

**MARIA SALETT BIEMBENGUT**

**QUALIDADE NO ENSINO DE MATEMÁTICA NA  
ENGENHARIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA E  
CURRÍCULAR**

Tese apresentada como requisito parcial  
à obtenção de título de Doutora.

Curso de Engenharia de Produção e Sistemas  
Universidade Federal de Santa Catarina

Orientador: Edson Pacheco Paladini, Dr

Co-orientador: João Frederico Meyer, Dr

Florianópolis - SC

1997

MARIA SALETT BIEMBENGUT

**QUALIDADE NO ENSINO DE MATEMÁTICA NA  
ENGENHARIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA E  
CURRICULAR**

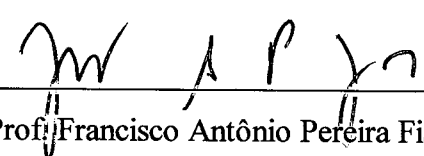
Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

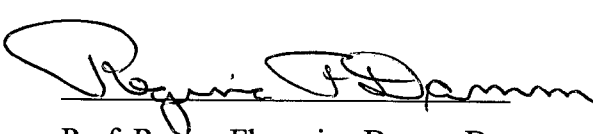
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Co-orientador:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. João Frederico Meyer, Dr.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Francisco Antônio Pereira Fialho, Dr.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Maria do Carmo Mendonça Domite, Dra.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Regina Flemming Damm, Dra

Florianópolis, 12 de dezembro de 1997.

*em memória do amigo*

*Plinio Stange*

## AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas criaram condições favoráveis para a organização desta tese que pretende ser uma contribuição para o ensino-aprendizagem de matemática nos cursos de Engenharia.

Na impossibilidade de nomeá-las todas, quero salientar algumas pessoas cuja contribuição foi decisiva:

- amigo Rodney Carlos Bassanezi, professor do IMECC-UNICAMP, que me fez crer que a Modelagem Matemática é o caminho para um eficiente ensino-aprendizagem de matemática;
- amigo João Frederico Meyer, professor do IMECC-UNICAMP, co-orientador desta tese pelo especial acompanhamento e sugestões;
- grande MESTRE Ubiratan D’Ambrósio, professor emérito da UNICAMP, pela dedicada leitura e sugestões;
- professores: Rosinete Gartner, Maria Roseli Bertoldi, Tânia Bayer, Claudio Loesh, José Valdir Floriani, Evandro Londeiro e Viviane C. Silva, do Depto. de Matemática da FURB, pela pronta colaboração no fornecimento de dados e participação nos Seminários;
- professores e coordenadores dos Cursos de Engenharias Civil, Química e Elétrica, da FURB, pelo fornecimento de dados;
- todos os alunos que (involuntariamente) participaram dos trabalhos experimentais e em especial, àqueles que, recentemente, cederam uma entrevista;
- Liliane Jackson pela correção gramatical;
- Itatiana Novak pela edição e cuidado para “interpretar” os manuscritos;
- especial Nelson Hein, professor do Depto. de Matemática da FURB, companheiro de todas as “histórias” e
- orientador Edson Pacheco Paladini, professor do Depto de Engenharia de Produção e Sistemas - UFSC, que “em meio ao caminho” acreditou na minha proposta de trabalho assumindo, com esmero, a orientação.



*o homem é o principal autor dos acontecimentos  
e o curso do tempo é a realização progressiva de uma obra que ele é  
em última instância responsável, mas da qual ele próprio  
depende. De resto as circunstâncias modelam o homem tanto quanto o  
homem modela as circunstâncias.*

GRANGER (1985:101)

# SUMÁRIO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>SUMÁRIO.....</b>  | <b>vi</b>   |
| <b>RELAÇÃO DE QUADROS.....</b>                                   | <b>xii</b>  |
| <b>RELAÇÃO DE FIGURAS.....</b>                                   | <b>xiv</b>  |
| <b>RESUMO.....</b>   | <b>xvi</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>xvii</b> |
| <b>CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....</b>                               | <b>1</b>    |
| 1.1. Apresentação do Tema e Justificativa.....                   | 1           |
| 1.2. Abordagem Geral do Problema.....                            | 6           |
| 1.2.1. Matemática e Engenharia.....                              | 6           |
| 1.2.2. As Conseqüências da Especialização.....                   | 7           |
| 1.2.3. Reforma Universitária de 1968: Implicações no Ensino..... | 8           |
| 1.2.4. Matemática nas Engenharias.....                           | 9           |
| 1.2.5. As Dificuldades.....                                      | 11          |
| 1.2.6. Como Promover Mudanças.....                               | 13          |
| 1.3. Questões Básicas de Pesquisa.....                           | 13          |
| 1.4. Pressupostos.....   | 14          |
| 1.5. Objetivos da Pesquisa.....                                  | 16          |
| 1.6. Metodologia.....  | 17          |
| 1.7. Estrutura cronológica da pesquisa.....                      | 19          |
| 1.8. Estrutura do Texto.....                                     | 20          |
| <b>CAPÍTULO II: SUPORTE TEÓRICO E TÉCNICO.....</b>               | <b>22</b>   |
| 2.1. Considerações sobre Qualidade.....                          | 23          |
| 2.1.1. Conceito de Qualidade.....                                | 23          |
| 2.1.1.1. O Conceito de Qualidade aplicado às Organizações.....   | 24          |
| 2.1.1.2. O Conceito de Qualidade Aplicado à Educação.....        | 25          |
| 2.1.2. O Movimento em Prol da Qualidade.....                     | 25          |
| 2.1.2.1. Origem.....   | 25          |
| 2.1.2.2. Mudanças de Valores.....                                | 26          |
| 2.1.2.3. Extensão do Movimento no Sistema Educacional.....       | 27          |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.3. Qualidade na Produção de Bens e Serviços.....  | 27 |
| 2.1.3.1. Estabelecer Metas.....   | 28 |
| 2.1.3.2. Os Mandamentos da Qualidade Total.....   | 28 |
| 2.1.3.3. Técnicas para a prática da Qualidade.....  | 29 |
| 2.1.4. Internacional Organization for Standartization - ISO 9000.....                       | 31 |
| 2.1.5. Prêmio Nacional da Qualidade.....  | 32 |
| 2.1.6. Qualidade de Vida no Trabalho.....   | 33 |
| 2.1.7. Avaliação da Qualidade.....  | 34 |
| 2.1.7.1. Finalidade da Avaliação.....   | 34 |
| 2.1.7.2. Método de Avaliação.....   | 35 |
| 2.1.8. Algumas Considerações sobre Qualidade.....   | 39 |
| 2.2. A História do Ensino da Matemática na Engenharia no Brasil.....                        | 40 |
| 2.2.1. A Matemática nas Primeiras Escolas da Europa.....                                    | 41 |
| 2.2.2. Os Principais Textos Matemáticos no Ensino de Engenharia do Brasil.....              | 43 |
| 2.2.3 Academia Real Militar e o primeiro Curso Matemático Superior do Brasil.....           | 46 |
| 2.2.4. A Escola Central.....  | 49 |
| 2.2.5. As Escolas Politécnicas do Rio de Janeiro e São Paulo até 1930.....                  | 50 |
| 2.2.6. Ensino de Engenharia com a Criação da Faculdade de Filosofia.....                    | 52 |
| 2.2.7. O Ensino de Engenharia após a Reforma Universitária e o Currículo de Matemática..... | 55 |
| 2.3. O Currículo Vigente nos Cursos de Engenharia Civil, Química e Elétrica da FURB.....    | 57 |
| 2.3.1. Determinação do Conselho Federal da Educação.....                                    | 57 |
| 2.3.2. A Grade Curricular dos Cursos de Engenharia da FURB.....                             | 58 |
| 2.3.3. Currículo de Matemática.....   | 59 |
| 2.3.3.1. Conteúdo Matemático <i>versus</i> Tempo Dispensado para Ensino.....                | 60 |
| 2.3.4. Algumas Considerações sobre o Currículo.....   | 63 |
| 2.4. Modelagem Matemática.....  | 64 |
| 2.4.1. Modelo Matemático.....   | 64 |
| 2.4.2. Modelagem Matemática.....  | 65 |
| 2.4.3. Algumas Considerações sobre Modelagem.....   | 68 |

**CAPÍTULO III: PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS DA QUALIDADE  
NO ENSINO DE ENGENHARIA.....69**

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 3.1. Qualidade no Ensino..... | 70 |
|-------------------------------|----|

|  |     |
|--|-----|
| 3.1.1. Introdução.....   | 70  |
| 3.1.2. Principais Ações.....   | 71  |
| 3.1.3. Etapas para elaborar um Programa .....  | 74  |
| 3.1.3.1. Conceito.....   | 74  |
| 3.1.3.2. Planejamento.....   | 76  |
| 3.1.3.3. Desenvolvimento.....  | 78  |
| 3.1.3.4. Avaliação.....  | 79  |
| 3.1.4. Metodologia para Avaliação do Ensino.....   | 79  |
| 3.1.4.1. Estabelecer consciência sobre o Processo de Avaliação.....  | 80  |
| 3.1.4.2. Identificar Objetivos Específicos e o Processo do Ensino.....   | 80  |
| 3.1.4.3. Método de avaliação.....  | 81  |
| 3.1.4.4. Implementação e Análise da Avaliação.....   | 88  |
| 3.1.5. Algumas Considerações sobre o Programa de Qualidade no Ensino.....  | 91  |
| 3.2. Programa Alternativo de Matemática para Engenharia.....   | 92  |
| 3.2.1. Estratégias para Análise do Currículo.....  | 92  |
| 3.2.2. Tempo Dispensado para o Ensino de Matemática x conteúdo necessário.....                                     | 93  |
| 3.2.3. Análise do Currículo.....   | 95  |
| 3.2.4. Programa Alternativo.....   | 99  |
| 3.2.5. Algumas Considerações sobre Currículo.....  | 101 |
| 3.3. Modelagem Matemática no Processo de Ensino-Aprendizagem.....  | 102 |
| 3.3.1. Modelagem Matemática como Estratégia de Ensino de Matemática.....   | 103 |
| 3.3.1.1. Cursos em que a Modelagem Matemática vem sendo Implantada.....  | 104 |
| 3.3.1.2. Posições sobre a Modelagem Matemática no Ensino de Matemática.....  | 104 |
| 3.3.2. Modelação Matemática como Método de Ensino-Aprendizagem de Matemática no<br>Ensino Fundamental e Médio..... | 106 |
| 3.3.2.1. Considerações sobre a Modelagem Matemática.....   | 110 |
| 3.3.3. Modelação Matemática como Método de Ensino-Aprendizagem de Matemática no<br>Curso de Engenharia.....        | 111 |
| 3.4. Plano de Ação e Gerenciamento para um Curso de Engenharia.....  | 119 |
| 3.4.1. Etapas para Implementar um Plano de Ação e Gerenciamento.....   | 119 |
| 3.5. Interação do professor com a Modelagem e Modelação Matemática.....  | 124 |
| 3.5.1. Etapas para Aprender Modelagem.....   | 124 |

|   |         |
|---|---------|
| <b>CAPÍTULO IV: APLICAÇÃO DA PROPOSTA</b> .....   | 128     |
| 4.1. Modelação Matemática no Ensino Superior.....   | 129     |
| 4.1.1 Implementação da Modelação.....   | 129     |
| 4.1.1.1. Diagnóstico.....   | 130     |
| 4.1.1.2.Desenvolvimento.....  | 130     |
| 4.1.2. Relato do Trabalho Experimental – Calculo I – Engenharia Civil.....  | 135     |
| 4.1.2.1.Diagnóstico.....  | 135     |
| 4.1.2.2. Desenvolvimento.....   | 136     |
| 4.1.3. Alternativo Aplicado.....  | 146     |
| 4.1.3.1. Aplicação do Programa alternativo – MATEMÁTICA I.....  | 147     |
| 4.1.4. Relato dos dez Trabalho Experimentais no período: 1990 - 1993.....   | 150     |
| 4.1.5. Procedimento para avaliação da Modelação Matemática: Critérios,<br>Instrumentos, Indicadores e Escala..... | 167     |
| 4.1.5.1.Avaliação da Eficiência do Método.....  | 167     |
| 4.1.6. Avaliação da adequação do programa alternativo – MATEMÁTICA I.....   | 169     |
| 4.1.6.1.Avaliação da Aplicação do Conceito de Qualidade.....  | 169     |
| 4.2. Atividades Desenvolvidas com Professores.....  | 170     |
| 4.2.1. Principais questões levantadas pelos professores.....  | 170     |
| 4.2.2. Relato sobre atividades exercidas com professores.....   | 172     |
| 4.2.2.1. Curso de Educação Matemática do Projeto Professor Competente.....  | 172     |
| 4.2.2.2.Seminário do Departamento de Matemática – FURB.....   | 173     |
| 4.2.2.3. Curso de Pós-Graduação em Educação Matemática.....   | 175     |
| 4.2.2.4. Curso de Pós-Graduação em Metodologia e Aprendizagem na Educação.....                                    | 177     |
| 4.2.3. Avaliação das Atividades Exercidas com Professores.....  | 178     |
| 4.2.3.1. Avaliação da Palestra – FERJ.....  | 178     |
| 4.2.3.2. Avaliação do Seminário – Departamento de Matemática – FURB.....  | 178     |
| 4.2.3.3. Avaliação da Disciplina Metodologia do Ensino – UNOESC.....  | 179     |
| 4.2.3.4. Avaliação da disciplina Educação Matemática – FERJ.....  | 179     |
| 4.2.4. Considerações sobre as atividades desenvolvidas.....   | 180     |
| 4.3. Projeto de Qualidade Para o Ensino Fundamental.....  | 181     |
| <br><b>CAPÍTULO V: AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DESENVOLVIDA</b> .....  | <br>184 |
| 5.1.Introdução.....   | 185     |

|  |            |
|--|------------|
| 5.2. Modelação Matemática no Ensino Superior.....                              | 186        |
| 5.2.1. Avaliação da eficiência do Método.....                                  | 186        |
| 5.2.1.1. Descrição dos Resultados.....   | 186        |
| 5.2.1.2. Análise dos Resultados.....   | 191        |
| 5.2.2. Avaliação da Aplicação do Conceito de Qualidade.....                    | 191        |
| 5.2.2.1. Descrição dos Resultados obtidos em cada Critério estabelecido.....   | 192        |
| 5.2.2.2. Análise de Resultados.....  | 195        |
| 5.2.3. Avaliação do Programa Alternativo.....                                  | 197        |
| 5.2.3.1. Descrição dos Resultados.....   | 197        |
| 5.2.3.2. Análise dos Resultados.....   | 198        |
| 5.2.4. Avaliação do Método de Modelação sob o Ponto de vista de Ex-Alunos..... | 200        |
| 5.2.4.1. Descrição dos Resultados.....   | 200        |
| 5.2.4.2. Análise dos Resultados.....   | 202        |
| 5.2.5. Considerações sobre Modelação Matemática no Ensino Superior.....        | 203        |
| 5.3. Avaliação das Atividades Desenvolvidas com Professores.....               | 205        |
| 5.3.1. Curso de Educação Matemática do Projeto Professor Competente.....       | 205        |
| 5.3.2. Seminário do Departamento de Matemática – FURB.....                     | 206        |
| 5.3.3. Curso de Pós Graduação em Educação Matemática.....                      | 207        |
| 5.3.4. Curso de Pós Graduação em Metodologia e Aprendizagem.....               | 209        |
| 5.4. Considerações Finais.....   | 210        |
| <br>   |            |
| <b>CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>                            | <b>212</b> |
| 6.1. Conclusões Gerais.....  | 212        |
| 6.2. Respostas às Questões Básicas de Pesquisa.....                            | 216        |
| 6.3. Validade dos Pressupostos.....  | 218        |
| 6.4. Alcance dos Objetivos.....  | 219        |
| 6.5. Validade da Metodologia Proposta.....                                     | 222        |
| 6.6. Análise dos resultados Experimentais.....                                 | 223        |
| 6.7. Recomendações.....  | 225        |
| 6.7.1. Quanto à Modelação Matemática no Ensino Superior.....                   | 225        |
| 6.7.2. Quanto ao Currículo.....  | 225        |
| 6.8. Considerações Finais.....   | 225        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b> | <b>227</b> |
|--------------------------|------------|

|  |            |
|--|------------|
| <b>ANEXO I - Síntese dos Principais Trabalhos Experimentais usando<br/>Modelagem ou Modelação Matemáticas.....</b> | <b>233</b> |
| <b>ANEXO II - Tabelas, Gráficos e Planilhas.....</b>   | <b>254</b> |
| <b>ANEXO III - Grau de Utilidade da Matemática nas Disciplinas das Engenharias.....</b>                            | <b>258</b> |
| <b>ANEXO IV - Modelos Matemáticos.....</b>   | <b>268</b> |
| <b>ANEXO V - Fichas de Entrevistas de Alunos Egressos.....</b>   | <b>288</b> |
| <b>ANEXO VI - Fichas de Entrevistas e Tabelas Relativas aos Trabalhos Experimentais..</b>                          | <b>301</b> |

## LISTA DE QUADROS

|  |     |
|--|-----|
| QUADRO 1.1. ESTRUTURA CRONOLÓGICA DA PESQUISA.....   | 19  |
| QUADRO 2.1. MATERIAIS DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL.....  | 58  |
| QUADRO 2.2. GRADES CURRICULARES.....   | 58  |
| QUADRO 2.3. DISCIPLINAS DE MATEMÁTICA VERSUS CARGA HORÁRIA.....                            | 59  |
| QUADRO 3.1. NÚMERO DE DISCIPLINAS VERSUS UTILIZAÇÃO DE MATEMÁTICA.....                     | 92  |
| QUADRO 3.2. FREQUÊNCIA ÁUREA DA MATEMÁTICA NAS DISCIPLINAS DAS<br>ENGENHARIAS DA FURB..... | 94  |
| QUADRO 3.3. ORDEM DAS DISCIPLINAS DE MATEMÁTICA PELA FREQUÊNCIA DOS<br>CONTEÚDOS.....      | 96  |
| QUADRO 3.4. GUIA PARA UM PLANO DE AÇÃO.....  | 123 |
| QUADRO 4.1. VARIAÇÃO DA VAZÃO DURANTE 24 HORAS.....  | 138 |
| QUADRO 4.2. QUANTIDADE MÉDIA DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS EM 24 HORAS.....                     | 138 |
| QUADRO 4.3. PROGRAMA ALTERNATIVO I.....  | 147 |
| QUADRO 4.4. TEMPO DISPENSADO PARA CONTEÚDO E ATIVIDADES.....                               | 150 |
| QUADRO 4.5. DISPOSIÇÃO DOS TRABALHOS EXPERIMENTAIS.....                                    | 151 |
| QUADRO 4.6.1. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 152 |
| QUADRO 4.6.2. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 154 |
| QUADRO 4.6.3. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 155 |
| QUADRO 4.6.4. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 157 |
| QUADRO 4.6.5. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 159 |
| QUADRO 4.6.6. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 160 |
| QUADRO 4.6.7. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 162 |
| QUADRO 4.6.8. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 163 |
| QUADRO 4.6.9. NOTA MÉDIA DOS APROVADOS.....  | 165 |
| QUADRO 4.7. PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA<br>DO MÉTODO .....                  | 167 |
| QUADRO 4.8. ESCALA ÁUREA PARA AVALIAR PONTO DE VISTA DO ALUNO.....                         | 168 |
| QUADRO 4.9. PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DO PROGRAMA<br>ALTERNATIVO .....                  | 169 |



|   |     |
|---|-----|
| QUADRO 4.10. CRITÉRIOS, INDICADORES E ESCALA PARA AVALIAR TRABALHOS DE MODELAGEM.....                     | 170 |
| QUADRO 5.1. DESEMPENHO DOS ALUNOS EM MATEMÁTICA.....  | 186 |
| QUADRO 5.2. VALOR MÉDIO DAS RESPOSTAS ÀS QUESTÕES 1.2;1.3;1.4; E 1.6.....                                 | 188 |
| QUADRO 5.3. DIFICULDADES PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO DE MODELAGEM E CONTRIBUIÇÃO PARA O CONHECIMENTO..... | 190 |
| QUADRO 5.4.1.QUESTÕES ADEQUADAS PARA A ELABORAÇÃO DE MODELOS.....   | 192 |
| QUADRO 5.4.2.ORIENTAÇÃO PARA CADA GRUPO.....  | 193 |
| QUADRO 5.4.3.CONTEÚDO PROGRAMÁTICO UTILIZADO NO TRABALHO.....   | 193 |
| QUADRO 5.4.4.COERÊNCIA NA ANÁLISE DO MODELO.....  | 194 |
| QUADRO 5.4.5.INTERESSE PELO TRABALHO.....   | 194 |
| QUADRO 5.5. MÉDIA DE CADA CRITÉRIO ESTABELECIDO.....  | 196 |
| QUADRO 5.6. PROGRAMAS DE CÁLCULO I VIGENTE E ALTERNATIVO.....   | 198 |
| QUADRO 5.7. ASPECTOS POSITIVOS DA MODELAÇÃO SEGUNDO UMA PARCELA DE ALUNOS EGRESSOS.....                   | 202 |
| QUADRO 5.8.RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA PROFESSORA.....                                       | 207 |
| QUADRO 5.9. GRAU DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS EM RELAÇÃO A DISCIPLINA.....                                    | 210 |
| QUADRO 6.1. RELAÇÕES ENTRE QUESTÕES, PRESSUPOSTOS, OBJETIVOS, METODOLOGIA E RESULTADOS ALCANÇADOS.....    | 224 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 2.1. CONTROLE DE PROCESSO E ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....                           | 30  |
| FIGURA 2.2. TEMPO MÉDIO DISPENSADO PARA O ENSINO DE CÁLCULO I.....                          | 60  |
| FIGURA 2.3. TEMPO MÉDIO DISPENSADO PARA O ENSINO DE ALGA I.....                             | 61  |
| FIGURA 2.4. TEMPO MÉDIO DISPENSADO PARA O ENSINO DE CÁLCULO II.....                         | 61  |
| FIGURA 2.5. TEMPO MÉDIO DISPENSADO PARA O ENSINO DE CÁLCULO III.....                        | 62  |
| FIGURA 2.6. TEMPO MÉDIO DISPENSADO PARA O ENSINO DE CÁLCULO IV.....                         | 62  |
| FIGURA 2.7. TEMPO MÉDIO DISPENSADO PARA O ENSINO DE CALC. NUMÉRICO..                        | 63  |
| FIGURA 2.8. ESQUEMA DA MODELAGEM.....   | 65  |
| FIGURA 2.9. DIAGRAMA DO PROCESSO DA MODELAGEM MATEMÁTICA.....                               | 66  |
| FIGURA 3.1. PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE QUALIDADE NO ENSINO.....                           | 79  |
| FIGURA 3.2. ORGANOGRAMA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE<br>DO ENSINO.....                       | 81  |
| FIGURA 3.3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ESCALA ÁUREA.....                                      | 87  |
| FIGURA 3.4. GRÁFICO COMPARATIVO DE FREQUÊNCIA.....  | 95  |
| FIGURA 3.5. ESQUEMA DA MODELAÇÃO MATEMÁTICA.....  | 109 |
| FIGURA 3.6. DINÂMICA DO DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO MATEMÁTICO..                            | 113 |
| FIGURA 3.7. ESQUEMA DO PROCESSO DE MODELAGEM.....   | 114 |
| FIGURA 3.8. PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....  | 121 |
| FIGURA 3.9. DINÂMICA DO PLANO DE AÇÃO E GERENCIAMENTO.....                                  | 122 |
| FIGURA 4.1. DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO PROGRAMÁTICO.....                                   | 132 |
| FIGURA 4.2. DINÂMICA DA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO<br>SUPERIOR.....                     | 134 |
| FIGURA 5.1. NOTA MÉDIA E APROVADOS.....   | 187 |
| FIGURA 5.2. VALOR MÉDIO DAS RESPOSTAS POR TURMA.....  | 189 |
| FIGURA 5.3. VALOR MÉDIO DE CADA RESPOSTA.....   | 189 |
| FIGURA 5.4. POSIÇÃO DOS ALUNOS SOBRE DIFICULDADE PARA FAZER O<br>TRABALHO DE MODELAGEM..... | 190 |
| FIGURA 5.5. POSIÇÃO DOS ALUNOS SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO DE<br>MODELAGEM.....        | 190 |
| FIGURA 5.6. MÉDIA DE CADA CRITÉRIO ESTABELECIDO.....  | 197 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 5.7. PROGRAMAS VIGENTE E ALTERNATIVO.....                           | 198 |
| FIGURA 5.8. TEMPO DISPENSADO PARA O ENSINO DE CÁLCULO I.....               | 199 |
| FIGURA 5.9. PRINCIPAIS ASPECTOS POSITIVOS.....                             | 202 |
| FIGURA 5.10. AVALIAÇÃO GERAL DA DISCIPLINA.....                            | 208 |
| FIGURA 5.11. DESEMPENHO DA PROFESSORA.....                                 | 208 |
| FIGURA 5.12. AVALIAÇÃO GLOBAL.....   | 209 |
| FIGURA 5.13. GRAU DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À<br>DISCIPLINA..... | 210 |

## RESUMO

A presente tese, intitulada QUALIDADE PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA: UMA PROPOSTA CURRICULAR E METODOLÓGICA, faz uma análise sobre Gestão da Qualidade, Modelagem Matemática, História do Ensino de Matemática nas Engenharias do Brasil; Currículo vigente e propõe um plano para implantação e gerenciamento de qualidade para o ensino em geral e Cursos de Engenharia além de método de ensino-aprendizagem e programa alternativo de matemática para um Curso de Engenharia.

A área de Gestão da Qualidade mostrou que o ponto básico para atingir melhoria, em todos os setores, em especial no Ensino, é a definição de objetivos e planos para atingir os resultados desejados.

Uma análise sobre a história do ensino da matemática na Engenharia no Brasil permitiu compreender onde e, a partir de que momento, se encontram a fragilidade e a descontinuidade dos programas de matemática, as causas que contribuíram para a deficiência da formação profissional e as conseqüências da implantação das Faculdades de Filosofia, na década de 30 e da Reforma Universitária, em 1968.

Por outro lado, uma pesquisa sobre o currículo vigente indica que a questão curricular é pequena frente ao ensino praticado. A prática de Ensino utilizada nos Cursos de Engenharia, notadamente, de matemática tem se revelado desajustada e inadequada.

A Modelagem Matemática mostra ser um processo utilizado há séculos, em toda ciência em geral e na área de Engenharia, em particular.

Essa constatação aliada à experiência docente utilizando-se da Modelagem Matemática no ensino permitiu propor, implantar e avaliar métodos de ensino, de aprendizagem, de gerenciamento de um curso e de reestruturação do programa de matemática no intuito de oferecer condições para que se promova um ensino-aprendizagem de matemática, que além das teoria e prática, forneça ao futuro engenheiro habilidade de discernimento, discussão sobre aspectos da área, enfim, autonomia profissional crítica.

A teoria da Gestão de Qualidade mostrou que a Modelagem e Modelação Matemáticas são ferramentas eficientes na formação de Engenheiros integrando seu aprendizado e suas necessidades profissionais, uma vez que apresentam vantagens para experiência intelectual dos futuros engenheiros e dos professores, valorizando enormemente a relação ensino-aprendizagem, num contexto de mudanças aceleradas.

## ABSTRACT

This thesis, **QUALITY FOR TEACHING OF MATHEMATICS IN ENGINEERING: A DISCIPLINARY AND METHODOLOGICAL APPROACH**, analyzes Quality Management, Mathematical Modeling, History of Teaching of Mathematics in Engineering Schools in Brazil and existing Curriculum; it suggests a plan for implementation and management of quality for teaching in general and Engineering Courses, besides a teaching/learning method and an alternative math program for an Engineering Course.

The Quality Management area showed that the basic factor to achieve improvement in all sectors, primarily the teaching one, is the definition of goals and plans to get the desired results.

An analysis of the math teaching history in Engineering in Brazil allowed for the understanding of where and as from when the weakness and discontinuation of math programs take place, causes which contributed to the deficiency of professional education and the consequences of implementation of Philosophy Colleges in the thirties, and the University Reform in 1968.

On the other hand, a research on the existing curriculum indicates that the disciplinary issue is practically meaningless vis-à-vis the teaching practised. The teaching method used in Engineering Courses, especially the math one, proved to be inadequate and unfit.

The Mathematical Modeling is a process that has been used for centuries, in Science in general and in the Engineering area in particular.

This evidence, coupled with the teaching experience, using the Mathematical Modeling, allowed for suggesting, implementation and evaluation of teaching, learning and management methods of a given course and restructuring of the math program, aiming at offering conditions to foster teaching and learning of Mathematics that, besides both theory and practice, provides the future engineer with ability to judge and discuss the area's aspects, in short, with analytical professional autonomy.

The Quality Management theory showed that both the Mathematical Modeling and Shaping are effective tools in the education of Engineers, by integrating their learning and professional needs, as they offer advantages to the intellectual experience of both future engineers and teachers, thus greatly appreciating the teaching/learning ratio, within a context of fast changes.

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.1. Apresentação do Tema e Justificativa

A tese ora proposta, sintetizada no tema **Qualidade no ensino de Matemática da Engenharia: uma proposta metodológica e curricular**, é resultado de uma série de acontecimentos na trajetória profissional da autora desta tese, julgando-se pertinente comentar.

A autora desta tese ingressou no magistério público como docente de Matemática em 1981 e logo percebeu que sua formação acadêmica não fora suficientemente abrangente para uma adequada atuação profissional como acontece com a maioria que conclui curso superior.

Assim, ao longo de quatro anos, a inexperiência, acoplada aos poucos elementos didáticos e pedagógicos disponíveis, tornaram-na ciente das deficiências do ensino público.

À procura de soluções para alguns dos problemas, que se apresentavam no ensino de Matemática, buscou por cursos de pós-graduação, supondo ser este um caminho para suprir as lacunas da formação.

Os cursos de pós-graduação, realizados no período de 1985 a 1989, não apenas contribuíram, significativamente, para um maior conhecimento de Matemática como também definiram uma trajetória de pesquisa: a Modelagem Matemática.

A Modelagem Matemática é um conjunto de etapas necessárias para se obter um Modelo Matemático. O Modelo Matemático é uma representação do mundo real por meio de ferramentas matemáticas.

Esse processo muito utilizado no meio tecnológico vem sendo defendido por muitos pesquisadores, nos últimos vinte anos, como estratégia para ensinar e aprender Matemática em qualquer nível.

Iniciou-se, então, em 1986, uma pesquisa em duas frentes:

- uma fundamentação teórica dos modelos matemáticos clássicos e seu uso como método de ensino e aprendizagem de Matemática; das teorias de aprendizagem e da história da ciência;
- a realização de trabalhos experimentais com alunos, diretamente e indiretamente, através de professores simpatizantes da proposta.

Essa pesquisa visava, fundamentalmente, validar um método que melhorasse o ensino e a aprendizagem de Matemática nos cursos Fundamental e Médio.

Nos primeiros três anos de pesquisa nessa área, a autora desta tese realizou diretamente com alunos do Fundamental e do Médio, seis trabalhos experimentais.

À medida em que estes seis trabalhos experimentais foram sendo divulgados junto a professores de matemática de diversas regiões do país, passaram a ganhar adeptos. Ou seja, muitos professores aderiram às propostas para suas salas de aula. Nesse sentido, cerca de trinta professores, respectivamente de oito estados, realizaram trabalhos experimentais, com alunos do Fundamental e do Médio.

A análise dos resultados obtidos desses trabalhos (vide anexo I), aliada à fundamentação teórica, permitiram à autora desta tese definir um método que leva o aluno não apenas a aprender Matemática como também propicia desenvolver seu senso crítico e criativo.

Este método, que a autora desta tese denominou de Modelação Matemática (BIEMBENGUT, 1990) e que lhe valeu o título de Mestre em Educação Matemática, utiliza-se da essência do processo de fazer modelos matemáticos - Modelagem - para se ensinar Matemática no curso regular. Ou seja, o método propõe que os alunos escolham um *tema* de interesse (*tema* único por turma), levantem questões, façam pesquisa e o professor desenvolva o conteúdo programático na medida em que vão (alunos e professor) elaborando um Modelo Matemático para responderem questões levantadas no *tema* original.

Vale salientar que o método proposto tem tido grande aceitação por parte dos educadores matemáticos. Nos últimos dez anos, a autora realizou mais de cem atividades (palestras, cursos de extensão e pós-graduação) a convite, em instituições de ensino superior de diversas regiões do país e exterior e orientou cerca de sete projetos, quarenta monografias de pós-graduação e quatro dissertações de mestrado, onde aplicações experimentais, realizadas com os respectivos alunos (Fundamental, Médio e Superior) desses professores, são a essência desses trabalhos.

A partir de 1990, a autora desta tese passou a atuar no Departamento de Matemática da Universidade Regional de Blumenau, na graduação, como docente de Cálculo Diferencial e Integral nos diversos Cursos e na Pós-graduação como docente de Metodologia do Ensino de Matemática.

No Curso Superior, apesar da matemática ser um instrumento essencial de diversos cursos, a autora desta tese verificou problemas comuns aos que se apresentam no Ensino Fundamental e Médio no que diz respeito ao ensino-aprendizagem de Matemática.

Por exemplo, nos Cursos de Engenharia, cuja carga horária de Matemática é de 520 horas/aula, os alunos têm pouquíssimas oportunidades de ver qualquer aplicabilidade em suas respectivas áreas de atuação profissional. Nem os professores têm argumentos, outros além do clássico - e desestimulante - "...depois vocês vão ver para que serve"! Os resultados dessa motivação empurrada para o futuro reflete-se na desistência, no desinteresse, na reprovação e na aprovação pelo mínimo desempenho.

De posse de um passado de experiências bem sucedidas no uso de Modelação no Ensino Fundamental e Médio, em conteúdos completamente diferentes, mas em estruturas de aprendizagem paralelas (falta de interesse, motivação e os mesmos "depois a gente vê para que se aprende" dos professores), a autora desta tese julgou pertinente, num primeiro momento, implementar o método de Modelação Matemática para ensino e aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral visto que esta atitude docente significava enfrentar de imediato dois entraves para o aprendizado de Cálculo: a falta de motivação e a ausência de aplicabilidade - o que torna a Matemática uma disciplina de si mesma e não uma ferramenta essencial para o exercício profissional ou acadêmico da engenharia.

Nesse sentido, entre 1990 a 1993 (ano que passa a fazer doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) realizou dez trabalhos experimentais, na graduação, em particular, nos cursos de Engenharias Civil e Química.

Comparativamente ao modelo tradicional de ensino de Cálculo, o recurso da Modelação:

- provocou um maior interesse, por parte dos alunos, frente à aplicação da matemática no desenvolvimento dos seus próprios cursos;
- estimulou um sensível aumento na participação em sala de aula (perguntas e respostas durante a exposição do conteúdo);



- aumento no nível de pesquisas, realizadas e apresentadas, periodicamente, em forma de seminário, além de levar a um crescimento na média geral das notas das avaliações escritas; e

- resultou numa sensível redução no número de desistências ou reprovações.

Do ponto de vista da prática docente em cursos de nível superior, estes resultados indicam, qualitativamente, uma melhoria em processos de aprendizagem, em comparação com as atividades de ensino ditas tradicionais.

Apesar desses resultados, nos cursos de Engenharia Civil e Química, alguns fatos ocorridos levaram-na, posteriormente, a uma nova trajetória de pesquisa.

Dentre os principais fatos, destacam-se:

- Resistência por parte dos alunos em relação à proposta de ensino.

Na Modelação o conteúdo programático (no caso, Cálculo) emerge do tema (problema relativo à Engenharia). Assim, os alunos, acostumados aos ‘moldes convencionais’ de ensino (uso de técnicas para resolução de exercícios) viam na Modelação um caminho mais difícil por ser um processo que exige pesquisa, criatividade e raciocínio.

- Período curto para incrementar uma pesquisa.

A semestralidade, aliada à não-continuidade do professor com a mesma turma, dificultava a implementação, conjuntamente com os alunos, de um trabalho de pesquisa a longo prazo.

- Falta de bibliografia disponível, específica de matemática, para cada uma das Engenharias (Civil e Química).

Para nortear a elaboração de modelos e fazer emergir destes os conteúdos matemáticos do programa, era necessário inteirar-se do tema escolhido. Sendo o tema relativo a uma área específica da Engenharia, a ausência de bibliografia para este fim dificultava o preparo de aulas bem como uma melhor interação com a área afim.

- Ausência de uma interação periódica entre os professores das disciplinas básicas (no caso, Matemática) e os das disciplinas específicas.

Não havia um planejamento conjunto entre professores que permitisse inteirar-se das necessidades das disciplinas específicas bem como das inovações tecnológicas.

Existe um ementário a ser cumprido. Esse ementário, elaborado por um colegiado, passa por um período extenso sem ser reavaliado.

Esses fatos mostraram que uma prática docente individualizada, mesmo que atenda às expectativas do grupo de alunos participantes, não provoca qualquer alteração no processo de formação desses profissionais.

Tem-se claro que a Matemática, alicerce de boa parte das áreas do conhecimento, e dotada de uma estrutura que permite desenvolver bem os níveis cognitivo e criativo, é a base do engenheiro. E a Modelação Matemática, sob uma certa perspectiva, mostrou-se eficiente como estratégia no ensino de Matemática na Engenharia.

Para que se promovam, porém, mudanças no ensino e na aprendizagem de Matemática a fim de que esta contribua na formação com qualidade do engenheiro, é necessário ir além de uma prática docente individual com a utilização de métodos eficientes. Exige-se um plano de ação, dinâmico, que integre todos os envolvidos com o curso em questão: alunos, professores, coordenação, instituição e empresas que, direta ou indiretamente, necessitam de profissionais de engenharia.

Essa questão e outras correlatas que levaram a autora desta tese para a área de Qualidade do curso de Doutorado em Engenharia de Produção de Sistemas visto que tanto a “Engenharia de Produção caracteriza-se por Engenharia de Métodos sem vinculação específica com determinado tipo de sistema” quanto à área de Gestão da Qualidade visa a “disseminação de conceitos, metodologia, sistemas e técnicas da qualidade”<sup>1</sup>.

As teorias disponíveis da área de Gestão de Qualidade forneceram subsídios a autora desta tese para avaliar e reestruturar a proposta de Modelação Matemática para cada nível de Ensino de Matemática (do Fundamental à Pós-Graduação) e, em particular, das Engenharias, bem como, para orientar os respectivos professores na promoção de um ensino de matemática de qualidade a esses futuros profissionais que terão como tarefa a manutenção e re-estruturação do meio. Além disso, permitiu elaborar um Programa de Qualidade para o Ensino em qualquer área.

---

1 Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - UFSC

## 1.2. Abordagem Geral do Problema

### 1.2.1. Matemática & Engenharia

A Matemática, com sua estrutura, está presente em todo o desenvolvimento tecnológico da humanidade.

A história da ciência mostra que o desenvolvimento das mais elementares técnicas, seja para sobrevivência ou conquista do universo, fomentou o avanço matemático de que ora se dispõe.

Como a Engenharia é a arte de criar artefatos ou transformar elementos do meio circundante em instrumentos, a Matemática é uma de suas principais ferramentas.

Testemunhas disso são os currículos das Escolas de Engenharia desde que as primeiras foram implantadas.

Ao analisar a evolução do Ensino de Engenharia no Brasil, observa-se que trazem, em sua essência, segmentos das escolas européias e americanas, bem como um espaço significativo para a Matemática na formação desses profissionais.

À medida que a sociedade foi avançando em busca de novas alternativas, os currículos escolares, em particular de Matemática para engenharia, sob determinadas limitações, foram adaptando-se às exigências.

Embora parte desse avanço tenha sido incorporado pelos cursos superiores, em especial de Engenharia, a autora desta tese não dispõe de elementos para julgar se o currículo de Matemática bem como a forma de ensino anteriores à década de 70 deste século, favoreciam uma formação profissional que atendesse às exigências da sociedade.

Nas Escolas de Artilharia e Fortificação dos séculos XVII a XVIII, por exemplo, onde o número de alunos era pequeno e a formação teórica era paralela à prática, supõe-se que o ensino melhor se adequava às condições do meio, uma vez que o ensino mais se aproximava ao trabalho entre um artesão (no caso, o único mestre) e seus aprendizes, cuja capacidade técnica era destinada à fabricação de bens de consumo ou de produção ou de bens de valor.

Além disso, como “as pessoas viviam em comunidades pequenas e coesas e vivenciavam a natureza em termos de relações orgânicas, caracterizadas pela interdependência dos fenômenos espirituais e materiais e pela subordinação das necessidades individuais às da comunidade”

(CAPRA, 1995:49), o mestre/artesão, em geral, era o responsável pelos meios de produção por ele utilizados.

À medida que passa a ocorrer uma maior expansão industrial urbana, porém, e que as máquinas passam a assumir o trabalho de artesãos, uma nova fase tem início no processo produtivo: a especialização.

### 1.2.2. As conseqüências da Especialização.

A especialização, em sintonia com o crescimento populacional urbano, impulsionou a criação de escolas, em especial, as de Engenharia. Essas escolas, sem dúvida, contribuíram, significativamente, para a área tecnológica em geral e, em particular, para o desenvolvimento da Matemática, que pode passar a dedicar-se, também, à pesquisa.

Se por um lado a especialização possibilitou às empresas a produção em massa, com sensível diluição dos custos de investimentos e dos gastos, por outro, aumentou a necessidade de coordenação dessas tarefas simples do processo produtivo, consideravelmente. O resultado foi a implantação excessiva de sistemas e processos, métodos disciplinares, controles, estudos de tempo, tudo no intuito de restringir as atividades das pessoas envolvidas em funções especializadas.

Ao longo do tempo, as especializações implantadas em todos os setores do processo produtivo e também no setor educacional conduziram a uma fragmentação excessiva de tarefas e competências.

*“O método de reduzir fenômenos complexos a seus componentes básicos e de procurar os mecanismos através dos quais esses componentes interagem tornou-se tão profundamente enraizado em nossa cultura que tem sido amiúde identificado como método científico. Em conseqüência dessa ênfase dada à ciência reducionista, nossa cultura tornou-se progressivamente fragmentada e desenvolveu uma tecnologia, instituições e estilos de vida profundamente doentios.” (CAPRA, 1995:55)*

Na Educação, essa fragmentação ainda se constitui num problema medular. Embora, em determinada época, tenha favorecido o desenvolvimento de pesquisas em áreas específicas, no ensino colaborou para a formação deficitária da maioria das pessoas que atuam nos mais diversos setores da sociedade, em especial, da própria Educação.

*“Na vida cotidiana não nos apercebemos dessa unidade de todas as coisas; em vez disso, dividimos o mundo em objetos e eventos isolados. Essa divisão é por certo, útil e necessária, para enfrentarmos com sucesso nosso ambiente de todos os dias; contudo essa divisão não é uma característica fundamental da realidade. Trata-se, na verdade, de uma abstração elaborada pelo nosso intelecto afeito à discriminação e à categorização”. (CAPRA, 1995: 253).*

### 1.2.3. Reforma Universitária de 1968: implicações no Ensino

Uma “caminhada a passos largos” pela história do ensino de Matemática na Engenharia não permite identificar com segurança quais as reais variáveis que o tornaram, com raras exceções, tão dissonante das expectativas da sociedade vigente.

Desde sua criação, verifica-se que o ensino, pelo que consta nas bibliografias, sofreu e vem sofrendo inúmeras alterações. É claro que essas alterações não ocorreram de forma aleatória. Os grupos envolvidos, guiados por ideologia e múltiplos interesses, apoiavam-se no seu entendimento sobre sociedade e educação, para cuidarem dos direcionamentos impostos, quer fossem curriculares ou metodológicos.

GOODSON (1995: 8) afirma que “o processo de fabricação do currículo não é um processo lógico, mas um processo social, no qual convivem lado a lado com fatores lógicos, epistemológicos, intelectuais, determinantes sociais menos nobres e menos formais”.

Muitos defendem a qualidade do ensino no passado frente ao que se passa hoje. Apontam para a Reforma Universitária de 1968 como responsável pelo fracasso do Ensino, em particular do Ensino de Engenharia, porque esta Reforma fez implantar os Institutos Básicos de Física, Química e Matemática e o sistema de créditos, o que contribuiu, sobremaneira, para a fragmentação das disciplinas.

