1. ed. USA: Prentice Hall International, Inc.
- FELDER, R. M.; BRENT, R.; 2004. The ABC of Engineering Education: ABET, Bloom's Taxonomy, Cooperative Learning, and so on. In: 2004 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION (Jun. 2004: Salt Lake, Utah). *CD-Rom Proceedings*, Utah, 2004.
- FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K.; 1988. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, v. 78, n. 7 (Apr.), pp.674-681.
- FELDER, R. M.; SOLOMAN, B. A.; 2003. *Learning Styles and Strategies*. <http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSdir/styles.htm> (acesso: jun 2003).
- FIALHO, F. A. P.; 2001. *Ciências da Cognição*. 1. ed. Florianópolis: Editora Insular.
- FLEDDERMANN, C. B.; 2000. Engineering Ethics Cases for Electrical and Computer Engineering Students. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 3 (Aug.), p. 284-287.
- FLORI Jr., R. E.; 1997. Perspectives on the Role of Educational Technologies. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 3 (July), p. 269-272.
- FREIRE, P.; 2000. *Pedagogia da Autonomia – Saberes necessários à prática educativa*. 1. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra.
- FUZZY LOGIC PROGRAM; 1992. Versão 2.0. Curso tutorial para ensino de lógica difusa. Produzido para Motorola por Cortex Communications, Inc. Austin, Texas.
- 
- GARDNER, H.; 1995. *Inteligências Múltiplas – A Teoria na Prática*. 1. ed. Porto Alegre: Artes Médicas.
- _____; 1999. *O Verdadeiro, o Belo e o Bom – Os princípios básicos para uma nova educação*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda.
- GERHARD, G. C.; 1999. Teaching Design with Behavior Modification Techniques in a Pseudocorporate Environment. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 255-260.
- GHOSH, S.; 1993. An Exercise in Inducing Creativity in Undergraduate Engineering Students Through Challenging Examinations and Open-Ended Design Problem. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 113-118.

- _____; 2000. Integrating Design into Undergraduate Honors Theses in a Computer Engineering Program: An Experiment. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 203-210.
- GOLDBERG, D. E.; 1996. Change in Engineering Education: One Myth, Two Scenarios, and Three Foci. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 2 (Apr.), p. 107-116.
- GRAY, P. E.; KUZIEJ, G. P.; 1993. Computer Simulation and Circuit Analysis. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 6-9.
- GREGSON, P. H.; LITTLE, T. A.; 1999. Using Contests to Tech Design to EE Juniors. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 3 (Aug.), p. 229-232.
- 
- HAMMOND, P.; SYKULSKI, J. K.; 1992. Tubes and Slices: A New Way of Teaching the principles of Electric and Magnetic Fields. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 35, n. 4 (Nov.), p. 300-306.
- HARRIS Jr., C. E.; DAVIS, M.; PRITCHARD, M. S. et al.; 1996. Engineering Ethics: What? Why? How? And When? *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 2 (Apr.), p. 93-96.
- HAYNES, W. L.; RIORDAN, C. A.; 1996. Student Cooperative Learning Workshops Go Mainstream: UMR's Excel Program. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 293-302.
- HENDRICKS, R. W.; PAPPAS, E. C.; 1996. Advanced Engineering Communication: An Integrated Writing and Communication Program for Materials Engineers. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 343-352.
- HILBORN, R. B.; 1994. Team Learning for Engineering Students. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 207-211.
- HOBURG, J. F.; 1993. Can Computers Really Help Students Understand Electromagnetics?. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 119-122.
- HOBURG, J. F.; O'MULLAN, S. M.; FUGATE, D. W.; 2000. Applications of Magnetic Field Management in Teaching Electromagnetics. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 224-226.
- HOOLE, S. R. H.; 1991. Engineering Education, Design, and Senior Projects. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 34, n. 2 (May), p. 193-198.