Há muitas opiniões sobre a questão e nenhum consenso, exceto pelo fato da Reforma Universitária aliada à política econômica, nos últimos 25 anos, geraram uma série de problemas, em especial, no Ensino de modo geral.

Se, por um lado, a Reforma propiciou um aumento de instituições de ensino, sobretudo, instituições particulares de ensino superior, viabilizando o ingresso da população economicamente menos favorecida, por outro, a política pedagógica dessas instituições, salvo raras exceções,

oferecendo Cursos de finais de semana, de férias ou noturnos, colaborou para uma formação deficitária em todos os níveis e, em especial, na formação de professores.

Essa formação, aliada à departamentalização, que torna cada professor independente, sem um conhecimento significativo sobre os objetivos gerais do curso que está fazendo parte, e mais, o sistema de créditos que distancia, por demais, os conteúdos desenvolvidos, têm tornado o Ensino divorciado da realidade, estanque e desprovido de qualquer significado.

No que diz respeito ao professor de Matemática, cuja formação está voltada para a área da Matemática Pura, “apesar de sua competência e capacidade, não está muito afeito às necessidades tecnológicas específicas da área tecnológica, como é o caso da Engenharia” (CAMARDELLA, 1994: 19). Neste caso, uma vez recrutado para ensinar nesses cursos, acaba, em geral, por reproduzir apenas uma série de técnicas, sem grande importância para o futuro profissional.

Sem a pretensão de julgar todo o corpo de disciplinas que envolve um Curso de Engenharia, a análise ficará limitada ao que se refere à área de Matemática, por ser um instrumento necessário às diversas áreas do conhecimento.

#### 1.2.4. Matemática nas Engenharias

Desde a criação do Curso de Engenharia, a Matemática vem sendo o instrumento básico do engenheiro. No período que vem da implementação dos precursores Cursos de Engenharia - Artilharia e Fortificação - do século XVII até final do século XIX, a Matemática passou de Elementar para uma Matemática Superior, tendo em vista os avanços tecnológicos que ocorreram nesse período.

O Cálculo e a Geometria com toda uma “estrutura”, desde o século XIX, tornaram-se ferramentas indispensáveis ao engenheiro.

Apesar dessa importância, esse ensino não tem correspondido às expectativas. Dentre as causas apontadas:

- ◆ as disciplinas de Cálculo, Álgebra e Geometria são tratadas de forma estanque, sem qualquer vínculo umas com as outras;
- ◆ os professores das áreas específicas, em geral, afirmam que os alunos não vêm, suficientemente, preparados do chamado ciclo básico;

◆ há um certo consenso entre os profissionais, da área de Engenharia, que a Matemática aprendida no curso é insuficiente para áreas de atuação em Engenharia;

◆ “alta rotatividade de professores”;

◆ “professores iniciantes nos primeiros semestres; (BRIGHENTI, 1994)

◆ o Cálculo Diferencial Integral faz parte do ementário de muitos cursos, tais como: Química, Biologia, Administração de Empresas, Ciências Econômicas, entre outros, “camuflados” sob diversos nomes, de acordo com os cursos em questão; e

◆ em boa parte dos Cursos de Engenharia, as disciplinas de Cálculo Diferencial Integral, Álgebra Linear e Geometria Analítica e Cálculo Numérico perfazem cerca de 480 horas/aula. A ênfase é dada às técnicas e não às aplicações, ou seja, não há qualquer vinculação com a Engenharia. Isso porque muitos professores, principalmente das áreas específicas do curso, defendem o desenvolvimento das técnicas de matemática em detrimento dos porquês e aplicações, uma vez que nessas disciplinas o aluno “necessitará” de técnicas para utilização.

Como consequência, destacam-se:

◆ os tópicos como Função, Limite, Derivada e Integral são igualmente ensinados em todos os cursos, devido à carga horária, diferenciando apenas na ênfase dada pelo professor (nos cursos de Engenharia é maior);

◆ os alunos, não “vêm utilidade ou não lhes são esclarecidos sobre a serventia posterior do que lhes é ensinado”( BRIGHENTI, 1994);

◆ aluno vê esse conteúdo matemático nos primeiros semestres do curso e depois utilizando-o somente nos últimos, o essencial acaba sendo esquecido;

◆ nas disciplinas de Cálculo e Álgebra são registrados os maiores índices de reprovação e desistência.

CARMADELLA (1994: 19) afirma que “o fato, por exemplo, de os citados Institutos Básicos serem constituídos por professores que não são, eventualmente, engenheiros, pode parecer, à primeira vista, alvo de dúvidas”.

Neste sentido, o desenvolvimento de cada tópico de conteúdo matemático é feito, muitas vezes, negligenciando-se alguns conceitos fundamentais em detrimento de regras e técnicas que, por certo, em meio ao avanço tecnológico já são obsoletas.

“Neste ponto, raros são os professores com treinamento especializado naquilo que ensinam; o que eles fazem é imprimir à sua tarefa o entusiasmo missionário dos pioneiros. Neste

estágio o critério dominante é significativamente a aplicabilidade às necessidades e interesses dos alunos".(GOODSON, 1995: 37)

Outro aspecto verificado é que os professores, de posse do ementário de matemática para o Curso, procuram um livro-texto com o qual melhor se adaptem, (em geral, o mesmo que foi utilizado em sua formação) e transcrevem-no em suas respectivas aulas.

BRIGHENTI (1994: 32) afirma que, na Politécnica de São Paulo, "muitos professores repetem o que está no livro texto, e com isto, muitos alunos deixam de freqüentar as aulas - por considerá-las desnecessárias ou preteríveis - e estudam autonomamente a partir de anotações de alguns colegas ou de livros".

Além disso, são raras as bibliografias na área de Matemática que atendam a contento um curso de Engenharia, em suas múltiplas áreas, tais como Matemática para Engenharia Civil, Matemática para Engenharia de Produção, etc.

Tem-se claro que existem conteúdos comuns a todas as áreas. Por outro lado, a ausência de tópicos aplicados à área específica, nos livros de matemática, traz dificuldades àquele que ensina e àquele que deveria aprender, para uma melhor compreensão prática daquilo que está sendo exposto.

Considerando que a Matemática é o instrumental básico do engenheiro e que nos currículos dos Cursos de Engenharia ocupa 14,5% diretamente (disciplinas básicas) e mais 70% indiretamente (inserida nas disciplinas específicas) fica claro que a relação custo-benefício está comprometida.

### 1.2.5. As dificuldades

A tentativa de moldar o currículo com vistas a uma "pseudo-otimização", ou seja, uma vez ser a Matemática instrumento de todas as áreas, portanto básica, levou-a a ser tratada praticamente com a mesma ênfase, nos mais diversos cursos, diferindo apenas em alguns tópicos e na carga horária.

É certo que as necessidades de uma área, enquanto ferramental matemático, diferem mesmo entre os próprios cursos de Engenharia. Há uma perda de tempo significativa no tratamento de determinados tópicos matemáticos que, por certo, têm apenas valor histórico para o futuro profissional.



Dai, o que deveria ser uma redução de custos, com a “pseudo-otimização” torna-se aumento desnecessário dos custos e, o que é pior, formação seriamente deficiente.

Como conseqüência, esses alunos, futuros profissionais, quando se vêem diante de uma situação-problema por resolver, analisar, avaliar ou que exige decisão sobre um melhor desempenho, por um menor custo/tempo, além de não disporem de instrumental matemático para isto não reconhecem em sua formação prévia os instrumentos que possuem.

Dentro desse contexto, a interação entre as disciplinas torna-se cada vez mais deficiente. Frente ao expressivo avanço tecnológico que vem ocorrendo em que se acena para a possibilidade em estreitar caminhos, quebrar fronteiras, integrar-distâncias e diferenças, conduzindo, a cada dia mais, para a globalização da economia, da sociedade e do conhecimento, não se pode cruzar os braços e esperar para ver o que acontece nesse quadro de ensino falho e aprendizagem deficiente.

Pesquisas recentes apontam para ações que serão necessárias para que se evite a destruição do ecossistema e, como conseqüência, ações que tragam melhores condições para a qualidade de vida. Mostram, também, que o alto nível de ocupação pelas máquinas gerará um aumento da taxa de desemprego cuja solução residirá no trinômio: trabalho, lazer e aprendizagem.

PASTORE (1995: 28) afirma “que mais de 70% do trabalho futuro vai requerer uma sólida educação geral” e completa que “o mundo do futuro exigirá muita educação e profissionais polivalentes, multifuncionais, alertas, curiosos-pessoas que se comportam como alunos interessados o tempo todo”.

Não se necessita de muita imaginação para perceber que o futuro da civilização e da própria sobrevivência dependem da qualidade de imaginação criadora e das próximas gerações.

Muitos setores que visam a garantir-se nesses novos horizontes já estão reestruturando-se e participando ativamente nesse processo em prol da sobrevivência da qualidade de vida.

Tem-se claro que a situação vigente, por um lado, nada animadora, quando se reporta aos problemas ambientais, sociais e educacionais, requer, por outro lado, ações imediatas para uma melhoria significativa de vida.

Os problemas estão declarados. Há consenso sobre a questão da fragmentação e sobre as necessidades de mudanças em todos os setores, numa visão mais globalizada em todos os níveis sociais, em geral, e educacionais, em particular.

### 1.2.6. Como promover mudanças

As instituições de ensino que têm um papel primordial, nesse quadro universal, devem fazer uso de suas atribuições, investindo nessas diretrizes que apontam para a unicidade e intercâmbio cooperativo.

No que diz respeito a matemática nos Cursos de Engenharia tanto o conteúdo quanto a forma em que vem sendo trabalhada devem ser revistos e re-dimensionados com vistas à qualidade de formação de profissional. Nesse sentido, um passo deve ser dado procurando estabelecer o que é qualidade na formação.

A fragmentação gerada pelas Reformas desde a implantação do Curso de Engenharia, a ausência de um plano globalizado de integração das áreas e as questões relativas à formação daqueles que são os responsáveis pelo futuro profissional da Engenharia, conduzem, com urgência, a uma busca por ações que, implementadas, influam na qualidade deste ensino se o que se quer é qualidade de vida.

Assim, estando a presente tese inserido em uma Instituição de Ensino Superior e a autora desta fazendo parte do corpo docente do Curso de Engenharia, propõe-se através do trabalho **fornecer meios para melhorar o ensino de Matemática dos Cursos de Engenharia, com o fim de torná-lo um instrumento eficiente para formação de engenheiros.**

## 1.3. Questões Básicas de Pesquisa

Considerando a experiência vivenciada, nos últimos sete anos, como docente de Matemática nos cursos de Engenharia, frente a subsídios fornecidos pela área de Qualidade da Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, algumas questões básicas de pesquisa são levantadas:

1. Como as ferramentas da Qualidade Total podem auxiliar na elaboração de um plano de ação para os Cursos de Engenharia que envolva alunos, professores, instituição e empresas?

2. Como avaliar o aprendizado de matemática dos alunos com o auxílio das ferramentas da Qualidade?

3. Como tornar o ensino de Matemática uma atividade interdisciplinar?

4. Que conteúdo matemático pode levar a uma formação de qualidade dos futuros engenheiros que estarão atuando no próximo milênio para que contribuam para segurança do meio ambiente e social?

5. Como deve ser dimensionado e programado um Curso de Engenharia para que seja capaz de atender tanto às necessidades da Sociedade quanto ensinar uma postura crítica frente ao crescente domínio tecnológico?

6. Que método deve ser adotado pelo professor de Matemática para que o aluno tenha a oportunidade de lidar com questões relativas à Engenharia desde o curso básico?

7. Que estratégia permitirá ao professor de Matemática informar-se sobre as áreas tecnológicas, considerando que seu tempo é exíguo e há falta de bibliografias disponíveis que facilitem essas alterações em curto espaço de tempo?

Estas questões nortearam um cuidadoso estudo das teorias da Qualidade, da História do Ensino de Matemática nos Cursos de Engenharia do Brasil, na avaliação do Currículo de Matemática vigente e na análise apurada dos trabalhos experimentais a fim de integrar teoria e prática em busca de melhores caminhos para o ensino da Matemática.

## 1.4. Pressupostos

Conforme abordado na apresentação e justificativa do tema, item 1.1, há dez anos a autora desta tese dedica-se à pesquisa em Modelagem e Modelação Matemática.

Essa pesquisa, que deriva de trabalhos experimentais realizados do Ensino Fundamental ao Superior e de uma fundamentação teórica, permite considerar como verdadeiros os seguintes pressupostos:

1. As disciplinas de Matemática do Curso de Engenharia estão defasadas e são tratadas de forma fragmentada ou com pouco significado;

2. A formação dos professores de Matemática não está adequada para atender às necessidades da formação básica dos engenheiros;

3. A bibliografia disponível de matemática não apresenta um número suficiente de aplicações, nas mais diversas áreas de Engenharia, que possa facilitar a interação por parte do professor com tópicos da Engenharia;

4. A Matemática oferecida nos primeiros anos do Curso de Engenharia desmotiva os alunos ao aprendizado, face da distância de sua utilização pelas disciplinas específicas. Isto acarreta alto índice de reprovação;

5. A utilização da Modelação Matemática como estratégia no ensino de Matemática pode aproximar a realidade da engenharia ao aluno, desde os primeiros semestres do curso;

6. A Modelação Matemática possibilita aos alunos e professores a superação do modelo cartesiano ao incluir aspectos da realidade a ser vivida e aponta para uma melhoria da qualidade de ensino;

7. Os conceitos e as estratégias da Qualidade Total devem nortear um plano de ação no Curso de Engenharia, integrando professores de disciplinas básicas e específicas, instituição e empresas.

As questões básicas tendo como referência os pressupostos levam a estabelecer os objetivos desta pesquisa.

## 1.5. Objetivos da Pesquisa

Postas as questões e frente a perspectiva de contribuir, qualitativamente, para área de atuação, propõe-se como objetivo do trabalho, os seguintes:

### **Objetivo Geral**

Mostrar com a aplicação da teoria e prática da Gestão de Qualidade que a Modelagem e Modelação Matemáticas podem e devem ser uma ferramenta eficiente na formação de Engenheiros, integrando seu aprendizado e suas necessidades profissionais.

### **Objetivos Específicos**

1. Definir, implantar e avaliar um método de ensino de matemática - Modelação Matemática - que permita a reestruturação do programa matemático dos cursos de Engenharia, tornando-a em um instrumento efetivo nas disciplinas específicas.
2. Avaliar os trabalhos experimentais, realizados nos Cursos da Graduação da Universidade de Blumenau - FURB, em especial, os Cursos de Engenharia Civil e de Química, de Economia, de Química e de Arquitetura, entre os anos de 1990 e 1993. Esta avaliação qualitativa envolve o conteúdo desenvolvido nas disciplinas de Cálculo (I, II e III), a aprendizagem por parte dos alunos e a dificuldade do professor no preparo das atividades.
3. Avaliar a eficiência do método de Modelação.
4. Entrevistar ex-alunos que participaram dos trabalhos experimentais para levantar o grau de satisfação em relação ao método de Modelação.
5. Usar ferramentas da qualidade para verificar e avaliar, criticamente, os currículos de matemática dos Cursos de Engenharia Civil, Química e Elétrica da FURB.
6. Propor, implantar e avaliar um programa básico de matemática, apropriado para a formação de engenheiros civis, integrando recursos existentes ( bibliografia, máquinas).

7. Propor um programa para a formação continuada de professores de Matemática que atuam em cursos de Engenharia.

8. Propor um plano de ação e gerenciamento para os cursos de Engenharia, de forma que os responsáveis pelas disciplinas (básica e específica) do Curso de Engenharia estabeleçam, periodicamente, metas a serem atingidas frente à realidade vigente.

As propostas acima, uma vez avaliadas e consolidadas, deverão ser implantadas na Universidade Regional de Blumenau, por ser a autora desta tese docente desta instituição.

Espera-se que estas propostas além de contribuírem para a melhoria do ensino e da aprendizagem de matemática dos Cursos de Engenharia valham como “passaporte” para uma reestruturação da matemática (currículo e método) dos demais Cursos da FURB onde a Matemática faz-se necessária.

A autora desta tese, também, tem como meta fazer um acompanhamento da atuação dos seus alunos nas disciplinas específicas do Curso, após o doutorado .

## 1.6. Metodologia

Para elaborar as propostas, acima descritas, foram realizadas as atividades a seguir descritas:

a. Na área de Qualidade:

- a.1. um estudo nas bibliografias disponíveis sobre a filosofia de Qualidade e das estratégias da Qualidade Total aplicada as empresa, tanto na produção como nos serviços;
- a.2. uma análise dos programas de qualidade aplicados no Ensino;
- a.3. uma proposta para implantar e avaliar qualidade no Ensino em geral e na matemática da Engenharia em particular;
- a.4. um plano de ação e gerenciamento para a Qualidade do Ensino;
- a.5. uma avaliação quantitativa e qualitativa da Modelação Matemática no Ensino Superior, em particular, na Engenharia Civil e Química da FURB;
- a.6. uma avaliação qualitativa das atividades realizadas com professores.

b. No Currículo de matemática da Engenharia:



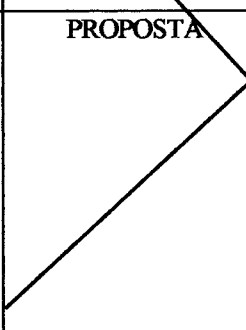
- b.1. uma análise da história do ensino da Engenharia no Brasil, no intuito de compreender o processo da produção de currículos e sua evolução;
- b.2. uma pesquisa nas revistas especializadas sobre a situação atual do ensino de matemática nos cursos de Engenharia;
- b.3. uma análise dos ementários das disciplinas de matemática das específicas do Curso de Engenharia (Civil, Química e Elétrica) da FURB avaliando:
  - o tempo com que cada tópico matemático vem sendo dispensado no ensino de Engenharia;
  - o quanto cada tópico matemático vem sendo utilizado pelas disciplinas específicas;
- b.4. uma proposta de um currículo alternativo de matemática.

c. No Método de Modelagem e Modelação Matemáticas:

- c.1. um estudo da produção de alguns grupos que trabalham com Modelagem e Modelação Matemáticas no ensino;
- c.2. uma proposta do método de Modelação Matemática na Engenharia;
- c.3. a implantação do Método de Modelação nas disciplinas de Cálculo na Graduação;
- c.4. uma descrição dos trabalhos experimentais que a autora desta tese realizou na disciplina de Cálculo na graduação da FURB, em especial, em Cursos de Engenharia Civil e Química, de Economia, de Química e de Arquitetura:
  - quanto ao conteúdo desenvolvido;
  - o grau de apreensão dos conceitos;
  - satisfação pelos alunos; e
  - o grau de dificuldade do professor no preparo das aulas.
- c.5. uma entrevista a alunos egressos para conhecer o grau de satisfação desses, sobre a Modelação Matemática;
- c.6. uma proposta para o professor de matemática aprender Modelagem Matemática;
- c.7. uma implementação da Modelagem Matemática em três atividades exercidas com professores.

## 1.7. Estrutura Cronológica da Pesquisa

Apresenta-se a seguir uma síntese das principais atividades de pesquisa que a autora desta tese realizou entre 1986 a 1997.

| Atividades<br>Período | Número de Trabalhos<br>Experimentais   | Proposta   | Suporte Teórico  |   |
|-----------------------|--|--|--|---|
| 1986<br>↓<br>1989     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensino Fundamental (1)</li> <li>• Ensino Médio (7)</li> <li>• Palestras (8)</li> <li>• Aperfeiçoamento Professores (4)</li> <li>• Especialização Professores (9)</li> <li>• Orientação de Projetos ( )</li> </ul>   | CONSOLIDAÇÃO<br><br>CONSOLIDAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem Matemática</li> <li>• Modelagem Matemática no Ensino</li> <li>• Teórico da Aprendizagem</li> <li>• História da Ciência</li> </ul>     | M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>A<br>D<br>O      |
| 1990<br>↓<br>1993     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensino Superior (10)</li> <li>• Palestras (16)</li> <li>• Aperfeiçoamento Professores (11)</li> <li>• Especialização Professores ( )</li> <li>• Orientação de Projetos (7)</li> <li>• Orientação de Monografia (3)</li> <li>• Coordenação de Projeto (1)</li> </ul>           | <br>CONSOLIDAÇÃO               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem Matemática no Ensino de 3º Grau</li> <li>• Formação Continuada de professores</li> </ul>  | P<br>E<br>S<br>Q<br>U<br>I<br>S<br>A      |
| 1994<br>↓<br>1996     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Palestras (23)</li> <li>• Aperfeiçoamento Professores (4)</li> <li>• Especialização Professores ( 9)</li> <li>• Orientação de Projetos ( )</li> <li>• Orientação de Monografia (11)</li> <li>• Orientação de Dissertação (3)</li> <li>• Coordenação de Projeto (1)</li> </ul> | <br>PROPOSTA                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade</li> <li>• Qualidade para o Ensino</li> <li>• Modelos Matemáticos aplicados à Engenharia</li> <li>• História da Engenharia</li> </ul> | D<br>O<br>U<br>T<br>O<br>R<br>A<br>D<br>O |
| 1997                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenharia (1)</li> <li>• Palestras (3)</li> <li>• Aperfeiçoamento Professores (2)</li> <li>• Especialização Professores ( 2)</li> <li>• Orientação de Projetos (2)</li> <li>• Coordenação de Projeto (1)</li> <li>• Orientação de Dissertação(1)</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• IMPLANTAÇÃO</li> <li>• AVALIAÇÃO</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>TESE</b></li> </ul>  |   |



## 1.8. Estrutura do Texto

A presente tese está dividida em seis capítulos.

No Capítulo I, a Introdução

No Capítulo II, o Suporte Teórico e Técnico está dividido em quatro seções: Considerações sobre Qualidade; História do Ensino da Matemática na Engenharia; Currículo Vigente dos Cursos de Engenharia Civil, Química e Elétrica da FURB e Modelagem Matemática.

Na seção Considerações sobre Qualidade apresentam-se definições do termo qualidade na “área empresarial”, a filosofia empresarial de qualidade - Qualidade Total, a ISO 9000, Prêmio Nacional da Qualidade, Qualidade de vida no trabalho e Avaliação da Qualidade.

Na seção História do Ensino de Matemática na Engenharia apresentam-se Matemática nas Primeiras Escolas da Europa; Principais textos matemáticos no Ensino de Engenharia do Brasil; Academia Real Militar e o primeiro curso matemático do Brasil; Escolas Politécnicas do Rio de Janeiro e São Paulo até 1930; Ensino de Engenharia com a criação da Faculdade de Filosofia; Ensino de Engenharia e o currículo de matemática após a reforma Universitária.

Na seção Currículo dos Cursos de Engenharia da FURB apresentam-se: Determinação do Conselho Federal da Educação; Grade Curricular dos Cursos de Engenharia-FURB; Currículo de Matemática dos Cursos de Engenharia-FURB e o tempo dispensado para o ensino.

E na seção Modelagem Matemática apresenta-se: Modelo Matemático e Modelagem Matemática.

No Capítulo III, o Projeto de Implantação de Programas da Qualidade no Ensino de Engenharia está dividido em cinco seções: Programa de Qualidade no Ensino, Programa Alternativo de Matemática para a Engenharia, Modelagem Matemática no Ensino-aprendizagem de matemática, Plano de Ação e Gerenciamento para um Curso de Engenharia e Interação do Professor com a Modelagem e Modelação Matemáticas

Na seção Programa de Qualidade no Ensino apresentam-se Principais ações para implantar qualidade no ensino, Etapas para elaborar um Programa, Metodologia para a avaliação do Ensino.

Na seção Programa Alternativo de Matemática para a Engenharia apresentam-se Estratégias para análise do Currículo, Análise do Currículo e um Programa Alternativo de Matemática para a Engenharia.

Na seção Modelagem Matemática no Ensino-aprendizagem de Matemática apresentam-se Modelagem como estratégia de Ensino de Matemática, Cursos em que a Modelagem vem sendo implementada, Posições sobre a Modelagem no Ensino, Modelação Matemática como método de ensino-aprendizagem no Ensino Fundamental e Médio, Modelação Matemática como método de ensino-aprendizagem na Engenharia.

Na seção Plano de Ação e Gerenciamento para um Curso de Engenharia apresentam-se Etapas para implementar um Plano de Ação e Gerenciamento.

E na seção Interação do Professor com a Modelagem e Modelação Matemáticas apresentam-se Etapas para aprender Modelagem e Modelação Matemáticas

No Capítulo IV, a Aplicação da Proposta está dividida em três seções: Modelação Matemática no Ensino Superior, Atividades Desenvolvidas com Professores e Projeto de Qualidade para o Ensino Fundamental.

Na seção Modelação Matemática no Ensino Superior apresentam-se a Implementação da Proposta, Relato do trabalho experimental realizado com uma turma de Cálculo I da Engenharia Civil, Programa alternativo aplicado, Relato de dez trabalhos experimentais no ensino superior e Procedimentos para avaliação das propostas.

Na seção Atividades Desenvolvidas com Professores apresentam-se Principais questões levantadas por professores nos Cursos de Modelagem, Relato de quatro atividades desenvolvidas com professores, neste semestre e procedimentos para avaliação das atividades.

E na seção Projeto de Qualidade para o Ensino Fundamental apresenta-se uma breve exposição sobre a implementação do projeto

No Capítulo V, a Avaliação da Aplicação Desenvolvida está dividida em duas seções: Avaliação da Modelação Matemática no Ensino Superior e Avaliação das Atividades desenvolvidas com Professores.

No Capítulo VI, Conclusões e Recomendações.

## CAPÍTULO II

### SUORTE TEÓRICO E TÉCNICO

Neste capítulo apresenta-se o suporte teórico e técnico sobre:

- Gestão da Qualidade;
- História do Ensino de Matemática da Engenharia do Brasil e
- Currículo Vigente nos Cursos de Engenharia (Química, Civil e Química)

da Universidade Regional de Blumenau - FURB e Modelagem Matemática.

No quadro, abaixo, os principais tópicos que serão abordados.

| <b>Gestão da Qualidade</b>   | <b>História do Ensino de Matemática na Engenharia</b>  | <b> Currículo dos Cursos de Engenharia-FURB</b>  | <b> Modelagem Matemática</b>   |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Conceito</li></ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Matemática nas Primeiras Escolas da Europa</li></ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Determinação do Conselho Federal da Educação.</li></ul>                      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Modelo Matemático</li></ul>    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Movimento em prol da Qualidade</li></ul>           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Principais textos matemáticos no Ensino de Engenharia do Brasil</li></ul>                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Grade Curricular dos Cursos de Engenharia – FURB</li></ul>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Modelagem Matemática</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Qualidade na Produção de Bens e Serviços</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Academia Real Militar e o primeiro curso matemático do Brasil.</li></ul>                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Tempo dispensado para o ensino de Matemática na Engenharia - FURB.</li></ul> |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• ISO 9000</li></ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Escolas Politécnicas do Rio de Janeiro e São Paulo até 1930.</li></ul>                   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Prêmio Nacional da Qualidade</li></ul>             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ensino de Engenharia com a criação da Faculdade de Filosofia.</li></ul>                  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Qualidade de vida no Trabalho</li></ul>            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ensino de Engenharia e o currículo de matemática após a reforma Universitária.</li></ul> |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliação da Qualidade</li></ul>                   |  |  |  |

## 2.1. Considerações Sobre Qualidade

Está-se vivenciando, nesta última década, um movimento em prol da qualidade. O termo vem difundindo-se em todos os segmentos da sociedade.

Isto é resultado da transformação política e tecnológica que o mundo vem apresentando, permitindo um rompimento de barreiras, integrando comunidades, propiciando uma participação mais ativa o que, sob certa ótica, fortalece os anseios da população pela melhoria do “estado da arte” de viver.

A essência de programas de Qualidade adotada inicialmente pelas organizações, vem sendo estendida para outros setores, em particular, as Instituições de Ensino. Diversas Instituições vêm buscando métodos eficazes para atingir qualidade no ensino e na aprendizagem, algumas delas têm sido as Escolas de Engenharia.

Nesta seção faz-se uma exposição sobre conceitos de Qualidade adotados por organizações empresariais; o movimento em prol da Qualidade, da origem à extensão a todos os setores; a Qualidade na produção de bens e serviços onde se inserem os mandamentos da Qualidade Total; a ISO 9000; o Prêmio Nacional da Qualidade e uma Metodologia de Avaliação da Qualidade.

### 2.1.1. Conceito de Qualidade

Qualidade é um artifício criado pelo ser humano, desde os tempos primitivos, para justificar a transformação da natureza para sua sobrevivência e busca contínua de bem estar.

Segundo o Dicionário da Língua Portuguesa, qualidade significa:

*modo de ser; disposição moral ou intelectual; predicado; nobreza; o que caracteriza alguma coisa; característica de alguma coisa, o que faz com que uma coisa seja tal como se a considera; caráter, índole; o que constitui o modo de ser das coisas; essência, natureza; prosperidade; excelência; virtude; talento; importância; gravidade de alguma situação, de algum negócio; caracteres valorizadores ou depreciadores. (CARVALHO e PEIXOTO, 1971:846)*

Pelo que apresenta o dicionário o termo Qualidade tem duas conotações: uma direcionada à característica do ser humano - caráter, índole e outra mais geral, como adjetivo, quando caracteriza alguma coisa.

Seja qual for a conotação, a abrangência do termo tem permitido adaptações aos mais diversos segmentos, o que mostra um aumento crescente da consciência de que a qualidade é essencial à vida.

#### 2.1.1.1. O Conceito da Qualidade Aplicado à Organizações

Para ilustrar, podem ser destacadas algumas definições de qualidade nas organizações, apresentadas por PRAZERES (1996:15):

- “totalidade de requisitos e características de um produto ou serviço que estabelece a sua capacidade de satisfazer determinadas necessidades” American Society for Quality Control -ASQC
- “totalidade de características de um entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas”. International Organization for Standardization - ISO
- “composição total das características de marketing, engenharia, fabricação e manutenção de um produto ou serviço, através das quais o mesmo produto ou serviço, em uso, atenderá às expectativas do cliente”. Armand Feigenbaum
- “satisfação do cliente” e “melhoria contínua”. William Edwards Deming
- “conformidade com os requisitos”. Philip Crosby

PALADINI (1994:16) apresenta a definição de JURAN - “qualidade é adequação ao uso”- argumentando que, “apesar de uma variedade muito ampla de conceitos com a qual qualidade é definida, entendida ou praticada”, como a definição, que em poucas palavras e com muita propriedade, orienta-se para o alvo específico: o consumidor.

Por outro lado, “a qualidade existe quando proporciona-se produtos ou serviços que atendem às necessidades e ultrapassam as expectativas do consumidor a um custo que represente ao menos um valor adequado desses produtos ou serviços, através da vida de utilização dos mesmos.” (SILVA, 1995:213)

Pelo que expõem os autores, o setor organizacional emprega Qualidade como meio de obter e manter o cliente. O que implica percorrer uma longa trajetória, que envolve projeto, operações de produção ou serviço e manutenção o que, sob certa ótica, acarretam diferentes etapas dentro do ciclo da qualidade.

A grosso modo, pode-se dizer que a qualidade assume aqui as duas conotações apresentadas pelo dicionário: excelência do produto frente a natureza dos clientes.

Afinal, “qualidade implica satisfação”, e “atingir satisfação é a meta almejada pelo homem em seus atos, e é também por coincidência o fundamento de todo esforço que o homem dispense

visando alcançar a qualidade dos bens que produz e dos serviços que presta, assim como do ambiente em que vive” (LERNER, 1994:113)

#### 2.1.1.2. O Conceito de Qualidade Aplicado à Educação

Na Educação, o conceito de qualidade de ensino, vem sendo difundido por vários autores. Segundo Silva, as “definições apresentadas são abstratas e com a pretensão de universalidade”. (SILVA, 1995: 213)

O que difere a qualidade de ensino da qualidade de empresa é o fato de que aprender-ensinar é um processo contínuo e sem limites. A qualidade de ensino deve privilegiar a essência do processo com vistas a atingir a excelência na formação de indivíduos uma vez que o Ensino tem como dever, em seu mais amplo sentido, considerar o conhecimento que o indivíduo adquire em sua comunidade e a partir daí, através do processo de aprendizagem, fornecer-lhe subsídios necessários e suficientes para que possa ocupar seu lugar na sociedade.

Por ser objeto desta tese, qualidade de ensino, em particular da Matemática, nos Cursos de Engenharia será feita uma abordagem mais detalhada, sobre o assunto, no capítulo III.

### 2.1.2. O Movimento em Prol da Qualidade

#### 2.1.2.1. Origem

O movimento em prol da qualidade tem suas origens na invenção de máquinas que permitiram disponibilizar grandes quantidades de energia levando à criação de fábricas. O crescimento populacional urbano, aliado à questão do consumo, favoreceram um aumento quantitativo dessas empresas e, conseqüentemente, devido à complexidade administrativa, conduziu à necessidade de simplificar tarefas.

Tal complexidade abriu precedentes para FORD e TAYLOR, nas primeiras décadas deste século, proporem estratégias como o Sistema de Controle Gerencial, que não foram adotadas só por empresas nos mais diversos países ocidentais como também em países orientais, como no Japão, por exemplo.

Essas estratégias implicavam uma decomposição de tarefas, visando a produção em massa, com diminuição dos custos do investimento e dos gastos.

TAYLOR, por exemplo, estabelecia um coordenador para planejar os métodos de trabalho, cabendo aos demais membros da empresa somente executá-los.

Os resultados foram bastante significativos, por um certo período, seja no desenvolvimento de métodos e conceitos de medir e analisar o trabalho a partir de tarefas, seja na seleção e treinamento específicos voltados para as tarefas e no incentivo e reconhecimento individual.

Com a melhoria das condições econômicas e de educação dos trabalhadores, porém, a motivação para o simples cumprimento de tarefas repetitivas recompensadas pelo dinheiro e sem possibilidade de influir no planejamento do trabalho, resultou em insatisfação crescente.

“Já diziam os economistas políticos do século XIX que a estruturação hierarquizada, controlada, compartimentada e repetitiva do trabalho tirava do operário a consciência total do processo produtivo, além de extorquir-lhe mais-valia e o domínio do produto final”. (VOLKER, 1994:60).

#### 2.1.2.2. Mudança de Valores

Frente às mudanças de valores e, conseqüentemente, à perda de produtividade, a exemplo dos inovadores, os japoneses começaram a abandonar alguns conceitos do taylorismo já a partir da década de 20. Gradativamente, passaram a formular um conjunto de estratégias para diagnosticar causas e efeitos do processo produtivo e da organização, estreitando o relacionamento entre chefias e operários, reduzindo hierarquias, no intuito de promover uma melhoria da qualidade nos produtos e serviços.

Embora a sociedade japonesa seja fortemente hierarquizada no entanto, ao longo dos anos a atitude organizacional japonesa foi difundida também no ocidente, passando a ser incorporada nas últimas décadas, por empresas e instituições, em particular, no Brasil, devido a necessidade de reordenação das instituições, provocadas pela crise econômica mundial, na década de 70.

No Brasil, com a acentuada crise econômica na década de 90, o então presidente Collor adotou uma política de abertura para o mercado estrangeiro o que forçou empresas, nacionais, a reestruturarem-se para enfrentar a concorrência.

*A possibilidade da inserção orgânica do país na economia mundial e da mudança na sua base produtiva, impulsiona o governo e instituições representativas do capital nacional e internacional no âmbito da sociedade civil a promoverem as necessárias*

*mudanças sob a orientação neoliberal - discurso ideológico legitimador das formas de produção da existência humana na atualidade. (SILVA,1995:206)*

### 2.1.2.3. Extensão do Movimento no Sistema Educacional

Segundo SILVA (1995), o então presidente Collor defendeu uma reestruturação do Sistema Educacional, com vistas à nova tendência mundial centrada no capitalismo que visava, a grosso modo, a aproximação entre o sistema educacional e o sistema produtivo.

“A nova ordem mundial e a centralidade assumida pela ciência e tecnologia aproxima - de forma estrutural - o setor produtivo do campo educacional enquanto possibilidade de formação de recursos humanos e de produção de pesquisas orientadas para o mercado em sua dimensão global”. (SILVA, 1995: 209)

Supõe-se que um sistema ou processo pode ser mais eficaz se as pessoas envolvidas estejam motivadas e pré-dispostas a se inteirar e contribuir, continuamente, pela melhoria. A qualidade é uma questão de educação.

Dessa reestruturação, a nível estatal, resultou a criação da Coordenadoria do Núcleo Central da Qualidade e Produtividade (através do MEC), na “Carta de Princípios” e no Plano Decenal de Educação para todos cujo objetivo é qualidade do Ensino Fundamental. Uma ação conjunta criada pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI), pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), pelo conselho de Reitores das Universidades Brasileiras (CRUB) e Governo do Estado de São Paulo.

Além disso, muitos programas vêm sendo implementados nas diversas Instituições de Ensino, em geral, de Ensino Superior e pelo meio empresarial que tem consciência da necessidade da educação continuada de seus funcionários para atingir qualidade em seus processos.

### 2.1.3. Qualidade na Produção de Bens e Serviços

Para imprimir qualidade na produção de bens e serviços deve-se, inicialmente, estabelecer metas e estratégias para atingir estas metas.

A Qualidade Total apresenta dez mandamentos essenciais para atingir esta qualidade e técnicas que levam a atender as normas da ISO 9000 e até, concorrer ao prêmio Nacional da Qualidade.



### 2.1.3.1. Estabelecer Metas

Para as empresas atingirem seu objetivo - a lucratividade - em um meio competitivo e dinâmico, com rápidas transformações é necessário se adequar a exigência do mercado - qualidade.

Por outro lado, para oferecer um produto ou serviço de qualidade num plano de concorrência acirrada é preciso também ter preços competitivos. Nesse sentido, segundo STANGE (1993) as empresas têm como desafio a redução de prazos e preços, realizando um trabalho contínuo para a melhoria da qualidade.

Não existe uma estratégia simples e universal para obter qualidade. A essência está no estabelecimento de metas - a que se quer qualidade (para quem) - e estratégias - o que e quem fará parte do processo para atingir essas metas.

Frente a isso, as tendências atuais remetem para a Qualidade Total das organizações produtoras de bens e serviços, que se utiliza de um elenco variado de estratégias, tais como controle estatístico do processo, delineamento de experimentos, métodos quantitativos, análise de valor, métodos estatísticos, círculos de qualidade, administração participativa, na busca da excelência, através da melhoria contínua de qualidade e produtividade.

### 2.1.3.2. Os Mandamentos da Qualidade Total

Os Mandamentos da Qualidade Total que norteiam os trabalhos no meio organizacional são:

- **Satisfação do cliente** - o cliente é a razão de ser de todo empreendimento. Assim, proporcionar satisfação é a razão da continuidade desse empreendimento.

Para atingir esta meta, é importante conhecer, em detalhes, as necessidades, os desejos e os direitos do cliente. Esta atitude é que reforçará a excelência no atendimento e garantirá a satisfação em todos os níveis.

- **Liderança participativa** - ação qualitativa é fruto do incentivo e do estímulo a criatividade. Assim, uma liderança participativa conduz esse processo entre todos os membros do setor, procurando inteirá-los e integrá-los às questões da empresa que suscitam melhorias. Desta interação nascem soluções e um exercício constante de aperfeiçoamento das atividades.

- **Valorização dos recursos humanos** - uma pessoa pode fazer melhor aquilo que executa se estiver motivado e se for valorizado. Além disso, a qualidade de um trabalho está

diretamente ligada à qualidade dos meios à disposição para realizá-lo. Incentivar a comunhão destes dois pólos é desenvolver os recursos humanos em sua total capacidade de realização.

- **Perseverança** - novos valores sempre encontrarão resistências. Por isso, o seu processo de implantação deve ser lento e gradual. O grande diferencial é a perseverança nesta implantação. Esta atitude contínua fará a mudança se tornar irreversível e plenamente compreendida pelas partes envolvidas.

- **Melhoria contínua** - estar a par das tendências e necessidades de serviços e produtos hoje, implica ser suscetível a mudanças. O aperfeiçoamento contínuo traz esta capacidade baseada em uma mentalidade moderna, tanto técnica quanto humana.

- **Coordenação** - mudanças exigem planejamento, execução, verificação e atuação correta. A aplicação deste ciclo propicia integração e interrelação em que as partes envolvidas se desenvolva com dinamismo. Isto quebra barreiras, impede a estagnação e abre novas perspectivas de crescimento.

- **Norteador** - a postura norteadora é saber colocar o poder de decisão o mais próximo possível da ação. É transferir poder e responsabilidades com o conhecimento dos processos e suas implicações psicológicas ou comportamentais.

- **Divulgação** - os fluxos de informações de uma organização devem permitir acesso em todos os sentidos. Divulgando os problemas levantados bem como as soluções propostas abrem-se canais de comunicação, fundamentais à formação de uma rede, que facilita a assimilação do negócio, da missão, dos propósitos e planos empresariais. Fatos e dados necessários para a avaliação e a melhoria da qualidade são de muitos tipos, podendo incluir aqueles relacionados ao cliente, ao desempenho de produtos e serviços, às operações, ao mercado, às comparações de competitividade, aos fornecedores e aos funcionários.

- **Garantia de qualidade** - são as normas e procedimentos que podem estabelecer um compromisso da empresa com o cliente. O que sob certa ótica, permite ao cliente segurança por aquilo que adquire.

- **Acertar sempre** - esta deve ser a meta e o objeto entre todos que buscam a perfeição em suas atividades, tendo o “certo” pré-estabelecido entre hierarquias organizacionais e sociedade. A partir daí, os processos são formalizados dentro do princípio da garantia de qualidade.

### 2.1.3.3. Técnicas para a prática da Qualidade

As técnicas para a prática da Qualidade são condições necessárias, embora não suficiente para o êxito na qualidade. Podem ser subdivididos em estratégias e ferramentas.

As estratégias se compõem de dispositivos bem definidos, tais como gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, ou mecanismos de operação. Cada método ou processo é aplicado a uma determinada etapa do Sistema da Qualidade. Para a implantação da Qualidade Total há um grande número de estratégias.

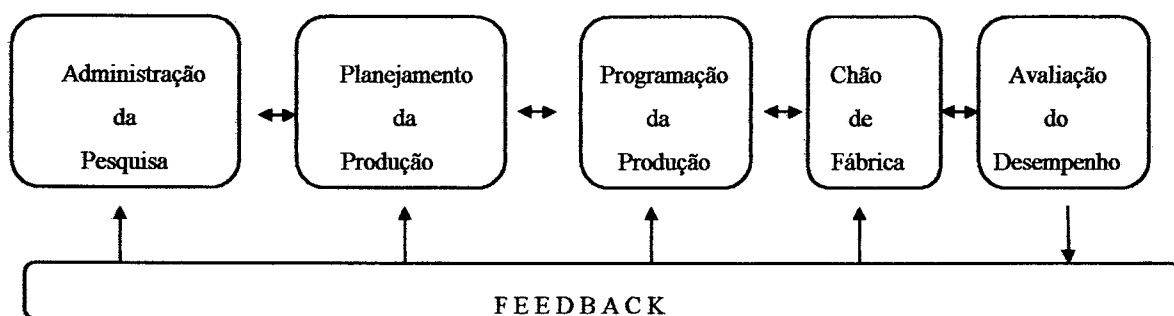
As ferramentas segundo PALADINI (1994:158) são representadas em três grupos, de acordo com a sua evolução histórica, no funcionamento das organizações:

- “ferramentas tradicionais: diagrama de causa-efeito, histogramas, gráficos de controle, folhas de checagem, gráficos de Pareto, fluxogramas e diagramas de dispersão;
- ferramentas derivadas das novas estruturas dos sistemas de produção: perda zero, células de produção, Kanban, TPM, círculos da qualidade, Jidoka e qualidade na origem; e
- novas ferramentas da qualidade: diagrama-matriz, matriz de análise de dados, diagrama seta, diagrama de dependência, diagrama árvore, diagrama de similaridade e diagrama de programação da decisão”.

Para PALADINI (1994), as ferramentas tradicionais favorecem o entendimento do processo, àquelas derivadas dos novos sistemas de produção organizam o processo e as novas ferramentas efetuam as devidas melhorias.

O “Sistema de Produção em Malha fechada” de STANGE (1993) é uma proposta onde são aplicadas as diversas ‘ferramentas’ descritas acima.

O esquema, abaixo, sintetiza a proposta de STANGE (1993) no controle do processo e administração da produção, que contempla um aperfeiçoamento contínuo.



Segundo STANGE (1993) os seguintes elementos representados no “Sistema de Produção em Malha Fechada” significa:

- Administração da Empresa: é responsável pelo diagnóstico sobre implementação da qualidade (de ordem científico-tecnológica e sócio-político-econômica) que está sendo feita no

mercado. Para isso são utilizadas técnicas provenientes das teoria de decisão, teoria dos jogos, programação matemática multiobjetivos e outras técnicas de pesquisa operacional.

- Planejamento da Produção: é utilizado um diagnóstico para planejar a produção, definir custos, prever vendas e compras etc. São utilizadas técnicas de pesquisa operacional, inteligência artificial e recursos de informática, entre outros.

- Programação da Produção: é estabelecida um seqüenciamento ideal de produção. Utilizam-se técnicas de pesquisa operacional determinística e estocástica, de simulação, de computação gráfica, etc..

- Chão de Fábrica: é onde se dá a produção, que envolve a automação industrial.

- Avaliação do Desempenho: é tratado o acompanhamento de todo o processo. Os desvios apresentados entre o programado e o obtido permitirão uma análise e as respectivas correlações destes com as variáveis que os influenciam. Assim, buscam-se determinar as respectivas causas mais prováveis de tais defeitos. Para estabelecer as tendências do processo, pode ser utilizado o conceito de Séries Temporais.

- Feedback: a partir da avaliação resultados em cada etapa o sistema é realinhado com vistas a uma melhoria contínua, onde as informações relevante devem ser encaminhadas aos devidos setores afim de que se aperfeiçoe o sistema.

Segundo PALADINI (1994:158), “o sucesso da implementação da Qualidade Total se deve efetivamente, às ferramentas e estratégias que, por sua simplicidade, facilidade de utilização e obtenção de resultados imediatos e notáveis, permitem transpor da teoria à prática do dia-a-dia das empresas, acarretando benefícios consideráveis”.

#### 2.1.4. Internacional Organization for Standartization - ISO 9000

A série ISO 9000, conjunto de normas de gestão de qualidade nas empresas, teve origem nas normas militares americanas, sendo padronizadas em 1987 pela International Organization for Standardization, sediada em Genebra na Suíça desde sua fundação em 1946.

Atualmente, a ISO agrega cerca de cem países, dentre eles o Brasil, que participou de sua fundação, através da ABNT - Associação Brasileira de Normas e Técnicas, uma entidade privada sem fins lucrativos.

A ISO concilia interesses de normas internacionais relativas a todas as atividades, com exceção do setor eletroeletrônico. Estas normas são elaboradas tendo como norteador os interesses de produtores, consumidores, governo e comunidade científica.

A norma ISO pode ser um instrumento de eficiência. Ela garante a qualidade, do ponto de vista do processo, isto é, que a produção seja feita tal qual descrita na formulação inicial do projeto.

A empresa que utiliza a norma está organizada e devidamente documentada em seus procedimentos e instruções.

A série ISO 9000 tem cinco versões, conforme o grau de exigência, a saber:

- a 9000 define como e quando utilizar uma das outras normas;
- a 9001, mais completa, inclui as atividades desde o projeto do produto até a assistência técnica;
- a 9002 exclui o projeto;
- a 9003 limita-se à demonstração, pelo fornecedor, de sua capacidade na realização de inspeção e ensaios dos produtos acabados;
- a 9004 fornece as diretrizes de como utilizar cada item da 9001, 9002 e 9003; ela é de uso voluntário e facultativo e não permite nenhuma certificação;
- a 14000 (ISO verde), é utilizada pelas empresas preocupadas com a qualidade da gestão ambiental. Recentemente foi desenvolvida a ISO 19000 que contempla os recursos humanos.

Os certificados têm prazo de três anos e são reconfirmados, semestralmente, pelas entidades certificadoras, após inspeção.

A ISO 9000 propõe que a empresa deva garantir a qualidade mínima exigida nos tópicos estruturais, ou seja, que qualquer processo que seja aplicado durante a fabricação seja sempre pré-determinado. A meta é o pleno atendimento do cliente.

O que ela afirma é que o sistema de garantia da qualidade deve ser documentado, isto é, todas as fases que envolvem o desenvolvimento de um produto ou serviço deverão ser descritas.

O certificado ISO não garante, necessariamente, a qualidade dos produtos ou serviços apenas mas assegura, conforme descrito acima, as normas padronizadas de gestão da qualidade em avaliações que podem ir da manufatura ou realização até a comercialização e a assistência técnica. Ou seja, garante a uniformização dos métodos utilizados pelas organizações em determinadas áreas e não a qualidade da tecnologia empregada nem a capacidade de inovação da companhia. Na sua essência, a ISO difunde uma linguagem entre as organizações.

### 2.1.5. Prêmio Nacional da Qualidade

O Prêmio Nacional da Qualidade é um prêmio, anual, direcionado às empresas industriais ou prestadoras de serviços, ou pequenas empresas, criado com o intuito de estimular a melhoria nos mais diversos segmentos organizacionais.

O prêmio promove:

- uma conscientização sobre a importância da qualidade para a competitividade;
- a compreensão dos requisitos necessários para a obtenção da excelência em qualidade; e
- a importância da divulgação das estratégias bem-sucedidas para a qualidade e dos benefícios advindos desta implementação.

As organizações participantes do processo de premiação devem apresentar, ao inscrever-se, elementos que evidenciam o cumprimento dos requisitos do Prêmio.

A avaliação para o Prêmio é baseada em critérios de excelência em qualidade, criados com a participação dos setores público e privado. As candidatas devem fornecer dados e informações sobre seus processos da qualidade e melhoria da qualidade. As informações e os dados apresentados devem demonstrar que esse enfoque pode ser reproduzido ou adaptado por outras empresas.

A forma de avaliação para o Prêmio é estabelecida de forma a servir, não somente como uma base confiável, para efetuar uma premiação, mas também para permitir um diagnóstico completo da gestão da qualidade nas organizações candidatas.

As organizações premiadas podem divulgar sua premiação e se comprometem a partilhar, com outras instituições, informações sobre suas estratégias de sucesso relativas à qualidade.

Vale ressaltar, novamente, que o ser humano é o denominador comum para a produção da qualidade. A conquista da ISO 9000 ou de um Prêmio Nacional da Qualidade implica em uma garantia de qualidade de vida no trabalho.

### 2.1.6. Qualidade de Vida no Trabalho

A qualidade de vida no trabalho é um conceito que envolve harmonia entre todos os funcionários da Organização e o desenvolvimento de atividades para que haja satisfação, realização profissional e pessoal. E que as dificuldades sejam transpostas, àqueles envolvidos, sem acarretar “danos”.

NADLER e LAWLER (apud NERI,1993:32) conceituam qualidade de vida no trabalho “como uma forma de se pensar a respeito de pessoas, trabalho e organização, de modo global e abrangente.

Assim, administração participativa, grupos autônomos de trabalho, ‘job enlargement’, ‘job enrichment’, pesquisas motivacionais, de satisfação e de clima organizacional tem constituído um conjunto de estratégias que possibilitam o atendimento as expectativas das pessoas no ambiente de trabalho.

*“As situações de trabalho têm nível de qualidade de vida adequado, quando há oportunidade para o indivíduo satisfazer a grande variedade de necessidades pessoais, ou seja, sobreviver com alguma segurança, interagir com os outros, ter senso pessoal de utilidade, ser reconhecido por suas realizações e ter oportunidade de melhorar sua habilidade e conhecimento”.* (NERI,1993:32)

A essência da qualidade está centrada no ser humano, seja como elemento gerador do produto ou processo, seja como utilitário (consumidor). Nele residem a consciência, a cultura, a motivação, a determinação em fazer as coisas acontecerem.

Nesse sentido, o sucesso de qualquer atividade é diretamente proporcional ao trabalho em equipe e a coincidência de interesses. Sem motivação e compromisso de todos envolvidos não existem técnicas eficazes para se obter qualidade em qualquer ente.

O modelo da Qualidade Total que emergiu no contexto organizacional tem se deflagrado em todos os setores do trabalho humano, em particular, no setor Educacional.

Uma vez que se propõe uma reestruturação do ensino-aprendizagem da Matemática dos Cursos de Engenharia utilizar-se-á desse modelo, no próximo capítulo, com vistas a implantar uma melhoria nesta área.

## 2.1.7.Avaliação da Qualidade

### 2.1.7.1. Finalidade da Avaliação

Assim como no método científico, a avaliação dos processos e resultados, em todos os segmentos da sociedade, é de essencial importância.

“A observação e a mensuração são fundamentais para toda ciência, pois fornecem uma descrição dos fatos e um meio de quantificá-los, o que possibilita a manipulação experimental”.

(BACHRACH, 1971; 128).

A finalidade da avaliação é demonstrar se as metas propostas e os objetivos foram atingidos e/ou efetuar um diagnóstico sobre a situação pesquisada para redefinir o que será necessário para seu pleno cumprimento.

A avaliação permite aumentar a precisão dos resultados, discriminar de forma minuciosa os fatos, controlar e efetuar uma comparação mais geral entre os diversos acontecimentos. “A necessidade da avaliação e a justificativa de sua execução derivam da própria importância que se confere à qualidade”. (PALADINI, 1994:164).

Boa parte das informações dos quais se necessita para a orientação (como “talvez”, “melhor”, “preciso”, “satisfatório”, etc.) são imprecisas e devem ser “traduzidas” de tal forma que possam ser avaliadas.

BACHRACH (1971, 46) afirma que “Existem fenômenos que são chamados subjetivos, mas se eles não podem eventualmente ser medidos, não podem ser considerados como dados científicos”... e completa “enquanto os fenômenos subjetivos não são passíveis de mensuração e quantificação, poderão oferecer informação pouco significativa”.

Para passar do qualitativo para o quantitativo torna-se necessário estabelecer medidas que possibilite a utilização dessas informações.

Segundo SUPPES (1972:114), “O objetivo primordial de uma dada teoria de medida é mostrar, de maneira precisa, como passar de observações qualitativas para asserções quantitativas que se fazem necessárias em estágios teóricos mais elevados da Ciência”. E completa, que cabe a um matemático estabelecer um isomorfismo entre um modelo empírico com algum modelo numeral. “A existência desse isomorfismo entre modelos justifica a aplicação de números a coisas”.

Uma maneira de estabelecer este isomorfismo é relacionar cada idéia em termos de seu valor potencial. Ou seja, faz-se uma lista dessas idéias, procurando categorizar em métodos básicos acrescidos de variações, isso facilita a avaliação.

Embora haja diferenças estruturais entre as informações qualitativas e as quantitativas, a mensuração amplia o grau de confiabilidade nas conclusões sobre um dado processo, permitindo efetuar previsões com maior possibilidade de êxito.

#### 2.1.7.2.Método de Avaliação

Há muitos métodos de avaliação, na literatura, que podem ser adotados ou mesmo adaptados para dada área.



No meio empresarial, segundo PALADINI (1994:166), “a qualidade, por sua abrangência em termos conceituais ou estruturais, permite uma diversidade muito grande de métodos para sua avaliação.

WERKEMA (1996: 1) afirma que “o Ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisão para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização”. E continua adiante, “consiste em uma seqüência de procedimentos lógicos, baseados em fatos e dados”.

Algumas etapas, porém, devem ser observadas ao se prescrever uma metodologia de avaliação, como:

- identificar objetivos e processos;
- estabelecer métodos para avaliação;
- implementar os métodos de avaliação e
- analisar resultados.

Para implementar uma avaliação o primeiro passo é identificar claramente:

⇒ os objetivos (resultados) que se quer atingir;

⇒ todo o processo envolvido (incluindo as pessoas que atuam direta e indiretamente) e

⇒ possíveis conseqüências que irão surtir deste objetivo (resultado) uma vez atingido.

Para estabelecer métodos de avaliação deve-se identificar o que, quem e como será avaliado e definir medidas, critérios, indicadores e escalas para analisar as soluções potenciais, metas e prazos.

#### a) O que e Quem Avaliar

Deve-se avaliar o processo, o resultado e as possíveis conseqüências resultantes da implementação do objetivo.

PALADINI (1994) aponta alguns “princípios básicos” para nortear a avaliação da qualidade na produção/serviço, com o seguinte roteiro: “o cliente (satisfação); o processo (desempenho de atividades); a mão de obra (satisfação das necessidades e atenção ao padrão cultural vigente); objetivos da empresa (níveis de participação e estabilidade no mercado e metas a longo prazo) e suporte ao processo (desempenho de atividades).

Vale destacar que a genuína avaliação e crítica do processo é de vital importância. É isto que vai direcionar e garantir a qualidade dos resultados e sua implementação.

Não se pode negligenciá-la, deixando para que seja “alvo das atenções” apenas quando os objetivos (resultados) revelarem-se insatisfatórios.

Como o elemento principal do processo é o ser humano, que atua direta e indiretamente na obtenção de propósitos/metapas, deve-se definir métodos para uma avaliação estimativa dos esforços dessas pessoas envolvidas.

A ação dos envolvidos pode ser observada, descrita e medida. Isto permitirá indicar o grau de eficiência bem como compreender a natureza de possíveis impedimentos de pessoas envolvidas no processo e então, adotar as ações mais indicáveis para o aperfeiçoamento de suas práticas.

Para o meio organizacional a meta principal é a satisfação do cliente.

## b) Estabelecer Critérios, Indicadores e Escalas.

### b<sub>1</sub>) Critérios e Indicadores

Para traçar um método de avaliação deve-se estabelecer critérios e indicadores que permitam “reorganizar” as informações e conhecimentos disponíveis sobre o que se pretende avaliar.

Entende-se por critério, o que serve de “norma para julgar” e por indicador, “o que demonstra” (CARVALHO e PEIXOTO, 1971). Ou seja, os critérios devem ser fundamentados na natureza do trabalho e os indicadores devem fornecer resultados práticos, de preferência na forma de índice, que permitam “enxergar” o processo em seu conjunto.

TACHIZAWA e SCALCO (1997:137) afirmam que nas organizações empresariais os “critérios se fundamentam nos conceitos de gestão de processos, que compreende toda a cadeia produtiva da empresa” e que “um sistema de indicadores vinculados aos requisitos dos clientes ou de desempenho da organização representa uma base clara e objetiva para alinhar todas as atividades com as metas da organização”. Definem, também, indicadores de qualidade e de desempenho do processo “para avaliar produtos, serviços de apoio, processos, tarefas e atividades”, em uma área específica:

- **indicador de desempenho** é aquele que mede e segue o desempenho quantitativo e
- **indicador de qualidade** é aquele que mede e segue o desempenho qualitativo.

Como afirma NAGEL (1972:19), “todas as ciências empregam um método comum em suas investigações, na medida em que se utilizam os mesmos princípios de avaliação da evidência,

os mesmos cânones para julgar a adequação das explicações propostas, e os mesmos critérios para selecionar uma, dentre várias hipóteses”.

## b<sub>2</sub>) Escala

Ao implementar um processo de avaliação deve-se definir uma escala que permita assinalar diferenças de qualidade como também estabelecer uma ordenação dessas qualidades, de maneira clara e uniforme.

Uma escala ordinal com a classificação não é instrumento de precisa medição. Seu caráter também é subjetivo. Por outro lado, é um meio que permite indicar as tendências do processo pesquisado.

Sem que se estabeleça, *a priori*, uma correspondência biunívoca entre uma informação e um dado “valor”, corre-se o risco de criar dificuldades acerca do verdadeiro objetivo do processo pesquisado e do valor das soluções.

Dispondo então de uma base sólida para determinar o valor relativo dos resultados levantados, durante e no final do processo, é possível realizar uma análise mais apurada dos fatos, onde, acentuando alguns critérios e atenuando outros, pode-se tecer uma melhor avaliação.

Existem muitas escalas análogas na literatura disponível servindo como instrumentos de avaliação para algum tipo de processo. A maioria das escalas ordinais apresentadas são lineares, ou seja, dividem-se em intervalos iguais.

Por exemplo, FERNANDES (1996:85) apresenta uma escala com 7 pontos onde cada ponto representa o nível de satisfação: (7) bastante satisfeito; (6) satisfeito; (5) levemente satisfeito; (4) neutro; (3) levemente insatisfeito; (2) insatisfeito; (1) bastante insatisfeito.

Essa escala proposta por FERNANDES (1996:85) é utilizada para “codificar os depoimentos qualitativos e transformá-los, através da técnica de Análise de Conteúdos, em dados quantitativos para serem tratados estatisticamente”.

GUINTA e PRAIZLER (1994: 94) apresentam uma escala, também linear de 0 a 5 para avaliação de satisfação do cliente. Onde 0 = nenhum, 1 = baixo, 3 = médio e 5 = alto.

Segundo LARA JUNIOR (1990:20) Pareto definiu um método denominado “classificação ABC” que “consiste em separar, em três grupos, tudo que é mais importante de tudo que é menos importante”. Onde 75% deve ser aplicado ao mais importante, 20% sobre os de importância intermediária e 5% sobre o de menor importância.

Seja qual for a situação, cada setor/área deve definir critérios, indicadores e devida escala para implementar uma avaliação no processo pesquisado.

### c) Definir Metas e Prazos

Metas bem definidas asseguram uma maior possibilidade de êxito.

Assim, no preparo de um método de avaliação, a cada meta formulada deve seguir um plano específico para atingí-la e devido prazo.

### d) Implementar o Método de Avaliação e Analisar os Resultados.

A implementação de uma avaliação torna possível a determinação dos efeitos diferenciais de um fato, que se considera relevante para atingir o objetivo geral proposto.

A análise dos resultados deve não apenas propiciar uma visão mais aprofundada da situação, como também, redefinir meios de remediá-la.

## 2.1.8. Algumas Considerações sobre Qualidade

A palavra “qualidade” traduz o que se quer e se busca em todos os setores para uma vida harmoniosa. É o resultado de uma rede de inteirações e interrelações envolvendo pessoas e o meio ambiente.

“Na complexa trama do crescimento humano, os fios mais sutis são, certamente, os que tecem as relações entre os indivíduos, porque nascem da própria dinâmica e do encontro e não permitem esboço ou acabamento final. Buscar harmonia dessas ligações passa a ser, então o desafio de todas as pessoas comprometidas com a qualidade, seja no aspecto técnico, humano ou nos dois”.(LEON,1994:28)

Atingir esta meta, ou seja, ter “qualidade” plena em todos os setores, em particular no Ensino, é um grande desafio, pois envolve todos os Educadores na construção de um ensino eficiente.

Propor diretrizes para melhoria do ensino de matemática na Engenharia remete, inicialmente, a uma melhor compreensão da história desse ensino e indicadores sobre as modificações curriculares ocorridas, em especial, na disciplina de matemática, que podem ter influenciado o estado da arte do ensino de Matemática das Engenharias.

## 2.2. A História do Ensino da Matemática na Engenharia no Brasil

Engenharia é a arte de transformar os recursos da natureza e do meio ambiente para servir como instrumento ao indivíduo para a satisfação de seus próprios objetivos.

Pode-se dizer que a Engenharia tem suas raízes nas primeiras invenções e criações realizadas por artesãos, como meio de sobrevivência ou de conquista.

Lamentavelmente foi através da guerra e da conquista a que o ser humano se propôs, frente aos desejos de poder, que se conduziram os grandes impulsos ao progresso que hoje vivemos.

A palavra engenharia deriva do latim "*ingenium*" que significa mestre de engenhos ou seja, mestre de produzir máquinas bélicas.

Em Portugal, até o século XVII, o engenheiro efetuava obras nas praças conforme solicitação dos governantes e figurava como um técnico que se ocupava do estudo da arquitetura militar. "Arquitetura" (militar, civil, hidráulica) era o termo utilizado até 1813 para o que se denomina, atualmente, engenharia.

PARDAL (1983:43) apresenta também as definições "engenheiros de fogo, bombardeiros ou artilheiros" dos séculos XVI e XVII, e "engenheiros do fogo" para oficiais até o início do século XVIII. O que mostra a importância dada às conquistas pelo homem. O engenheiro, como considerado até este período, praticamente, é o mestre da guerra e da aventura.

Por outro lado, referir-se à tecnologia como um bem, frente ao progresso gerado à humanidade, o termo "engenheiro - arquiteto" ou "criador de ferramentas" tem uma conotação mais agradável, a qual propõe-se focar nessa tese.

Para implementar métodos visando uma melhoria no Ensino, em particular, no Ensino de Matemática de Engenharia, considera-se relevante que se conheça, também, fatos históricos desse Ensino que contribuíram sobremaneira para a situação atual.

Assim, nesta seção, faz-se uma breve exposição sobre a matemática utilizada nos primeiros cursos na Europa e na América (uma vez que esses serviram de modelo para os cursos no Brasil) e posteriormente, dos primeiros cursos no Brasil, fazendo algumas considerações sobre dois períodos, deste século, - o da década de 30 a 70 e aquele posterior a 70, pelas especiais características.

### 2.2.1. A Matemática nas primeiras escolas da Europa

A função do engenheiro antes do século XVIII, era, basicamente, direcionada a fins militares. Nesse sentido, podem ser destacadas as Escolas Naval de Sagres, que no século XV impulsionou as “grandes conquistas”, a de Veneza (século XVI), considerada a primeira escola para o ensino de artilheiros. Ainda de Santo Antão em Portugal, também do século XVI, a Escola de Veneza foi a que publicou, em 1583, o primeiro livro com desenhos de fortificação, de Moggi e Castrioto.

A primeira instituição oficial para o ensino de artilharia e fortificação foi fundada em Lisboa, Portugal, em maio de 1641, muito embora os cursos fossem informais, ministrados por um único professor.

A Matemática e suas aplicações eram o conteúdo básico nessas escolas europeias. Testemunha disso são as obras adotadas, também, nas escolas brasileiras:

a) Texto do flamengo Henry Honduis, traduzida para o francês em 1625, *Descrição e breve declaração das Regras Gerais de Fortificação, da Artilharia das Munições* onde consta um anexo de 10 páginas sobre Geometria, com a construção de polígonos. Segundo PARDAL (1980:47), está dividido em quatro partes:

- “1ª parte - ‘Arquitetura Militar’, trata de fortificação de praças, regulares e irregulares, com as plantas de vários tipos de fortes, e medidas necessárias à sua construção (paredes, fossas, abóbodas, etc);
- 2ª parte - ‘Artilharia’ são descritos o canhão e outras armas, balas e pólvora;
- 3ª parte - mostra a organização da campanha, atribuição dos oficiais, munições e víveres, etc.
- 4ª parte - aborda métodos para o ataque e defesa das praças; fogos artificiais (uma bola de fogo para incendiar acampamento inimigo).

b) Texto de Luis Serrão Pimentel, professor de Matemática na Aula Régia de Lisboa, com 666 páginas, datada de 1680, traz um apêndice sobre geometria linear para desenhar fortes e seus elementos. Foi a primeira obra, nessa área, em português.

c) Livro do engenheiro português, Azevedo Fortes, de 1728, apresenta uma série de aplicações geométricas, em dois volumes.

d) Dois livros do professor da Royal Escola de Matemática e Artilharia - Monsieur Belidor, de 1725: *Nouveau Cours de Mathematique à l’Usage de l’Artillerie et du Génie* e *Las Science des Ingénieurs*.

Segundo PARDAL(1980), esses livros apresentam uma matemática aplicada muito mais à engenharia vigente do que à artilharia. Na primeira obra, por exemplo, Belidor apresenta a matemática e suas aplicações a diversos problemas físicos, tais como:

- geometria (figuras geométricas planas, elipse, hipérbole e parábola);
- noções de álgebra, trigonometria, cálculo de medidas de sólidos superfícies geradas por rotação, geodésia, topografia, tratado de mecânica e estática (estudo da relação entre calibre e o comprimento do canhão, trajetória de corpos), hidráulica e hidrodinâmica (equilíbrio e escoamento de líquidos).

e) Uma sexta obra importante é a primeira tradução portuguesa dos Elementos de Euclides, feita por Padre Campos em 1735, para ser utilizada nas Aulas de Esfera do mencionado Colégio de Santo Antão.

Convém ressaltar que o período, que se vivia era o da Renascença. Muitas publicações foram realizadas nesse período na área de Engenharia. No que refere-se ao presente trabalho, aquelas citadas acima valem como referencial sobre o conteúdo matemático requerido, na época, pelas Escolas em questão.

Muitas escolas, em especial as Escolas de Artilharia e Fortificação e posteriores, Academias Militares e de Arquitetura, foram surgindo por várias regiões da Europa e América, devido principalmente à demanda imperialista: adentrar e explorar as terras “descobertas” e “conquistadas”.

Todavia, como Escola de Engenharia, propriamente dita, destaca-se a da França, fundada em 1720, que torna-se em 1747, a École des Ponts et Chaussées, primeira escola de engenharia do mundo.

Na École des Ponts et Chaussées da França, desde sua fundação até 1804, quando passou a Regime Militar, “o ensino se apresentava mais informal que as Academias da época” (PARDAL, 1985: 89), o que quer dizer, que o ensino era feito por instrutores - alunos de turmas mais avançadas ensinavam aos colegas iniciantes.

Acredita-se que não havia um rigor curricular a ser cumprido, uma vez que o ensino e a pesquisa visavam suprir as necessidades mais emergentes.

Mas é em 1749, em Mezières-França, que se cria a primeira Escola de Engenharia Militar da Europa e, possivelmente, do mundo ocidental, que em 1794 vem a se unir com outra

---

\* Terras descobertas na ótica européia imperialista, não na dos povos descobertos que nunca se souberam “cobertos” para virem a ser descobertos.

Escola de Artilharia, formando a *École d'Application du Génie et de l' Artillerie*, cujo curso destinava-se aos egressos da Escola Politécnica, criada também nesse ano.

A Escola Politécnica tinha por função, num período de dois anos, preparar alunos para as escolas técnicas superiores, civis e militares.

As escolas, além de responder às necessidades de navegação e fins militares procuravam suprir, também, aquelas necessidades emergentes dos setores habitacional e urbano. Necessidades essas que hoje pode-se enquadrar no campo da construção civil.

VARGAS (1994:333 ) afirma que: “a partir do século XVIII, com a crescente necessidade da população frente ao desenvolvimento urbano é que levou à criação de engenharia civil, e posteriormente, a partir do século XIX, às engenharias de minas, mecânica, elétrica, química, etc.”

Cabe salientar que o termo engenharia civil era para diferenciá-la da militar. Ou seja, definia aqueles formados em engenharia que não pertenciam às Escolas militares: este nome civil “originou-se para diferenciar as atividades de construção para fins militares, das atividades de construção para suprir as necessidades do cidadão comum, denominado civil. O projeto e construção de fortificações militares se constitui em um exemplo da Engenharia Militar. Já a correspondente na Engenharia Civil seria a construção de edificações para fim de moradia individual e coletiva”. (STEMMER, 1995:20)

A bibliografia disponível sobre a história do ensino da Engenharia não faz grande destaque sobre a matemática desenvolvida nesses primeiros cursos, apenas divulga aquelas utilizadas.

### 2.2.2. Os principais textos matemáticos no ensino de engenharia do Brasil

A Escola de Engenharia brasileira tem suas raízes no século XVII, no período colonial. Embora sem grande destaque, a história aponta para datas e nomes como a do engenheiro holandês Miguel Timermans, entre 1648 a 1650, e do capitão engenheiro Gregório Henriques entre 1697 a 1699, que preparavam alunos para exercer as funções de artilheiros e fortificadores - engenheiros militares da época. Não se conhece detalhes fundamentais sobre o Curso, no que diz respeito a currículo, alunos e professores. PARDAL (1985:51) classifica esses cursos como informal.



O primeiro curso oficial data de 1699, com a criação da Aula de Fortificação, através de carta Régia, mas que somente passou a funcionar no final de 1700 por falta de material necessário (livros e instrumentos).

Segundo PARDAL (1985), esse ensino foi incipiente até agosto de 1738, quando foi criado o primeiro curso militar no Rio de Janeiro com a denominação de Aula do Terço de Artilharia.

Apesar dos poucos registros e considerações sobre esse ensino, a literatura destaca o nome do engenheiro José Fernandes Pinto Alpoim, mestre dessa Aula até 1768.

Alpoim deixou duas obras escritas: *Exame de Artilheiros*, que foi publicada em Lisboa em 1746 e *Exame de Bombeiros*, publicada em Madri em 1748. Em *Exames de Artilheiros*, Alpoim faz em 259 páginas um tratado de Aritmética, Geometria e Artilharia; e em *Exames de Bombeiros* apresenta geometria, trigonometria e longimetria em 444 páginas. Vale ressaltar que a matemática abordada, como das escolas européias, não ultrapassava os aspectos mais elementares.

Adailton Pirassununga considera o ano de 1774 como “o marco inicial da formação de engenheiros militares no Brasil, uma vez que é acrescida à “Aula de Regimento de Artilharia à cadeira de Arquitetura Militar”, passando assim “a duas finalidades: o preparo de artilheiros e o preparo efetivo de oficiais técnicos em engenharia militar”(apud PARDAL, 1985: 55).

Nessa mesma época são trazidas para o Brasil, por Antonio Joaquim de Oliveira, as obras de Belidor, utilizadas nas escolas da França e de Portugal, que passam a serem implementadas nas escolas vigentes e posteriormente, nas que delas se derivaram.

Conforme PARDAL(1985), as Escolas que adotavam as famosas obras de Belidor, desde os primeiros anos, propiciavam uma introdução à Engenharia Civil.

Pode-se observar, também, que a matemática ensinada nesses cursos não ultrapassava os limites da matemática elementar, embora Descartes, Newton, Leibniz, entre outros, já tivessem realizado importantes contribuições até esse período.

As idéias desses mestres somente passaram a ser adotadas depois da Reforma Pombalina, em 1759. Por exemplo, o Cálculo Diferencial Integral foi introduzido nos currículos das escolas européias 20 anos depois da reforma mas apenas 53 anos depois, no Brasil.

---

\* O termo “Bombeiro” refere-se a “bombas” muito mais evidente na linha de Pompiers do que no moderno conceito de Bombeiros, embora estes constituem, no Brasil, a ser considerados como militares..

Acredita-se que este longo período para implementação do Cálculo nos cursos de Engenharia deva-se ao fato de que o conhecimento nessa área era privilégio de poucos. Ao se dar a reforma de Pombal poucos eram os que detinham conhecimento sobre tais assuntos, dificultando assim uma rápida disseminação nas escolas, em curto espaço de tempo.

A partir de dezembro de 1792, a Aula do Regimento de Artilharia passa a denominar-se a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, com as seguintes condições: os três primeiros anos permitiam a formação de oficial de Infantaria e Cavalaria, tendo que fazer mais dois anos, para completar 5 anos de curso, terminando a formação de Artilheiro ou mais 3 anos num total de 6 anos para a formação de Engenheiro. Segundo PARDAL (1985: 58), é no “6º ano que se ocupavam de Arquitetura Civil, Materiais de Construção, Estradas, Pontes”. Com isso, pode-se considerar o ano de 1798 o início formal da cadeira de Arquitetura Civil, denominação, à época, da Engenharia Civil.

Embora o ‘período de ouro’, Renascença, coincida com a história do nosso país, nas fases que vão da descoberta das terras brasileiras e sua colonização pelos portugueses até a República, como outras colônias, o país ficou a mercê dos interesses dos colonizadores. VARGAS(1994) afirma que pouco se fez de significativo até o final do século XIX, comparado ao que vinha se desenvolvendo na Europa e nos Estados Unidos.

Nos Estados Unidos, a primeira Escola de Engenharia, a Academia Militar de West Point, criada em 1794, teve apenas dois anos de duração devido a um incêndio que ocorreu em 1796, sendo reaberta em 1802. Com o apoio da Escola Politécnica da França a partir de 1817, deu um salto qualitativo incomparável ao que vinha acontecendo no Brasil, cuja escola foi criada dois anos antes da americana.

Vale ressaltar que o ensino elementar no período de 1549 a 1759 era exclusividade dos jesuítas. Além disso, os jesuítas dirigiam um curso superior nos Cursos de Artes onde ensinavam-se Matemática (geometria plana, trigonometria plana e esférica), Lógica, Física, entre outras, de interesse da Igreja. Desta forma, aqueles que queriam e podiam seguir seus estudos, em função das poucas opções no Brasil, procuravam pelas Universidades Europeias.

Segundo CASTRO (1955:49) dentre aqueles que se deslocaram para a Europa para realizar seus estudos superiores, destacam-se três brasileiros que estudaram na Escola de Matemática, em Coimbra (curso criado em 1773), tendo sido depois contratados, em 1801, como professores de matemática da Academia Real da Marinha, em Lisboa, e que efetuaram importantes publicações para as nossas Escolas de Engenharia. Foram elas:

a) Francisco Vilela Barbosa - Marquês de Paranaguá, que retornou ao Brasil somente após a Independência em 1822, escreveu um livro em 1815 - *Elementos de Geometria* cuja popularidade lhe valeu oito edições;

b) Manuel Jascinto Nogueira da Gama - Marquês de Baependi, que traduziu e publicou em Lisboa, em 1798, as obras de Carnot - *Reflexões sobre a Metafísica do Cálculo Infinitesimal* e de Lagrange - *Teoria das Funções Analíticas*;

c) Manuel Ferreira de Araújo Guimarães que traduziu as obras de Lacaille, *Curso Elementar e Completo de Matemática Pura*; do Abade Marie *Explicação da Formação das Táboas Logarítmicas*, e de J.J. Cousin, *O Tratado Elementar de Análise Matemática*, publicadas em Lisboa, entre os anos de 1800 a 1802.

Com a transferência da família real em 1808, esse panorama passa a mudar, ou seja, diminui o fluxo de jovens para a Europa com a finalidade de estudos.

Para criar condições ou, pelo menos, assemelhá-las com aquelas deixadas em Portugal, aqui no Brasil, D. João VI e sua corte, nos treze anos vividos no Brasil, fundou a Imprensa Régia, a Biblioteca Nacional, criou os cursos Médico-cirúrgicos na Bahia e no Rio além da Academia da Marinha e a Academia Real Militar.

Os interesses da Corte, voluntária ou involuntariamente, acabaram contribuindo para o crescimento científico e cultural cujos efeitos persistem até os dias atuais.

“D. João VI, não somente alargou o campo do ensino superior, mas deu ao econômico e ao técnico a primazia sobre o literário, inaugurando a profissionalização do ensino desse grau que conservou o caráter utilitário, se não exclusivo, preponderante”(AZEVEDO, 1955: 26).

De interesse maior ao presente trabalho, centra-se atenção na Academia Real Militar, que tornou-se, posteriormente, a Escola Nacional de Engenharia.

### 2.2.3. Academia Real Militar e o primeiro Curso Matemático Superior do Brasil

Embora tenha sido criada em dezembro de 1810 e inaugurada em abril de 1811, com a primeira aula, na Casa do Trem (atualmente museu Histórico Nacional), a Academia Real Militar só teve início um ano depois, em abril de 1812, sendo um ensino exclusivamente de caráter militar até 22 de outubro de 1823, ou seja, um ano após a Independência, quando passou a aceitar civis como estudantes, também. Esse curso da Academia, com duração de sete anos, objetivava não

apenas formar Engenheiros para fins militares e de construção civil, como também formar Matemáticos e profissionais das demais áreas que compõem as Ciências Físicas e Naturais.

Para atingir esse objetivo, o currículo apresentava uma forte carga de Matemática, nos quatro primeiros anos do Curso (que era de sete anos):

- no 1º ano: Aritmética, Álgebra, Geometria, Trigonometria e Desenho;
- no 2º ano: Álgebra, Geometria, Geometria Analítica, Cálculo Diferencial Integral, Geometria Descritiva e Desenho;
- no 3º ano : Mecânica, Hidráulica, Balística e Desenho;
- no 4º ano: Trigonometria Esférica, Física, Astronomia, Geodesia, Geografia Geral e Desenho.

“Estudar as Matemáticas Superiores, as Ciências Naturais, a Mecânica, no Brasil daqueles tempos, era um ato heróico, que ia ao arrepio de todas as tendências, que não encontrava qualquer apoio na estrutura econômica-social dominante, que feria os hábitos de uma cultura humanístico-literária muito sedimentada” (PARDAL, 1985:71).

A disposição do curso, com ênfase meramente matemática nos quatro primeiros anos, estabelecia uma formação matemática dos futuros engenheiros. De tal forma que esse curso é considerado o primeiro Curso Matemático Superior do Brasil, embora esteja incorporado à formação do Engenheiro. Isto mostra que a matemática, até este período, era a chave da formação de um engenheiro.

“Com o fim de se garantir um nível mínimo de estudos, são especificados, na carta de lei, os livros e tratados em que deveriam se basear os lentes para a redação obrigatória dos respectivos compêndios” (CASTRO, 1955:51).

Por exemplo, foram adotadas as obras de Euler, Bezout, Monge, Legendre, Lacroix, Laplace, Francoeur, Prony, Delambre, La Caille, Harry e Brisson, entre outras.

Segundo aponta a literatura, não existiam pessoas suficientemente habilitadas, nem material didático e de laboratório para encaminhar, a contento, o curso conforme impunha a legislação; além disso, os candidatos a admissão na Academia, nos seus 15 anos de idade, mal sabiam ler e dominar as quatro operações matemáticas. Como então, incorporar, através dos mais avançados livros da época, o Cálculo Infinitesimal, Geometria, etc?

Os poucos que se formavam na Academia Militar destinavam-se mais ao Ensino do que à função de Engenheiro. Isto leva alguns historiadores a não aceitar essa Academia como a origem de nossa Engenharia.

A opinião da autora desta tese é de que, apesar dos entraves, no que diz respeito à baixa formação dos egressos e à diminuta mão de obra especializada necessária para a formação de um engenheiro, a legislação abriu um precedente para por em prática o Ensino e a Pesquisa nessa área; mesmo que tenha custado um longo percurso além do previsto, sob uma certa ótica, natural, quando se trata de formação.

Em 1823, com a fusão das Academias Real Militar e a anexação da Academia de Guardas-Marinha, foram criados, entre outros cursos de Engenheiro de Pontes e Calçadas e de Engenheiro Geógrafo, sendo estes dois extintos em 1839, com a separação das Academias. Da Academia Militar passou-se à Escola Militar, continuando o ensino a ser, meramente, militar.

O engenheiro militar também se ocupava de obras públicas, de objetivos não militares. Devido a complexidade dessas obras, foi necessário elaborar a formação de engenheiros civis com base científica mais sólida. Assim, em 1842, a disciplina de engenharia civil é implantada no sétimo ano de curso.

Muitas reformas ocorreram na Academia Militar até 1858 quando, passou a denominar-se Escola Central.

Uma vez que o Curso de Matemática estava anexado ao de Engenharia começaram a surgir também, nesse período as primeiras dissertações de doutorado em Matemática. Segundo CASTRO (1955), entre 1848 a 1858 são apresentadas mais de vinte dissertações na Escola Militar, dentre as quais destaca-se a de Joaquim Gomes de Souza (Souzinha), considerado um dos mais importantes matemáticos que o Brasil já produzira. Ele se tornou o professor da Academia em 1848. Foram seus discípulos, os também importantes matemáticos como Oto de Alencar e Amoroso Costa.

Nesse período, são criadas também, a Escola de Aplicação, e o Curso de Infantaria e Cavalaria, na Província de S. Pedro do Rio Grande do Sul, em cujo ensino, teórico e prático, estavam incorporadas as devidas reformas ocorridas na Escola Militar, embora não satisfizessem as necessidades da sociedade que, nessa época, entrava na era das estradas de ferro, com a conseqüente fase de transformação e progresso para o Brasil.

É importante ressaltar que a primeira estrada de ferro nacional - Barão de Mauá - foi inaugurada em 1852, sem fins especificamente econômicos, a priori. Com a expansão da lavoura do café, porém, fortaleceu a construção, em 1858, da ferrovia D. Pedro II, que ligava o Rio de Janeiro a Belém - pólo da produção cafeeira.

O poder econômico advindo da produção e exportação do café, aliado ao desenvolvimento, ainda que de forma lenta, da indústria, impulsionaram os ministros da Guerra

Pedro D'Alcantara Belegardo e o Marquês de Caxias a proporem a separação do ensino militar e do ensino civil, conduzindo, então, a criação em março de 1858, a Escola Central, cujo objetivo era essencialmente o ensino de Matemática, Ciências Físicas e Naturais e doutrinas da Engenharia Civil. Começara, então o Ensino de Engenharia Civil neste país.

#### 2.2.4. A Escola Central

A Escola Central tornou-se o “centro dos estudos científicos, indispensáveis à formação de engenheiros civis e oficiais de artilharia, engenharia e estado maior” (BRITO, 1958:161). A separação do ensino civil e militar foi benéfica pois permitiu um aprofundamento qualitativo numa respectiva área.

O curso era dividido em dois momentos: Fundamental, de quatro anos, em que se ensinavam Matemática, e Ciências Físicas e Naturais e o Suplementar, de dois anos, que era de Engenharia Civil, propriamente dita. A conclusão do Curso Fundamental dava o título de Engenheiro Geógrafo e com o curso Suplementar ( seis anos) , o de Engenheiro Civil.

Além disso, àqueles que após o curso Fundamental realizassem uma segunda cadeira, no quinto ano, de mineralogia e geologia, era conferido o grau de bacharel em Ciências Matemáticas e Físicas. Defendendo tese, o grau de doutor.

Dois aspectos são interessantes ressaltar:

- a continuidade de um regime militar, apesar da “oficial” separação entre os cursos civil e militar - onde professores e alunos só podiam freqüentar a escola fardados;
- a abertura para estudantes advindos de classes econômicas menos favorecidas.

Durante longo período, o número de estudantes que se matriculavam no Curso de Engenharia era muito pequeno. Por exemplo, dos 568 alunos, entre civis e militares que matricularam-se no início do funcionamento da Escola Central, apenas 5 pertenciam ao curso de engenharia civil.

“Ficou patente a utilidade e a eficiência da Escola Central, formando competentes profissionais civil e militares, porém, de acordo com a evolução que se processava no mundo e a necessidade de serem ministrados mais amplos conhecimentos científicos, quer aos militares, que aos civis, impunha-se a separação definitiva dos dois ensinos”.(BRITO, 1958 : 163).

Essas características propiciaram a transformação da Escola Central para Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em abril de 1874 e a criação de outras Escolas, com o mesmo fim, em diversas regiões do país, tais como a Politécnica de Minas Gerais, em 1876, a Politécnica de

São Paulo, em 1894, a Engenharia de Pernambuco, em 1895, a Engenharia Mackenzie - primeira escola particular- em 1896; a Engenharia de Porto Alegre, em 1896 e a Politécnica da Bahia em 1897.

Abaixo, faz-se uma breve exposição sobre as Escolas Politécnicas do Rio de Janeiro e de São Paulo, até a década de 30 deste século, devido às suas significativas contribuições, para a implementação de diversos Cursos de Engenharia no país nos anos subseqüentes. Não se está negligenciando a contribuição de cunho científico das demais Escolas Politécnicas que emergiram no final do século XIX, apenas, no que diz respeito ao currículo, que essas Escolas serviram de modelo às demais.

### 2.2.5. As Escolas Politécnicas do Rio de Janeiro e São Paulo até 1930

A Escola Politécnica do Rio de Janeiro, criada em abril de 1874, era de caráter civil, embora tenha mantido os mesmos estatutos militares para sua regência até a Proclamação da República, em 1889.

Os cursos, nesse período inicial, eram compostos de um curso Geral, com duração de dois anos e de Cursos especiais, como Ciências Físicas e Naturais, Ciências Físicas e Matemática, Engenheiros Geógrafos, Engenheiros Civis, Engenheiros de Minas, Artes e Manufaturas, com duração de 3 anos, salvo o de Engenheiro Geógrafo que como o Geral tinha duração de 2 anos. Cabe aqui salientar que os cursos de Ciências Físicas e Naturais e de Ciências Físicas e Matemática, denominados também de Cursos Científicos, são oriundos do Curso Matemático das escolas militares.