- _____; 1993. A Course on Computer Modeling for Second or Third Year Engineering Undergraduates. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 79-89.
- HOOLE, S. R. H.; JAYAKUMARAN, S.; CHA, P.; 1993. Numerical Approaches to Teaching Electromagnetics: A Historical Sketch and Lessons from Structural Engineering. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 2 (May), p. 265-268.
- HOUSHMAND, A. A.; PAPADAKIS, C. N.; MCDONOUGH, J. F. et al.; 1996. Methodology for Improving Quality of Instruction. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 2 (Apr.), p. 117-122.
- HRUSCHKA, J.; KOVALESKI, J. L.; FERRUZZI, E. C.; 2004. Trabalhos de diplomação: Novo mecanismo de interação Escola-Empresa. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (Mar. 2004: Santos, São Paulo). *CD-Rom Proceedings*, São Paulo, 2004. p. 1224-1228.
- HUELSMAN, L. P.; 1991. Personal Computer in Electrical and Computer Engineering: Educational Survey. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 34, n. 2 (May), p. 175-178.
- HUNKELER, D.; SHARP, J. E.; 1997. Assigning Functional Groups: The Influence of Group Size, Academic Record, Practical Experience, and Learning Style. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 321-332.
- INGHAM, J.; 2000. Data Warehousing: A Tool for the Outcomes Assessment Process. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 2 (May), p. 132-136.
- INTIME; 2004. *Conhecimento das Características dos Alunos*. http://www.intime.uni.edu/model/Portuguese_Model/teacher/teac1summary.html (acesso: maio 2004).
- IVINS, J. R.; 1997. Interdisciplinary Project Work: Practice Makes Perfect? *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 40, n. 3 (Aug.), p. 179-183.
- IVINS, J. R.; HOLLAND, R.; 1999. Reflections on the Operation of Large Multidisciplinary Projects in Engineering, Design, and Design Management. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 371.

I

J

JACKSON, B.; GORDON, J. R. M.; CHISHOLM, J. D.; 1996. A Learning Experience: The Technology Innovation Program. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 309-315.



KARIMI, A.; CLUTTER, K.; ARROYO, A.; 2004. An Example of Course and Program Outcome Assessment. In: 2004 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION (Jun. 2004: Salt Lake, Utah). *CD-Rom Proceedings*, Utah, 2004.

KHALIFA, M.; LAM, R.; 2002. Web-Based Learning: Effects on Learning Process and Outcome. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 3 (Aug.), p. 350-356.

KIKUCHI, T.; KENJO, T.; FUKUDA, S.; 2002. Developing an Educational Simulation Program for the PM Stepping Motor. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 1 (Feb.), p. 70-78.

KLIR, G. J.; YUAN, B.; 1995. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic – Theory and Applications*. 1. ed. New Jersey: Prentice Hall.

KLUKKEN, P. G.; PARSONS, J. R.; COLUMBUS, P. J.; 1997. The Creative Experience in Engineering Practice: Implications for Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 2 (Apr.), p. 133-138.

KOCIJANCIC, S.; 2002. Online Experiments in Physics and Technology Teaching. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 1 (Feb.), p. 26-32.

KOMOSINSKI, L. J.; 2000. *Um Novo Significado para a Educação Tecnológica Fundamentado na Informática como Artefato Mediador da Aprendizagem*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

KOPEIKA, N. S.; 1992. On the Relationship of Number of Students to Academic Level. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 35, n. 4 (Nov.), p. 294-295.

KOSKO, B.; 1986. Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal Man-Machine Studies*, New York, v.24, p. 65-75.

_____; 1987. Adaptive Inference in Fuzzy Knowledge Networks. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS (1.: Jun. 1987: San Diego, CA). *Proceedings*. California, 1987. v.2, p. 261-268.

_____; 1992. *Neural Networks and Fuzzy Systems*. 1. ed. New Jersey: Prentice Hall.

KOTNOUR, T.; 1999. Developing and Evaluating an Organizational Learning Process to Continuously Improve Teaching. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 369.



LACERDA, C. D. de F.; KOMOSINSKI, L. J.; MARTINS-PACHECO, L. H.; 1998. Uma Base Teórica para Construção de Sistemas RBC Educacionais. In: CONGRESSO ÍBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (IV.: Out. 1998: Brasília, Distrito Federal). *Anais*. Brasília, 1998.

LAMANCUSA, J. S.; JORGENSEN, J. E.; ZAYAS-CASTRO, J. L.; 1997. The Learning Factory - A New Approach to Integrating Design and Manufacturing into the Engineering Curriculum. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 2 (Apr.), p. 103-112.

LARKIN-HEIN, T.; BUDNY, D. D.; 2001. Search on Learning Style: Applications in the Physics and Engineering Classrooms. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 3 (Aug.), p. 276-281.

LATCHMAN, H. A.; SALZMANN, Ch.; GILLET, D. et al.; 1999. Information Technology Enhanced Learning in Distance and Conventional Education. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 247-254.