Segundo CASTRO (1955: 61), “no curso de Ciências Físicas e Matemática foram criadas as cadeiras de mecânica celeste e física matemática e de complementos de matemática” onde nos quais os tópicos de Séries, Funções Elípticas, Continuação do Cálculo Diferencial Integral, Cálculo das Variações, Cálculo das Probabilidades e Matemática Financeira compunham o ementário.

Um ano após a proclamação da República, em 1890, um novo estatuto entrou em vigor, cuja contribuição se deve ao então representante, Benjamim Constant que reorganizou os cursos: um Curso Fundamental e outros dois especiais, Engenharia Civil e Engenharia Industrial, com 4 anos de duração.

Outras modificações passam a ocorrer no sentido de atender às necessidades e interesses vigentes. Por exemplo, em 1896, são criados os cursos de Engenharia de Minas, Engenharia

Mecânica e Engenharia Agrônômica, que vieram a constituir o programa que conduziria à expansão tecnológica, ainda que deficitário em alguns pontos, em relação a outros países.

Este fato não deixa de ser uma consequência do aumento expressivo de fábricas e indústrias impulsionadas pela Inglaterra, que contribuíra com capital para esse fim, devida à ocorrência da Revolução Industrial.

Diversas modificações quanto à duração dos Cursos foram feitas também neste período, passando para três anos para o curso Fundamental e para três ou dois anos para a Engenharia propriamente dita.

Pelo que expõe CASTRO (1955), não ficam claros os conteúdos programáticos tratados no curso Fundamental. Como não é este o objeto desta pesquisa, deixa-se o termo sem justificativa quanto ao corpo de disciplinas e a finalidade de formação.

Foi também, nessa época de relevada importância a Escola Politécnica de São Paulo, implantada em 1894.

Segundo VARGAS (1994:311), o engenheiro civil, Paula Souza, formado pela Escola Technische Hochschule de Karlsruhe, diretor da Escola Politécnica, organizou os Cursos semelhantes aos da Escola "Technische Hochschule", cujo ensino era baseado na prática em ciências aplicadas às artes e indústria, juntamente com outros seis professores ("lentes", como denominados na época).

Algumas modificações ocorreram ao longo da República Velha, mantendo apenas características de prática em mecânica, condução de trabalho, contabilidade e agrimensura. Uma das modificações foi a criação do Curso de Engenheiros Arquitetos, com 6 anos de duração, onde o primeiro ano, denominado de Preliminar, segundo TELES(1984), tinha por objetivo repor aos alunos os conteúdos de nível secundário não aprendidos devidamente naquele período escolar.

A característica germânica é patente na disposição das disciplinas, ou seja, na parte diurna, as disciplinas de cunho teórico, sendo deixadas para o horário vespertino as de cunho prático, que abordam projetos, laboratórios e manuais de oficinas. Vale destacar que a área de Resistência de Materiais, precursora da pesquisa tecnológica no Brasil, foi criada por Paula Souza em 1899, tendo como primeiro coordenador o engenheiro suíço Wilhelm Fischer.

Embora não tenha conseguido atingir plenamente seus objetivos em manter uma pesquisa tecnológica, rotineiramente, na indústria paulista, Paula Souza, conduzido pelo também fundador da Politécnica, Ramos de Azevedo, propulsionou, significativamente, a indústria da construção civil na primeira década deste século.



Além de contribuir de forma expressiva para a arquitetura urbana, a Politécnica forneceu tecnologia para a modernizar estradas de ferro e, posteriormente, implementar a construção rodoviária em São Paulo.

Conforme citado anteriormente, com o país em nova fase, a da República, foi fomentada a criação de Cursos de Engenharia em diversas regiões do País com intuito de atender às necessidades vigentes.

No que diz respeito ao currículo dos cursos, tornaram-se mais abrangentes, devido ao desenvolvimento de cunho tecnológico que então se acentuava.

Tal crescimento tecnológico conduziu à implementação de modificações no currículo. A matemática, por exemplo, que ocupava cerca de 60% do currículo, foi redistribuída como instrumento nas disciplinas específicas; Além disto, uma matemática mais avançada é implementada nos programas.

Outra característica considerável é que até a década de 30 deste século os professores de matemática, dos cursos superiores, eram engenheiros ou alunos dos últimos anos de engenharias.

Alguns problemas ocorridos na década de 30, como a crise do café e as revoluções em São Paulo (1930 e 1932) acabaram por atingir, as instituições de Ensino Superior. Devido às características das modificações implementadas nessa época, esse período é considerado o fim de um período para as Escolas de Engenharia.

## 2.2.6. Ensino de Engenharia com a Criação da Faculdade de Filosofia

As mudanças de perspectivas da sociedade brasileira repercutem, também, nas instituições de ensino superior.

Dentre as modificações, para as Escolas de Engenharia, figura a criação das Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras, que assumem o ensino das disciplinas básicas do curso, como a Matemática. Este fato, como discutido mais adiante, conduziu a modificações estruturais, pois, se por um lado a Matemática ganhou espaço para se desenvolver enquanto ciência, no ensino de engenharia, ao longo dos anos, por outro lado convergiu para uma seção entre o que se ensina versus o que se utiliza.

A Universidade de São Paulo, fundada em 1934, além de incorporar a Escola Politécnica, que entra para uma segunda fase de sua existência tão expressiva quanto a primeira, e cria a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras que assume o ensino das disciplinas de Matemática e Física, básicas para a Engenharia.

Os cursos de Engenharia e Politécnica da USP, sob a liderança de Teodoro Augusto Ramos (1895-1936), passa a seguir uma proposta baseada nas ciências então ditas puras.

A Escola Central, advinda da separação da Academia Militar, e posteriormente mudada para Escola Politécnica abriu precedentes para a criação da Universidade do Brasil, em 5 de julho de 1937. Com isso, a Escola Politécnica do Rio passou a chamar-se Escola Nacional de Engenharia. Na Universidade do Brasil, a Faculdade de Filosofia só é criada em 1939.

Com a contratação de professores estrangeiros, como os matemáticos italianos Luigi Vantapié e Giacomo Albanese, e o físico ítalo-russo Gleb Wataghin, até o final da década de 30, a renovação científica foi tal que ainda hoje, há vestígios da atuação desses grandes mestres que, além da competência técnica também se destacavam pela capacidade didática: “A expressão dada por estes mestres no campo didático veio reiterar que a competência de quem ensina não deve ser calçada apenas no conhecimento específico da área”. (VARGAS, 1994:314)

Em 1934, também, o Laboratório de Ensino de Materiais, fundado por Paula Souza em 1899, transforma-se no atual Instituto de Pesquisas Tecnológicas, o IPT, uma entidade autônoma, anexa à USP.

*“Essa íntima associação de um organismo de pesquisa, direcionado para a solução de problemas da comunidade tecnológica, com professores da Poli, constituiu-se como um dos principais fatores da modernização da relação ensino-pesquisa em São Paulo. Aliás essa modernização possibilitou o desenvolvimento tecnológico, não só da engenharia civil, como também das indústrias metalúrgicas, química e elétrica que se deu em todo o país a partir do início da 2ª Guerra Mundial”.* (VARGAS, 1994: 315).

Com o fim da II Guerra e a retomada da democracia, uma nova fase se inicia no país. O presidente da República, Juscelino Kubitschek (1955-1960), cujo plano político era transformar o país agrícola em um país industrializado, defendia a importância da ciência e da tecnologia como meio de propiciar a melhoria de vida da população.

Nesse sentido, “iniciou a indústria automobilística, incentivou a indústria naval, motivou a siderurgia, ampliou o parque rodoviário, formulou uma nova política econômica e social para o Nordeste, impulsionou as usinas hidrelétricas de Furnas e Três Marias e construiu Brasília.” (STEMMER, 1995: 26)

Essa política impulsionou a criação de outros Cursos nas escolas já existentes: a Engenharia Naval, criada em 1956 e a Engenharia de Produção, como opção da Engenharia Mecânica, em 1958, na Escola Politécnica de São Paulo e demais Escolas nas mais diversas regiões do país.

Santa Catarina, a exemplo de muitos estados, também procurou investir em cursos nessa área.

Assim, na mesma lei número 3849, de dezembro de 1960, que criou a Universidade de Santa Catarina (a primeira Universidade do Estado), incluíam-se, também, os Cursos de Engenharia Mecânica, Química e Metalúrgica. O de Metalúrgica nunca foi implantado.

A Universidade de Santa Catarina, posteriormente a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) tinha como finalidade unir as faculdades isoladas, estaduais e particulares, existentes no município de Florianópolis.

“O interesse pela Engenharia Mecânica e Metalúrgica estava associada à implantação no Brasil das primeiras indústrias montadoras de automóveis. Já a Engenharia Química estava ligada aos insumos industriais químicos, cuja dependência do comércio exterior era flagrante” (STEMMER, 1995: 22).

Apesar da política econômica nesse período apontar, sobretudo, para o setor rodoviário, os primeiros cursos de engenharia civil, em Santa Catarina, somente foram criados em 1968, na UFSC - Florianópolis e em 1973 na FURB - Blumenau.

Conforme exposto anteriormente, o currículo de um Curso de Engenharia, independe da área, compunha-se de duas partes: uma para a formação geral e a outra em cada área específica, e essa estrutura, a menos dos nomes e devidas cargas horária, mantém-se até os dias de hoje.

Por exemplo, desde a década de 60, o currículo mínimo dos cursos de Engenharia, determinado pelo Conselho Nacional de Educação, se compõe de uma parte comum a todas as áreas: aquelas ditas “Básicas” (matemática, física, química,..) e “Geral” (português, filosofia,..), e uma Diversificada, de acordo com a área de habilitação (Civil, Eletricidade, Mecânica, Metalúrgica, Minas, Química). As matérias de formação Básica e de formação Geral são oferecidas nos dois primeiros anos do curso.

Neste contexto, o currículo mínimo de Matemática era Cálculo Infinitesimal I e II, Cálculo Vetorial e Geometria Analítica, Geometria Descritiva, Cálculo Numérico.

VARGAS (1994: 320) afirma que “esse período, de 1932/1934 até a data imprecisa entre 1964 e 1970, é a da superação do liberalismo por uma ideologia em que os aspectos tecnológicos predominam sobre os políticos”. E completa, “o ensino de Matemática e Física, em conjunto com a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras dura pouco, mas uma forte preparação científica dos alunos de engenharia predomina”.

Ao final desse período, sob o domínio do governo Militar, é implementada uma reforma no Ensino Superior, em que, dentre as modificações, os cursos deixam de realizar um trabalho independente sob coordenação apenas da Reitoria.

Essa lei, a de nº 5440, de 28 de novembro de 1968, denominada Reforma Universitária, provocou resultados nada satisfatórios que se refletem nos dias de hoje.

“A visão militar entendia que esta reforma era necessária para o projeto de modernização do país, que vinha ao encontro dos anseios de uma parcela significativa das elites nacionais, que identificava que a sua permanência no poder dependia da educação superior de seus filhos e familiares”. (STEMMER, 1995: 22 ).

## 2.2.7. O Ensino de Engenharia e o Currículo de Matemática após a Reforma Universitária

Dentre as modificações no Sistema universitário constam a periodicidade semestral, o sistema de créditos, a departamentalização, a coordenadoria de cursos, a unidade de ensino, a administração superior centralizada.

Foi então que apareceu a mentalidade que dominou, durante o regime militar, as aspirações de muitos brasileiros principalmente, economistas e engenheiros. Era a mentalidade do ‘Brasil Potência’ da qual resultou, sem dúvida, um grande progresso material; porém que, também, veio a criar uma série de necessidades ao povo brasileiro, para a satisfação das quais a nação não encontra meios de satisfazer. (VARGAS, 1994:318)

Nesse período, o ensino de graduação se constituía no foco principal da política educacional, embora já se iniciassem cursos de pós-graduação, com vista às pesquisas, o que sem a menor sombra de dúvidas foi “a grande revolução que se deu na Engenharia, como fonte supridora da tecnologia necessária ao País.” (VARGAS, 1994: 36)

O governo estimulou através de subsídios, a criação de instituições privadas e fundações. A exemplo das inúmeras Instituições de Ensino Superior criadas no país, nesse período, encontra-se a Faculdade de Engenharia da Universidade Regional de Blumenau - FURB com os Cursos de Engenharia Química e Civil, criados em março de 1973.

As disciplinas matemáticas apresentadas de acordo com o currículo mínimo exigidos pelo parecer 280/62 do então CFE eram: Cálculo Diferencial Integral I, II, III e IV, Geometria Analítica I e II, Geometria Descritiva I e II, Estatística, Álgebra Linear (Cálculo Vetorial), Complementos de Matemática e Cálculo Numérico.

Nos últimos 20 anos, os Cursos de Engenharia sofreram algumas alterações frente as necessidades locais ou de ordem política universitária.

No que diz respeito ao currículo de matemática, observa-se apenas uma troca de nomes nas disciplinas, ou melhor, um rearranjo entre conteúdos, dando maior ou menor ênfase em diferentes tópicos, e no número de créditos.

O mesmo pode ser verificado nas diversas Instituições de Ensino de Engenharia do país; houve trocas de nomes e pesos nas disciplinas de Matemática dos cursos, porém, o conteúdo desenvolvido, salvo algumas raras exceções, é o mesmo contido nos livros de Lacroix, Lagrange, Legendre, Laplace, etc, enfim, o mesmo praticado pelas Escolas Politécnicas no início deste século.

Por outro lado, este período é marcado por um significativo avanço tecnológico. Devido às questões de ordens política econômica e social, ocorridas no país, os interesses pelas áreas da engenharia vêm passando por “flutuações”. Pode-se verificar que uma sensível diminuição de procura ocorreu na área Civil versus um progressivo aumento de interesse na área Industrial.

## 2.3. O Currículo Vigente nos Cursos de Engenharia Civil, Química e Elétrica da FURB

A palavra currículo deriva do latim - *Scurrere* - que se refere a curso (ou carro de corrida). Segundo GOODSON (1995:31), “o currículo é definido como um curso a ser seguido, ou mais especificamente, apresentado” e completa que o “vínculo entre currículo e prescrição foi, pois forjado desde muito cedo, e, com o passar do tempo, sobreviveu e fortaleceu-se”.

Isso sugere que o currículo é um importante documento do processo educacional uma vez que prescreve as tendências de uma comunidade dirigente de uma Sociedade.

Sendo o currículo um norteador dos Cursos, em particular, das Engenharias, e que muitas deficiências que ocorrem nesse Ensino são atribuídas a este, apresentam-se nesta seção o currículo mínimo dos Cursos de Engenharia determinados pelo CFE, a grade curricular e o currículo de Matemática com devido tempo dispensado para o desenvolvimento de cada tópico do programa, para que se possa efetuar um diagnóstico sobre a validade do mesmo.

### 2.3.1. Determinação do Conselho Federal da Educação

Para que um Curso no Brasil possa ser implantado e reconhecido pelo Conselho Federal de Educação - CFE é obrigatório seguir um Currículo Mínimo, definido por este órgão. A definição do programa, da ordem e da forma, em geral, são da responsabilidade da coordenação (colegiado) do Curso, que por sua vez deve ser submetida à aprovação do CFE.

Segundo a resolução nº 48/76, a carga horária mínima de um Curso de Engenharia é de 3600 horas, distribuídas de tal forma, que contemplem o currículo mínimo e devidas exigências quanto ao estágio supervisionado. O currículo deve ter uma parte comum a todas as áreas e uma parte diversificada, em função de cada área de habilitação.

A parte comum compreende as matérias de formação básica e geral. As matérias de formação básica são: Matemática, Química, Física, Mecânica, Processamento de Dados, Desenho, Eletricidade, Resistência de Materiais e Fenômenos de Transporte. As matérias de formação geral, das áreas de Humanidade e Ciências Sociais são: Sociologia, Metodologia Científica, Relações Humanas, Ciências do Ambiente, Administração, Psicologia, Direito, Economia.

A parte diversificada compreende matérias de formação profissional geral e de formação específica.

No quadro abaixo, apresentam-se as matérias de formação profissional geral, para as Engenharias Civil, Química e Elétrica.

Quadro 2.1.: Materiais de formação profissional

| <b>Cursos</b><br><b>Matérias</b> | <b>Civil</b>   | <b>Química</b>   | <b>Elétrica</b>  |
|----------------------------------|--|--|--|
|                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Topografia;</li> <li>• Mecânica dos Solos;</li> <li>• Hidrologia Aplicada;</li> <li>• Hidráulica;</li> <li>• Teoria das Estruturas;</li> <li>• Materiais de Construção Civil;</li> <li>• Sistemas Estruturais;</li> <li>• Transportes;</li> <li>• Saneamento Básico e Cosntrução Civil</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Química Analítica;</li> <li>• Química Descritiva;</li> <li>• Físico-química;</li> <li>• Materiais;</li> <li>• Química Industrial;</li> <li>• Operações Unitárias;</li> <li>• Processos Químicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuitos Elétricos;</li> <li>• Eletromagnetismo;</li> <li>• Eletrônica;</li> <li>• Materiais Elétricos;</li> <li>• Conversão de Energia;</li> <li>• Controle e Servomecanismos.</li> </ul> |

Fonte: Apoio Técnico de Ensino – FURB

As matérias de formação específicas do Curso devem contemplar assuntos que propiciem habilitações específicas da Engenharia. São estabelecidas pelas próprias instituições desde que atendam as normas do CFE.

### 2.3.2. A Grade Curricular dos Cursos de Engenharia da FURB

A FURB possui quatro cursos de Engenharia: Civil, Química, Elétrica e Florestal. Não será considerado, nesta tese, o curso de Engenharia Florestal (recentemente implantado) uma vez que as disciplinas de matemática (objeto desta tese) são diferenciadas no conteúdo e na carga horária.

O quadro, abaixo, apresenta uma síntese das grades curriculares dos cursos de Engenharia Civil, Química e Elétrica no que diz respeito ao número de disciplinas e carga horária. (Vide anexo II- Grades Curriculares).

Quadro 2.2.: Grades Curriculares

| <b>Disciplinas</b><br><b>Cursos</b> | <b>Disciplina obrigatória</b> | <b>Disciplina optativa</b> | <b>Estágio Supervisionado(h)</b> | <b>Total Mínimo/aula</b> | <b>Período letivo/anos</b> |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Civil                               | 62                            | 7                          | 420                              | 3904                     | 5                          |
| Química                             | 62                            | 5                          | 420                              | 4080                     | 5                          |
| Elétrica                            | 56                            | 8                          | 420                              | 4080                     | 6                          |

Fonte: Apoio Técnico de Ensino - FURB

Pelo menos duas disciplinas optativas devem ser cursadas.

A duração do curso de Engenharia Elétrica da FURB é de 6 anos por ser no período noturno.

### 2.3.3. Currículo de Matemática

As disciplinas de matemática são de responsabilidade do Departamento de Matemática.

Atualmente, o currículo de Matemática para estas três Engenharias, está dividido em oito disciplinas, distribuídas nos quatro primeiros semestres.

Cada disciplina de Cálculo I, II e III, Álgebra Linear e Geometria Analítica I (ALGA I) possui uma carga horária de 75 horas/aula, e cada uma das demais, Cálculo IV, Cálculo Numérico, Álgebra Linear e Geometria Analítica II (ALGA II) e Estatística, 60horas/aula .

Os Cálculos são oferecidos nos quatro primeiros semestres, as Álgebras nos dois primeiros, o Cálculo Numérico no terceiro e a Estatística no quarto semestre.

O Departamento de Matemática da FURB conta com trinta professores, dos quais doze atuam também nos Cursos de Engenharia ( cinco em Cálculo I, II, III, IV, dois em Cálculo Numérico, três em Álgebra I e II, dois em Estatística).

O quadro, abaixo, apresenta a disposição das disciplinas e devida carga horária.

Quadro 2.3.: Disciplinas de Matemática versus carga horária

| Período<br>Disciplina/<br>(h/a) | 1º semestre                   | 2º semestre                    | 3º semestre                      | 4º semestre                      | Total(h)   |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------|
|                                 | Cálculo I (75)<br>ALGA I (60) | CálculoII (75)<br>ALGA II (60) | CálculoIII (75)<br>Cálc.Num.(60) | CálculoIV(60)<br>Estatística(60) | 285<br>240 |
| <b>Total horas/aula</b>         | 135 h                         | 135 h                          | 135 h                            | 120 h                            | 525 h      |

Fonte: Apoio Técnico de Ensino - FURB

Vale salientar que estas disciplinas são oferecidas em outros Cursos da Graduação. Por exemplo, as disciplinas de Cálculo Diferencial Integral fazem parte do currículo dos Cursos de Arquitetura, Economia, Ciências da Computação, onde se observa uma troca de nomes nas disciplinas, um certo rearranjo entre conteúdos, maior ou menor ênfase em alguns tópicos e o número de créditos.



Por ser de interesse desta tese a implementação de melhoria no Ensino de Matemática da Engenharia da FURB passa-se a seguir para uma descrição desta análise do currículo vigente. A disciplina de Estatística não fará parte.

### 2.3.3.1. Conteúdo Matemático versus Tempo Dispensado para Ensino

Nos gráficos, abaixo, constam o tempo médio dispensado pelos professores de Matemática, dos Cursos de Engenharia da FURB, para desenvolver cada conteúdo da ementa. O tempo dispensado inclui não apenas a exposição do conteúdo programático e as atividades (exercícios, avaliação) propostas para a fixação dos mesmos.

As respectivas tabelas e os gráficos que constam a ementa estão no anexo III.

As cores utilizadas nos gráficos permitem identificar os conteúdos com o respectivo tópico da ementa.

Estes dados foram obtidos junto aos professores do Departamento de Matemática da FURB que atuam nas Engenharias.

É de relevada importância frisar que, em geral, o professor de posse do ementário definido pelo Colegiado de curso, desempenha com eficiência o papel que lhe é atribuído.

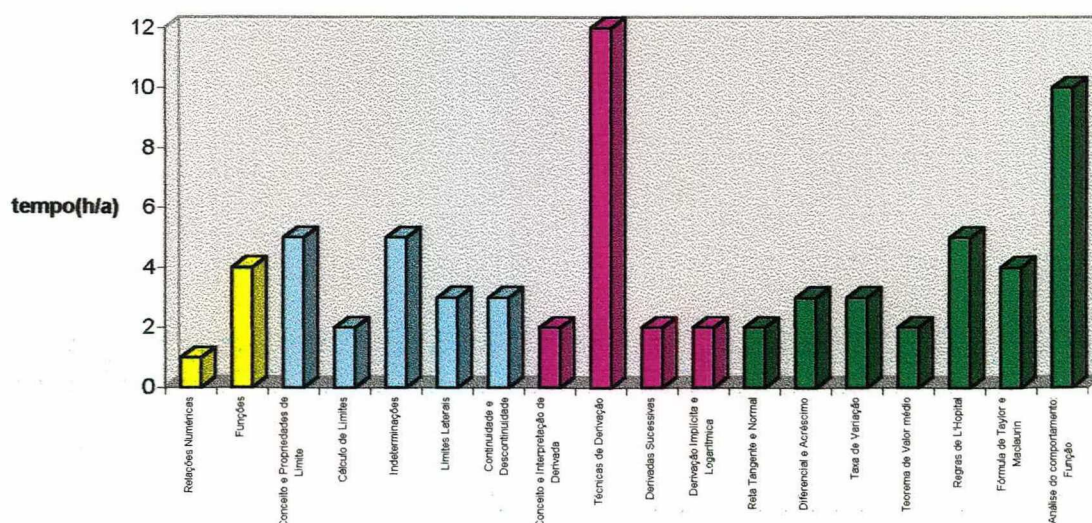


Figura 2.1. Tempo médio dispensado para o ensino de Cálculo I

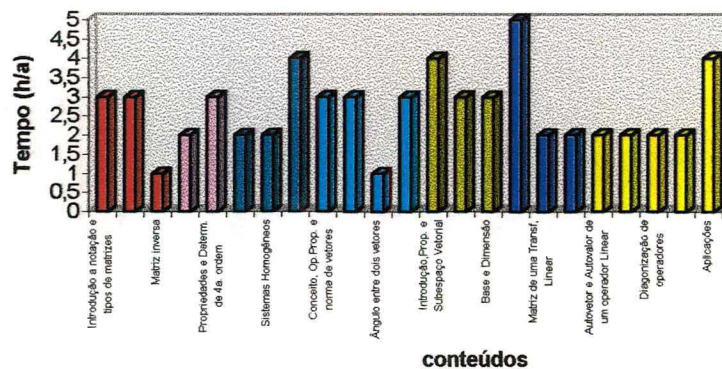
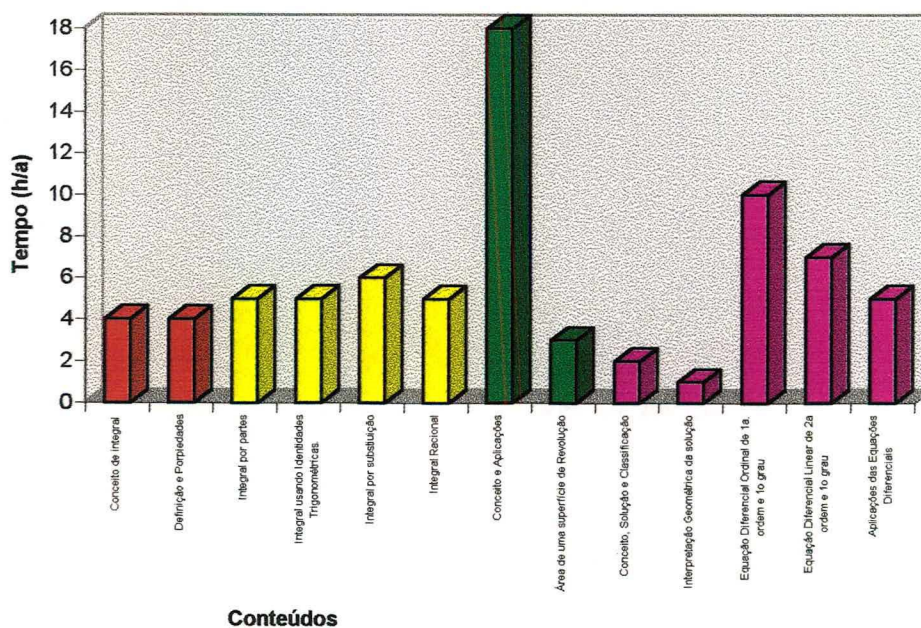


Figura 2.2. : Tempo médio dispensado para o ensino de ALGA I



Figuras 2.4.: Tempo Médio dispensado para o ensino de Cálculo II



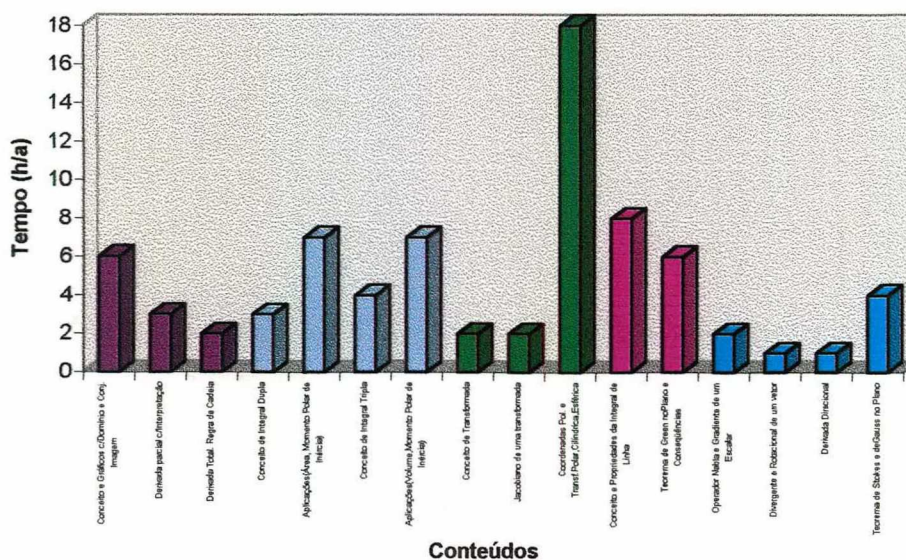


Figura 2.5.: Tempo Médio dispensado para o ensino de Cálculo III

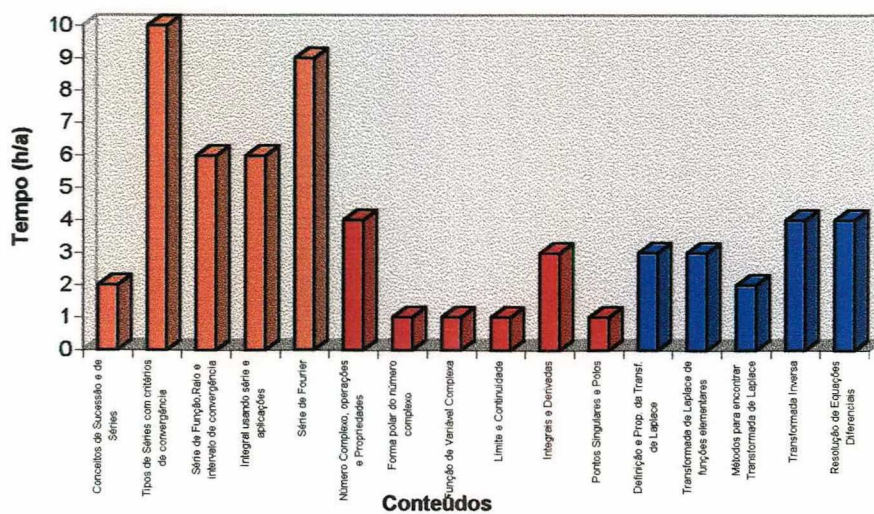
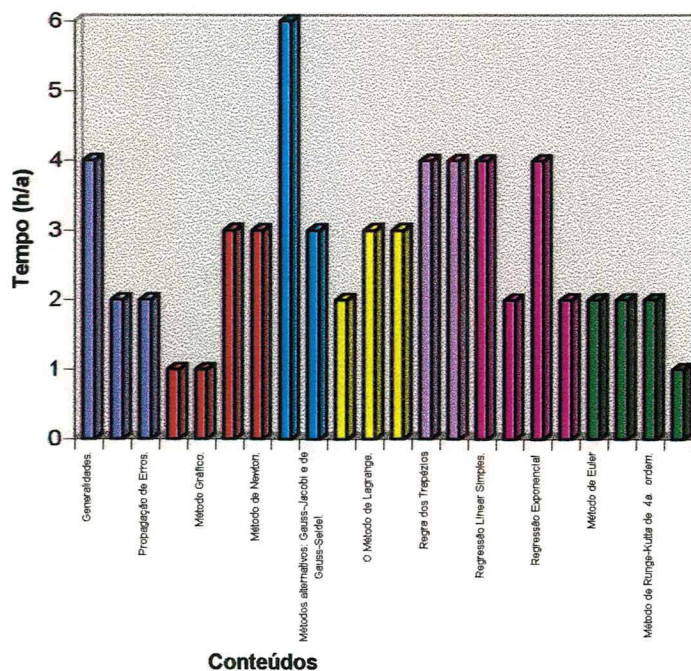


Figura 2.6.: Tempo Médio dispensado para o ensino de Cálculo IV



Figuras 2.7.: Tempo Dispensado para o ensino de Cálculo Numérico

### 2.3.4. Algumas Considerações

Há muitas críticas em relação aos currículos vigentes dos Cursos de Engenharia, em especial, ao de Matemática desses Cursos.

GOODSON (1996: 7) afirma que “O campo do currículo está moribundo. Por seus métodos e princípios atuais, não consegue continuar seu trabalho e contribuir de forma significativa para o avanço da Educação. Precisa de novos princípios que irão gerar uma nova visão sobre o caráter e a variedade dos seus problemas. Precisa de métodos novos e apropriados a uma nova avaliação dos problemas”.

Uma reestruturação curricular da Matemática de um Curso de Engenharia, porém, deve vir acompanhada de métodos que permitam avaliar, periodicamente, a eficiência dos conteúdos na formação do Engenheiro, e também efetuar devidos ajustes para uma melhoria do Ensino.

## 2.4. Modelagem Matemática

A criação de “modelos” para interpretar os fenômenos naturais e sociais é inerente ao ser humano. A própria noção de Modelo está presente em quase todas as áreas: Arte, Moda, Arquitetura, História, Economia, Literatura, Matemática. Aliás, a história da Ciência é testemunha disso!

No entender de GRANGER(1969) o modelo é uma imagem que se forma na mente, no momento em que o espírito racional busca compreender e expressar de forma intuitiva uma sensação, procurando relacionar com algo já conhecido, efetuando deduções.

Nesse sentido, a Modelagem, arte de modelar, é um processo que emerge da própria razão e participa da vida do ser humano como forma de constituição e de expressão do conhecimento.

Nesta seção, apresentam-se o conceito de Modelo Matemático e uma definição de Modelagem Matemática.

### 2.4.1. Modelo Matemático

Muitas situações do mundo real podem apresentar problemas que requeiram soluções e decisões. Alguns destes problemas têm aspecto matemático relativamente simples, envolvendo uma matemática elementar, como por exemplo:

- o tempo necessário para percorrer uma distância de 40 km, mantendo-se a velocidade do veículo a uma média de 80 quilômetros por hora;
- o juro cobrado por uma instituição financeira a um determinado empréstimo;
- a área de um terreno de forma retangular: 12m x 25m.

Outros, ‘camuflados’ em uma determinada área do conhecimento, necessitam de uma análise mais acurada das variáveis envolvidas, como:

- a melhor forma para reduzir o retrabalho em uma fábrica;
- a quantidade permitida e o período apropriado para a caça de um animal predador sem que isto interfira no ecossistema.

Seja qual for o caso, a resolução de um problema requer uma formulação matemática detalhada .

Um conjunto de símbolos e relações matemáticas que traduz, de alguma forma, um fenômeno em questão ou problema de situação real, é denominado de Modelo Matemático.

Na ciência, a noção de modelo é fundamental para a constituição e expressão do conhecimento. Em especial, a Matemática, com sua arquitetura, permite a elaboração de modelos matemáticos, possibilitando uma melhor compreensão, simulação e previsão do fenômeno estudado.

Um modelo pode ser formulado em termos familiares, tais como as expressões numéricas ou fórmulas, os diagramas, os gráficos ou as representações geométricas, as equações algébricas, as tabelas, os programas computacionais etc.

Por outro lado, quando se propõe um modelo, ele é proveniente de aproximações realizadas para se poder entender melhor um fenômeno e, nem sempre, tais aproximações condizem com a realidade. Seja como for, um modelo matemático retrata, ainda que em uma visão simplificada, aspectos da situação pesquisada.

#### 2.4.2. Modelagem Matemática

Modelagem Matemática é o processo envolvido na obtenção de um Modelo. Este processo, sob certa ótica, pode ser considerado artístico, visto que para se elaborar um modelo, além de conhecimento apurado de matemática, o modelador deve ter uma dose significativa de intuição e criatividade para interpretar o contexto, discernir que conteúdo matemático melhor se adapta e senso lúdico para jogar com as variáveis envolvidas.

Uma arte ao formular, resolver e elaborar expressões que valha não apenas para uma solução particular, mas também sirva, posteriormente, como suporte para outras aplicações e teorias.

A grosso modo, pode-se dizer que **matemática e realidade** são dois conjuntos disjuntos e a **Modelagem** é um meio de integrá-los. O esquema abaixo, representa esta proposta:

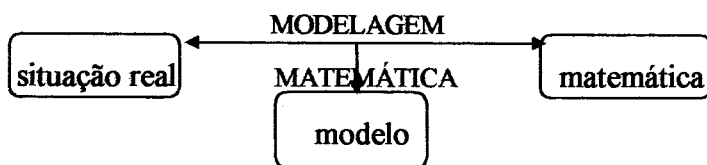


Figura 2.8: Esquema da Modelagem

Aproximar uma situação *real* com ferramental matemático (Modelo Matemático) envolve uma série de procedimentos. Identificam-se e agrupam-se esses procedimentos em três etapas, subdivididas em cinco subetapas, a saber:

**1ª etapa: Interação com o assunto**

- reconhecimento da **situação problema**;
- familiarização com o assunto a ser modelo **-pesquisa**;

**2ª etapa: Matemática**

- **formulação** do problema - hipótese;
- **resolução** do problema em termos do modelo;

**3ª etapa: Modelo Matemático**

- **interpretação** da solução - **validação**;

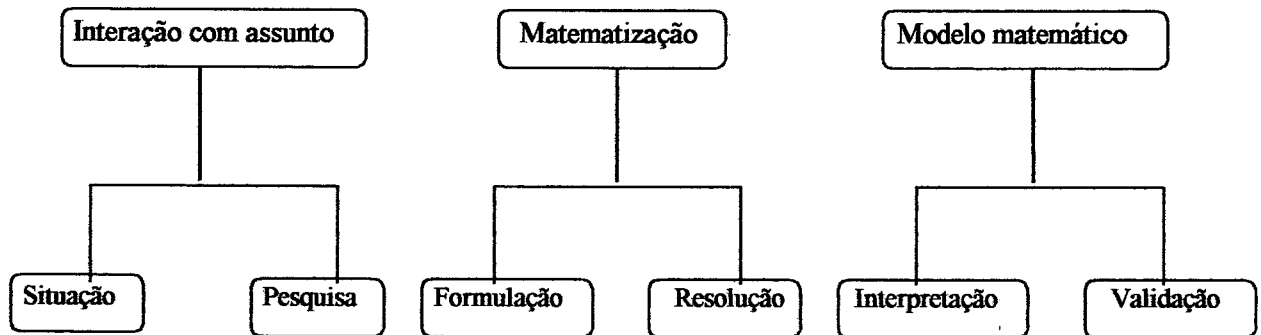


Figura 2.9: Diagrama do processo da Modelagem Matemática

Detalhando as etapas:

**1ª etapa: Interação com o assunto**

Uma vez delineada a situação que se pretende estudar, deve ser feita uma pesquisa sobre o assunto indiretamente (através de livros e revistas especializadas) e diretamente *in locu* (através de dados experimentais obtidos junto a especialistas da área).

Embora tenha-se subdividido esta etapa em duas subetapas (reconhecimento da situação problema e familiarização), estas não obedecem a uma ordem rígida nem tampouco se finda ao passar para a etapa seguinte. A situação-problema torna-se cada vez mais clara, à medida que se vai interagindo com os dados.

## **2ª etapa: Matematização**

Esta etapa, subdividida em formulação do problema e resolução, é a mais complexa e “desafiante”. É aqui que se dá a “tradução” da situação-problema para a linguagem matemática. Intuição e criatividade são elementos indispensáveis.

Na formulação e avaliação de hipóteses, é preciso:

- classificar as informações (relevantes e não-relevantes) identificando fatos envolvidos;
- decidir quais os fatores a serem perseguidos - levantando hipóteses;
- identificar constantes envolvidas;
- generalizar e selecionar variáveis relevantes;
- selecionar símbolos apropriados para estas variáveis; e
- descrever estas relações em termos matemáticos.

Deve-se terminar esta subetapa com um conjunto de expressões aritméticas e fórmulas, ou equações algébricas, ou gráfico, ou representações, ou programa computacional que levam à solução ou permitem a dedução de uma solução.

Na resolução do problema em termos do modelo, a situação passa a ser resolvida ou analisada com o ferramental matemático que se dispõe. Isto requer um bom conhecimento sobre as entidades matemáticas usadas na formulação.

O computador pode ser um instrumento imprescindível, em especial nas situações onde não for possível resolver por processos contínuos, obtêm-se resultados, aproximados, por processos discretos.

Cabe aqui salientar que muitos modelos matemáticos não resolvidos no século passado levaram ao desenvolvimento de outros ramos da Matemática.

## **3ª etapa: Modelo Matemático**

Para concluir o Modelo, torna-se necessária uma checagem para verificar em que nível este se aproxima da situação-problema representada e, a partir daí, poder utilizá-lo.



Desta forma, faz-se primeiro a interpretação do modelo e, posteriormente, verifica-se a adequabilidade (validação).

Para interpretar o modelo, analisam-se as implicações da solução, derivada do modelo que está sendo investigado e, então, verifica-se a adequabilidade do mesmo, retornando à situação-problema investigada, avaliando o quão significativa e relevante é a solução.

Se o modelo não atender às necessidades que o gerou, o processo deve ser retomado na 2ª etapa, mudando-se hipóteses, variáveis etc.

É importante, ao concluir o modelo, elaborar um relatório comunicando todas as facetas do desenvolvimento, a fim de propiciar seu uso de forma adequada.

### 2.4.3. Considerações sobre Modelagem

Atualmente, esse processo é usado em toda ciência, contribuindo sobremaneira para a evolução do conhecimento humano. Sabe-se o quanto a Matemática está sendo usada nos fenômenos microscópicos em tecnobiologia, como nos macroscópios quando se pretende conquistar o Universo.

A Modelagem Matemática, certamente, não é uma idéia nova. Sua essência sempre esteve presente na criação das teorias científicas e, em especial, na criação das teorias matemáticas. No início do século XX, por exemplo, foi muito utilizada na resolução de problemas da Biologia e Economia.

## CAPÍTULO III

### PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS DA QUALIDADE NO ENSINO DE ENGENHARIA

Neste capítulo apresentam-se uma proposta para Implementar Qualidade no Ensino, em geral, e para a matemática da Engenharia, em particular; um Currículo alternativo de Matemática para a Engenharia; um Método de ensino-aprendizagem de Matemática - Modelação Matemática; um Plano de Ação para a Comunidade do Curso e um Método para o professor se inteirar da Modelagem.

| Programa de Qualidade no Ensino  | Programa Alternativo de Matemática para Engenharia  | Modelagem Matemática no Ensino-Aprendizagem de Matemática  | Plano de Ação e Gerenciamento para um Curso de Engenharia | Interação do professor com a Modelagem e Modelação Matemáticas                     |
|--|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principais Ações</li> <li>• Etapas para elaborar um Programa</li> <li>• Metodologia para Avaliação do Ensino</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratégias para análise do Currículo</li> <li>• Programa Alternativo</li> </ul> | Modelagem Matemática como Estratégia de Ensino de Matemática <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelação Matemática como método de ensino-aprendizagem de matemática nos Cursos Fundamental, Médio e Engenharia.</li> </ul> | Etapas para implementar um Plano de Ação e Gerenciamento  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapas para aprender Modelagem</li> </ul> |

## 3.1. Qualidade no Ensino

### 3.1.1. Introdução

Apesar da grande dissonância existente entre Ensino e Sociedade, o movimento em prol da qualidade no ensino tem sido expressivo nos últimos anos.

O consenso sobre a crise do setor educacional tem levado a inúmeras propostas visando sua melhoria. Testemunha pertinente nisso são as ações do Governo Federal, conforme citado anteriormente, e de muitos projetos educacionais que vêm sendo desenvolvidos nos mais diversos setores, em especial nas Universidades.

Algumas propostas buscam adaptar o conceito de qualidade do setor empresarial, outras defendem qualidade desvinculada do setor produtivo e outras procuram parceria com empresas.

Aquelas que defendem um programa de qualidade de ensino amparado nas teorias empresariais começam por definir alunos como clientes, uma vez que são estes a razão da existência da escola. Outros acrescentam que Escolas possuem dois tipos de clientes: internos (professores e funcionários) e externos (alunos, pais e sociedade).

Tanto SANTOS(1994) quanto BRITO(1994) ao defenderem a adaptação do conceito adotado pelas empresas de qualidade apontam que o ponto central é o aluno, que necessita de requisitos (formação) adequados que lhe propicie uma atuação a contento na sociedade. Nesse sentido, a Escola tem que concentrar suas atenções com vistas a esse objetivo.

Assim, aqueles que estão direta ou indiretamente ligados à Escola necessitam ter claras as metas a serem atingidas, para que os devidos “clientes” tenham um conhecimento significativo de sua trajetória futura. Daí, a iniciativa e a criatividade devem ser estimuladas, não só no âmbito do aluno como também entre professores, funcionários, dirigentes e mantenedoras. O reconhecimento e a valorização de cada membro da comunidade escolar são caminhos para a qualidade no ensino.