LEE, J. A.; CASTELLA, D. M.; MIDDLETON, S. G.; 1997. Faculty Perceptions of Academe's Evaluation System. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 3 (July), p. 263-267.

LEKHAKUL S.; HIGGINS R. A.; 1994. Senior Design Project: Undergraduate Thesis. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 203-206.

LI, V. O. K.; 1999. Hints on Writing Technical Papers and Making Presentations. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 2 (May), p. 134-137.

LILJA, D. J.; 2001. Comparing Instructional Delivered Methods for Teaching Computer Systems Performance Analysis. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 1 (Feb.), p. 35-40.

LINSINGEN, I. von.; PEREIRA L. T. do V.; CABRAL, C. G. et al.; 1999. *Formação do Engenheiro*. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC.

LIU, E. Z.-F.; LIN, S. S. J.; CHIU, C.-H. et al.; 2001. Web-Based Peer Review: The Learner as Both Adapter and Reviewer. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 3 (Aug.), p. 246-251.

LOWTER, D. A.; FREEMAN, E. M.; 1993. A New Approach to Using Simulation Software in the Electromagnetics Curriculum. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 2 (May), p. 219-222.

LUXHØJ, J. T.; HANSEN, P. H. K.; 1996. Engineering Curriculum Reform at Aalborg University. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 183-186.



MA, J.; ZHOU, D.; 2000. Fuzzy Set Approach to the Assessment of Student-Centered Learning. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 237-241.

MAHAN, J. E.; JAYASUMANA, A.; LILE, D. et al.; 2000. Bringing an Emphasis on Technical Writing to a Freshman Course in Electrical Engineering. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 1 (Feb.), p. 36-42.

MARTINS, J. G.; 2002. *Aprendizagem baseada em problemas aplicada a ambiente virtual de aprendizagem*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MARTINS-PACHECO, L. H.; 2002. *Uma modelagem dos processos cognitivo, emocional e motivacional através de mapas cognitivos difusos*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MARTINS-PACHECO, L. H.; PACHECO, R. L.; 2004a. Education – A STS’ Need. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (Mar. 2004: Santos, São Paulo). *CD-Rom Proceedings*, São Paulo, 2004. p. 558-561.

_____; 2004b. A Concurrent Approach to STS. In: 2004 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION (Jun. 2004: Salt Lake, Utah). *CD-Rom Proceedings*, Utah, 2004.

McKNIGHT, R. H.; DONNELLY, C.; COLE, H. P. et al.; 1996. Collaborating with a Medical School to Assess Occupational Health and Safety Content in an Engineering Curriculum. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 339-341.

McMARTIN, F.; McKENNA, A.; YOUSSEFI, K.; 2000. Scenario Assignments as Assessment Tools for Undergraduate Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 111-119.

MIRADOR; 1983. *Enciclopédia Mirador Internacional*. ed. 1983, v.16. São Paulo: Encyclopaedia Britannica do Brasil Publicações Ltda.

_____; 1998. *Enciclopédia Mirador Internacional – Livro do Ano 1998*. ed.1998. Rio de Janeiro: Encyclopaedia Britannica do Brasil.

MIRI, S. M.; FU, R. J.; 1993. A Hands-On Practical Approach to Teaching Engineering Design. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 131-136.

MOHR S. T.; 1997. *Final project report and case studies*. http://www.users.voicenet.com/~smohr/fcm_white.html (acesso: jan 2003).

MONTANGERO, J.; MAURICE-NAVILLE, D.; 1994. *Piaget ou a Inteligência em Evolução*. 1. ed. Porto Alegre: Artes Médicas.

MULLINS, C. A., ATMAN, C. J.; SHUMAN, L. J.; 1999. Freshman Engineers' Performance When Solving Design Problems. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 281-287.

MURRAY, M H.; 1997. Better Learning Through Curricular Design at a Reduced Cost. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 309-313.



NAIR, I.; 1997. Decision Making in the Engineering Classroom. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 349-356.

NÁVRAT, P.; MOLNÁR, L.; 1998. Curricula Transformation in the Countries in Transition: An Experience from Slovakia. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 2 (May), p. 88-91.

NIGIM, K. A.; DeLYSER, R. R.; 2001. Using MathCad in Understanding the Induction Motor Characteristics. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 2 (May), p. 165-169.



OLADIRAN, M. 'T.; 1999. Continuing Professional Development for Practicing Engineers in Developing Economies. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 3 (Aug.), p. 161-166.