Discordando daqueles que proclamam as estratégias empresariais no Ensino, SILVA (1995:222) argumenta que: a “Gestão da Qualidade Total não tem a possibilidade de explicação da produção concreta da escola e sua relação com a sociedade. Menos ainda, de resolver os problemas reais ligados à qualidade de ensino cujas causas residem nos mecanismos sociais e econômicos do modo de produção capitalista”.

Quanto aos projetos que buscam Qualidade integrando o Ensino e Empresas têm sido possíveis em Cursos Técnico ou Superior. Experiências positivas vêm sendo realizados em Cursos de Engenharia.

Seja qual for o encaminhamento, o movimento têm sido profícuo, pois a meta é atingir um denominador comum: qualidade de vida.

Implementar e avaliar qualidade no Ensino exige um trabalho conjunto entre todos os interessados. Deixa de ser responsabilidade única do professor, muito embora ele seja o elemento essencial. A pesquisa realizada na área da Qualidade Total (ver cap. I) ressalta o que é essencial e significativo, nos seguintes pontos:

### **3.1.2. Principais Ações**

#### **1ª) Comprometimento da comunidade**

Todos os membros da comunidade devem se mobilizar, permanentemente, para melhorar a qualidade:

- do ensino
- da aprendizagem
- da interação entre todos os membros da comunidade

Entende-se por comunidade o conjunto de corpos docente e discente, os pais, a coordenação do curso, as empresas (comércio, indústrias...) e a Universidade como um todo. O comprometimento de todas as partes facilita a consolidação da melhoria do ensino e da aprendizagem.

Nesse sentido, um caminho é promover a interação da comunidade para que se elabore um projeto (ou plano de ação) que defina esta melhoria.

#### **2ª) Coordenação do projeto.**

Uma proposta de melhoria da qualidade no ensino requer princípios de ação, ou seja:

- conceituação ( o que é qualidade para o ensino);
- definição de metas ( o que, como, porque e para quem ensinar e aprender);
- planejamento de como atingir as metas;

- contribuição de todos os envolvidos para a concretização das metas;
- ação perene, considerando que os resultados significativos surgirão a longo prazo e
- valorização de todos os participantes.

Isto requer a formação de uma equipe dinâmica que assuma a coordenação do projeto.

### **3º) Representação integrada.**

Em geral, a comunidade escolar é muito grande. Por outro lado, as metas propostas devem refletir a preocupação de todos os interessados. Uma estratégia é a eleição de representantes que possam intermediar sugestões, críticas, propostas.

### **4º) Delegação de tarefas.**

A responsabilidade pela melhoria é de toda a comunidade. Deixar a cargo apenas de uma equipe que coordena é uma forma sutil de 'lavar as mãos'. Delegar tarefas a cada representante e esses, por sua vez, aos membros de seu grupo, é uma forma de comprometer a todos nesse 'intento'.

### **5º) Valorização do professor e do aluno**

A qualidade no ensino depende, também, da motivação da Comunidade, em especial, do professor e do aluno. Para o professor esta motivação está relacionada com a valorização e o tempo hábil para um aperfeiçoamento. Para o aluno, a motivação está relacionada com o respeito, a valorização, o acompanhamento e devida orientação. Propiciar esses requisitos mínimos é condição necessária.

### **6º) Aprendizagem Contínua**

Inteirar-se de novas tecnologias e participar de atividades (cursos, palestras, excursões, visitas a feiras, empresas, vídeo, teatro, etc ) periodicamente, entre professores, entre alunos e entre toda a comunidade é a chave para um aprendizado significativo.

Assim, para promover aprendizagem contínua, sugere-se que:

- defina em que, quando e onde se deve promover aprendizagem, além do que prevê um currículo escolar;

- haja uma prevenção contra possíveis desestímulos por parte da comunidade participante;

- meça o desempenho de todos os envolvidos;
- comprometa todos nesse aprender.

### **7ª) Estimular a integração de todos na proposta de melhoria**

Uma comunidade heterogênea, como a Universitária, nem sempre terá o apoio e o comprometimento de todos os seus membros.

Frente a isso, a coordenação deve relatar os resultados do que vem sendo implementado, bem como, apresentar projetos de aperfeiçoamento como meio de estimular a interação daqueles que ainda não se dispuseram a contribuir para a melhoria.

Os projetos de aperfeiçoamento, podem ser:

- de cada professor para com seus alunos;
- da instituição para com seus alunos e
- da instituição para com os professores.

### **8ª) Estender resultados.**

Toda nova implementação levará a resultados positivos e negativos. Uma exposição desses resultados à comunidade interessada pode acarretar em sugestões, empenho e até, adesão de outras comunidades, não somente na implantação de projetos, como também, em seu acompanhamento e orientação.

### **9ª) Avaliação da Qualidade de Ensino**

É vital para o Ensino que se efetue, periodicamente, uma avaliação e interpretação do processo. Nesse sentido, deve-se definir um conjunto de normas para avaliar, valorimetricamente, os métodos, os resultados e as conseqüências (ou impactos provocados pelos resultados).

O importante é especificar em termos claros e mensuráveis, a meta que se quer atingir.

A avaliação deve fornecer uma descrição dos fatos um isomorfismo, conforme SUPPES (1972) entre observações qualitativas para afirmações quantitativas, permitindo assim, uma articulação e aperfeiçoamento contínuo do processo de Ensino.

### 3.1.3. Etapas para elaborar um Programa

#### 3.1.3.1. Conceito

Uma análise sobre o conceito de qualidade mostra que este é adaptado às mais diversas situações. Isto, porque a palavra qualidade tem diversos sinônimos, como: “característica, índole, nobreza, excelência, talento”. JURAN, por exemplo, sob certa ótica, se “apropria” do conceito de qualidade como sinônimo de excelência, uma vez que define qualidade como “adequação ao uso”.

A procura pela excelência tem sido a tônica atual, em todos os setores. Condições essas provocadas pelo estreitamento entre os povos devido à tecnologia de comunicação.

Ao definir qualidade para o ensino, porém, é necessário considerar uma série de fatores, como o período de escolaridade, faixa etária, finalidade do Curso, Comunidade, etc.

Por exemplo, a qualidade no ensino difere da qualidade na produção, em especial, no seguinte aspecto: na produção, um grupo de pessoas especializadas trabalha na produção de um ‘bem’ ou material que será utilizado, especialmente, por um tipo de sociedade de consumo, enquanto que na educação, o aluno recebe ‘instrução’ de um grupo de pessoas, cuja formação nem sempre está adequada a função que exerce.

Isto porque aquele que ensina, além da capacidade de transmitir conhecimento, deve também ter uma especial capacidade em despertar no aluno o interesse por esse conhecimento. Mas despertar interesse não é uma tarefa tão simples por diversas razões:

- em geral, o professor tem um grande número de alunos heterogêneos (quanto a conhecimento, a cultura e as expectativas);
- o tempo é curto para realizar esse “intento” de “despertar”; e
- esta realização depende do material instrucional, ambiente e estado motivacional não apenas de quem ensina como também de quem deve aprender.

O estado motivacional positivo, porém, se dá quando existe uma perspectiva de reconhecimento. Afinal, o ser humano tem necessidade de ser reconhecido e admirado mesmo nos

limites de sua comunidade: na família, na escola, entre amigos, na sociedade. Sem essa perspectiva, professor e aluno estão fadados à desmotivação.

Abordar educação para a qualidade é antes de tudo estabelecer perspectivas de reconhecimento para quem ensina e para quem aprende. Reconhecimento é um estado motivacional positivo que garante ao indivíduo de qualquer cultura uma satisfação consigo mesmo.

Assim, como o padrão de qualidade para produto e para serviço está centrado na satisfação do cliente, para o ensino e aprendizagem, a satisfação entre todos os envolvidos, deve também ser priorizada. A questão fundamental, neste caso, é delimitar 'o que' é qualidade no ensino e na aprendizagem e 'como' propiciar esta qualidade de tal forma que satisfaça não apenas o corpo docente e discente mas, também, todos aqueles que dependem, direta e indiretamente, da Instituição de ensino.

Assim, o primeiro passo em direção a uma melhoria do ensino-aprendizagem é o de adotar um conceito, pois, é através desta adoção que se estabelecem o objetivo e a meta que se pretende alcançar.

### ⇒ **Conceito de qualidade para o Ensino de Matemática da Engenharia**

Sem querer levar a pensar que a produção do conhecimento é semelhante à produção de qualquer outra coisa, para se fazer um paralelo da definição de qualidade de JURAN com o ensino de Matemática dos Cursos de Engenharia é imperativo, antes de tudo, definir que matemática deve ser útil para o futuro engenheiro e como melhor adequar o seu ensino.

Sendo a Matemática sustentação da Engenharia, um ensino de Matemática "adequado ao uso" é aquele que propicia ao futuro engenheiro, sustentação teórica e habilidade em criar.

Assim, definir-se-á como qualidade para o ensino de matemática da Engenharia a **promoção de talentos**. Considerando talento como conhecimento e habilidade para utilizar esse conhecimento.

Adequar esta definição para o ensino de matemática, porém, é adotar uma postura que ultrapassa a transposição do currículo. É antes de tudo, definir metas e estratégias de ensino e de aprendizagem de matemática e um corpo teórico que facilite ao futuro engenheiro uma prática, seja qual for o padrão tecnológico que esteja em vigência, ou seja, propiciar condições para que o aluno de engenharia tenha talento.



Afinal, “O engenheiro do futuro não pode furtar-se de seu papel técnico e de visão do processo urbano. A formação de um profissional com essa visão crítica e holística será diferenciada no final do século, uma vez que tais problemas tendem a crescer”. (CORDEIRO, 1996: 16)

Além disso, “As tendências do mundo atual demonstram que é fundamental fortalecer-se um conhecimento básico universal, em detrimento das especializações que viriam a tornar-se obsoletas em curto prazo”. LIMA (1996:11)

Nessa perspectiva, o processo de produção de conhecimento matemático na formação de engenheiros deve ser uma ação conjunta entre alunos, professores e coordenadores de Curso e suas tentativas de responder aos desafios de suas realidades em vista de uma atuação profissional eficiente. Para imprimir melhoria necessita-se de um planejamento. Este é o segundo ponto a ser considerado.

### 3.1.3.2. Planejamento

Planejar é estabelecer, com antecedência, as estratégias que deverão ser utilizadas para dirimir os problemas referentes à aprendizagem, das disposições relativas ao fator tempo, dos materiais didáticos necessários, da estrutura e da forma que se vai adotar, das práticas que melhor se aplicarão e da avaliação dos resultados dos trabalhos.

Segundo PALADINI (1994: 35) “o planejamento é a primeira fase da implantação do processo da Qualidade, considerando-se como a etapa que desenvolve a interface entre a estrutura conceitual da qualidade e os objetivos da empresa nesta área, de um lado, e as ações práticas destinadas à aplicação de conceitos e viabilização do alcance de outro”.

Conforme FÁVERO (1986:52) “a universidade deve se voltar e se preocupar com a criação, a produção de conhecimento, a busca de saber, necessita também pensar em como disseminar competentemente esses conhecimentos”.

O objetivo do Ensino, em particular de Engenharia, nos mais diversos níveis, deve ser o de propiciar ao aluno a aquisição dos conhecimentos e o de desenvolver atitudes e habilidades que lhe favoreçam uma plena interação com a Sociedade.

Frente às modificações contínuas do meio social/tecnológico, a comunidade responsável pelo ensino deve estabelecer métodos para este fim, cujos resultados devem ser avaliados, periodicamente.

Considerando o grau de complexidade de uma estrutura Educacional, seja pelo número de pessoas envolvidas, pelo tempo de escolaridade e pelo currículo oficial, o primeiro passo para um planejamento é fazer um diagnóstico, um mapeamento dos processos vigentes.

Nesse sentido, a autora desta tese julgou pertinente fazer uma pesquisa sobre a história do ensino da Engenharia e sobre o currículo vigente, para compreender onde e a partir de que momento, encontram-se a fragilidade e a descontinuidade dos programas de ensino que contribuem, sobremaneira, para deficiências na formação profissional. (vide Cap.I). Essa pesquisa aponta que a questão curricular é pequena frente ao ensino praticado.

A prática que vem sendo utilizada nos Cursos de Engenharia, em particular, de Matemática, são desajustadas e inadequadas em relação ao ensino e aprendizagem. Não se leva em consideração as questões fundamentais relacionadas com o que se ensina, quem ensina e a forma como se ensina. O ensino, em geral, não propicia ao aluno habilidade para interpretar e solucionar problemas.

Passar para um aluno (futuro engenheiro), apenas técnicas de resolução, sem que ele compreenda sua gênese e devida aplicação, sem que saiba avaliar algo conhecido, para que até o supere, produzindo algo novo, não provoca qualquer estímulo à produção do conhecimento e, portanto, talento.

Um ensino de Matemática na Engenharia que parta de situações-problema da Engenharia vem ao encontro das expectativas, onde as adaptações podem ser feitas com rapidez e facilidade, tudo dependendo da aptidão do aluno.

Assim, para que se garanta um desenvolvimento do processo de produção de conhecimento, o Curso não deve limitar-se ao que se passa dentro de suas salas mas sim, buscar os elementos e o apoio que permitam articular teoria e prática. Exige, assim, de cada professor uma reformulação da disciplina, do conhecimento, do currículo, do ensino e do Curso.

MOREIRA (1991:84), sugere que se deva procurar neutralizar o isolamento entre as disciplinas, fazendo com que cada uma seja parte de um conjunto coeso. “Trabalhar com disciplinas isoladas impede uma visão mais global e acurada do processo de criação e revisão do saber como uma compreensão mais abrangente dos problemas da sociedade, da cultura e da natureza”.

É fundamental que se reorganizem as disciplinas, de tal forma a articulá-las, e que se estabeleça uma relação com o trabalho do futuro engenheiro.

Frente a isso, para poder tornar a Matemática do Curso de Engenharia um instrumento eficaz na formação do engenheiro, é necessário definir **métodos** de ensino e de aprendizagem e

um **planejamento estratégico** para uma implementação. Uma vez planejada sua implementação, os mandamentos da Qualidade apontam para o Desenvolvimento.

### 3.1.3.3. Desenvolvimento

Ensinar é uma difícil arte. Se espera implementar um ensino de matemática com qualidade nos cursos de Engenharia, torna-se imperativo ao professor de matemática um aperfeiçoamento, tomando conhecimento de algumas áreas da Engenharia, em particular, aquelas que se utilizam de muita matemática.

O professor universitário não precisa ser um pesquisador para ter acesso à pesquisa, mas deve, pelo menos, desenvolver o seu trabalho como parte de um projeto coletivo, com objetivos definidos, segundo a política da universidade para o setor ou área.

Ao ensinar devem-se enfatizar os princípios básicos matemáticos que vão garantir a sobrevivência do profissional da Engenharia. Por um lado, uma sólida e ampla formação de alguns dos princípios físicos da Engenharia e da teoria que os descrevem, por outro, é fundamental.

O profissional da área de Matemática, compreendida em sentido amplo, deve incorporar novas tecnologias e relacioná-las, estreitamente, com a linguagem matemática que dará sustentação ao engenheiro. Com essas condições, o professor, tende a desempenhar um papel mais relevante para o curso em questão.

Neste cenário, a Modelagem Matemática, desempenha um papel importante pois coloca o aluno diante de uma situação-problema e o direciona a estruturar-se em recursos técnicos, para obter solução a situação pesquisada.

As experiências realizadas utilizando Modelação e Modelagem (vide anexo I) no ensino Fundamental, Médio, Cursos de Extensão e Especialização levaram os alunos a perceberem, ora de forma sutil, ora de forma mais acentuada, alterações no processo de ensino-aprendizagem. Também, expuseram lacunas das disciplinas de um Curso, provocando não apenas uma conscientização sobre uma revisão da estrutura curricular do Curso como um todo como também sobre uma necessária capacitação das pessoas envolvidas no processo. Isto é, as experiências apontaram para uma prioridade - a avaliação. E avaliação é o quarto ponto fundamental da qualidade.

### 3.1.3.4. Avaliação

A busca pela qualidade também exige uma revisão nas formas de avaliação. Uma avaliação contínua do processo ensino-aprendizagem deverá imprimir, de maneira mais racional, a construção do conhecimento.

Conforme BERNSTEIN (1971), “pedagogia, currículo e avaliação, considerados em conjunto, constituem os três sistemas de mensagem, através dos quais, o conhecimento educacional formal pode ser realizado; constituem, neste sentido, uma epistemologia moderna”. (apud GOODSON, 1994: 34 )

O objetivo da avaliação é mostrar como pode-se buscar uma perspectiva de mais longo alcance em relação aos eventos atuais e como assim procedendo, pode-se oferecer uma reconceitualização do método de ensino-aprendizagem de Matemática e do currículo que possibilite auxiliar na formação de talentos dos futuros engenheiros.

Segundo PALADINI (1994: 170) “Uma forma eficiente de avaliar o processo é verificar se os resultados e benefícios efetivamente alcançados atingem aqueles previstos, ou já evidenciados, em aplicações similares. Além de requerer um acompanhamento do processo e da metodologia utilizada, este modelo auxilia a seleção da ferramenta a usar em cada situação”.

O esquema, abaixo, representa a dinâmica do processo:

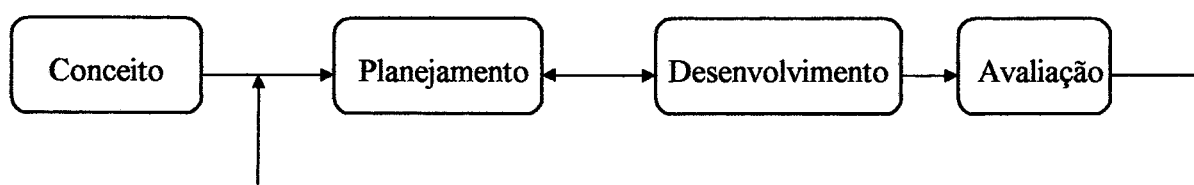


Figura 3.1.: Processo de Implementação de Qualidade no Ensino

Como a avaliação é de essencial importância para a Qualidade no Ensino passa-se a propor uma Metodologia para este fim.

### 3.1.4. Metodologia para Avaliação do Ensino

Há certo consenso que o Ensino no Brasil, em todos os níveis, não vem atendendo às expectativas do processo. Isto porque, pouca atenção se dá ao processo ou às técnicas as quais se valem para se chegar ao objetivo principal que é a formação do indivíduo.

A avaliação, em geral, só é aplicada ao aluno, procurando medir o grau de compreensão ou memorização do que foi transmitido. E esta avaliação é mensurada através de uma escala que “decide” sua promoção para o ciclo seguinte ou retenção. Ou seja, raramente se avalia a importância destes conteúdos transmitidos pelo professor para a devida formação do aluno e nem mesmo o processo de ensino que viabilizaria a incorporação destas informações/conhecimento. Isto é decorrência de uma certa confusão entre o objetivo do ensino e o cumprimento do currículo.

“A avaliação educativa é um processo complexo que começa com a formulação de objetivos e requer a elaboração de meios para se obter evidência de resultados, interpretação dos resultados, para saber em que medida foram os objetivos alcançados e formulação de um juízo de valor”. (SARUBBI, apud TURRA-org, 1975: 77)

São funções gerais da avaliação: “fornecer as bases para o planejamento; possibilitar a seleção e a classificação de pessoal (professores, alunos, especialistas, etc.); ajustar políticas e práticas curriculares”. (TURRA, 1975: 178)

Assim ao implementar um programa de qualidade para o ensino deve-se definir métodos de avaliação, estabelecendo medidas quantitativas (critérios, indicadores, escala, metas e prazos), nos mais diversos encaminhamentos, como meio de ter um mapa bem delineado, sobre o que, quanto e como está se atingindo, em prol de uma formação adequada para o indivíduo.

Não se pode negligenciar o fato de que o Ensino é processo e não produto. Aprendizagem-ensino não se finda ao término de uma etapa de curso, apenas fornece os “instrumentos” para a continuidade desse processo.

Um plano para a avaliação no Ensino pode incorporar os seguintes princípios: estabelecer consciência do processo de avaliação; identificar os objetivos específicos e todo o processo envolvido no ensino; definir métodos de avaliação; analisar os resultados e redefinir o processo.

#### 3.1.4.1. Estabelecer consciência sobre o Processo de Avaliação

A formulação de critérios adequados para avaliar o processo de ensino-aprendizagem não é uma tarefa simples. Uma alternativa é promover a consciência entre a comunidade sobre o processo de avaliação. Esta consciência pode-se dar apresentando a natureza do problema e o papel de cada membro da comunidade no alcance dos objetivos.

#### 3.1.4.2. Identificar Objetivos Específicos e o Processo do Ensino.

A estrutura escolar no que se refere ao Ensino, é dividida em áreas (matérias) que, por sua vez, são subdivididas em disciplinas. Aliado a esta estrutura há um currículo oficial.

Muitas vezes, o objetivo específico de um curso, disciplina ou período escolar é interpretado como currículo/programa a ser cumprido. E aqui reside um dos principais equívocos do Ensino. O currículo é parte do processo.

Nesse sentido, deve-se identificar, claramente, os objetivos específicos e o processo (método de ensino e de aprendizagem, aperfeiçoamento contínuo dos professores, interação e apoio da Comunidade, utilização de recursos tecnológicos, e currículo) que permitirá atingir estes objetivos.

Uma forma de tornar claros os passos a serem dados e ter uma visão geral do processo é elaborar um organograma geral, contendo objetivos e tarefas por curso, por disciplina e por período.

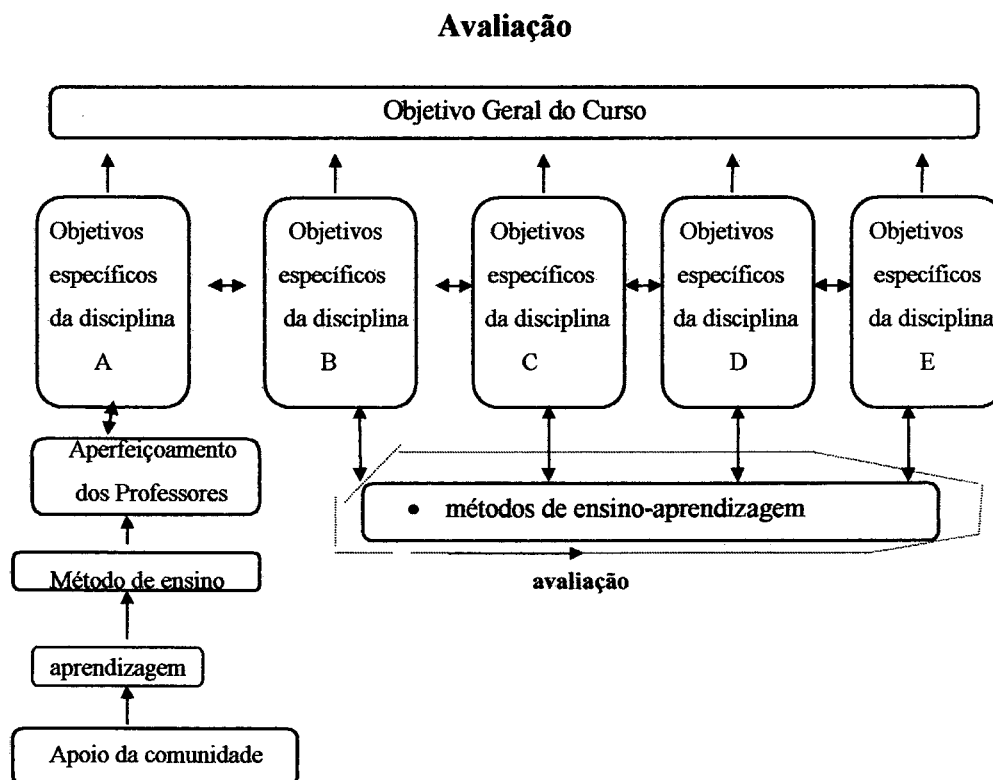


Figura 3.2.: Organograma para avaliação da qualidade do Ensino

### 3.1.4.3. Método de avaliação

Um método de avaliação deve, pelo menos, contemplar quatro etapas.

**1ª Etapa: Estabelecer o que avaliar.**

Dentre o que deve ser avaliado, destaca-se

- o método de ensino-aprendizagem;
- o empenho do professor;
- o empenho do aluno;
- o currículo e
- o suporte da comunidade.

**2ª Etapa: Determinar os critérios e indicadores de avaliação;**

Ao implementar um programa de avaliação é necessário saber, antecipadamente, o que se passa com a Comunidade Escolar e então, dedicar um tempo no planejamento de um programa que permita controlar, obter e organizar as informações e melhorar o processo de Ensino.

É importante definir, claramente, o que deverá ser avaliado. Avaliar desempenho e qualidade no ensino é, antes de tudo, conhecer sua importância no contexto educacional e social.

A motivação, o interesse, a participação, a criatividade, a aprendizagem, o ensino e o empenho, são alguns critérios que podem ser utilizados no âmbito de alunos, professores, pais, administração escolar e empresas.

Alguns indícios podem ser, ainda, levantados:

**a) Motivação:**

- do aluno - pelo método de ensino;
  - pelo trabalho em grupo;
  - pelo desempenho individual e
  - pelo assunto/conteúdo abordado.
- do professor - pelo ensino praticado;
  - pela aprendizagem dos alunos;
  - pela sua aprendizagem através de cursos/pesquisas e
  - pelo apoio da Comunidade Escolar.
- da Comunidade - pelo desempenho dos alunos e

- pelo desempenho dos ex-alunos.

b) Interesse:

- do aluno - pela escola/curso;
  - pelos colegas e
  - pelo conteúdo.
- do professor - pela escola/curso;
  - pelo desempenho dos alunos e
  - pelo seu aperfeiçoamento.
- da comunidade - pelo apoio aos projetos

c) Participação:

- do aluno - nas aulas com respostas/sugestões aos questionamentos e
  - nos trabalhos em grupo.
- do professor - nas reuniões para implementar melhoria e
  - na realidade do aluno.
- da Comunidade - nos projetos de melhoria.

d) Criatividade:

- do aluno - na formulação e resolução de problemas e avaliação do resultado;
- do professor - nas estratégias de ensino.

e) Aprendizagem:

- nível de compreensão dos conteúdos;
- nível de discernimento na aplicação desses conteúdos.

Isto vale tanto para alunos, quanto para professores e demais membros da comunidade.

f) Ensino:

- do aluno - para outros alunos (colegas) numa atitude solidária;
- do professor - entre professores, como meio de integração entre disciplinas;
  - para o aluno.



Lembrando que o ensino só é efetivo quando existe aprendizagem. Assim, aquele que se propõe a ensinar deve de imediato verificar se houve aprendizado.

g) Empenho:

- do aluno - assiduidade;
  - atenção;
  - cumprimento das tarefas;
  - respeito ao professor e colegas.
- do professor - assiduidade;
  - atenção aos alunos;
  - avaliação de seu ensino;
  - aperfeiçoamento contínuo.
- da Comunidade - no apoio aos projetos;
  - na elaboração de um projeto de melhoria;
  - na avaliação do projeto;
  - na reestruturação.

A motivação, o interesse, a participação a criatividade e o ensino podem ser avaliados através de **indicadores de qualidade**. Neste caso, o avaliador pode se utilizar da **observação** - registrando os aspectos relevantes - e de **entrevistas**, para verificar o grau de satisfação do participante.

Conforme define TURRA (1975):

Avaliar = descrição *quantitativa* do desempenho do aluno (medida) + julgamento de valor

Avaliar = descrição *qualitativa* do desempenho do aluno (não-medida) + julgamento de valor

Quanto à aprendizagem e ao empenho por **indicadores de desempenho**, isto pode ser obtido através de **testes escritos**, no caso da aprendizagem, e de **registro do empenho** (assiduidade, cumprimento de tarefas,...).

### **3ª Etapa: Selecionar os procedimentos e instrumentos de avaliação**

Alguns instrumentos que permitem a avaliação:

## a) Observação

A observação pode ser feita diretamente, pelo agente do processo, por exemplo, pelo professor enquanto ensina ou por uma outra pessoa, independente do processo. Neste caso, em particular, o observador, pode exercer certa exibição ao grupo ou elemento que está sendo avaliado, podendo tornar irreais os resultados. Toda observação deve ser anotada.

## b) Entrevistas

A entrevista deve ser formulada de forma clara, de preferência na forma de “multi-escolha” para facilitar as respostas.

## c) Testes

Os testes devem ser elaborados com vistas ao objetivo específico.

Questões, testes de múltipla-escolha, formulação e/ou resolução de problemas podem compor estes testes.


**4ª Etapa: Definir uma escala para os critérios indicadores.**

Para avaliar, valorimetricamente, as informações obtidas da avaliação de ensino definir-se-á uma métrica baseada nos números áureos.

Conforme BIEMBENGUT(1997: 11) “no processo de comparação é necessário um critério especial, denominado medida. As medidas são padrões específicos que relacionam cada objeto com outros de “estruturas semelhantes”.

⇒ Número de Ouro e Escala Áurea

O número de ouro, representado pela letra grega  $\phi = 1,618\dots$  é definido pela razão entre dois segmentos proporcionais, ou seja:



$$\frac{med(AB)}{med(AC)} = \frac{med(AC)}{med(CB)}$$

O inverso do número de ouro  $1/\varphi = 0,618\dots$  é denominado secção áurea. No segmento de med(AB) a med(AC) é a secção áurea da med(AB) e a med(CB) é a secção áurea da med(AC).

O número  $\phi$  possui propriedades interessantes, por exemplo:

- 1ª propriedade: somando 1 ao número  $\phi$  obtém-se o quadrado de  $\phi$ :

$$\phi + 1 = \phi^2 = 1,618\dots + 1 = (1,618\dots)^2$$

- 2ª propriedade: subtraindo 1 do número  $\phi$  obtém-se o seu inverso:

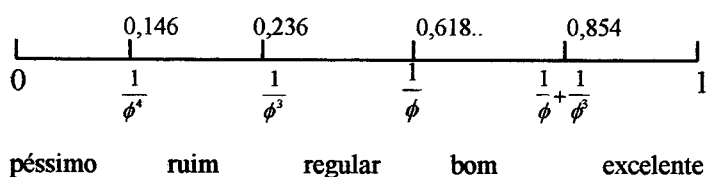
$$\phi - 1 = \frac{1}{\phi} = 1,618\dots - 1 = 0,618\dots$$

Segundo BIEMBENGUT (1997: 48) “este número  $\phi$  é indicado como a máxima expressão da harmonia e equilíbrio”.

⇒ Escala Áurea

Considerando 1 unidade (um conjunto de elementos, dividir-se-á em 5 partes áureas, onde cada parte corresponde a um valor em ordem crescente.

A representação, ilustra:



Onde:  $\frac{1}{\phi} + \frac{1}{\phi^3} = 0,854\dots$  ou 85,4 %

$$\frac{1}{\phi} = 0,618\dots$$
 ou 61,8 %

$$\frac{1}{\phi^3} = 0,236\dots$$
 ou 23,6 %

$$\frac{1}{\phi^4} = 0,1458\dots$$
 ou 14,6 %

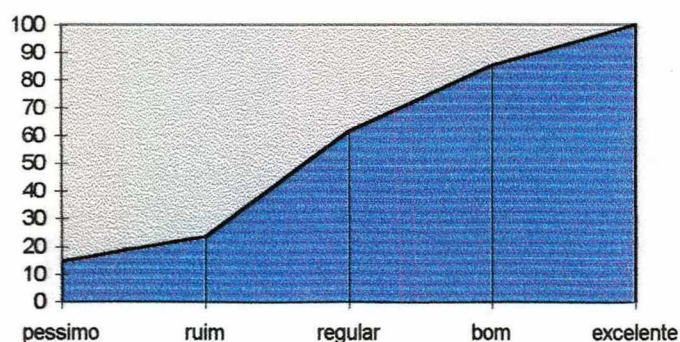


Figura 3.2.: Representação Gráfica da escala áurea

Desta forma, valores  $a$  entre:

- 85,4% e 100% - correspondem a excelente, muito satisfatório.

$$85,4\% < a_1 \leq 100\%$$

- 61,8% e 85,4% - correspondem a bom, satisfatório.

$$61,8\% < a_2 \leq 85,4\%$$

- 23,6% e 61,8% - correspondem a regular, neutro, médio.

$$23,6\% < a_3 \leq 61,8\%$$

- 14,6% e 23,6% - correspondem a ruim, fraco, insatisfatório.

$$14,6\% < a_4 \leq 23,6\%$$

- 0 e 14,6% - correspondem a péssimo, muito fraco, muito insatisfatório.

$$0 \leq a_5 \leq 14,6\%$$

Assim, em avaliação qualitativa utilizam-se pontos de 1 a 7 ou de 1 a 5 e de 1 a 3 para quantificar respostas do tipo “favorável”, “menos satisfatório”, “muito”, etc., a média final pode ser relacionada a um destes 5 intervalos.

Desta forma, na avaliação de desempenho, pode considerar aprovado o aluno que atingir valor acima de 61,8% ( $\frac{1}{\phi}$ ) (bom ou excelente). Àquele que obtiver valor entre 23,6% e 61,8%

$(\frac{1}{\phi^3} \rightarrow \frac{1}{\phi})$  necessitará passar por um processo de recuperação, portanto, passível de melhoria (aprovação) e aquele cujo rendimento for inferior a 23,6%, será reprovado.

De maneira inversa, se o número de alunos de uma classe, com bom rendimento, for menor ou igual a 23,6% do total, um alerta deve ser dado ao método de ensino utilizado.

#### 3.1.4.4. Implementação e Análise da Avaliação

Apresenta-se, abaixo, uma proposta de implementação e de análise da avaliação no ensino.

##### a) Avaliação do Método de Ensino

O aluno é a essência do processo de ensino e o professor é a chave deste processo.

O método de ensino adotado é que permitirá ao aluno a aquisição de conhecimentos e, também, o desenvolvimento da habilidade de implementação desse conhecimento. O desempenho do aluno depende muito de como serão desenvolvidas suas potencialidades e competências.

Nesse sentido, avaliar a eficiência do método, implica em contemplar os seguintes critérios: a motivação, a capacidade de compreensão e discernimento do aluno.

##### a.1) Motivação

Embora não seja suficiente, o estado motivacional positivo auxilia muito no processo de aprendizagem.

Uma alternativa é que o professor apresente o conteúdo, partindo de situações/exemplos de interesse do aluno.

O estado motivacional pode ser avaliado a partir:

- da participação do aluno, seja pelas respostas aos questionamentos feitos pelo professor, seja pelas sugestões ou pelo nível das questões levantadas;
- da interação do aluno com seu grupo de trabalho;
- do empenho na realização de pesquisas/trabalhos propostos.

##### a.2) Capacidade de compreensão e discernimento

Há dois princípios a serem considerados aqui: apreensão do conteúdo e aplicação.

A apreensão pode se dar de duas maneiras:

- superficial - o que o aluno entende mas não consegue aplicar, portanto, sem significado, o que possibilita ser esquecido e
- significativa - o que o aluno compreende, o suficiente, para aplicar nas questões propostas e que propicia uma apreensão mais duradoura.

A avaliação aqui pode ser feita através de atividades escritas (exercícios, questões). Estas atividades devem ser elaboradas de tal forma que apresente, claramente, qual o nível de compreensão dos alunos em relação aos conteúdos/conhecimentos transmitidos.

Aplicação do conteúdo é de relevada importância. É aqui que se pode avaliar o grau de compreensão do aluno e, em especial, sua habilidade em utilizar o conhecimento/informação recebida.

Para isso, pode-se propor que elaborem trabalhos e, então, avaliar:

- a relevância do tema escolhido para pesquisa/estudo;
- a qualidade das questões/hipóteses encontradas;
- o encaminhamento dado para a resolução e
- o grau de criatividade na avaliação/conclusão dos resultados encontrados.

Para avaliar o grau de aplicação do conteúdo pode-se utilizar de indicadores de qualidade e para o grau de apreensão, indicadores de desempenho.

Adaptando a definição dada por SCAICO e TACHIZAWA (1997) os **indicadores de qualidade** devem medir o grau de satisfação do aluno em relação ao método implementado e respectivos resultados e os **indicadores de desempenho** devem buscar medir o desempenho do aluno na resolução de atividades escritas estabelecendo pontos ao número de acertos.

#### b) Avaliação do empenho do aluno.

Nenhum método de ensino pode ser eficiente se aquele que é o maior interessado não se empenhar no processo. Assim, sugere-se que seja avaliado:

- o grau de compromisso do aluno, através de sua participação, assiduidade e atenção à exposição do professor;
- o comportamento democrático para atividades realizadas em grupo;

- as atitudes construtivas no grupo - ou seja, a habilidade, tanto de liderança, quanto de participação;

- as tomadas de decisões em torno de problemas propostos;

- a qualidade das atividades (exercícios, trabalhos, provas).

É importante que os alunos definam seus próprios objetivos e estratégias para atingí-los. Além disso, deve-se estabelecer-lhes consciência de avaliação do seu empenho, que observem e avaliem, perenemente, as suas práticas para que o professor não seja o único responsável pela formação. A adequada avaliação trata de observações e crítica desses processos.

### c) Avaliação do Empenho do Professor

O papel do professor é formar um grupo discente coeso e forte, dar subsídios a esse grupo para que implementem seu aprendizado, eficientemente.

Este papel não é simples uma vez que, em geral, o professor lida com um grupo heterogêneo quanto aos anseios futuros. Por outro lado, sua responsabilidade é bem clara. Para que melhore sua atuação deve avaliar, permanentemente, o empenho:

- no preparo de suas aulas;
- na periodicidade do aperfeiçoamento;
- nas leituras/pesquisas para implementar nas suas atividades;
- como vem implementando/incorporando novas tecnologias;
- o nível de atenção aos alunos com maior dificuldade.

O ideal é que o professor faça uma auto-avaliação. Por outro lado, num projeto de melhoria, esta avaliação pode ser feita pelos alunos, pela coordenação do curso e pela comunidade.

Para isso, a coordenação do projeto deve elaborar instrumentos, que podem ser através de fichas de entrevistas para cada um destes grupos e a avaliação dos resultados serem passadas para o professor. Avaliar seu empenho permitirá redimensionar sua prática.

### d) Avaliação do Suporte da Comunidade

O corpo docente tem visão diferenciada. Uma proposta de melhoria tem maior chance de êxito se o grupo envolvido descobrir interesses mútuos e metas comuns. Esta comunidade deve apontar o que a sociedade espera do Ensino e contribuir na elaboração e apoio dos projetos de:

- aperfeiçoamento dos professores;
- aprendizagem do professor e do aluno;
- divulgação e intercâmbio de trabalhos realizados.

A avaliação aqui pode ser feita pelos alunos, pelos professores ou pela própria comunidade. Nesses casos os indicadores seriam de qualidade. Portanto, os instrumentos seriam de observação e de entrevistas medindo o grau de satisfação.

#### e) Avaliação do Currículo

O currículo oficial do ensino superior, em particular, de Engenharia é definido pela CFE. A forma de implementação, porém, é de responsabilidade do Colegiado do Curso.

O professor não deve tomar um ementário/programa e passar a discorrer aos alunos sem que estes tenham qualquer noção do seu começo e principalmente da sua finalidade.

À comunidade se reserva o direito de adaptar o currículo na forma que melhor lhe convier para atingir seus objetivos. Implementar o programa, na íntegra, com a mesma ênfase em cada tópico, corre-se o risco de não atingir o objetivo do Ensino.

Assim, é preciso rever o programa, periodicamente, frente às implementações tecnológicas, necessidades da comunidade e grau de formação que este está propiciando.

### 3.1.5. Algumas Considerações sobre o Programa de Qualidade no Ensino

O programa proposto, acima, pode ser estendido a qualquer Curso, em qualquer disciplina, em qualquer período de escolaridade.

A essência está na formação de uma equipe coesa, comprometida com a melhoria do ensino.



## 3.2. Programa Alternativo de Matemática para Engenharia

Conforme citado, anteriormente, a Matemática é a base do engenheiro. Excluindo as disciplinas de Matemática do Curso, mais de 70% das demais se utilizam da Matemática em maior ou menor grau.

O quadro abaixo, apresenta, em cada Curso das Engenharias Civil, Química e Elétrica da FURB, o percentual de disciplinas que usam matemática:

Tabela 3.1.: Número de disciplinas versus utilização de matemática

| Cursos   | demais disciplinas | Nº disciplinas que usam Matemática |
|----------|--------------------|------------------------------------|
| Civil    | 61                 | 48 ⇒ 78%                           |
| Química  | 60                 | 43 ⇒ 71%                           |
| Elétrica | 52                 | 39 ⇒ 75%                           |

Além disso, vale destacar, também, que:

- a lógica booleana está presente na disciplina de Introdução a Computação;
- a geometria plana e a espacial estão inseridas nas disciplinas de Desenho;
- uma matemática elementar (aritmética, porcentagem, regra de três) é utilizada por quase todas as disciplinas, em menor ou maior grau; e
- o conceito de Modelo Matemático aparece na disciplina de Introdução a Engenharia.

Nesta seção serão apresentados o tempo médio dispensado para o ensino de cada tópico matemático da ementa; a frequência com que cada um desses tópicos são utilizados pelas demais disciplinas do Curso; uma análise sobre o dispêndio para o ensino da Matemática versus sua utilização e um Programa Alternativo de Matemática para Engenharia Civil.

### 3.2.1. Estratégias para análise do Currículo

Para uma análise mais apurada sobre o tempo dispensado para o ensino de cada conteúdo matemático do programa *versus* quais conteúdos matemáticos e o quanto são utilizados pelos professores das demais disciplinas dos Cursos de Engenharia da FURB (profissionalizantes e as demais básicas), e a autora desta tese utilizou-se das seguintes estratégias:

- levantamento, através dos ementários, das bibliografias utilizadas pelos respectivos professores;

- verificação, nessas bibliografias, quais conteúdos matemáticos que cada uma das disciplinas se utilizam;
- pesquisa, direta junto aos professores das respectivas disciplinas e
- definição de uma escala áurea e de pontos (1, 2, 3) para indicar a intensidade com que cada conteúdo matemático é utilizado, onde:

$$[1] \text{ significa } \textit{pouco} \quad \frac{1}{\phi^4} = 0,146$$

$$[2] \text{ significa } \textit{médio} \quad \frac{1}{\phi^3} = 0,236$$

$$[3] \text{ significa } \textit{muito} \quad \frac{1}{\phi} = 0,618$$

⇒ Escala Áurea

Avaliar o currículo com vistas a uma possível reestruturação torna-se imperativo o uso de uma escala que propicie uma resposta “viável” quanto ao número de disciplinas que necessitam de cada tópico que consta na ementa Matemática do Curso.

Neste sentido, utilizar-se-á da Escala Áurea, definida no tópico (3.2.3.3.), deste capítulo.

Portanto, para encontrar a média ponderada entre as disciplinas que utilizam de matemática aplicou a seguinte fórmula:  $\frac{1}{\phi}[3] + \frac{1}{\phi^2}[2] + \frac{1}{\phi^4}[1] =$

### 3.2.2. Tempo Dispensado para o ensino de matemática X conteúdo necessário

Apresenta-se, abaixo, um quadro contendo as “frequências áureas” dos conteúdos matemáticos nas disciplinas dos três cursos de Engenharia da FURB e um gráfico comparativo (Vide anexo IV – Planilhas sobre frequência matemática nas disciplinas).

Quadro 3.2.: Freqüência áurea da matemática nas disciplinas das Engenharias-FURB

| Conteúdo                         | Engenharia Civil | Engenharia Química | Engenharia Elétrica |
|----------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Função Real                      | 21,192           | 14,248             | 15,248              |
| Limite e Continuidade            | 6,864            | 10,438             | 6,774               |
| Derivada                         | 15,472           | 14,124             | 10,652              |
| Aplicação de Derivada            | 12,618           | 13,652             | 10,18               |
| Matriz, Determ. e S. Linear      | 11,82            | 5,696              | 8,82                |
| Álgebra e Espaço Vetorial        | 12,438           | 14,09              | 10,056              |
| Transformação Linear             | 0,618            | 2,786              | 1,82                |
| Autovetor e Autovalor            | 1,056            | 2,696              | 1,438               |
| Estudo Geral das Cônicas         | 0,438            | 1,932              | 0,674               |
| Superfície em $R^3$              | 2,910            | 4,202              | 1,528               |
| Formas Quadráticas               | 2,910            | 3,82               | 2,91                |
| Retas e Planos no $R^3$          | 3,584            | 5,168              | 2,494               |
| Conceito de Integral             | 14,394           | 11,304             | 11,236              |
| Técnicas de Integração           | 4,764            | 7,652              | 5,46                |
| Aplicação da Integral            | 9,686            | 9,708              | 8,91                |
| Equação Diferencial              | 7,326            | 10,742             | 7,18                |
| Equação Diferencial de 1ª ordem  | 6,708            | 11,236             | 7,18                |
| Equação Diferencial de 2ª ordem  | 3,382            | 6,966              | 6                   |
| Ajustes de Curvas                | 4,944            | 11,36              | 3,348               |
| Erros. Aproximações Numéricas    | 7,326            | 9,36               | 4,382               |
| Equação Linear                   | 5,09             | 10,652             | 8,416               |
| Zeros de Polinômio e de Função   | 2,854            | 6,944              | 4,82                |
| Interpolação Polinomial          | 2,472            | 5,978              | 1,64                |
| Integração Numérica              | 1,000            | 5,236              | 3,73                |
| Função de Várias Variáveis       | 7,854            | 6,27               | 8,854               |
| Integral Múltipla                | 2,146            | 3,404              | 4,348               |
| Transformada - Integral Múltipla | 0                | 1,696              | 2,82                |
| Integral de Linha                | 2,91             | 4,078              | 4,314               |
| Análise Vetorial                 | 5,146            | 5,966              | 5,584               |
| Função de Variável Complexa      | 0,764            | 3,022              | 7,472               |
| Séries: Numérica e de Função     | 1,618            | 3,584              | 5,258               |
| Transformada de Laplace          | 0,82             | 2,55               | 3,236               |

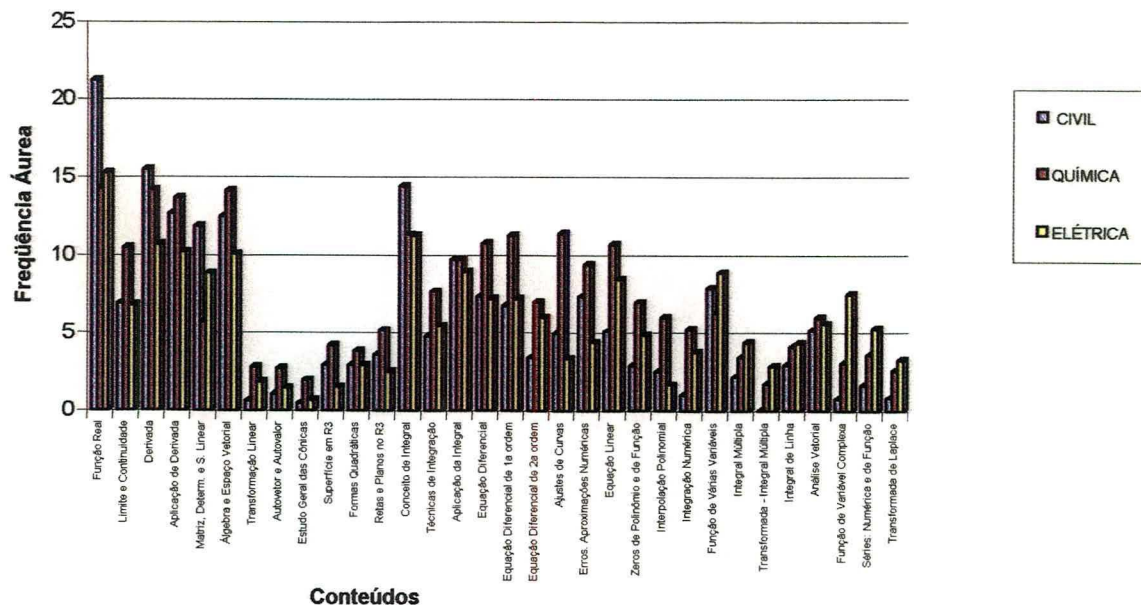


Figura 3.3.: Gráfico Comparativo de Freqüência

A utilização de cada tópico matemático nas demais disciplinas do Curso varia consideravelmente. Por outro lado, os professores de matemática, em geral, dão a mesma ênfase em cada tópico do programa. (Vide tópico 2.4.3.1. do capítulo II)

### 3.2.3. Análise do Currículo

Uma análise superficial nas planilhas apontam que todos os conteúdos matemáticos do programa ( com exceção de Transformada de Integral Múltipla para Engenharia Civil) são utilizados em maior ou menor grau pelas disciplinas de cada curso de engenharia da FURB . Sendo que os tópicos:

- mais utilizados são Função, Derivada e Integral - disciplinas de Cálculo I e II e de Matrizes, Determinantes, Sistemas Lineares, Álgebra e Espaços Vetoriais - disciplina de Álgebra Linear I -ALGAI;
- menos utilizados são: Transformada de Integral Múltipla - disciplina de Cálculo III, Transformação Linear - disciplina de Álgebra Linear I- ALGA I e Estudo Geral das Cônicas - disciplina de Álgebra II - ALGA II.

A variação destes tópicos entre os Cursos é pequena.

Além disso, verifica-se que a ordem das disciplinas, pelo grau de frequência dos conteúdos é coerente com o grau de complexidade dos conteúdos.

Quadro 3.3.: Ordem das disciplinas de matemática pela frequência dos conteúdos.

|                | CIVIL            | QUÍMICA          | ELÉTRICA         |
|----------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 <sup>o</sup> | Cálculo I        | Cálculo I        | Cálculo I        |
| 2 <sup>o</sup> | Cálculo II       | Cálculo II       | Cálculo II       |
| 3 <sup>o</sup> | ALGA I           | Cálculo Numérico | ALGA I           |
| 4 <sup>o</sup> | Cálculo Numérico | ALGA I           | Cálculo IV       |
| 5 <sup>o</sup> | Cálculo III      | Cálculo III      | Cálculo III      |
| 6 <sup>o</sup> | ALGA II          | ALGA II          | Cálculo Numérico |
| 7 <sup>o</sup> | Cálculo IV       | Cálculo IV       | ALGA II          |

Por esta tabela, acima, observa-se:

- o Cálculo IV está no 4<sup>o</sup> lugar para a Engenharia Elétrica enquanto que no 7<sup>o</sup> para as demais. Isto evidencia a importância das Variáveis Complexas e Séries, em particular, de Fourier para a Engenharia Elétrica; e quanto
- a ALGA I, para a Engenharia Química aparecer em 4<sup>o</sup> lugar deve ter ocorrido uma interpretação errônea por parte dos entrevistados. Isto porque, deu-se um peso maior, para o tópico Sistemas Lineares do Cálculo Numérico em relação ao Matrizes, Determinantes e Sistemas Lineares que também pertence a disciplina de ALGA I. Isto aponta para que algo tenha que ser reavaliado, tanto na “interpretação” dada no levantamento de dados, quanto pelo tópico Matemático apresentado em dois momentos.

Esta análise preliminar poderia levar a uma afirmação, duvidosa, que o programa está de acordo com as necessidades do Curso e portanto, deva permanecer sem alteração. Mas, se isto for verdadeiro, porque fazem afirmações, como: “o aluno não vem suficientemente preparado do ciclo básico” ou “a matemática dos cursos de engenharias não serve para nada”? Onde está o ponto frágil?

Analisando o tempo dispensado para o ensino dos tópicos matemáticos versus a utilização pelas disciplinas tem-se que:

- **Função Real**

É o tópico mais utilizado. Em contrapartida, o tempo médio despendido para o ensino deste assunto é de 5 horas/aula. Isto ocorre pelo fato de que Função Real já faz parte do currículo do Ensino Médio. O que não implica que os alunos “dominem” o assunto.

- **Limite e Continuidade**

Os dados mostram que se utilizam somente do conceito de Limite e Continuidade. Por outro lado 15 horas/aula são dedicadas ao cálculo de Limites.

- **Derivada**

O conceito aqui, também, é apontado como o mais importante em detrimento das técnicas de derivação. Além disso, os professores das disciplinas específicas proclamam a necessidade do aluno entender o “conceito físico” da derivada, o que implica em apresentar aplicações da derivada. Mais uma vez é dedicado um tempo maior às técnicas de derivação do que ao conceito. São 14 horas/aula contra 2 horas/aula.

- **Matriz, Determinante e Sistema Linear**

Estes conteúdos ( muito utilizados) além de ser assunto do Curso Médio fazem-se presentes nas disciplinas de ALGA I e Cálculo Numérico. No Cálculo Numérico o assunto é mais aprofundado. Um tempo duplo é dispensado . Isto mostra que deve ser otimizado, deixando sob a responsabilidade de uma única disciplina. Até porque, em geral, o aluno não reconhece que se trata do mesmo assunto.

- **Álgebra Linear e Espaço Vetorial.**

Este tópico se faz presente , também, no programa da disciplina de Física I. Além disso, na Física I é o primeiro tópico do programa por ser pré-requisito aos demais tópicos enquanto que na disciplina de ALGA I consta no meio do programa, portanto, além de duplo dispêndio de tempo não há sintonia entre as disciplinas.

- **Transformação Linear e Autovetor e Autovalor e Álgebra Linear II**

Estes tópicos são apontados com um mínimo de utilização. Em contrapartida, são 21h/a e 60 h/a dedicadas para este fim. O que sugere uma melhor identificação destes conteúdos na Análise Vetorial e também no Cálculo de várias variáveis.

- **Integral**

Novamente é apontado aqui, o conceito como o mais importante. Poucas técnicas de integração são necessárias. Mesmo assim, despende-se 21h/a para técnica de integração *versus* uma frequência média de uso de 6 disciplinas.

- **Equações Diferenciais**

Este tópico tem relativa importância para as três engenharias. Em particular, para a Engenharia Química. Tanto que esta dispõe de uma disciplina optativa para tratar deste assunto, cuja responsabilidade é do próprio Departamento de Química e não do Departamento de Matemática que deveria ser mais natural.

- **Cálculo Numérico**

O grau de frequência do Cálculo Numérico é baixo comparado ao Cálculo Diferencial Integral. Por outro lado, quando se faz modelos matemáticos, em geral, dispõe-se de dados finitos e discretos. Daí, para uma avaliação mais acurada procura-se passar para uma forma contínua. Isto mostra que muitas teorias necessitaram e deverão ainda necessitar deste instrumental matemático (Análise Numérica).

- **Integral Múltipla e Transformada de Integral Múltipla**

São pouco utilizados *versus* o tempo que se despende para o ensino. Em geral, os alunos passam tempo significativo graficando “em três dimensões funções um tanto “exóticas”.

- **Função de Variáveis Complexas**

Com exceção da Engenharia Elétrica, a utilização se restringe aos Números Complexos, que por sinal também é assunto do Curso Médio. Dado que os Números Complexos são utilizados pelas disciplinas de Física, nos primeiros semestres, este tópico poderia ser remanejado para as disciplinas de matemática dos primeiros semestres, também uma vez que por hora, são apresentados no final do quarto semestre do curso de Cálculo IV. Enquanto que um Curso sobre Variáveis Complexas poderia ser, em especial, para as Engenharia Elétrica.

- **Transformada de Laplace**

Este assunto é basicamente, uma ferramenta importante na resolução de Equações Diferenciais. Portanto, está deslocado do programa.

Pelo o que se pode observar existem vários tópicos matemáticos reproduzidos em duas disciplinas, “desencontro” entre disciplinas que necessitam de um determinado conteúdo como pré-requisito, tópicos matemáticos inseridos numa disciplina, sem uma certa ordem lógica.

Vale ressaltar, também, que devido a extensão dos programas, raramente são utilizados, pelos professores de matemática das Engenharias, programas de computador ou mesmo calculadoras gráficas, em suas aulas.

A utilização de máquinas, sob certa ótica, melhoraria a compreensão do aluno em diversos conceitos matemáticos, bem como reduziria o tempo despendido para o ensino de técnicas de derivação, integração, resolução de sistemas lineares, etc.

O fato de alguns tópicos ou disciplinas serem apontadas com menor grau de aplicabilidade não implica que tem menor importância para a formação de um Engenheiro. Alguns tópicos não aparecem, claramente, como necessários, porém, podem estar inseridos em uma determinada teoria.

Esta análise preliminar mostra que o currículo dos Cursos de Engenharias, como um todo, deve ser reavaliado.

### 3.2.4. Programa Alternativo de Matemática para a Engenharia

Com objetivo de propor um documento que sirva como ponto de partida para reflexão, discussão e análise para, então, elaborar um Currículo definitivo apresenta-se, abaixo, um Currículo Alternativo.

Foi feito um remanejamento dos conteúdos e uma alteração na carga horária, o que acarreta na redução de uma disciplina. Atualmente, estão em vigor sete disciplinas (4 Cálculos; 2 Álgebras e Cálculo Numérico). Devido algumas alterações, procurou-se denominar de Matemática I, II, III, IV, V e VI.



**MATEMÁTICA I - 90 horas/aula**

- 1) N<sup>os</sup> Reais e Funções
- 2) Interpolação Linear e Quadrática
- 3) Erros
- 4) Método dos Mínimos Quadrados
- 5) Limite e Continuidade
- 6) Derivada e Aplicações
- 7) Antiderivada

**MATEMÁTICA II - 75 horas/aula**

- 1) Números Complexos
- 2) Vetores e Curvas no Plano
- 3) Transformações Lineares
- 4) Autovalores e Autovetores

**MATEMÁTICA III - 75 horas/aula**

- 1) Integral Indefinida
- 2) Integral definida
- 3) Integração Numérica
- 4) Funções de Várias variáveis
- 5) Diferenciais
- 6) Integrais Múltiplas
- 7) Transformada para Integral

**MATEMÁTICA IV - 75 horas/aula**

- 1) Vetores, Curvas e Superfícies no Espaço
- 2) Integrais de Linha
- 3) Teoremas de Divergência e de Stokes
- 4) Funções de Variáveis Complexas

**MATEMÁTICA V - 60 horas/aula**

- 1) Erros
- 2) Zeros de Funções Reais
- 3) Resolução de Sistemas Lineares
- 4) Interpolação Polinomial
- 5) Regressão e Correlação
- 6) Equações Diferenciais

**MATEMÁTICA VI - 90 horas/aula**

- 1) Equações Diferenciais Ordinárias
- 2) Séries de Funções
- 3) Transformada de Laplace
- 4) Equações Diferenciais Parciais
- 5) Séries de Fourier

### 3.2.5. Algumas Considerações sobre Currículo

Para elaborar um currículo, porém, deve ser considerado todo um processo sobre o qual se sustenta a formação. Ou seja, além do programa e da forma como esse conteúdo deva ser ensinado deve-se centrar esforços para interagir teoria e prática, frente as tendências socio-econômicas.

Não se trata apenas de um remanejamento de conteúdos ou de disciplinas. Nem tampouco inserir computadores/calculadoras.

A questão essencial do currículo está no método de ensino. É definir a ênfase, as aplicações e a teoria necessária para uma formação daquele que deverá criar e não apenas executar tarefas.

A definição de um currículo não pode ser um trabalho de uma única pessoa. É necessário um trabalho de equipe.

A universidade deve propiciar ao futuro engenheiro aptidão para exercer a profissão. Nesse sentido, o currículo deve evitar as técnicas ou detalhes em pouco tempo inúteis centrar-se nos princípios, nas leis, no conhecimento básico que permanece.

### 3.3. Modelagem Matemática no Ensino-Aprendizagem de Matemática

Há alguns anos, vêm se processando re-estruturações no currículo e métodos de ensino de matemática, objetivando, entre outros fins, aumentar o interesse pela aplicabilidade desta nas situações do dia-a-dia.

Autores como BRUNER (1987:75) sustentam que o aprendizado não é um mero somar conhecimento, mas um “processo de crescimento”. “Saber é um processo e não um produto”.

Neste sentido, o sistema educacional deve fornecer elementos para que o indivíduo desenvolva suas potencialidades, propiciando-lhe capacidade de pensar crítica e independentemente.

Como a matemática não só contribui sobremaneira para o exercício intelectual, mas também é a linguagem da ciência, ADLER (1968:60) ressalta a importância dessa disciplina, defendendo que “devemos procurar maneiras de desenvolver precocemente, nos alunos, a capacidade de ler e interpretar o domínio da Matemática”. Salienta que “os símbolos não devem ser seccionados de suas raízes” uma vez serem estes “ferramentas do pensamento”. Pois, o “divórcio entre o pensamento e a experiência direta priva o primeiro de qualquer conteúdo real e transforma-o numa concha vazia de símbolos sem significados”.

Para D’AMBRÓSIO (1986), a aprendizagem é uma relação dialética envolvendo reflexão e ação, cujo resultado é um permanente modificar da realidade. Segundo ele, o indivíduo cria modelos que lhe permitirão elaborar estratégias de ação. “Essa recriação de modelos pelo sujeito, que pode utilizar outros modelos que já foram incorporados à sua realidade e que é a essência do processo criativo, deveria constituir o ponto focal dos sistemas educativos.”

Sob este ponto de vista, BASSANEZI (1990) afirma que “o ensino deve estar voltado para os interesses e necessidades práticas da comunidade. Embora seu interesse não se esgote, não é intenção fazer uma apologia do ‘para que serve’, e ADLER (1968) completa, “nem tampouco querer que o aluno, em poucos anos de experiência, descubra o que a humanidade, inclusive através de suas melhores inteligências, descobriu durante milhares de anos”. Por outro lado “compreender é inventar ou reconstruir através da reinvenção, e será preciso curvar-se ante tais necessidades se o que se pretende para o futuro, é termos indivíduos capazes de produzir ou de criar e não apenas de repetir.” (PIAGET, 1987: 70 )

Afirmações como dos autores acima citados vêm constituir uma forte defesa do processo de Modelagem Matemática no ensino e aprendizagem de matemática, dado que a escola é um ambiente indicado para criação e evolução de modelos, pois é dada aos alunos a oportunidade de estudarem situações-problema, através de pesquisa, desenvolvendo seu interesse e aguçando seu senso crítico.

### 3.3.1. Modelagem Matemática como Estratégia de Ensino de Matemática

A Modelagem Matemática, como estratégia de ensino-aprendizagem de Matemática, deve seguir o roteiro definido para curso de Modelagem com um detalhe: desenvolver o conteúdo matemático que emergir não só dos modelos apresentados, *a priori*, pelo professor, como também dos modelos a serem feitos pelos alunos.

Para ensinar Modelagem, é necessário saber o tempo disponível dos participantes para trabalho extraclasse, o número de horas-aula do curso em questão e o conhecimento matemático comum a todos os participantes.

Definidas essas condições, o curso deverá ter dois momentos: apresentação de modelos matemáticos e o processo de modelagem. A ordem não é rígida. O professor pode optar por apresentar e estudar primeiro os modelos matemáticos e posteriormente, a modelagem matemática; ou iniciar com a modelagem, intercalando, adequadamente, a exposição de modelos.

Os modelos devem ser apresentados de forma minuciosa, salientando-se os passos necessários para se obter os resultados, justificando ou até recordando os conceitos matemáticos inseridos. Eles facilitarão a compreensão dos procedimentos envolvidos na Modelagem.

Nesse sentido, à medida que está expondo um Modelo matemático, em circunstância adequada, o professor deve interromper a exposição, desenvolver a matemática necessária para a resolução das questões envolvidas, retornando, a seguir, para o modelo inicial. O tempo de interrupção depende da abrangência do conteúdo. O importante é não perder de vista a motivação.

O mesmo pode ser feito durante o processo de Modelagem, se a Matemática requerida for a mesma para a maioria. Em caso de um determinado conteúdo for de interesse apenas de um certo grupo, o professor induz à pesquisa, mantendo-se como orientador.

Cabe salientar que a matemática desenvolvida não extrapola os limites do modelo que está sendo trabalhado pelo grupo o que, sob certa perspectiva, pode ser tão ou pouco abrangente, dependendo do tema e do grau de conhecimento matemático do grupo.

Para o uso do método, o professor deve ter conhecimento seguro de Modelagem. Isto implica ter realizado um estudo sobre a respectiva metodologia, elaborado alguns modelos e já ter feito experiências da proposta no ensino.

### 3.3.1.1. Cursos em que a Modelagem Matemática vem sendo implantada

A Modelagem Matemática vem sendo implantada como disciplina nos mais diversos cursos, principalmente no terceiro grau (Engenharia, Matemática) e pós-graduação (Educação Matemática, Engenharia de Produção).

Nos cursos de Engenharia da FURB, por exemplo, a disciplina de Modelagem é oferecida nos últimos semestres, considerando que o aluno já tenha um conhecimento significativo de matemática e das áreas específicas do curso em questão.

Na Inglaterra, por exemplo, a disciplina de Modelagem Matemática também é oferecida em final de cursos, porém, integrada a uma indústria. OKE e BAJPAI (1981) relatam, que muitas pesquisas vêm sendo feitas, na Inglaterra, em Cursos de Ciências Físicas e Matemática, no intuito de identificar elementos essenciais de cada estágio para poder estabelecer uma metodologia para ensinar habilidades do processo de Modelagem Matemática nas ciências Físicas e Engenharia.

BASSANEZI tem disseminado a Modelagem Matemática em cursos de extensão e pós-graduação, realizados em diversas regiões brasileiras, com alunos de iniciação científica e pós-graduação.

Atualmente, o número de experiências no ensino-aprendizagem do 1º ao 3º grau, em muitos países, vem crescendo significativamente, gerando posições diferenciadas sobre a implantação deste processo.

### 3.3.1.2. Posições sobre a Modelagem Matemática no Ensino de Matemática

Pela literatura pode-se destacar duas posições: aquela que consideram que através da Modelagem não se pode ensinar novos conceitos matemáticos e a dos que defendem a Modelagem como processo ideal para ensinar Matemática.

Segundo KLAUODATOS (1994:70) alguns autores, tais como GREENMAN, HALL, BURKHART, OKE, CLEMENT, defendem a primeira posição.

Por exemplo, GREENMAN (apud. KLAUODATOS) definiu que a condição para se fazer Modelagem de uma situação é que o aluno deva ter conhecimento da matemática que será utilizada. Ou seja, deve-se ensinar, primeiro, os conceitos matemáticos indispensáveis e depois prosseguir com o processo de Modelagem. HALL e BURKHARDT (apud. KLAUODATOS) concordam com GREENMAN.

BURGHES e HUNTLEY (1982) afirmam que a Modelagem não deve ser o caminho utilizado para aumentar o conhecimento matemático, mas apenas para melhorar a habilidade de aplicações da matemática em situações práticas.

KAISER, MESSMER, LANGE, TREFFERS, VERN TREILIKS E BASSANEZI defendem a segunda posição. Um destaque especial para BASSANEZI, por ser um dos grandes disseminadores e defensores brasileiros da proposta da Modelagem Matemática no ensino-aprendizagem. Segundo BASSANEZI (1990), “trabalhar com Modelagem Matemática no ensino não é apenas uma questão de ampliar o conhecimento matemático, mas, sobretudo, de se estruturar a maneira de pensar e agir”.

As experiências realizadas, pela autora desta tese, nos últimos onze anos, mostram que em determinadas circunstâncias pode-se aprender Matemática paralelamente à Modelagem e em outras não. Depende de diversos fatores, tais como grau de escolaridade, tempo disponível e objetivos do curso.

A postura defendida neste trabalho é de que a Modelagem, como proposta acima, pode ser plenamente utilizada, se os alunos já participaram de experiências com Modelação (tema dissertado no próximo item) ou em cursos de extensão ou pós-graduação.

Nos cursos realizados pela autora desta tese, observou-se uma tendência dos participantes em elaborar modelos que se restrinjam ao conteúdo matemático conhecido e que fluiu dos modelos apresentados. Ou seja, se apresenta modelos que envolvam Geometria, a maior parte dos trabalhos serão feitos com Geometria, se usam Função ou Programação Linear ou Equações Diferenciais, ficam restritos ao conteúdo exposto e ainda se, e somente se souberem o conteúdo em questão.

Desta forma, se deseja melhorar as condições propostas, deve-se guiar os alunos participantes para a resolução de questões que os levem a recair em um conteúdo matemático o qual necessitem obter maior conhecimento ou aprofundamento e retornando, posteriormente, ao problema. O que, de certa forma, recai na questão da disponibilidade e duração do curso.

De qualquer maneira, sob o ponto de vista deste trabalho, o ensino/aprendizagem de matemática com o método de Modelagem é mais gratificante, uma vez que o aluno passa a aprender o que tem interesse, tornando-se então co-responsável pelo seu aprendizado. E o professor-orientador também torna-se um “ganhador” no sentido que, a cada tema escolhido por seus alunos, possibilita aquilatar seu conhecimento.

Em cursos regulares, porém, onde há um programa a ser cumprido - currículo e uma estrutura espacial e organizacional nos moldes ‘tradicionais’ (como são a maioria das instituições de ensino) - o método da Modelagem sofre algumas alterações, levando principalmente em consideração o grau de escolaridade dos alunos, o tempo disponível que terão para trabalho extra-classe, o programa a ser cumprido, o estágio em que o professor se encontra, seja em relação ao conhecimento da modelagem e apoio por parte da comunidade escolar para implantar mudanças.

O método que utiliza a essência da **Modelagem** em cursos regulares, com programa, denomina-se **Modelação Matemática** (BIEMBENGUT, 1990).

### 3.3.2. Modelação Matemática como Método de Ensino-Aprendizagem de Matemática no Ensino Fundamental e Médio.

A Modelação Matemática é um método que utiliza-se da essência da Modelagem Matemática para ensinar matemática, em cursos que tem um programa (currículo) pré-determinado.

Este método difere da Modelagem no ensino, pois utiliza-se de um único tema para extrair o conteúdo matemático programático.

Pode utilizar-se de um único tema durante todo período letivo, desde que seja abrangente o suficiente para desenvolver o programa da disciplina em questão e que não esgote a motivação dos alunos.

O método abrange três momentos: justificativa do processo; escolha do tema **desenvolvimento do conteúdo matemático** através do processo de **modelagem**.

#### a. Justificativa do Processo

Quando o método for aplicado pela primeira vez, para determinado grupo de alunos, é de essencial importância que o professor justifique o processo, não só para expor o seu interesse no processo de aprendizagem, como também, para tornar os alunos participantes e, portanto, responsáveis pelo ensino-aprendizagem.

Inicia-se com uma análise crítica sobre o ensino 'convencional' de matemática e mostra-se a possibilidade de apresentar o conteúdo matemático a partir de situações reais, dando-lhe um sentido de praticidade.

Para isso o professor exemplifica, expondo um modelo matemático conhecido, dirigindo sua explanação de forma a esclarecer quais conceitos e operações matemáticas tornam-se necessários para a compreensão da situação proposta. Ou, de outra forma, o professor propõe que escolham um tema de acordo com seus interesses e/ou afinidades. Acima de tudo, é necessário encontrar meios eficazes para motivar os alunos de maneira que, voluntariamente, decidam por um desenvolvimento ativo do aprendizado.

#### **b. Escolha do tema**

À medida que os alunos forem sugerindo temas, faz-se uma lista no quadro, para posterior escolha. O professor também pode aproveitar para intercalar alguns temas (como sugestão), principalmente aqueles que já são conhecidos, quanto à abrangência relativa ao conteúdo da série.

A escolha do tema pelos alunos fará com que se sintam participantes do processo.

A atuação do professor deverá estar, primordialmente, voltada para a utilização de estratégias que facilitem aos alunos a escolha de um assunto abrangente, motivador e sobre o qual, de certa maneira, seja fácil obterem-se dados ou informações.

#### **c. Desenvolvimento do conteúdo programático**

O processo é semelhante ao do Curso de Modelagem, apenas deve-se levar em conta o conteúdo programático que deverá fluir do tema.

O professor pode optar por fazer uma primeira questão sobre o tema e pedir que os alunos dêem sugestões do que se possa estudar ou propor que eles próprios levantem questões.

A partir das sugestões, o professor deve selecionar aquela que é mais adequada para desenvolver o conteúdo matemático programático.



O professor pode seguir os seguintes procedimentos:

- c.1. propõe aos alunos que façam uma breve pesquisa e a partir desta, uma síntese;**
- c.2. propõe que façam questionamentos sobre o assunto ou sugestões do que se possa estudar;**
- c.3. determine, face ao que o aluno desconhece, o conteúdo matemático a ser desenvolvido e qual a questão a ser resolvida primeiro;**
- c.4. passe a desenvolver o conteúdo programático.**

Cabe aqui salientar que parte importante do processo é fazer com que a partir da hipótese, os próprios alunos proponham as definições, ainda que informalmente.

- c.5. propõe, nesse momento, exemplos análogos para que o conteúdo não se restrinja ao modelo.**

Dessa forma, o professor auxilia na tarefa de generalização, na criação do constructo teórico que é o verdadeiro fim da Educação Matemática. *“Nosso conhecimento não é limitado às percepções adquiridas empiricamente. Ele é organizado e ganha profundidade através dos conceitos criados pela mente humana”*. (ADLER, 1960: 32)

- c.6. solicite aos alunos que analisem o resultado obtido como duplo objetivo:**

- apliquem e exercitem o conteúdo proposto;
- avaliem, criticamente, a validade do modelo.

Caso haja interesse do grupo continuar com o tema, o professor pode sugerir que passem a responder outra questão, desde que esta leve ao conteúdo programático.

O esquema, abaixo, representa a dinâmica do processo.

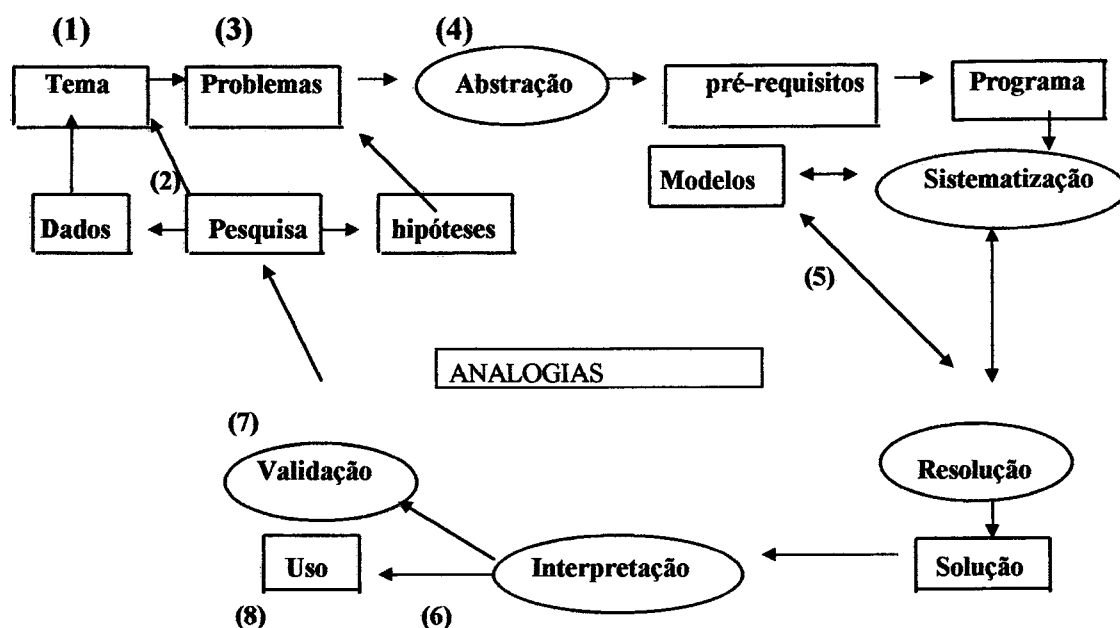


Figura 3.4.: Esquema da Modelação Matemática

No quadro anterior a ordem do procedimento está indicado pelos respectivos números:

- (1) Escolha do tema central a ser desenvolvido pelos alunos;
- (2) Pesquisa para coletar dados quantitativos e informações que possam auxiliar a apresentação de hipóteses;
- (3) Elaboração de problemas que serão distribuídos para os grupos de interesses comuns;
- (4) Abstração no sentido de selecionar as variáveis essenciais envolvidas nos problemas e formular as hipóteses;

(5) Sistematização dos conceitos que serão usados na resolução dos Modelos Matemáticos e que fazem parte do conteúdo programático do curso em questão. Deve ser efetuada, também, enquanto se trabalha na resolução e formalização dos Modelos.

Observa-se que é essencialmente esta fase que diferencia a Modelação da Modelagem clássica.

(6) Interpretação da solução de maneira analítica e com possíveis representações gráficas;

(7) Validação dos Modelos que devem ser os mais coerentes possíveis com a realidade pesquisada. Caso o Modelo não seja bom, o sistema deve ser retomado com novas pesquisas, tornando assim, o processo dinâmico;

(8) Quando o modelo é satisfatório deve-se procurar utilizá-lo fazendo previsões, análises, ou qualquer outra forma de ação sobre a realidade

Manter um clima de certa liberdade, estimulando a participação, a descontração, e a criatividade individual permitirá obter resultados satisfatórios em relação ao aprendizado de Matemática.

Quando necessário, deve-se propor que façam uma pesquisa sobre o assunto. Esta pesquisa pode ser uma entrevista com um profissional da área. Neste caso, a pesquisa, parte da tarefa, não só propiciará uma melhor visualização sobre a importância da matemática estudada, como também o conhecimento e valorização do trabalho de um profissional.

Ao participar de um trabalho com Modelação onde o conteúdo não é dissociado da realidade, conectando o que se aprendeu com o que se executou, estimulando a criatividade (condições essenciais para se ter sucesso na sociedade futura), acredita-se que alunos e professor tornar-se-ão mais entusiastas com a possibilidade de transformar a Escola, ainda que de forma lenta e gradual, para que esta venha a exercer o papel que lhe cabe: preparar o indivíduo para atuar no meio circundante.

### 3.3.2.1. Considerações sobre a Modelação Matemática

O método de Modelação para o Ensino Fundamental e Médio, conforme exposto acima, propõe que o *tema*, que permite desenvolver cada tópico ou todo o programa matemático, seja único e escolhido pelos próprios alunos. Além disso, são os alunos que levantam as questões e fazem a pesquisa sobre o *tema*. Cabendo ao professor se inteirar do *tema* escolhido e conduzir a resolução das questões levantadas de tal forma que desenvolva, no mínimo, o conteúdo programático.

Nesses Cursos essas estratégias são passíveis de implementação uma vez que a matemática programática é elementar e, não há restrição quanto à escolha do *tema*, ou seja, o *tema* pode ser de qualquer área. Sem contar que o Curso é anual, o que sobremaneira, facilita ao professor a condução do processo.

Na Graduação devido à semestralidade, à extensão do programa e o grau de complexidade do assunto em que a Matemática é utilizada como instrumento, exige-se um redirecionamento do conteúdo, quanto à ordem e à ênfase.

Dentre as dificuldades, para o professor destacam-se:

- a) lidar com o tema escolhido pelos alunos se:
- a<sub>1</sub>) não for adequado para desenvolver o programa; ou
  - a<sub>2</sub>) for muito complexo, de tal forma a exigir do professor um tempo significativo para aprender e para ensinar;
- b) inteirar-se do tema escolhido pelos alunos, em tempo hábil, para organizar o conteúdo programático a ser desenvolvido;
- c) estabelecer tempo para orientar os alunos na feitura de modelos matemáticos;
- d) ensinar tópicos matemáticos necessários na elaboração dos modelos que não fazem parte do programa.

Considerando a semestralidade *versus* a extensão do programa e a dificuldade do professor em se inteirar do tema escolhido pelos alunos, em curto espaço de tempo, o que sob certa ótica, limita a condução deste processo, algumas estratégias da Modelação foram alteradas para ensino da Matemática na Engenharia.

### 3.3.3. Modelação Matemática como Método de Ensino-Aprendizagem de Matemática no Curso de Engenharia.

Para um aluno, nos primeiros períodos de Curso, é necessário saber que uma teoria Matemática pode e deve ser adaptada a área da Engenharia.

Nesse sentido, a Modelação Matemática no ensino, além de aproximar a área ao aluno, pode ser um caminho para despertar no aluno o interesse por tópicos matemáticos que ainda desconhece ao mesmo tempo que aprende a arte de modelar, matematicamente.

A Modelação na Graduação utiliza-se de um *tema* único, para nortear o desenvolvimento do conteúdo (parte ou até mesmo todo) do programa, onde as questões sobre o *tema* e devida ordem para respondê-las, são definidas pelo professor, previamente preparadas. Além disso, é proposto aos alunos a elaboração de um trabalho - Modelo Matemático - porém, de forma mais dirigida.

### **a. Desenvolvimento do Conteúdo Programático**

De acordo com o conteúdo programático, o professor escolhe um ou mais modelos matemáticos aplicados a Engenharia, em questão, adaptando-os para o ensino.

Pode-se utilizar de um modelo matemático para desenvolver cada tópico matemático do programa, ou um único para todo o período letivo. No caso de ser utilizado um único modelo para todo o período letivo, esse deve ser abrangente o suficiente para desenvolver o programa e ao mesmo tempo, interessante, para não “abalar” o estado motivacional dos alunos.

O importante é que esse modelo esteja em ‘sintonia’ com o conhecimento e a expectativa dos alunos.

Inicia-se apresentando, de forma minuciosa, um modelo matemático salientando os passos necessários para se obter os resultados e em circunstância adequada deve interromper, temporariamente, a exposição, desenvolver a matemática necessária para a resolução das questões envolvidas, retornando, a seguir, para o modelo inicial. O tempo de interrupção depende da abrangência do conteúdo. O importante é não perder de vista a motivação.

No desenvolvimento do processo o professor:

**a.1. apresenta uma síntese sobre o tema;**

**a.2. faz, uma primeira questão sobre o tema, instigando-os a sugerir respostas que, certamente, abrirão caminhos para atingir as metas propostas;**

**a.3. a partir das sugestões, deve-se selecionar aquela que é mais adequada para desenvolver o conteúdo matemático programático;**

**a.4. se julgar necessário, propõe que façam uma pesquisa sobre o assunto;**

**a.5. passa-se a formular a questão de forma a suscitar a necessidade do conteúdo matemático para resolvê-la;**

**a.6. apresenta-se o conteúdo matemático programático;**

**a.7. depois de desenvolver o conteúdo necessário e suficiente para responder ou resolver esta etapa do trabalho, deve propor exemplos análogos para que o conteúdo não se restrinja ao modelo.**

Os exemplos análogos darão uma visão mais clara sobre o assunto, suprimindo deficiências, preenchendo possíveis lacunas quanto ao entendimento do conteúdo.

Se o professor achar conveniente, simultaneamente, pode selecionar outros modelos matemáticos, disponíveis, e apresentar aos alunos.

**a.8. Neste momento, deve-se retornar à questão que gerou o processo, apresentando uma solução e**

**a.9. a partir daí, leva os alunos a analisarem o resultado obtido que se denomina validação.**

O esquema, abaixo, representa a dinâmica do processo:

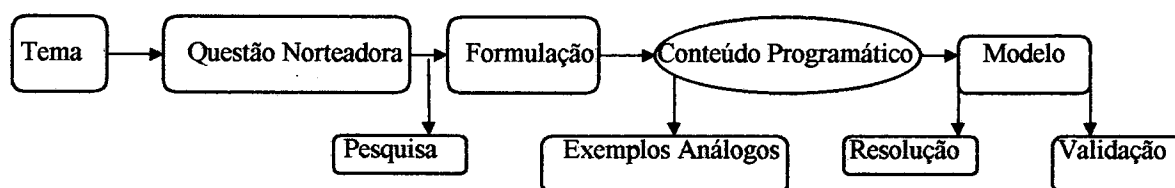


Figura 3.3.: Dinâmica do desenvolvimento do conteúdo matemático.

## **b. Trabalho de Modelagem**

O objetivo deste trabalho é criar condições para que os alunos aprendam a fazer modelos matemáticos aprimorando os seus conhecimentos.

O grupo de alunos, com orientação do professor, deve ser responsável pela escolha e direção do seu próprio trabalho. Cabe ao professor criar condições para que se possa desenvolver esta autonomia.

Etapas que podem ser seguidas para a realização do trabalho de Modelagem Matemática:

**b.1. Apresentação do processo.**

### **a. Desenvolvimento do Conteúdo Programático**

De acordo com o conteúdo programático, o professor escolhe um ou mais modelos matemáticos aplicados a Engenharia, em questão, adaptando-os para o ensino.

Pode-se utilizar de um modelo matemático para desenvolver cada tópico matemático do programa, ou um único para todo o período letivo. No caso de ser utilizado um único modelo para todo o período letivo, esse deve ser abrangente o suficiente para desenvolver o programa e ao mesmo tempo, interessante, para não “abalar” o estado motivacional dos alunos.

O importante é que esse modelo esteja em ‘sintonia’ com o conhecimento e a expectativa dos alunos.

Inicia-se apresentando, de forma minuciosa, um modelo matemático salientando os passos necessários para se obter os resultados e em circunstância adequada deve interromper, temporariamente, a exposição, desenvolver a matemática necessária para a resolução das questões envolvidas, retornando, a seguir, para o modelo inicial. O tempo de interrupção depende da abrangência do conteúdo. O importante é não perder de vista a motivação.

No desenvolvimento do processo o professor:

**a.1. apresenta uma síntese sobre o tema;**

**a.2. faz, uma primeira questão sobre o tema, instigando-os a sugerir respostas que, certamente, abrirão caminhos para atingir as metas propostas;**

**a.3. a partir das sugestões, deve-se selecionar aquela que é mais adequada para desenvolver o conteúdo matemático programático;**

**a.4. se julgar necessário, propõe que façam uma pesquisa sobre o assunto;**

**a.5. passa-se a formular a questão de forma a suscitar a necessidade do conteúdo matemático para resolvê-la;**

**a.6. apresenta-se o conteúdo matemático programático;**

**a.7. depois de desenvolver o conteúdo necessário e suficiente para responder ou resolver esta etapa do trabalho, deve propor exemplos análogos para que o conteúdo não se restrinja ao modelo.**

Os exemplos análogos darão uma visão mais clara sobre o assunto, suprimindo deficiências, preenchendo possíveis lacunas quanto ao entendimento do conteúdo.

Se o professor achar conveniente, simultaneamente, pode selecionar outros modelos matemáticos, disponíveis, e apresentar aos alunos.

**a.8. Neste momento, deve-se retornar à questão que gerou o processo, apresentando uma solução e**

**a.9. a partir daí, leva os alunos a analisarem o resultado obtido que se denomina validação.**

O esquema, abaixo, representa a dinâmica do processo:

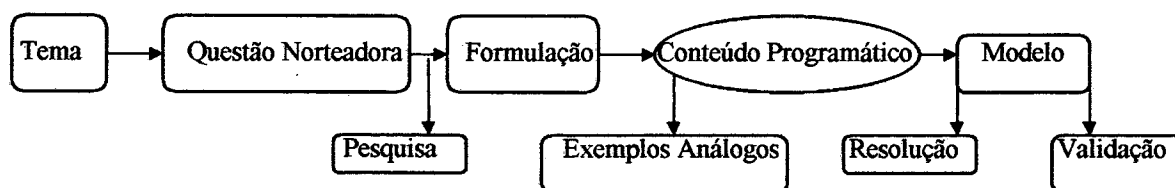


Figura 3.3.: Dinâmica do desenvolvimento do conteúdo matemático.

## **b. Trabalho de Modelagem**

O objetivo deste trabalho é criar condições para que os alunos aprendam a fazer modelos matemáticos aprimorando os seus conhecimentos.

O grupo de alunos, com orientação do professor, deve ser responsável pela escolha e direção do seu próprio trabalho. Cabe ao professor criar condições para que se possa desenvolver esta autonomia.

Etapas que podem ser seguidas para a realização do trabalho de Modelagem Matemática:

**b.1. Apresentação do processo.**



Este momento é de relevada importância! É dito popular que “a primeira impressão é que fica”. Valendo deste dito, a atuação do professor deve estar voltada à ‘conquista’ do grupo de alunos participantes para o processo de Modelagem. Afinal, a arte de modelar depende do estado motivacional de quem modela.