OLIVEIRA, M. K. de; 1993. *Vygotsky – Aprendizagem e desenvolvimento – Um processo sócio-histórico*. 1. ed. São Paulo: Scipione.

ORR, J. A.; EISENSTEIN, B. A.; 1994. Summary of Innovations in Electrical Engineering Curricula. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 131-135.

OSTHEIMER, M. W.; MYLREA, K. C.; LONSDALE, E. M.; 1994. An Integrated Course in Fundamental and English Composition Using Interactive and Process Learning Methodologies. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 189-193.

OVERCENKO, A.; 2000. *Avaliação e melhoria da produção em educação*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.



PACHECO, R. L.; BAZZO, W. A.; CARLSON, R.; MARTINS-PACHECO, L. H.; 2004a. Twentieth First Century Engineers: How Can We Make Them?. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (Mar. 2004: Santos, São Paulo). *CD-Rom Proceedings*, São Paulo, 2004. p. 562-566.

_____; 2004b. Science, Technology and Society ... of Consumption – A Reflection. In: 2004 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION (Jun. 2004: Salt Lake, Utah). *CD-Rom Proceedings*, Utah, 2004.

PACHECO, R. L.; CARLSON, R.; MARTINS-PACHECO, L. H.; 2004c. Continued Formative Assessment Using Fuzzy Cognitive Maps. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (Mar. 2004: Santos, São Paulo). *CD-Rom Proceedings*, São Paulo, 2004. p. 553-557.

_____; 2004d. Engineering Education Assessment System Using Fuzzy Cognitive Maps. In: 2004 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION (Jun. 2004: Salt Lake, Utah). *CD-Rom Proceedings*, Utah, 2004.

_____; 2005a. The Engineering Needs Intelligence. In: GLOBAL CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (Mar. 2005: Santos, São Paulo). *CD-Rom Proceedings*, São Paulo, 2005. p. 1536-1540.

_____; 2005b. Engineering Education: Practice and Theory. In: GLOBAL CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION (Mar. 2005: Santos, São Paulo). *CD-Rom Proceedings*, São Paulo, 2005. p. 1541-1545.

PACHECO, R. L.; MARTINS-PACHECO, L. H.; 2005. Cognition and Engineering Education – A Reflection. In: GLOBAL CONGRESS ON ENGINEERING AND

- TECHNOLOGY EDUCATION (Mar. 2005: Santos, São Paulo). *CD-Rom Proceedings*, São Paulo, 2005. p. 920-924.
- PARK, W.; 1996. Why Isn't My Professor Using Graphics in the Freshman Programming Course?. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 331-337.
- PASQUALI, L.; 2003. *Psicometria – Teoria dos testes na psicologia e na educação*. 1. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes.
- PATON, A. E.; 2002. What Industry Needs from Universities for Engineering Continuing Education. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 1 (Feb.), p. 7-9.
- PATTERSON, D. J.; 1994. The Development of a Bachelor of Engineering Program at the Northern Territory University, Australia. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 178-183.
- PAULIK, M. J.; KRISHNAN, M.; 2001. A Competition-Motivated Capstone Design Course: The Result of a Fifteen-Year Evolution. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 44, n. 1 (Feb.), p. 67-75.
- PELLEGRINO, J. W.; 2002. Understanding How Students Learn and Inferring What They Know: Implications for the Design of Curriculum, Instruction and Assessment. In: NSF INSTRUCTIONAL MATERIALS DEVELOPMENT CONFERENCE (Feb. 2002: Herndon, VA). Virginia, 2002, v.2, p. 1-19.
- PEREIRA, L. T. do V.; BAZZO, W. A.; 1997. *Ensino de Engenharia - na busca do seu aprimoramento*. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC.
- PIERSON, M. M.; 1997. Annual Progress Reports: An Effective Way to Improve Graduate Student Communication Skills. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 363-367.
- PILLAGE, L. T.; 1993. An Early Introduction to Circuit Simulation Techniques. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 16-18.
- PRADOS, J. W.; 1996. The Editor's Page: What's Your Vision? *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 4 (Oct.), p. 275.
- _____; 1997a. The Editor's Page: Engineering Criteria 2000-A Change Agent for Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 2 (Apr.), p. 69-70.
- _____; 1997b. The Editor's Page: It Will Be Different. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 295.