Não há, exatamente, uma ‘receita’ para despertar a motivação nos alunos! Cada professor tem uma maneira própria de conduzir seu trabalho. Acredita-se que boa parte da conquista se dá quando o professor demonstra sua própria paixão pelo que faz.

Esta demonstração pode-se dar ao iniciar definindo, Modelagem Matemática, mostrando como este método pode valer para o aprendizado de conteúdos matemáticos. Torná-los cientes do processo, é o primeiro passo.

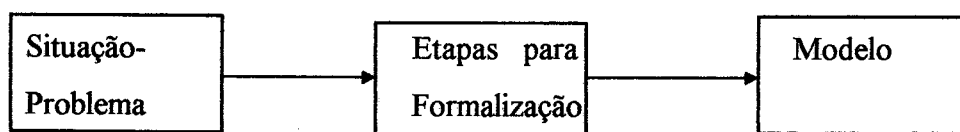


Figura 3.6.: Esquema do processo de Modelagem.

## b.2. Escolha do Tema

Sugere-se que os alunos se agrupem, incentivando-os na escolha do *tema* dentro da área da Engenharia, e que venha ao encontro de seus interesses e/ou afinidades.

Nem sempre essa escolha atende as expectativas de todos os membros do grupo. Nesse sentido, para evitar desmotivação, no decorrer do trabalho, propõe-se que cada membro do grupo, individualmente, faça uma breve leitura sobre o tema/assunto escolhido reunindo-se com o grupo, posteriormente, para uma reflexão sobre que gerará o trabalho. Cada aluno deve ter pelo menos uma semana para refletir sobre sua escolha.

A atuação do professor, nesse momento deve estar primordialmente voltada para a utilização de estratégias que facilitem aos alunos a escolha de um assunto abrangente, motivador e para o qual, de certa maneira, seja fácil obter dados ou informações.

## b.3. Orientação do Processo

### b.3.1. Interação com o assunto

Muitas vezes, o tema escolhido é muito abrangente frente ao tempo disponível. Neste caso, para que o professor tome ciência do assunto escolhido e possa orientar a elaboração do trabalho, pode propor, inicialmente, que cada grupo:

- faça uma pesquisa (levantamento de dados) a fim de se familiarizar com o tema escolhido;
- levante, pelo menos, cinco questões; e
- entregue por escrito, ao professor, uma síntese do tema e as devidas questões levantadas.

### b<sub>3.2</sub>. Planejamento do trabalho a ser desenvolvido pelos grupos

O professor deve tomar essa síntese com os questionamentos não só para se inteirar do tema escolhido mas também para orientar cada grupo, em particular, quanto as questões e devida ordem a serem resolvidas ( das mais simples a mais abrangentes).

Em seguida deve sugerir a cada grupo que:

- Defina e delimite uma questão.

Dê preferência aquela cujo instrumental matemático necessário já seja conhecido, o que sob certa maneira leva-os a aprender como se faz um modelo, ainda que em casos muito simples.

- Levante os dados reais da questão.

Descubra a configuração das questões ou o princípio envolvido no problema, ou seja, examine os fatos e amostragens alicerçando bases para a generalização;

- Analise a natureza integral e a extensão do problema, formulando hipóteses.

Isso constitui o empenho no sentido de encontrar formas para resolução de ataque do problema.

- Arrole as soluções viáveis ou as maneiras possíveis de chegar a elas.

O ideal é estimular o grupo a apresentar um maior número possível de maneiras de abordar o problema.

- Determine e selecione a solução que pareça mais conveniente.

O professor deve orientar cada grupo no sentido da natureza do problema, dos seus limites e dos seus aspectos.

Quanto maior o tempo dos alunos disponível para pesquisa e familiarização com o tema escolhido, melhor será o resultado do trabalho.

Não é impossível, por exemplo, que dois ou mais grupos proponham problemas similares, ou problemas que passem a tratar de aspectos completamente independentes dentro do

tema. Cabe ao professor em face de sua demanda de tempo ou recursos, avaliar estes casos, e sugerir o que for conveniente.

Quando o grupo tiver um bom embasamento sobre o assunto que estão trabalhando sugere-se que se faça uma entrevista com um Especialista no assunto, em momento adequado e, se for conveniente, que na certa, auxiliará muito no trabalho. Esta entrevista pode ser uma oportunidade para o aluno em contactar com o meio empresarial, com a indústria, com o meio produtivo e com a iniciação científica-tecnológica.

#### b.4. Conteúdo Matemático

Os Modelos elaborados pelos grupos devem fazer uso no mínimo de uma parte do conteúdo programático da disciplina. Caso algum grupo, para resolver uma questão, necessite de algum tópico matemático que não faça parte do programa e que não seja de conhecimento do grupo, o professor pode atender, exclusivamente, ensinando-o ou induzindo-o à pesquisa, mantendo-se como orientador.

#### b.5. Validação e extensão dos trabalhos desenvolvidos

Ao iniciarem o trabalho, questões são levantadas. Na certa, algumas mais simples outras mais complexas no que diz respeito a elaboração de modelos matemáticos.

Assim, no final do trabalho é de relevada importância que cada grupo:

- Avalie a solução ou, se for o caso, submeta o resultado a experimentação controlada, verificando assim, a adequação do modelo.

Cada grupo, uma vez elaborado um modelo, por mais simples que seja, deve retornar a fonte de pesquisa (seja bibliográfica ou direta - *in locu*, com especialistas) para verificar o grau de validade.

- Divulgue seu trabalho.

Pode-se planejar um ou mais dias para que cada grupo divulgue seu trabalho aos demais colegas de classe ou a Comunidade Escolar, ou ainda se for o caso, a quem possa interessar.

- Faça um relatório.

A melhor forma de registrar idéias e posteriormente, transferí-las, ainda é através de um trabalho escrito. Neste caso, a sugestão para um relatório, é a seguinte:

⇒ Apresentação sobre o porquê escolheram o tema;

⇒ Um breve histórico sobre o tema. Pode constar dados, não apenas da pesquisa indireta (livros, revistas) como também da pesquisa direta (entrevistas, fotos da visita in loco);

⇒ Apresentação dos Modelos, numa ordem do mais simples ao mais complexo;

⇒ Considerações sobre o processo.

Dado o modo como as matérias de um Curso de Engenharia estão, atualmente, organizadas e mais a semestralidade, não é simples alterar a maneira de ensiná-las, adotando um trabalho mais autodirecionado e informal. Isso não quer dizer que não se possa promover um aprendizado mais rico em recursos reconstituídos e ampliados de modo a se tomarem mais diversamente acessíveis e agradáveis.

### c. Avaliação de Desempenho

O ensino de Matemática deve propiciar ao futuro engenheiro:

- sólida formação matemática, em primeiro lugar;
- capacidade para enfrentar e solucionar problemas;
- saber realizar uma pesquisa;
- capacidade de utilização de máquinas (calculadora gráfica e computador);
- capacidade de trabalho em grupo;

Nesse sentido, deve-se adotar uma teoria de avaliação que leve em conta dois aspectos principais:

⇒ a avaliação, como fator de redirecionamento do trabalho do professor, para o qual já estabeleceu-se critérios, na seção I, deste Capítulo; e

⇒ a avaliação para verificar o grau de aprendizado do aluno.

Neste caso, pode-se analisar sob dois aspectos:

- c.1. aspectos objetivos ( provas, exercícios, trabalhos realizados );
- c.2. aspectos subjetivos (através da observação do professor).

Quanto aos aspectos subjetivo, através da observação, o professor pode avaliar:

#### c.2.1. **Empenho** do aluno pela

- participação;
- assiduidade;

- cumprimento das tarefas;
- espírito comunitário.

Quanto aos aspectos objetivos sugere-se que os seguintes critérios sejam avaliados:

c.1.1. Produção e conhecimento matemático

- consolidação de conhecimentos matemáticos teóricos;
- raciocínio espacial;
- operacionalização de problemas numéricos;
- crítica em relação a conceitos de ordem de grandeza;
- expressão e interpretação gráfica.

c.1.2. Produção de um Trabalho de Modelagem em Grupo

- qualidade dos questionamentos
- pesquisa elaborada pelo aluno;
- obtenção e sistematização dos dados sobre o problema a ser Modelado;
- interpretação e elaboração de modelos matemáticos;
- discussão e decisão sobre a natureza do problema levantado;
- adequação da solução apresentada;
- validade das soluções fornecidas pelo Modelo.
- exposição oral e escrita do trabalho;

c.1.3. Extensão e aplicação do conhecimento

- síntese, aliada à capacidade de compreensão e expressão dos resultados matemáticos na língua corrente.
- análise e interpretação crítica de outros modelos utilizados nas questões da Engenharia;
- avaliação crítica de problemas de Engenharia; - qualidade dos questionamentos levantados.

É importante, também, que os alunos conheçam, a priori, os critérios e indicadores de avaliação adotados.

### 3.4. Plano de Ação e Gerenciamento para um Curso de Engenharia

Para que se faça mudanças significativas no Ensino de Engenharia, mesmo que dentro de um longo período, é necessário que todos os membros do Curso se organizem, num plano conjunto, com objetivos claros sobre o aluno que se quer formar.

Uma reunião entre os professores do Curso, representação discente e a Coordenação é o ponto de partida, pois constituem a unificação das expectativas em relação à meta que se propõe.

Acredita-se que sem prévio planejamento, desenvolvimento, avaliação dos resultados e devido acompanhamento por parte da Coordenação, nenhuma alteração ocorrerá. Frente a isso, propõe-se um Plano de Ação que pode ser implementado tanto por um Curso de Engenharia, como também pelos Departamentos que atendem o Curso em questão, como por exemplo, o de Matemática.

Um Plano de Ação se compõe de diversos tópicos indicativos, num seqüenciamento de etapas necessárias. Um processo que deve ser cíclico, reestruturado a cada período letivo - Planejamento, Desenvolvimento e Análise dos Resultados.

#### 3.4.1. Etapas para implementar um Plano de Ação e Gerenciamento

##### a. Planejamento

O Planejamento é composto de três momentos: diagnóstico, meta e apoio acadêmico.

##### a<sub>1</sub>. Diagnóstico

Todo corpo docente, representante discente do curso e Coordenação se mobilizam, permanentemente, para melhorar a qualidade:

- do ensino-aprendizagem;
- do funcionamento do Curso;

- dos objetivos, num ambiente em evolução;

Para iniciar esta etapa, cabe à Coordenação apresentar ao Grupo:

- o objetivo do Curso;
- a grade curricular; e
- o objetivo de cada matéria para o Curso.

Um organograma pode auxiliar a visualização.

Este momento é de vital importância, pois permitirá que cada professor tenha uma noção clara de sua disciplina no Curso, seja como pré-requisito de outras disciplinas, seja para uma formação específica e até do “espaço de tempo” entre sua disciplina e aquela que serve como pré-requisito.

Os passos seguintes são:

- verificar os resultados de desempenho dos alunos, relativamente ao período letivo anterior;
- levantar os acontecimentos significativos da área profissional que possam ser inseridas nas atividades do Curso.

#### **a.2 Metas**

Cada professor e cada coordenador deve elaborar um programa de ação, estabelecendo objetivos e metas atingíveis: da disciplina, da matéria e do Curso.

Sugere-se como princípios para a ação:

- planejamento para uma melhoria do ensino-aprendizagem em todas as disciplinas;
- colaboração de cada membro (docente e discente) além das suas atribuições;
- estabelecimento uma ação a curto prazo, numa visão a longo prazo e
- valorização a ação de todos os envolvidos.

#### **a.3 Apoio Acadêmico**

A partir dos objetivos e metas definidas, o grupo deve:

- definir métodos de ensino e de aprendizagem;
- estabelecer critérios e indicadores para avaliar o desempenho: dos alunos, dos professores e do grupo;
- assumir o compromisso de colaboração entre professores de disciplinas básicas com os de disciplinas profissionalizantes e
- subsidiar, no que for necessário, alunos e professores para sua ação.

## b. Desenvolvimento

Uma vez efetuando um planejamento, de acordo com as necessidades do Curso de Engenharia, o período letivo inicia para o ensino - aprendizagem, propriamente ditos.

O processo de ensino-aprendizagem deve contemplar aos alunos:

- orientação adequada;
- formalização dos conteúdos e organização;
- estímulo à criatividade;
- critérios e indicadores de avaliação.

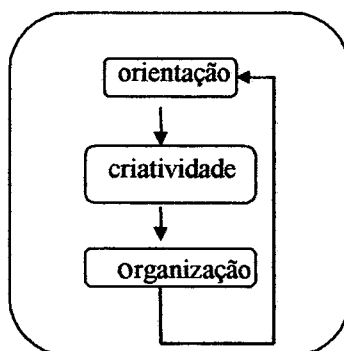


Figura 3.7: Processo de Ensino-Aprendizagem

É aqui que será posto à prova o trabalho. O professor, dispondo de um plano previamente elaborado, terá melhores condições de aplicá-lo com segurança. Livros e publicações científicas darão subsídios para o seu trabalho.

No caso das disciplinas básicas, como Matemática, é importante que tenha também, o apoio e devida colaboração dos professores de disciplinas profissionalizantes para orientação.

## c. Análise dos Resultados

Ao final do período letivo, é necessário uma avaliação do trabalho desenvolvido. Uma **avaliação** que "fotografe o antes e o depois" do **Planejamento**, mostrando o que ainda precisa ser mudado ou adicionado, os obstáculos não superados e o atingimento ou não dos objetivos e metas inicialmente traçados.

Esta avaliação terá que ser feita primeiro, por disciplina/professor; por matéria, professores e depois, pelo Grupo que compõe o Curso como um todo.

Deve avaliar:

c<sub>1</sub>) Grupo

- o empenho para:

⇒ atingir as metas;



- ⇒ subsidiar seus pares;
- ⇒ aperfeiçoamento contínuo;
- ⇒ cumprimento das tarefas em tempo hábil.

### c<sub>2</sub>) Professor

- o empenho
  - ⇒ no preparo das aulas, integrando com outras disciplinas;
  - ⇒ para o acompanhamento e orientação do aluno;
  - ⇒ no aperfeiçoamento;
  - ⇒ na participação das reuniões com o Grupo
- desempenho:
  - ⇒ no ensino, através dos resultados de desempenho dos alunos.

### c<sub>3</sub>) Aluno

- empenho
  - ⇒ na assiduidade;
  - ⇒ para a realização das atividades propostas;
  - ⇒ na participação.

O diagrama, abaixo, representa estas três etapas e sub-etapas:

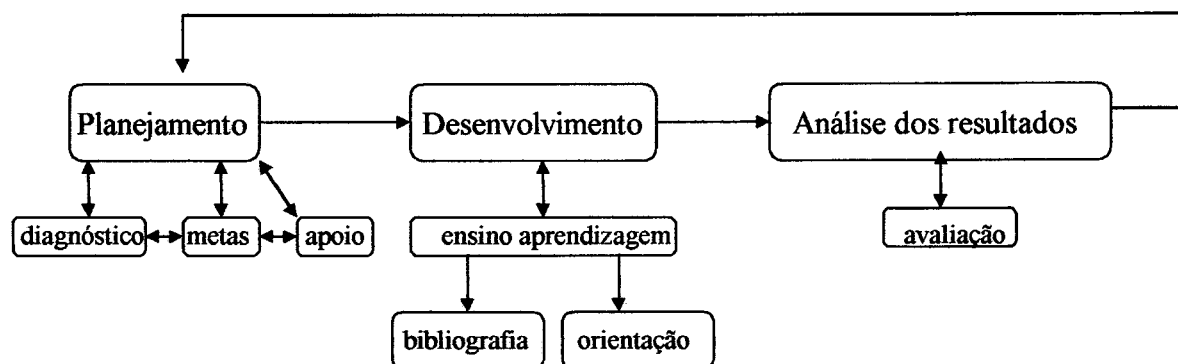


Figura 3.8.: Dinâmica do Plano de Ação e Gerenciamento

Apresenta-se abaixo, um guia para um Plano de Ação:

Tabela 3.4.: Guia para um Plano de Ação.

| Equipe (Coordenação, Professores e Representante Discente)      |   |   |  | Método  |
|---|---|---|--|---|
| Organização   | Processo de aperfeiçoamento   | Professor   | Aluno  | Desenvolvimento   |
| Cada um é responsável pela qualidade do Curso.                  | O aperfeiçoamento abrange a qualidade do desempenho.                            | Cada professor dispõe da informação operacional necessária.           | Alguns grupos de alunos, são criados para tratar de assuntos pontuais.   | O plano de cada um da Equipe é parte de um plano de qualidade para o Curso.               |
| As responsabilidades de cada um são definidas.                  | As principais ações de aperfeiçoamento são planejadas.                          | O professor hierarquiza os problemas e as prioridades de tratamento.  | Um programa de enriquecimento das tarefas é desenvolvido.  | A metodologia de desenvolvimento é formalizada e aplicada.                                |
| Cada um conhece as missões e responsabilidades de sua função.   | Alguns indicadores de desempenho são implantados.                               | O professor mede regularmente o desempenho do aluno.                  | As sugestões e propostas dos alunos chegam a Equipe.   | As responsabilidades de cada atividade de concepção são definidas.                        |
| Um Plano de qualidade é definido e documentado                  | Os quadros de avaliação de desempenho são generalizados e consolidados.         | A ação do professor está voltada para a formação do Engenheiro.       | A participação dos alunos é desenvolvida de maneira contínua através de um programa de ação planejado pela Equipe. | Indicadores permitem gerar o número de modificações. Objetivos de melhoria são definidos. |
| Os procedimentos essenciais são formalizados e aplicados        | O aperfeiçoamento é um processo de uso corrente que cobre todas as disciplinas. | O empenho do professor é considerado no sistema de avaliação.         |  | Programas de aperfeiçoamento visando melhoria global do Ensino.                           |
| A eficácia do Plano é analisada, regularmente, pela Coordenação | O aperfeiçoamento é acompanhado regularmente pela Coordenação.                  | O plano de formação integra as evoluções do ensino e da aprendizagem. |  | Os fluxos de informação e as participações de cada um são definidas.                      |

Acredita-se que um programa de mudança que se vincule a uma relação de parceria incorporando inovações tecnológicas e devidamente coordenado, é o caminho para a eficácia na formação do futuro engenheiro.

### 3.5. Interação do professor com a Modelagem e Modelação Matemáticas

Quando se propõe melhoria para o ensino, geralmente, aponta-se para as necessidades do aluno, da infra-estrutura física da instituição, da formação do professor, mas raramente para como o professor, frente sua formação versus dispêndio de tempo, pode se aperfeiçoar continuamente para propiciar um ensino com qualidade.

Para o profissional da área de matemática incorporar conhecimentos de outras áreas, em particular, da engenharia, é um grande desafio, um exercício que exige algum tempo. Exige, também, que esse profissional adote uma nova postura, atitude e padrão de desempenho. Onde flexibilidade, iniciativa e visão de futuro podem ser elementos facilitadores.

Afinal, permanecer na rotina, embora menos ameaçadora, acaba por manter a denominada 'formação deficitária'.

Dada a inexistência de uma formação específica por parte dos professores de matemática no que se refere à realização de um trabalho usando Modelagem e Modelação Matemáticas e procurando atender aos colegas que lecionam Matemática em Cursos de Engenharia propor-se-á alguns parâmetros para que se possa se inteirar de alguns modelos matemáticos aplicados à Engenharia e então, aprender para ensinar.

Cabe aqui salientar que o professor adquire habilidade e segurança no uso da Modelagem e Modelação no Ensino de Matemática, na medida em que executa os projetos propriamente ditos. Assim, sugere-se que o professor inicie com uma única turma, com um único modelo diretor.

#### 3.5.1. Etapas para aprender Modelagem

Para aprender Modelos Matemáticos e, então ensiná-los, sugere-se três etapas, assim denominadas: Aprender; Aprender-Ensinar e Ensinar-Aprender.

##### 1ª etapa: Aprender

###### a) Escolha do Modelo

Esse é o momento em que o professor toma conhecimento do modelo matemático, do fato, dos conceitos e dos dados. O modelo escolhido servirá de roteiro, de mapa que lhe apontará o itinerário.

Para aprender como constitui um modelo matemático é preciso, escolher um modelo de simples compreensão, relevado interesse e que atenda as condições quanto ao conteúdo matemático programático.

Como a Matemática está presente em quase todas as disciplinas profissionalizantes do Curso, não é difícil encontrar, na bibliografia disponível, um modelo matemático que utilize o conteúdo matemático que se pretende abordar. As tabelas A<sub>4.1</sub>, A<sub>4.2</sub> e A<sub>4.3</sub> que estão no anexo IV, apresentam que conteúdos Matemáticos e em quais disciplinas profissionalizantes são utilizados, em maior ou menor grau.

Nesse sentido, dependendo da ementa Matemática que dispõe e quais conteúdos quer abordar, pode escolher uma disciplina para buscar um Modelo.

Sugere-se que inicie por conteúdos que pertençam ao denominado Cálculo Diferencial Integral ou Álgebra Linear. Além disso, se a matéria específica escolhida é composta de várias disciplinas, propõe-se que busque por aquela cujo conteúdo apresente teoria preliminar. Por exemplo, a matéria Saneamento do Curso de Engenharia é dividida em Saneamento I, II e III. Nesse caso, utilizar-se-ia o Saneamento I.

#### b) Interação com o Modelo

Nem sempre o modelo matemático é apresentado em detalhes relativos aos procedimentos e conteúdos matemáticos que foram utilizados.

Isso exigirá que se faça:

- leitura atenta do enunciado;
- uma análise cuidadosa sobre a(s) fórmula(s) matemática(s) contida no texto;
- levantamento de quais teorias, não matemáticas, fazem parte do Modelo;
- de quais teorias são pré-requisitos.
- estudar o texto e, se for necessário, a teoria que for pré-requisito.

Um especialista (professor da disciplina), pode subsidiá-lo na identificação de conceitos envolvidos e na compreensão.

Ao estudar um Modelo toma-se ciência, também sobre outros conteúdos matemáticos que auxiliaram no processo e que não estão “aparente” ou que são pré-requisitos. Isso auxilia muito no preparo das aulas.

Uma vez investigado e avaliado um Modelo passa-se para a etapa seguinte que é “traduzir” para a sala de aula.

## **2ª etapa: Aprender-Ensinar**

A questão, agora, é “traduzir” o Modelo, de forma didática, que permita desenvolver o conteúdo programático ao mesmo tempo que proporcione ao aluno uma interação com um tema da Engenharia.

O êxito da proposta é uma questão de planejamento, frente a seleção de questões e condução do processo.

O planejamento é uma tentativa de antecipar condições e situações, proporcionando meios para atingir ao máximo os objetivos, reduzindo ao mínimo possíveis desencontros.

Assim, sugere-se que o professor:

- a. defina o(s) objetivo(s) (conteúdo) que espera atingir;
- b. elabore um texto sobre o modelo, com as idéias e os conceitos essenciais, de fácil compreensão, para ser apresentado para os alunos;
- c. elabore uma ou mais questões cuja formulação/resolução (de cada uma) conduzirá ao conteúdo matemático que deverá ensinar;
- d. avalie o tempo para esta abordagem e para o ensino do conteúdo;
- e. procure organizar a formulação do problema de forma a conduzir ao conteúdo Matemático programático e ao mesmo tempo justificar a necessidade e a importância desse;
- f. determine o momento para desenvolver o conteúdo programático;

g. Elabore exemplos análogos propiciando um maior número de aplicações do conteúdo e também de informações que contribuam para a produção de conhecimentos. Esses exemplos não precisam ser da Engenharia;

h. Planeje atividades em que os alunos devam apresentar exemplos aplicados à Engenharia. Esses exemplos além de mostrar se os alunos entenderam o conceito matemático proposto, também, contribuem para a ampliação do conhecimento do próprio professor.

i. Defina o momento de retornar a questão inicial, concluindo o Modelo.

j. Planeje como orientar os alunos para elaborarem um trabalho de Modelagem: seja na formação dos grupos; na organização e seleção das questões, na utilização de materiais e na fomentação de discussões sobre o tema. Diretrizes, forma de atuação e recursos audiovisuais são algumas variáveis que atuam como forças propulsoras .

### **3ª etapa: Ensinar - Aprender**

Ao passar ministrar uma Matemática interagida com a formação e habilitação que o futuro engenheiro venha ter, o professor contribui, sobremaneira, para que “acenda” aos alunos as chances de crítica e de questionamentos. Onde críticas e questionamentos se fortalecem quando o aluno passa a elaborar seu Modelo Matemático através de formas alternativas e de compreensão dos significados.

Sem dúvida, esse momento é o grau mais refinado de aprendizagem, não apenas para o aluno, mas principalmente para o professor. É uma forma de ampliar ao professor a eficácia e conhecimento. O que acarreta a incorporação de novas atitudes e padrões. Um processo que recomeça com cada turma, em cada período letivo. Um aprendizado com a certeza de somar só pode fazer crescer.

ARMSTRONG (1977), escreve que “a luta é no sentido de que o processo educacional deveria provocar uma relação dinâmica entre professor, aluno e tarefa; tarefa em que, tanto o professor quanto o aluno, à luz da experiência por ambos compartilhada, reconstroem o conhecimento”. (apud GOODSON, 1994: 43).

## CAPÍTULO IV

### APLICAÇÃO DA PROPOSTA

Neste capítulo serão apresentados a implementação da Modelação Matemática; o relato sobre aplicações da Modelação Matemática no Ensino Superior, dentro da proposta de qualidade; um programa alternativo - MATEMÁTICA I - aplicado na Engenharia Civil; atividades desenvolvidas envolvendo professores e um projeto de qualidade que está sendo implantado em uma Escola Municipal de Ensino Fundamental.

No quadro, abaixo, os principais temas que serão abordados.

| <b>Modelação Matemática no Ensino Superior</b>   | <b>Atividades desenvolvidas com Professores</b>   | <b>Projeto da Qualidade para o Ensino Fundamental</b>   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Implementação</li><li>• Relato do experimento em Cálculo I -Civil .</li><li>• Programa alternativo aplicado</li><li>• Relato de dez trabalhos experimentais (1990-1993)</li><li>• Procedimentos para avaliação da Modelação Matemática</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Principais questões levantadas pelos professores participantes do Curso de Modelagem</li><li>• Relato de quatro atividades desenvolvidas neste ano, com professores.</li><li>• Procedimentos para avaliação das atividades.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Objetivo do Projeto</li><li>• Planejamento</li><li>• Público Alvo</li><li>• Diagnóstico</li></ul> |

## 4.1. Modelação Matemática no Ensino Superior.

A Modelação Matemática proposta para o ensino-aprendizagem de matemática norteia-se por desenvolver o conteúdo a partir de Modelos e orientar o aluno a realizar um trabalho de Modelagem Matemática.

Os objetivos deste método são:

- aproximar a área de formação no curso básico da disciplina de matemática;
- enfatizar a importância da matemática para a formação do futuro engenheiro;
- despertar o interesse pela matemática frente à aplicabilidade;
- melhorar a apreensão dos conceitos matemáticos;
- desenvolver a habilidade para resolver problemas;
- estimular a criatividade.

Nesse sentido, o ensino deve estar voltado para a promoção do conhecimento matemático e da habilidade para utilizá-lo, ou seja, promoção de talento. O que significa ir além das simples resoluções de questões matemáticas, muitas vezes sem significado, e levar o aluno a adquirir uma melhor compreensão tanto da teoria matemática, quanto da natureza do problema a ser modelado.

Outra coisa a considerar é que neste processo, muitas vezes, o conteúdo programático mostra-se insuficiente, apontando assim, para uma necessária reestruturação do programa, em particular, na seqüência e na ênfase.

Nesta seção serão apresentados: as estratégias para implementação da Modelação, o relato do trabalho experimental realizado na disciplina de Cálculo I da Engenharia Civil, em 1997, o Programa alternativo aplicado para esta mesma turma e o relato dos dez trabalhos experimentais realizados no Ensino Superior entre os anos de 1990 a 1993. Vale destacar que esses onze trabalhos foram implementados na Universidade Regional de Blumenau - FURB.

### 4.1.1. Implementação da Modelação

Para implementar a Modelação no Ensino Superior, inicialmente, foi feito um diagnóstico sobre o Grau de conhecimento matemático e atuação profissional dos alunos, para então aplicar as estratégias da Modelação, ou seja, desenvolver o conteúdo programático, propor exercícios de fixação e orientar os alunos na realização de Modelos Matemáticos - Modelagem.



#### 4.1.1.1. Diagnóstico

Na primeira aula foi feito um levantamento sobre o grau de conhecimento matemático do aluno, sobre seu desempenho no Curso (quanto aprovação/reprovação) e sobre sua atuação profissional

Este levantamento mais o número de alunos e horário da disciplina são determinantes para se poder planejar as aulas.

Por exemplo:

- o grau de conhecimento matemático dos alunos determina a ênfase com que se desenvolve o conteúdo matemático e número de exercícios propostos;
- o número de alunos conduz à formação de grupos de trabalho com mais ou menos elementos, de forma a facilitar a orientação dos trabalhos;
- a atuação profissional - alunos que trabalham, em geral, têm uma melhor facilidade em lidar com modelos aplicados na área de atuação, em contrapartida, não dispõem de tempo suficiente para pesquisa; e
- o horário da disciplina (diurno, vespertino, noturno/final do período) determina a dinâmica da aula.

#### 4.1.1.2. Desenvolvimento

A Modelação norteou-se por: desenvolvimento do conteúdo programático; pela aplicação da estratégia de fixação do conteúdo e pela modelagem matemática.

##### a. Conteúdo Programático

As aulas foram conduzidas pela professora seguindo oito etapas, a saber:

##### 1ª Etapa: Exposição do tema/assunto

Uma breve exposição sobre o *tema*, previamente preparado pela professora, permitiu um maior estreitamento do aluno com a área em questão.

## 2ª Etapa: Levantamento de Questões

O levantamento de questões foi conduzido de tal forma a tornar os alunos participantes do processo.

## 3ª Etapa: Formulação de uma Questão

A questão “norteadora” e devida formulação ficaram a cargo da professora, considerando a intenção de se chegar ao conteúdo matemático.

## 4ª Etapa: Desenvolvimento do Conteúdo Programático

O conteúdo matemático foi desenvolvido em momento adequado, de forma a não perder de vista a “questão” que levou ao conteúdo.

## 5ª Etapa: Exemplos análogos

Os exemplos análogos permitiram ampliar o leque de aplicações matemáticas, validando, sob certa ótica, a importância da referida teoria matemática.

## 6ª Etapa: Resolução de uma Questão

A resolução da “questão norteadora” fazia com que o aluno retornasse ao problema e verificasse novamente a matemática como uma “ferramenta” importante.

## 7ª Etapa: Modelo Matemático

Encerrando uma etapa do processo deixa-se um precedente para uma retomada e possibilidade de melhoria do Modelo.

## 8ª Etapa: Validação.

Momento de avaliar o modelo matemático quanto à validade e à importância.

O esquema, abaixo, representa a dinâmica do processo:

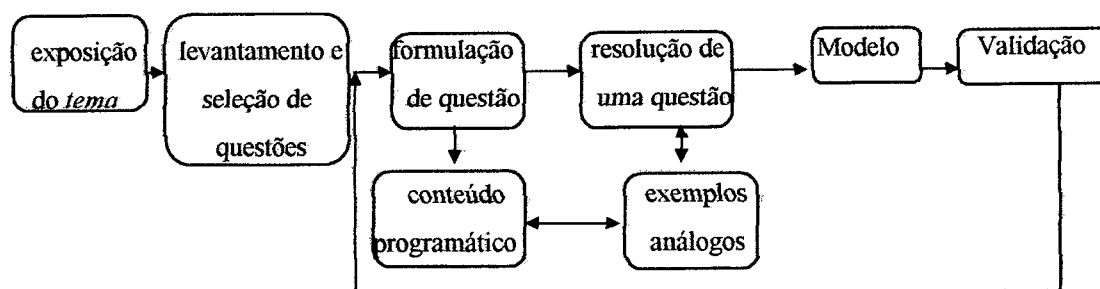


Figura 4.1.: Desenvolvimento do Conteúdo Programático.

No item 4.1.2., para ilustrar, será apresentado como foi feito o desenvolvimento do conteúdo matemático da disciplina de Cálculo I para uma turma da Engenharia Civil - FURB e no anexo VI constam alguns dos Modelos Matemáticos utilizados para este fim.

#### b. Fixação do Conteúdo Programático

Além de propor/sugerir aos alunos a resolução de exercícios contidos na bibliografia, a autora desta tese também elaborou listas de exercícios (convencionais, aplicados e demonstrações) para que realizassem em sala, durante a aula. Estas listas eram recolhidas ao final da aula e posteriormente, corrigidas. Foram aplicadas pelo menos 3 listas, durante o semestre letivo, em cada turma.

Estas aulas também serviam como meio de avaliar o grau de compreensão matemático de cada aluno. Esta avaliação, qualitativa dava-se através da observação pelo número de vezes que o aluno solicitava orientação, pelo tipo de questionamento, etc.

#### c. Modelagem Matemática

O trabalho de Modelagem Matemática tinha os seguintes objetivos:

- aplicar o conteúdo matemático programático;
- desenvolver habilidade em formular e resolver problemas;
- incentivar a pesquisa;
- propiciar ao aluno lidar com um tema de seu interesse;
- desenvolver a criatividade.

Para tanto, a professora definiu 4 ou 5 reuniões (conforme a turma), no horário e na sala de aula, perfazendo 12 ou 15 horas/aula (3h/a em cada dia) para orientar a feitura do trabalho.

Estas aulas foram, estrategicamente, inseridas no período letivo, permitindo ao aluno adquirir conhecimento matemático, saber aplicar este conhecimento no trabalho e então, uma certa habilidade para fazer modelos (a partir do que vinha sendo desenvolvido em sala).

Sendo a primeira reunião realizada após algumas aulas da disciplina, momento em que o aluno já tinha uma certa idéia de Modelagem.

Assim, as reuniões seguiram sob as seguintes orientações :

1ª Reunião: Escolha do tema, pesquisa e levantamento de questões.

Nesta reunião foi proposto que:

- os alunos reunissem-se em grupos (no máximo, 4 alunos por grupo);
- escolhessem um *tema* de interesse, relativo à área de atuação futura (no caso, o Curso que estavam fazendo);
- levantassem cerca de 10 questões;
- fizessem pesquisa (levantamento de dados)

Para que cumprissem a proposta, após uma discussão sobre o tema de interesse, propôs-se que os alunos dirigissem-se à biblioteca para fazer um primeiro levantamento de dados. A pesquisa é parte importante desse processo.

Esta primeira etapa do trabalho deveria ser organizada por escrito e entregue à professora, após uma semana. O tempo deixado para a elaboração do trabalho, por escrito, tinha como objetivo permitir ao aluno uma melhor interação sobre o tema escolhido e, conseqüentemente, avaliar melhor seu grau de interesse e do próprio grupo pelo *tema*.

Além disso, essa primeira pesquisa apresentada permitia à professora inteirar-se, embora de forma superficial, sobre os *temas* escolhidos para viabilizar a orientação e elaboração de Modelo Matemático.

Após uma primeira interação com o *tema* a autora desta tese procurou indicar algumas questões que poderiam conduzir ao conteúdo matemático do programa.

Desta forma, nos três encontros seguintes (perfazendo 9h/a) foi proposto aos grupos que respondessem as questões utilizando-se, no mínimo, dos conteúdos matemáticos que vinham sendo desenvolvidos.

## 2ª Reunião – Primeira formulação

Definia-se uma ordem para a formulação e resolução da(s) questão(ões) seguindo uma ordem da mais simples à mais complexa para resolução.

## 3ª Reunião - Resolução parcial das questões

## 4ª Reunião - Elaboração de um Modelo

Elaboração do Modelo e posterior, avaliação como meio de avaliar a qualidade e relevância do trabalho elaborado.

O Modelo elaborado pelo grupo deveria utilizar-se, no mínimo, de 50% do conteúdo programático.

## 5ª Reunião: Exposição oral e escrita do trabalho

No final do semestre, cada grupo deveria apresentar o trabalho elaborado:

- na forma oral, como forma de divulgar e inteirar os demais colegas;
- na forma escrita, (de acordo com as normas da ABNT) como meio de documentá-lo e posteriormente, divulgá-lo.

O esquema, abaixo, sintetiza as etapas:

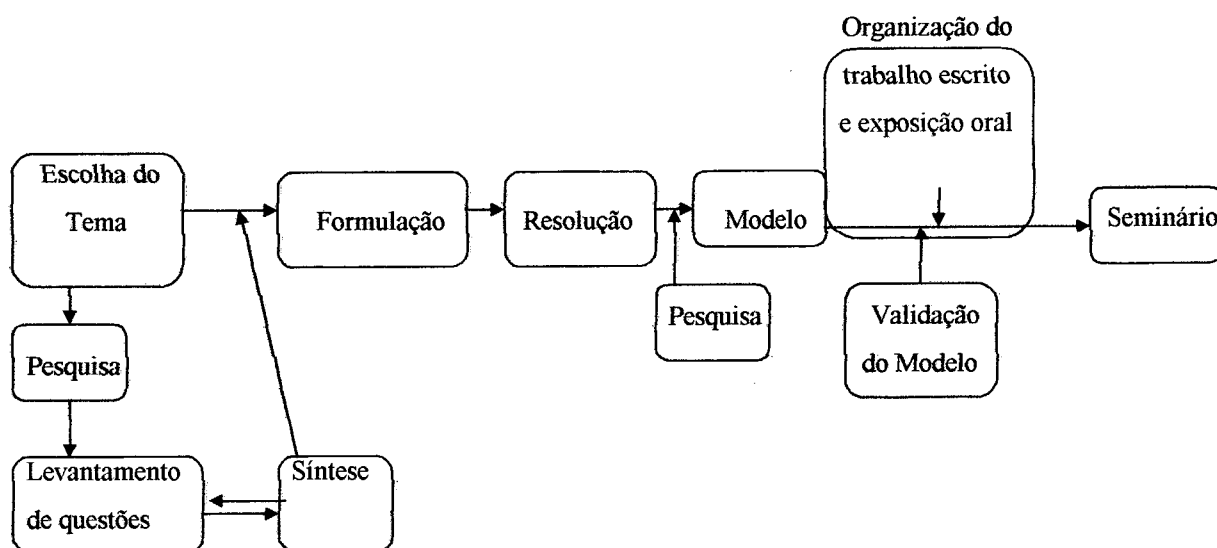


Figura 4.2.: Dinâmica da Modelagem Matemática no ensino superior

A Modelação Matemática foi implementada nas seguintes turmas: Engenharia Civil - Cálculos I, II e III; Engenharia Química: Cálculos II e III, Ciências Econômicas - Cálculo I; Química - Cálculo V e Arquitetura - Cálculo I (duas turmas) e Cálculo II (duas turmas).

Nas disciplinas de Cálculo I e II para as turmas de Engenharia Civil e Química e Ciências Econômicas utilizou-se de um *tema* único, para nortear o desenvolvimento de todo o conteúdo matemático do programa. Para as demais turmas utilizou-se de diversos *temas*.

#### 4.1.2. Relato do Trabalho Experimental - Cálculo I - Engenharia Civil

Apresenta-se, a seguir, o trabalho experimental realizado neste ano de 1997 na disciplina de Cálculo I da Engenharia Civil, constando o Modelo Matemático que serviu de norteador para desenvolver a disciplina.

##### **Disciplina: Cálculo I - Engenharia Civil**

**Período: 2º semestre/97**

**Nº de alunos: 60**

##### 4.1.2.1. Diagnóstico

Para se ter uma noção do grau de conhecimento matemático dessa turma, a autora desta tese elaborou uma lista, contendo exercícios matemáticos, relativamente simples (convencionais de 1º e 2º graus), e aplicou no 1º dia de aula. Nesta lista continha, no cabeçalho, questões como: data de entrada no Curso, número de vezes que cursou a disciplina de Cálculo I e atuação profissional.

Em relação a resolução dos exercícios:

⇒ a maioria dos alunos (75%) acertaram menos de 30%

⇒ e os demais não ultrapassaram os 70% (vide questões no anexo V).

Quanto as questões sobre a situação do aluno no curso e na atuação profissional:

⇒ 85% (calouros de inverno) estavam ingressando na Universidade;

⇒ 15% (veteranos) já haviam reprovado em Cálculo I pelo menos uma vez;

⇒ 30% trabalham;

⇒ 10% trabalham em área afim.

Desta forma, o planejamento das aulas foram baseadas nas seguintes condições:

- formação matemática deficitária;
- 60% somente estudam;
- número elevado de alunos na turma (60); e
- disciplina no período vespertino - horário: 13:30 às 16:30/ 13:30 às 15:30.

#### 4.1.2.2. Desenvolvimento

A partir do diagnóstico, a autora desta tese estabeleceu um objetivo e efetuou um planejamento para desenvolver as aulas de forma a contemplar: a exposição do conteúdo a partir de um modelo matemático; a proposição de exercícios de fixação; a orientação para o trabalho de Modelagem e Avaliação de desempenho dos alunos.

##### a. Objetivo

Promover o conhecimento e habilidade para aplicar o conteúdo matemático desenvolvido e despertar a criatividade na formulação e resolução de problemas aplicados à Engenharia Civil.

##### b. Conteúdo Matemático

Uma das disciplinas do Curso de Engenharia Civil é Saneamento I (ministrada no 7<sup>o</sup> semestre). No ementário de Saneamento I constam os seguintes assuntos: Saúde Pública e Saneamento; Epidemiologia e Saneamento; Poluição hídrica, atmosférica, sonora e do solo; Sistemas simplificados de tratamento de esgotos domésticos e Recursos Híbridos.

Nesse sentido, selecionou-se o primeiro tópico do ementário - Saúde Pública e Saneamento -, em particular **Tratamento de Águas Residuais** para ser o tema gerador da disciplina de Cálculo I.

##### **1<sup>a</sup> etapa: Exposição sobre o tema**

Para que os alunos inteirassem-se do assunto a autora desta tese fez uma breve exposição sobre a *Composição do esgoto*

A concentração das substâncias existentes nos esgotos depende da quantidade de água consumida por habitante em um dia bem como dos hábitos alimentares, da existência ou não de águas pluviais misturadas e de outros fatores. De uma maneira geral, considera-se na Alemanha a contribuição de 200 litros de esgotos por habitante em 24 horas. A composição média de um efluente urbano, que não contenha resíduos industriais (em mg/litro ou  $g/m^3$ ), é a seguinte:

|                                | Minerais   | Orgânicos  | Total      | DBO <sub>5</sub>           |
|--------------------------------|------------|------------|------------|----------------------------|
| Sólidos sedimentáveis.....     | 100        | 150        | 250        | 100                        |
| Sólidos não-sedimentáveis..... | 25         | 50         | 75         | 50                         |
| Substâncias dissolvidas.....   | 375        | 250        | 625        | 150                        |
| <b>Total.....</b>              | <b>500</b> | <b>450</b> | <b>950</b> | <b>300 g/m<sup>3</sup></b> |

De acordo com as condições particulares, o teor de impurezas nos efluentes varia durante as 24 horas do dia assim como também as vazões. Geralmente se verifica a vazão máxima nas proximidades do meio-dia. Nesta ocasião, a carga poluidora também atinge o seu máximo. (IMHOFF, K e IMHOFF, K.R., 1986:24).

## 2ª etapa: Levantamento de questões, seleção e ordem para obtenção de respostas.

Após a exposição do tema, a professora procurou instigar os alunos a levantarem questões. Dentre as questões propostas por alunos e professor, foram selecionadas:

- qual é a vazão diária?
- qual é a quantidade diária de esgoto de uma cidade?
- quais são os processos de tratamentos de esgoto?
- como recuperar os produtos de esgoto?

Para poder responder as questões passaram a analisar, primeiro, a relação entre o tempo  $x$  vazão e tempo  $x$  sólidos sedimentáveis.

Como os autores apresentam como ilustração, somente os gráficos sobre a variação da vazão e sobre o teor de sólidos sedimentáveis dos efluentes, a professora levantou os dados a partir dos gráficos.