PULLEN, J. M.; BENSON, M.; 1999. Class Wise: Synchronous Internet Desktop Education. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 370.



RADA, R.; HU, K.; 2002. Patterns in Student-Student Commenting. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 3 (Aug.), p. 262-267.

RAINEY, V. P.; 2002. Beyond Technology – Renaissance Engineers. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 1 (Feb.), p. 4-5.

RAJARAMAN, V.; 1993. Undergraduate Computer Science and Engineering Curriculum in India. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 172-176.

RICHARDS, L. G., CARLSON-SKALAK, S.; 1997. Faculty Reactions to Teaching Engineering Design to First Year Students. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 3 (July), p. 233-240.

RISCHBIETER, L.; 2002. *Vygotsky*. http://www.educacional.com.br/pais/glossario_pedagogico/vygotsky.asp (acesso: mar 2004).

ROBERTS F. S.; 1976. The Questionnaire Method. In: *Structure of Decision*. 1. ed. New Jersey: Princeton University Press, p.333-342.

RODRIGUES, A. C. G.; 2000. *Educação e Ciência da Informação na Formação do Engenheiro de Controle e Automação*. Florianópolis. Exame de Qualificação (doutoramento em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROPPEL, T. A.; HUNG, J. Y.; WENTWORTH, S. W. et al.; 2000. An Interdisciplinary Laboratory Sequence in Electrical and Computer Engineering: Curriculum Design and Assessment Results. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 143-152.

ROYER, E. G.; WRIGHT, C. H. G.; PETERSON D. E.; 2000. Assessment for Electrical Engineering Programs – Process Implemented at the United States Air Force Academy. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 159-163.



SAFOUTIN, M. J.; ATMAN, C. J.; ADAMS R. et al.; 2000. A Design Attribute Framework for Course Planning and Learning Assessment. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 188-199.

- SANEIFARD, S.; PRASAD, N. R.; SMOLLECK, H. A. et al.; 1998. Fuzzy-Logic-Based Speed Control of a Shunt DC Motor. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 2 (May), p. 159-164.
- SCHANK, R.; 1997. *Virtual Learning – A Revolutionary Approach to Building a Highly Skilled Workforce*. 1. ed. USA: McGraw-Hill.
- SCHLIMMER, J. C.; FLETCHER, J. B.; HERMENS, L. A.; 1994. Team-Oriented Software Practicum. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 212-220.
- SCHULZ, K. H.; LUDLOW, D. K.; 1996. Incorporating Group Writing Instruction in Engineering Courses. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 227-232.
- SCHÜTZ, R.; 2002. *Vygotsky & language acquisition*. <http://www.english.sk.com.br/sk-vygot.html> (acesso: mar 2004).
- SCOLES, K.; BILGUTAY, N.; GOOD J.; 2000. A New Course Evaluation Process. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 125-131.
- SECHRIST, C. F.; BATCHMAN, T. E.; FEISEL, L. D. et al.; 2002. Partnerships Take the Lead: A Deans Summit on Education for a Technological World. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 2 (May), p. 118-127.
- SHAEIWITZ J. A.; 1996. Outcomes Assessment in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 239-246.
- SHARP, J. E.; HARB, J. N.; TERRY, R. E.; 1997. Combining Kolb Learning Styles and Writing to Learn in Engineering Class. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 2 (Apr.), p. 93-101.
- SHELNUTT, J. W.; BUCH, K.; 1996. Using Total Quality Principles for Strategic Planning and Curriculum Revision. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 201-207.
- SHEN, H.; XU, Z.; DALAGER, B. et al.; 1999. Conducting Laboratory Experiments over the Internet. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 3 (Aug.), p. 180-185.
- SHERWOOD, J. L.; PETERSEN, J. N.; GRANDZIELWSKI, J. M.; 1997. Faculty Mentoring: A Unique Approach to Training Graduate Students How to Teach. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 2 (Apr.), p. 119-123.
- SHIRLAND, L. E.; MANOCK, J. C.; 2000. Collaborative Teaching of Integrated Product Development: A Case Study. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 3 (Aug.), p. 343-348.

- SILVEIRA, M. A. da; SCAVARDA-DO-CARMO, L. C.; 1999. Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hands-On Methodology. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 2 (May), p. 103-108.
- SIMPSON, I.; 1994. Engineering Education in Europe. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 167-170.
- SMITH, H. W.; 1994. University of Toronto Curricula in Electric and Computer Engineering. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 158-162.
- SODERSTRAND, M. A.; 1994. The New Electrical and Computer Engineering Curricula at University of California-Davis. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 136-146.
- STEDINGER, J. R.; 1996. Lessons From Using TQM in the Classroom. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 2 (Apr.), p. 151-156.
- STEINER, C. J.; 1998. Educating for Innovation and Management: The Engineering Educators' Dilemma. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 1 (Feb.), p. 1-7.
- STYBLINSKI, M. A.; MEYER, B. D.; 1988. Fuzzy Cognitive Maps, Signal Flow Graphs, and Qualitative Circuit Analysis. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS (2.: Jul. 1988: San Diego, CA). *Proceedings*. California, 1988. v.II, p. 549-556.
- STYLIOS, C.,D.; GROUMPOS, P., P.; 2000. Fuzzy Cognitive Maps: A Soft Computing Technique for Intelligent Control. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT CONTROL (15.: Jul. 2000: Patras, Greece). *Proceedings*. Patras, 2000. p. 97-102.
- SULLIVAN, F. J.; BAREN, R.; 1997. Simulating the Workplace in an Engineering Technology Course: A Rhetorical Model. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 3 (July), p. 279-284.
- T**
- TARTAGLIA A.; TRESSO, E.; 2002. An Automatic Evaluation System for Technical Education at the University Level. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 3 (Aug.), p. 268-275.
- TEO, C. Y.; HO, D. J.; 1998. A Systematic Approach to the Implementation of Final Year Project in an Electrical Engineering Undergraduate Course. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 41, n. 1 (Feb.), p. 25-30.

THIRIET, J.-M.; ROBERT, M.; LAPPALAINEN, P. et al.; 2002. Toward a Pan-European Virtual University in Electrical and Information Engineering. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 2 (May), p. 152-160.

TILBURY, D. M.; MESSNER, W. C.; 1999. Control Tutorials for Software Instruction over the World Wide Web. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 237-246.

TORRES, S. R.; 2002. *A formação de docentes da engenharia e processos de mudanças: contribuições para a formação de professores*. São Paulo. Tese (Doutorado em Psicologia da Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

TOUMI, A.; 2002. An Aid for Teaching Doubly Fed Synchronous Machines Based on the Circle Diagram. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 45, n. 2 (May), p. 171-176.

TREVISAN, M. S.; 2004. Evaluation Issues in the Renewal of Engineering Education: Lessons from NSF-Funded Projects. In: 2004 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION (Jun. 2004: Salt Lake, Utah). *CD-Rom Proceedings*, Utah, 2004.

URNS, J.; ATMAN, C. J.; ADAMS, R.; 2000. Concept Maps for Engineering Education: A Cognitively Motivated Toll Supporting Varied Assessment Functions. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 2 (May), p. 164-173.



URIBE, R. B.; HAKEN L.; LOUI, M. C.; 1994. A Design Laboratory in Electrical and Computer Engineering for Freshmen. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 37, n. 2 (May), p. 194-202.



VALDÉS, M. D.; MOURE, M. J.; MANDADO, E.; 1999. Hypermedia: A Toll for Teaching Complex Technologies. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 42, n. 4 (Nov.), p. 361.

VANDERPLAATS, G. N.; 1993. Teaching Design Through Computation. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 110-112.

VEMURI, V. R.; 1993. Computer Science and Engineering Curricula. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 108-109.

VLACH, J.; 1993. Network Theory and CAD. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 36, n. 1 (Feb.), p. 23-27.



WAKS, S.; FRANK, M.; 2000. Engineering Curriculum versus Industry Needs – A Case Study. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 43, n. 3 (Aug.), p. 349-352.

WALLACE, D. R.; MUTOONI, P.; 1997. A Comparative Evaluation of World Wide Web-Based and Classroom Teaching. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 3 (July), p. 211-219.

WOODS, D. R.; 1996. Participation is More Important than Attendance. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 85, n. 3 (July), p. 177-181.



YAMADA, T.; TODD, R. H.; 1997. The Quest for Relevance: Roles for Academia and Industry in Japan and the U.S.. *Journal of Engineering Education*, Washington D.C., v. 86, n. 4 (Oct.), p. 341-348.

YOSHIKAWA, A.; SHINTANI, M.; OHBA, Y.; 1992. Intelligent Tutorial System for Electric Circuit Exercise. *IEEE Transactions on Education*, New York, v. 35, n. 3 (Aug.), p. 222-225.