### 3ª etapa: Levantamento de dados e formulação

Observando os gráficos, pode-se obter os seguintes dados (aproximados):

Quadro 4.1: Variação da vazão durante 24 horas

| tempo (h) | vazão ( $m^3/h$ ) |
|-----------|-------------------|
| 0         | 208               |
| 2         | 180               |
| 4         | 150               |
| 6         | 180               |
| 8         | 240               |
| 10        | 360               |
| 12        | 500               |
| 14        | 530               |
| 16        | 480               |
| 18        | 350               |
| 20        | 310               |
| 22        | 250               |
| 24        | 208               |

Quadro 4.2: Quantidade média de sólidos sedimentáveis em 24 horas.

| tempo (h) | Sedimentáveis ( $g/m^3$ ) |
|-----------|---------------------------|
| 0         | 3,5                       |
| 2         | 2,5                       |
| 4         | 1,5                       |
| 6         | 2,0                       |
| 8         | 5                         |
| 10        | 9,5                       |
| 12        | 12,2                      |
| 14        | 11                        |
| 16        | 9                         |
| 18        | 7                         |
| 20        | 5                         |
| 22        | 4                         |
| 24        | 3,5                       |

### 4ª etapa: Desenvolvimento do conteúdo matemático e apresentação de exemplos análogos.

Estes dados, acima, permitiram conceituar:

**Função Real: domínio, imagem, gráfico, tipos de função (elementar e transcendente).**

Exemplos análogos e a utilização da Calculadora TI-82 contribuíram para a apreensão do conceito, propiciando um leque maior de sugestões.

Retornando as questões **vazão e sólidos sedimentáveis em relação ao tempo**,

- *quais as leis de formação dessas duas funções?*

Iniciando pela análise da vazão ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) dos efluentes ao longo de 24h.

Considerando que a vazão de um efluente é contínua no período, pode-se determinar uma “lei” que rege esta função. Como dispõe-se apenas de um número finito de pontos será necessário se utilizar de algumas “ferramentas” para passar do processo denominado “discreto para o contínuo”.

Pelo gráfico a função tem uma “aparência” de função polinomial.

Como neste modelo é conhecido apenas um conjunto finito e discreto de pontos de um intervalo e não se dispõe de sua forma analítica, pode-se substituí-la por outra função que seja uma “aproximação da realidade”. Criar uma função que se ajusta a uma “nuvem” de dados significa construir uma expressão matemática que revele as tendências do grupo todo.

**Definição de Interpolação Linear, Quadrática, Polinomial.**

Após apresentar a teoria e exemplos, a professora propôs aos alunos a selecionarem 5 pontos da tabela, conveniente, como:  $P_1, P_3, P_5, P_8$  e  $P_{12}$ , obtendo assim, um sistema linear de ordem 5, cujo resultando numa função polinomial de quarto grau.

$$\begin{cases} ax_1^4 + bx_1^3 + cx_1^2 + dx_1 + e = y_1 \\ ax_5^4 + bx_5^3 + cx_5^2 + dx_5 + e = y_5 \\ ax_9^4 + bx_9^3 + cx_9^2 + dx_9 + e = y_9 \\ ax_{13}^4 + bx_{13}^3 + cx_{13}^2 + dx_{13} + e = y_{13} \\ ax_{17}^4 + bx_{17}^3 + cx_{17}^2 + dx_{17} + e = y_{17} \end{cases}$$

Por exemplo, substituindo as coordenadas dos pontos selecionados, tem-se o seguinte sistema escrito na forma matricial:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 4^4 & 4^3 & 4^2 & 4 & 1 \\ 8^4 & 8^3 & 8^2 & 8 & 1 \\ 14^4 & 14^3 & 14^2 & 14 & 1 \\ 24^4 & 24^3 & 24^2 & 24 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 208 \\ 150 \\ 3495 \\ 530 \\ 208 \end{bmatrix}$$

Uma vez formulado o problema, passaram-se à resolução:

$$a = 0.151; b = -8.234; c = 150.318; d = -454.203; e = 418.969,$$

o que resultou na função polinomial de quarto grau:

$$m(t) = 0.151t^4 - 8.234t^3 + 150.318t^2 - 454.203t + 418.969$$

Neste exemplo, os alunos foram orientados a resolverem o sistema utilizando-se de uma calculadora gráfica.

Como num primeiro momento os dados foram aproximados para uma função polinomial de quarto grau, sugeriu-se, neste caso, que se fizesse outras interpolações e respectivos cálculos do coeficiente de correlação, para encontrar, efetivamente o Modelo que melhor aplica-se a esta situação.

Uma vez que ao fazer uma aproximação comete-se um ERRO, em maior ou menor grau introduziu:

**Erros: de arredondamento e de truncamento.**

Uma vez que neste modelo dispõe-se de 12 pontos, mostrou-se a conveniência em procurar por uma expressão matemática que “revelasse” as tendências do grupo todo.

Para a sua obtenção, necessita-se recorrer a técnica dos mínimos quadrados, a saber:

$$\text{Min}Q = \sum_{i=0}^n (y_i - Y_i)^2,$$

onde os valores de  $y_i$ , são os dados reais e  $Y_i$  são dados estimados.

$$\text{Neste caso pode-se reescrever: } \text{Min}Q(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=0}^n (y_i - Y_i)^2.$$

Não foi feita uma demonstração desse método e nem mesmo o uso de fórmulas - utilizou-se, apenas, da calculadora gráfica.

Usando a calculadora gráfica os alunos puderam efetuar diversos ajustes (uma reta, uma parábola, uma curva cúbica, uma curva exponencial, uma curva logarítmica etc.), optando-se no final por aquele que fornecer o melhor coeficiente de correlação.

## 5ª etapa: Resolução

### 1ª Resolução Parcial

Respondida, parcialmente, as duas questões deu-se continuidade ao desenvolvimento do conteúdo matemático do programa.

Pelo gráfico, pode-se verificar que a **taxa de vazão e a quantidade de sólidos sedimentáveis variam ao longo do período.**

Por exemplo, a vazão e a quantidade de sólidos sedimentáveis aumentam, significativamente, entre 6 e 14 horas, reduzindo entre 14 a 4 horas (do dia seguinte). Ou seja, a taxa de vazão e a quantidade de sólidos sedimentáveis dependem do tempo  $t$ .

Considerando que a vazão e a entrada desses sólidos são contínuas passou-se a determinar, inicialmente, a lei de formação destas funções.

O “ajuste” polinomial de grau 4 forneceu, num primeiro momento uma boa aproximação, para ambas funções:

$$(a) \quad V(t) = 0,0251 t^4 - 1,3763 t^3 + 22,5958 t^2 - 98,4173 t + 241,2295$$

onde,  $V(t)$  é a taxa de vazão em cada instante.

$$(b) \quad S(t) = 8,8098^{(10)^{-4}} t^4 - 0,0457^5 t^3 + 0,7134^6 t^2 - 2,97721 t + 4,30827$$

onde  $S(t)$  é a taxa de sólidos sedimentáveis em cada instante.

As funções encontradas permitiram, fazer uma análise sobre a **tendência** da vazão ou dos sólidos sedimentáveis em determinado tempo. Por exemplo:

- *qual a vazão e respectiva quantidade de sólidos sedimentáveis, quando se aproxima do meio-dia?*

$$\lim_{t \rightarrow 2} (8,8098^{(10)^{-4}} t^4 - 0,0457^5 t^3 + 0,7134^6 t^2 - 2,9772t + 4,30827) \cong 10,532$$

O que significa, que a quantidade de sólidos sedimentáveis próximo do meio-dia é em torno de  $10,532 \text{ g/m}^3$ .

**Definição e propriedades de Limite e Continuidade**

A taxa de vazão hora a hora pode ser determinada pelo cálculo da média, por exemplo: média diurna

$$M_D = \frac{350 - 240}{18 - 8} = \frac{110}{10} = 11 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Por outro lado, a taxa varia ao longo do dia a cada instante, então:

*qual a taxa de vazão a cada instante?*

Esta “passagem” da taxa média para a taxa instantânea leva ao conceito de limite.

$$\text{Taxa instantânea} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Estendendo o conceito de média (taxa) instantânea sobre funções, tem-se, por definição, a **Derivada**.

$$\frac{dV}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V(t + \Delta t) - V(t)}{\Delta t}$$

**Definição e Propriedades de Derivada**

Derivando as funções que regem as situações propostas tem-se:

(a)  $V'(t) = 0,1004t^3 - 4,1289t^2 + 451916t - 98,4173$

(b)  $S'(t) = 0,00352t^3 - 0,13725t^2 + 1,42692t - 2,9772$

Assim, as taxas de vazão e de sólidos sedimentáveis podem ser calculadas período a período. Pelo gráfico apresentado por IMHOFF, por exemplo, a máxima vazão ocorre entre 12 e 14 horas.

## 2ª Resolução Parcial da Questão

Primeiramente, foram feitos ajustes polinomiais. Embora tenham apresentados bons resultados, o gráfico, aparentemente, sugere uma função periódica.

Nesse sentido, apresentou-se como fazer outros tipos de regressão, em particular, uma regressão trigonométrica.

### Regressão Trigonométrica

$$Y = a_0 + a_1 \operatorname{sen}\left(\frac{t}{24} 2\pi\right) + b_1 \operatorname{cos}\left(\frac{t}{24} 2\pi\right) + \dots + a_4 \operatorname{sen}\left(\frac{t}{24} 4.2\pi\right) + b_4 \operatorname{cos}\left(\frac{t}{24} 4.2\pi\right)$$

Denominando :

$$X_{1i} = \operatorname{sen}\left(\frac{t}{24} 2\pi\right); X_{2i} = \operatorname{cos}\left(\frac{t}{24} 2\pi\right); \dots; X_{8i} = \operatorname{cos}\left(\frac{t}{24} 4.2\pi\right)$$

Obtém-se nova expressão:  $\operatorname{Min} Q = \sum_{i=1}^{13} (y - a_0 - a_1 X_{1i} - a_2 X_{2i} - \dots - a_8 X_{8i})^2$

Assim torna-se imperativo o cálculos das derivadas parciais desta função  $Q$ , a ser minimizada, em relação a todos os seus coeficientes:  $a_0, a_1, b_1, \dots, b_8$ .

$$\frac{\partial Q}{\partial a_i} = 0, \text{ com } i=1, \dots, 8$$

Neste modelo o número de dados é igual a 13, ou seja,  $n=13$ . Construindo o sistema linear da situação tem-se:

$$\begin{bmatrix} 13 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 7 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 7 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 7 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 7 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -76,7 \\ -21,94038 \\ -0,43301 \\ 13,95 \\ 3 \\ 2,3 \\ -1,29904 \\ 3,95 \\ -12,49519 \end{bmatrix}$$

Resolvendo o sistema linear, obtém-se o valor de cada coeficiente:

$$a_0 = 6,10111; a_1 = -2,08253; a_2 = -4,23784; a_3 = -0,07217; a_4 = 1,74389$$

$$a_5 = 0,5; a_6 = -0,19777; a_7 = -0,21651; a_8 = 0,07723$$

A função obtida pode ser escrita na forma:

$$Y = 6,10111 - 2,08252X_1 - 4,23783X_2 - 0,07217X_3 + 1,74389X_4 + 0,5X_5 - 0,19777X_6 - 0,21651X_7 + 0,07723X_8$$

Lembrando a substituição inicial, tem-se:

$$\begin{aligned} Y = & 6,10111 - 2,08252\operatorname{sen}\left(\frac{t}{24}2\pi\right) - 4,23783\operatorname{cos}\left(\frac{t}{24}2\pi\right) - 0,07217\operatorname{sen}\left(\frac{t}{24}2.2\pi\right) \\ & + 1,74389\operatorname{cos}\left(\frac{t}{24}2.2\pi\right) + 0,5\operatorname{sen}\left(\frac{t}{24}3.2\pi\right) - 0,19777\operatorname{cos}\left(\frac{t}{24}3.2\pi\right) - 0,21651\operatorname{sen}\left(\frac{t}{24}4.2\pi\right) + \\ & 0,07723\operatorname{cos}\left(\frac{t}{24}4.2\pi\right). \end{aligned}$$

**Obs<sub>3</sub>:** A função acima apresenta um coeficiente de correlação de 98%. Isso mostra que aumentando o número de fatores harmônicos melhoram os resultados. Pelo que se objetiva - apresentar Integral é suficiente. Apresenta, também, o “comportamento” da quantidade de sólidos sedimentáveis que entra em cada momento mas

- qual é a quantidade diária de sólidos sedimentáveis?

Considerando que, a cada instante, entra uma quantidade de sólidos sedimentáveis, para saber a quantidade acumulada ao longo de 24 horas é necessário **somar** todas as quantidades.

Nesse momento foi apresentado:

**Conceito, propriedades e algumas técnicas de Integral**

### 6ª Etapa: Modelo Matemático

Após os alunos terem incorporado os conceitos matemáticos propostos retornou-se a função determinada, integrando-a para obter a resposta a questão.

A integral da região é dada por:

$$\int_0^{24} Y dt = \int_0^{24} (6,10111 - 2,08252 \operatorname{sen}\left(\frac{t}{24} 2\pi\right) - 4,23783 \cos\left(\frac{t}{24} 2\pi\right) - 0,07217 \operatorname{sen}\left(\frac{t}{24} 2.2\pi\right) + 1,74389 \cos\left(\frac{t}{24} 2.2\pi\right) + 0,21651 \operatorname{sen}\left(\frac{t}{24} 4.2\pi\right) - 0,07723 \cos\left(\frac{t}{24} 4.2\pi\right)) dt =$$

Este modelo pode ser adaptado aos dados de qualquer cidade.

#### c. Fixação do Conteúdo Programático

A cada tópico do programa foi proposto exercícios (convencionais e aplicados, para auxiliar na apreensão dos conceitos. Além disso, durante o período letivo, foram preparadas 4 listas para serem resolvidas durante a aula ( 1 lista para cada 2 h), valendo como avaliação.

#### d. Modelagem Matemática

Para o trabalho de Modelagem foi determinado 15h/a, subdivididas em 5 reuniões, em sala, para que a autora desta tese pudesse orientar na elaboração.



Na 1ª reunião os alunos reuniram-se em grupo ( de três ou quatro alunos) formando um total de 20 grupos.

Os *temas* escolhidos na designação dos alunos foram: Impermeabilização; Cloração; Fundações; Avaliação das Cargas nas Lajes de Edifícios; Planejamento Urbano; Estrutura Metálica; Resistência dos Cimentos; Estudos dos Solos; Bitola das Estradas de Ferro; Tensão de Cisalhamento; Alvenaria Estrutural; Uso de aditivo no Concreto; Porosidade; Abastecimento de água; Estacas metálicas e madeira; Fossas sépticas; Materiais Cerâmicos; Corrosão; Plásticos; Resistência do Aço.

Cada um dos *temas* pertence a uma área da Engenharia Civil.

Foi determinado uma semana para os alunos elaborarem uma síntese sobre o tema/assunto e dez questões.

Esta síntese permitiu a autora desta tese inteirar-se do assunto e selecionar como sugestão, cerca de 3 questões para cada grupo. As questões sugeridas permitiram aplicar todo programa alternativo - MATEMÁTICA I. (Vide tópico 4.1.2.3, abaixo).

Desta forma, no 2º encontro, sob orientação, os alunos aplicaram Função, Interpolação e o Método dos Mínimos Quadrados, utilizando-se também de uma calculadora gráfica.

Nas 3ª e 4ª reuniões, para fazerem uma análise da questão modelada e posterior, validação utilizaram-se do Limite, Derivada, Diferencial e Antiderivação (em alguns casos).

Na 5ª reunião ocorreu o Seminário e devida entrega dos trabalhos escritos (vide anexo a parte: “Modelagem Matemática” - Matemática I da Engenharia Civil - . Os alunos utilizaram os mais diversos dispositivos para ilustrar a apresentação (material, experimentos, slides, etc.).

#### 4.1.3. Alternativo Aplicado

Nos cursos de Engenharia da FURB, conforme citado no capítulo anterior, as disciplinas de matemática fazem parte dos quatro primeiros semestres do Curso.

Baseada na pesquisa realizada junto aos professores (das disciplinas básicas e específicas) do Curso e na bibliografia disponível, a autora desta tese fez uma reformulação no Currículo de Matemática da Engenharia.

Dentre a Proposta, apresenta-se um programa alternativo para o primeiro semestre - MATEMÁTICA I, com uma carga horária de 90 horas/aula, conforme quadro abaixo.

Quadro 4.3.: Programa Alternativo I

| MATEMÁTICA I:  | carga horária |
|--|---------------|
| 1) N <sup>os</sup> Reais e Funções (Domínio/imagem, gráfico) | 15            |
| 2) Interpolação Linear e Quadrática                          | 15            |
| 3) Erros (generalidades, arredondamento e truncamento)       | 5             |
| 4) Método dos Mínimos Quadrados (através de máquina)         | 5             |
| 5) Limite e Continuidade                                     | 10            |
| 6) Derivada e Aplicações                                     | 25            |
| 7) Diferenciação e Antidiferenciação                         | 15            |
| Total  | 90h/a         |

Este programa alternativo - MATEMÁTICA I, basicamente, trata-se de uma reformulação da atual disciplina de Cálculo Diferencial Integral I, com a mudança de ênfase nos diversos tópicos que compõem a atual ementa e a inserção de alguns tópicos do Cálculo Numérico (Interpolação Polinomial, Erro, Coeficiente de Correlação, Método dos Mínimos Quadrados) da Álgebra I (Matrizes, Determinantes e Sistemas Lineares) e do Cálculo II (Antiderivada).

Uma das justificativas para estas alterações encontram-se na elaboração de Modelos Matemáticos - base da engenharia. Isso porque, para elaborar um Modelo Matemático, em geral dispõe-se de dados “discretos”. E passar dados “discretos” para contínuo exige-se “ferramentas” Matemáticas, que encontram-se no Cálculo Numérico.

Outra coisa, considerando que nesta etapa se faz a “passagem” de uma ‘função original’ para uma ‘função derivada’, efetuar o processo inverso - Antiderivada (função derivada para função original), durante o processo, contribui para uma melhor compreensão do aluno. No currículo atual, a Antiderivada faz parte de outra disciplina - Cálculo II, no semestre seguinte, fazendo com que o aluno, muitas vezes, considere como um conteúdo à parte.

Este programa - MATEMÁTICA I foi aplicado na disciplina de Cálculo I do Curso de Engenharia Civil.

#### 4.1.3.1. Aplicação do Programa alternativo - MATEMÁTICA I

##### a. Objetivo

Propiciar ao aluno da Engenharia Civil uma fundamentação matemática necessária e suficiente para uma aplicação durante e posterior ao Curso.

## b. Desenvolvimento do Programa

Uma vez que a disciplina de Cálculo I tem uma carga horária de 75 horas/aula, e na Proposta constam 90 horas/aula foi necessário fazer uma adaptação.

### b.1. Sequência aplicada *versus* tempo dispensado para o Ensino

#### b.1.1. Número Real e Função

- Tempo Dispensado: 10 horas/aula;
- Conteúdo: Conceito e Definição de função e funções elementares.

Obs<sub>1</sub>: A partir desta introdução, os alunos passaram a fazer uso da Calculadora Gráfica ( TI - 82), equipamento do Departamento de Matemática - FURB.

#### b.1.2. Interpolação Polinomial

- Tempo Dispensado: 10 h/a;
- Conteúdo: Conceito, Definição de Interpolação, Matrizes, Determinantes e Sistemas Lineares.

#### b.1.3. Erro

- Tempo Dispensado: 2 h/a;
- Conteúdo: Erros de Arredondamento e Truncamento

#### b.1.4. Método dos Mínimos Quadrados

- Tempo Dispensado: 3 h/a;

Obs<sub>3</sub>: Na demonstração deste método utiliza-se de Derivada Parcial. Como nesta fase do Curso este conteúdo, em geral, é desconhecido pelos alunos, foi feito apenas uma breve exposição e então utilizada a Calculadora Gráfica, uma vez que esta permite ajustar Funções Polinomiais (de 1<sup>o</sup> a 4<sup>o</sup> Grau), Exponencial, Logarítmica e Racional.

#### b.1.5. Limite e Continuidade

- Tempo Dispensado: 5 h/a;
- Conteúdo: Conceito e propriedades de Limite e Continuidade, cálculos de Limite.

#### b.1.6. Derivada

- Tempo Dispensado: 15 h/a;
- Conteúdo: Conceito e interpretação geométrica da Derivada; demonstração das Derivadas das Funções Elementares e Transcendentes e Aplicações da Derivada.

#### b.1.7. Diferencial e Antiderivada

- Tempo Dispensado: 10h/a;
- Conteúdo: Conceito e Propriedades, Diferencial e Acréscimo e Antiderivada.

#### b.2. Distribuição das Aulas

O número de horas/aulas dispensada que consta em cada tópico, acima citado, foi unicamente para o desenvolvimento do conteúdo matemático, que implica na exposição do tema/assunto norteador (modelo Matemático), na apresentação do conteúdo matemático e na resolução de alguns exercícios, como exemplo. O que fez um total de 50 horas/aulas.

As demais 25 horas restantes, foram assim distribuídas:

- 6 h/a - para resolução de exercícios, em sala e durante a aula (3 listas de exercícios, com 2 h/a de duração, cada uma, durante o semestre letivo);
- 4 h/a para uma avaliação escrita ( 2 avaliações no semestre, com 2 h/a de duração cada uma); e

- 15 h/a para a Modelagem Matemática (5 reuniões de 3h/a cada uma, durante o semestre).

Uma síntese das horas dispensadas para o desenvolvimento do conteúdo e atividades está no quadro abaixo:

Quadro 4.4: Tempo dispensado para conteúdo e atividades

| Conteúdos        | Atividades | Nº de horas/aula |
|------------------|------------|------------------|
| Nº Real e Função |            | 10               |
|                  | Exercícios | 2                |
|                  | Modelagem  | 3                |
| Interpolação     |            | 10               |
| Erro             |            | 2                |
| Método           |            | 3                |
|                  | Modelagem  | 3                |
| Limite           |            | 5                |
|                  | Exercícios | 2                |
|                  | Avaliação  | 2                |
| Derivada         |            | 5                |
|                  | Modelagem  | 3                |
| Derivada         |            | 10               |
|                  | Exercícios | 2                |
|                  | Modelagem  | 3                |
| Anti-Derivada    |            | 10               |
|                  | Modelagem  | 3                |
|                  | Avaliação  | 2                |
| Total            |            | 75h/a            |

#### 4.1.4. Relato dos dez Trabalhos Experimentais no período: 1990 - 1993

Será apresentada, abaixo, uma breve descrição dos dez trabalhos experimentais implementados entre os anos de 1990 a 1993.

Nesta descrição constam considerações por parte da autora desta tese sobre cada turma - *Pontos Pessoais de Registro* -; o conteúdo matemático desenvolvido; o resultado da avaliação de

desempenho dos alunos e o resultado das entrevistas cedidas por parte dos alunos, através de questionário.

Vale salientar que o questionário foi entregue a todos os alunos presentes no dia da última prova escrita do semestre. À medida que entregavam a prova recebiam o questionário. Para que a entrevista não fosse “tendenciosa” os alunos foram informados sobre a não obrigatoriedade de constarem os nomes nas fichas bem como da entrega da ficha. Portanto, nem todos os alunos retornaram o questionário preenchido.

O quadro, abaixo, sintetiza o número de alunos de cada turma que participou dos trabalhos, experimentais e devidos resultados quanto ao número de aprovados e respondentes do questionário proposto para verificar o ponto de vista do aluno sobre o desenvolvimento da disciplina.

Quadro 4.5: Disposição dos Trabalhos experimentais

| Período Letivo | Disciplina     | Curso        | Alunos       |                |                                  |
|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------------------------|
|                |                |              | Matriculados | Aprovados<br>% | Respondentes ao<br>Questionário% |
| 1º sem/90      | Cálculo II     | E. Química   | 37           | 70,3           | 32,4                             |
| 1º sem/90      | Cálculo II     | E.Civil      | 27           | 85,7           | 59,3                             |
| 1º sem/90      | Cálculo I      | C.Econômicas | 35           | 91,4           | 57,1                             |
| 2º sem/90      | Cálculo III    | E. Química   | 24           | 76             | 41,7                             |
| 2º sem/90      | Cálculo III    | E. Civil     | 29           | 79,3           | 34,5                             |
| 1º sem/91      | Cálculo III    | E. Química   | 16           | 100            | 62,5                             |
| 1º sem/92      | Matemática I   | Arquitetura  | 48           | 91,7           | 52,1                             |
| 2º sem/92      | Matemática II  | Arquitetura  | 32           | 87,5           | 31,3                             |
| 2º sem/92      | Matemática II  | Arquitetura  | 27           | 88,9           | 18,5                             |
| 1º sem/93      | Matemática I   | Arquitetura  | 48           | 95,8           | 72,9                             |
|                | 10 disciplinas |              | 323          | 89,7%          | 47,3                             |

### 1º) Curso de Engenharia Química

**Disciplina: Cálculo Diferencial Integral II**

**Período: 1º sem/90 (vespertino)**

**Nº de alunos: 37**

**Tema: “Tratamento de Águas Residuais”**

a. Pontos pessoais de registro

Essa turma foi a que ofereceu maior resistência, conseqüentemente, baixo grau de interesse, de participação e de assiduidade. Um dos motivos foi o clima, (altas temperaturas) nos dois primeiros meses, uma vez que a disciplina era ministrada nas três/duas primeiras aulas do período vespertino. Os trabalhos realizados pela maioria dos grupos, foram de bom nível. Dentre os *temas* abordados pelos alunos, destacam-se: “Caldeira”, “Como fazer detergente”.

b. Conteúdo Programático

- Integral: indefinida e definida
- Equações Diferenciais Ordinárias de 1ª e 2ª ordens
- Foi inserido: Ajuste de Curvas; e excluído: algumas técnicas de Integração

c. Resultado da avaliação de desempenho dos alunos

- total de alunos: 37
- nº de alunos aprovados: 26  $\Rightarrow$  70,3 %
- nº de alunos reprovados: 11  $\Rightarrow$  29,7 %
- média dos aprovados = 7,73

Quadro 4.6.1. Nota Média dos aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i$ (%)   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 5           | 19,2         |
| 6 - 7  | 2           | 7,7          |
| 7 - 8  | 6           | 23,1         |
| 8 - 9  | 8           | 30,8         |
| 9 - 10 | 5           | 19,2         |
|        | $\Sigma$ 26 | $\Sigma$ 100 |

d. Ponto de vista dos alunos

Dos 37 questionários entregues, apenas 12 responderam. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade:*
  - aprender : poucos tópicos (6) em quase todos (1) ;
  - fazer exercícios: em poucos ( 1); a metade (5); quase todos (1);  
motivos: falta de tempo para estudar (3) , por ser difícil (4);
  - fazer o trabalho - (10) - motivos: falta de tempo para pesquisa (6),  
obter dados (2).
- *conteúdo não apreendido:*

- algumas técnicas de integração ( 5)
- tudo (1)
- *para aprender o conteúdo:*
  - aula mais reforço com monitoria/colegas - (4),
  - aula mais reforço, através da bibliografia - (8);
- *validade do trabalho*
  - os 12 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos - apontaram o fato de tomar ciência de um tópico da Engenharia.

## **2º) Curso de Engenharia Civil**

**Disciplina: Cálculo Diferencial II**

**Período: 1º sem/90 (vespertino)**

**Nº de alunos: 27**

**Tema: “Tratamento de Águas Residuais”**

### **a. Pontos pessoais de registro**

Ao contrário da turma da Engenharia Química, essa turma, desde a primeira aula não demonstrou qualquer resistência. Apresentando-se (apesar da questão climática até final de abril) muito atentos e empenhados em todas as atividades.

Apesar da assiduidade e empenho apenas dois grupos realizaram um trabalho de bom nível. Os demais ficaram abaixo da média. Dentre os *temas* abordados, destacam-se: “Casa Popular”; “Conforto Ambiental para as Salas de Aula” e “Produção de Gelos”.

### **b. Conteúdo matemático desenvolvido**

- o mesmo proposto na Engenharia Química

### **c. Resultado da avaliação do desempenho dos alunos**

- total de alunos: 28
- alunos aprovados: 24  $\Rightarrow$  85,7 %
- alunos reprovados: 4  $\Rightarrow$  14,3 %
- nota média dos aprovados: 7,17



Quadro 4.6.2. Nota média dos Aprovados

| Nota   | $f_i$       | $fr_i$       |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 6           | 25           |
| 6 - 7  | 3           | 12,5         |
| 7 - 8  | 9           | 37,5         |
| 8 - 9  | 5           | 20,8         |
| 9 - 10 | 1           | 4,2          |
|        | $\Sigma$ 24 | $\Sigma$ 100 |

## d. Ponto de vista dos alunos

Apenas 16 questionários foram entregues. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade:*
  - aprender - quase todos (1); metade dos tópicos (3); poucos (6);
    - fazer exercícios - poucos (5); quase todos (5) - motivos: falta de tempo para estudar (5) , por ser difícil (2);
    - fazer o trabalho - (10) - motivos: falta de tempo para pesquisa (5), obter dados (4);
- *conteúdo não apreendido:*
  - algumas técnicas de integração (3)
- *para aprender o conteúdo:*
  - aula mais reforço com monitoria/colegas - (6),
  - aula mais reforço, através da bibliografia - (9);
  - aula (1)
- *validade do trabalho*
  - os 16 responderam sim - aprofundaram seus conhecimentos - apontaram o fato de tomar ciência de um tópico da Engenharia.

**3º) Curso de Ciências Econômicas**

**Disciplina: Cálculo Diferencial Integral I**

**Período: Noturno**

**Nº de alunos: 35**

**Tema: "Avicultura"**

No Curso de Ciências Econômicas as disciplinas de Matemática recebem a denominação de Análise Matemática I e II. A carga horária de cada disciplina é de 60 h/a. As ementas, porém,

tratam do Cálculo I e Cálculo II ou seja, Função, Limite, Derivada e Integral. O que difere são a ênfase dada nos tópicos.

a. Pontos pessoais de registro

Os alunos do curso noturno, em geral, são aplicados, assíduos e se empenham muito no período de aula.

Todos os trabalhos foram de bom nível. Dentre os temas abordados; “Ocorrências no Pronto Socorro”; “O Custo do Serviço Bancário”; “O serviço do Corpo de Bombeiros: ocorrência x custo” e “Expansão de Linha Telefônica”.

No seminário ocorrido no final do semestre, cada grupo utilizou-se de dispositivos para apresentação (vídeo, slides, painéis, com dados estatísticos, computadores) que fizeram aumentar o interesse e participação dos demais alunos da classe, colaborando, assim, com um estado motivacional positivo entre os alunos, em geral, e da professora, em particular.

b. Conteúdo matemático desenvolvido

- Função, Limite e Derivada
- Inclusão: Sistemas Lineares, Ajustes de Curvas (utilizando-se apenas de fórmulas).

c. Resultado da avaliação de desempenho dos alunos

- total de alunos: 35
- nº de alunos aprovados: 32  $\Rightarrow$  91,4 %
- nº de alunos reprovados: 3  $\Rightarrow$  8,6 %
- média dos aprovados: 7,97

Quadro 4.6.3.: Nota média dos aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i$ (%)   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 3           | 9,4          |
| 6 - 7  | 1           | 3,1          |
| 7 - 8  | 11          | 34,4         |
| 8 - 9  | 12          | 37,5         |
| 9 - 10 | 5           | 15,6         |
|        | $\Sigma$ 32 | $\Sigma$ 100 |

d. Ponto de vista dos alunos

Vinte alunos responderam o questionário. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade:*
  - aprender - quase todo (1); metade (6); poucos (5); algum dos tópicos (12);
    - fazer exercícios - quase todo (1); metade (6); poucos (5) - motivo: falta de tempo para estudar;
    - fazer o trabalho - (15) - motivos: falta de tempo para pesquisa (13), obter dados (2);
- *conteúdo não apreendido:*
  - técnicas de derivação ( 8)
- *para aprender o conteúdo:*
  - aula (3)
  - aula mais reforço com monitoria/colegas - (4),
  - aula mais reforço, através da bibliografia - (13);
- *validade do trabalho*

20 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos e 3, apontaram que os trabalhos dos colegas também ampliaram seus conhecimentos;

⇒ Neste segundo semestre de 1990 optou-se por implementar a Modelação apenas nas disciplinas de Cálculo III, dos Cursos de Engenharia Química e Civil, uma vez que, essas turmas eram as mesmas de Cálculo II. Neste caso, poder-se-ia dar continuidade a proposta.

Na FURB, não há exigências quanto a pré-requisito, bem como, em cursar as disciplinas básicas oferecidas para seu Curso. Assim, alguns alunos, mesmo reprovados em uma certa disciplina, matriculam-se na precedente e as vezes com outras turmas de outros Cursos. Isto justifica a diferença do número de alunos nas turmas de Cálculo III.

#### **4<sup>o</sup>) Curso: Engenharia Química**

**Disciplina: Cálculo Diferencial Integral III**

**Período: 2<sup>o</sup> sem/90 (vespertino)**

**N<sup>o</sup> total de alunos: 24**

##### **a. Pontos pessoais de registro**

Foram utilizados três Modelos para desenvolver o conteúdo programático.

Embora houvesse pouca participação o empenho nas atividades propostas e a assiduidade eram significativos.

A maioria dos trabalhos era de boa qualidade. Um dos grupos, por exemplo, apresentou o trabalho em uma Feira de Matemática realizada na Universidade recebendo o primeiro lugar.

b. Conteúdo matemático desenvolvido

- Função de Várias Variáveis
- Derivadas Parciais e Diferenciais
- Integral Múltipla
- Análise Vetorial

Não houve inserção ou exclusão de qualquer conteúdo matemático.

c. Resultado da avaliação de desempenho dos alunos.

- total de alunos: 25
- nº de alunos aprovados: 19  $\Rightarrow$  76 %
- nº de alunos Reprovados: 6  $\Rightarrow$  24 %
- nota média dos aprovados: 7,08

Quadro 4.6.4.: Nota Média dos Aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i$ (%)   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 6           | 31,6         |
| 6 - 7  | 1           | 5,3          |
| 7 - 8  | 8           | 42,1         |
| 8 - 9  | 3           | 15,8         |
| 9 - 10 | 1           | 5,2          |
|        | $\Sigma$ 19 | $\Sigma$ 100 |

d. Ponto de vista dos Alunos

Doze alunos responderam os questionários. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade*:
  - aprender - metade dos tópicos (2); em poucos (5) e em todos (2) ;
    - fazer exercícios - metade (4); poucos (3) - motivos: falta de tempo para estudar (3) , por ser difícil (4);
    - fazer o trabalho - (12) - motivos: falta de tempo para pesquisa (6), obter dados (2), não justificaram (4) ;
- *conteúdo não apreendido*:

- pouco (8), um dos tópicos: (representação gráfica no  $\mathbb{R}^3$  ( 5); integral curvilínea (2); teorema: de Stoke (3) e de Gauss (5)).

- tudo (1)

- *para aprender o conteúdo:*

- aula mais reforço com monitoria/colegas - (4),

- aula mais reforço, através da bibliografia - (8);

- *validade do trabalho*

- os 12 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos - apontaram o fato de tomar ciência de um tópico da Engenharia.

## 5º ) Curso de Engenharia Civil

**Disciplina: Cálculo Diferencial Integral III**

**Período: 2º sem/90, Vespertino**

**nº de Alunos: 29**

### a. Pontos pessoais de registro

Foram utilizados três Modelos para desenvolver o conteúdo programático.

A participação e o interesse dos alunos eram bons, porém, o desempenho, em particular, nos trabalhos, continuava regular.

### b. Conteúdo matemático desenvolvido

O mesmo da turma de Engenharia Química

Não houve inserção ou exclusão de qualquer conteúdo matemático.

### c. Resultado de desempenho dos alunos

- nº total de Alunos: 29

- nº de alunos Aprovados: 23  $\Rightarrow$  79,3 %

- nº de alunos Reprovados: 6  $\Rightarrow$  20,7 %

- Média de rendimento da turma: 6,97

Quadro 4.6.5.: Nota Média dos Aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i$ (%)   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 5           | 21,7         |
| 6 - 7  | 2           | 34,8         |
| 7 - 8  | 8           | 26,1         |
| 8 - 9  | 6           | 8,7          |
| 9 - 10 | 2           | 8,7          |
|        | $\Sigma$ 23 | $\Sigma$ 100 |

## d. Ponto de vista dos alunos

Apenas 10 alunos entregaram os questionários. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade:*
  - aprender - quase tudo (2); poucos tópicos (8);
  - fazer exercícios -(6) quase tudo (2); poucos (4) - motivos: falta de tempo para estudar (2) , por ser difícil (4);
    - fazer o trabalho - (10) - motivos: falta de tempo para pesquisa (6), obter dados (4).
- *conteúdo não apreendido:*
  - Representação gráfica no  $R^3$  (3); Teorema: de Stoke e de Gauss (4)
  - quase tudo (1)
- *para aprender o conteúdo:*
  - aula mais reforço com monitoria/colegas - (6),
  - aula mais reforço, através da bibliografia - (4);
- *validade do trabalho*
  - os 88 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos - apontaram a aproximação com a Engenharia Civil: 2 responderam “não”, sem justificativa.

⇒ Neste primeiro semestre de 1991, a Modelação só foi implementada na disciplina de Cálculo V, do Curso de Química. No Curso de Química, o Cálculo V, aborda parte do conteúdo que consta no Cálculo III e parte do Cálculo IV.

**6º Curso: Química**

**Disciplina: Cálculo Diferencial Integral V**

**Período: 1º sem/91 - Noturno**

**Nº de alunos: 16**

a. Pontos pessoais de registro

Foram utilizados dois temas geradores - Modelos para inserir o Cálculo no  $\mathbb{R}^3$  e para séries, respectivamente.

Alunos do curso noturno, em geral, já trabalham em área afim, o que facilita a compreensão e estimula a realização dos trabalhos.

Nesse sentido, a participação e interesse dos alunos, pelas aulas e o desempenho nos trabalhos propostos foram bons.

b. Conteúdo matemático desenvolvido

- Funções de Várias Variáveis
- Derivadas Parciais
- Integrais Múltiplas
- Séries

Não houve inserção e exclusão de conteúdo matemático.

c. Resultado da avaliação de desempenho dos alunos.

- total de alunos: 16
- nº de alunos aprovados: 16  $\Rightarrow$  100 %
- nº de alunos reprovados: 0  $\Rightarrow$  0
- média de rendimento dos aprovados: 7,93

Quadro 4.6.6: Nota Média dos Aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i$ (%)    |
|--------|-------------|---------------|
| 5 - 6  | 1           | 6,3           |
| 6 - 7  | 2           | 12,5          |
| 7 - 8  | 4           | 25            |
| 8 - 9  | 7           | 43,7          |
| 9 - 10 | 2           | 12,5          |
|        | $\Sigma$ 16 | $\Sigma$ 100% |

d. Ponto de vista dos alunos

Dez questionários foram entregues .As respostas obtidas foram:

- *dificuldade:*
  - aprender - poucos tópicos (4)
  - fazer exercícios - metade (1); poucos (3); - motivo: falta de tempo para estudar (4);

- fazer o trabalho - (10) - motivo: falta de tempo para pesquisa (10),
- *conteúdo não apreendido:*
  - alguns critérios de convergência de séries ( 2)
- *para aprender o conteúdo:*
  - aula mais reforço com monitoria/colegas - (2),
  - aula mais reforço, através da bibliografia - (8);
- *validade do trabalho*
  - os 10 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos .

⇒ O Curso de Arquitetura da FURB foi implantado no primeiro semestre de 1992.

Durante a elaboração do projeto, para a devida implantação, a autora desta tese foi quem organizou o ementário para as disciplinas de Matemática do Curso. Para isso dedicou-se por um trimestre à pesquisa sobre quais conteúdos matemáticos viriam servir de instrumentos para o futuro arquiteto.

Os resultados desta pesquisa, não apenas norteou a elaboração da ementa como também, serviram de subsídios para elaborar um material de apoio didático - “Matemática para a Arquitetura”. Este material, é composto de uma série de Modelos Matemáticos, onde cada um deles permite desenvolver cada tópico da ementa.

Assim, as disciplinas do Curso receberam o nome de Matemática I e Matemática II, onde tópicos de Geometria (plana, espacial, analítica), de Álgebra Linear e de Cálculo Diferencial Integral estão distribuídos nas respectivas disciplinas.

Desta forma, a autora desta tese, foi docente de três turmas, sendo que para a primeira, ministrou as duas disciplinas, para a segunda turma, somente a Matemática II e para a terceira turma que ingressou no 1º sem/93, a Matemática I.

A utilização do material didático, especialmente elaborado para acompanhar a primeira turma, em particular, nas duas disciplinas de matemática e, o fato desses alunos, calouros, pertencerem somente ao Curso de Arquitetura contribuíram para uma aprendizagem muito mais satisfatória.

### **7 º) Disciplina: Matemática I**

**Período: 1º semestre/92 - diurno**

**nº total de alunos: 48**



a. Pontos pessoais de registro

A participação era regular, atitude comum entre calouros. Em contrapartida o interesse era grande, evidenciado através do empenho na realização das atividades propostas e nos alunos nos trabalhos. A exposição oral dos trabalhos também, gerava um clima de satisfação e interesse na maioria.

b. Conteúdo matemático desenvolvido

- Geometria plana, espacial e analítica
- Álgebra Linear, Espaços Vetoriais

c. Resultado da avaliação do desempenho dos alunos

- total de alunos: 48
- nº de alunos aprovados: 44  $\Rightarrow$  91,7 %
- nº de alunos reprovados: 4  $\Rightarrow$  8,3 %
- média de rendimento dos aprovados: 7,82

Quadro 4.6.7: Nota média dos aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i(\%)$   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 4           | 9,1          |
| 6 - 7  | 5           | 11,4         |
| 7 - 8  | 13          | 29,5         |
| 8 - 9  | 17          | 38,6         |
| 9 - 10 | 5           | 11,4         |
|        | $\Sigma$ 44 | $\Sigma$ 100 |

d. Ponto de vista dos alunos

Vinte e cinco alunos responderam o questionário. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade*:
  - aprender - metade (2); poucos tópicos (3);
  - fazer exercícios - metade (4); poucos (1) - motivo: por ser difícil ;
  - fazer o trabalho - (8) - motivos: falta de tempo para pesquisa (3), obter dados (5) ;
- *conteúdo não apreendido*:
  - espaço vetorial ( 5)

- quase tudo (1)
- *para aprender o conteúdo:*
  - aula (8)
  - aula mais reforço com monitoria/colegas - (4),
  - aula mais reforço, através da bibliografia - (13);
- *validade do trabalho*
  - 23 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos e 2 responderam não.

### 8<sup>o</sup> ) Disciplina: Matemática II

Período: 2<sup>o</sup> sem/92 - diurno

N<sup>o</sup> de Alunos: 32

#### a. Pontos pessoais de registro

A participação, o interesse e o desempenho dos alunos nos trabalhos continuaram de bom nível.

#### b. Conteúdo matemático desenvolvido

- Matrizes, Determinantes e Sistemas Lineares
- Função; Conceito de Limite; Derivada e Integral

#### c. Resultado da avaliação do desempenho dos alunos

- total de alunos: 32
- n<sup>o</sup> de alunos aprovados: 28  $\Rightarrow$  87,5 %
- n<sup>o</sup> de alunos reprovados: 4  $\Rightarrow$  12,5 %
- média dos aprovados: 7,82

Quadro 4.6.8.: Nota média dos aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i(\%)$   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 3           | 10,7         |
| 6 - 7  | 3           | 10,7         |
| 7 - 8  | 8           | 28,6         |
| 8 - 9  | 10          | 35,7         |
| 9 - 10 | 4           | 14,3         |
|        | $\Sigma 28$ | $\Sigma 100$ |

d. Ponto de vista dos alunos

Apenas 10 responderam os questionários. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade:*
  - aprender - quase tudo (2); poucos tópicos (4);
  - fazer exercícios - quase tudo (2); metade (5) - motivo: falta de tempo para estudar (2);
  - fazer o trabalho - (6) - motivo: falta de tempo para pesquisa (4), obter dados (2);
- *conteúdo não apreendido:*
  - algumas técnicas de integração ( 5)
- *para aprender o conteúdo:*
  - aula mais reforço com monitoria/colegas - (5),
  - aula mais reforço, através da bibliografia - (4);
  - aula (1)
- *validade do trabalho*
  - os 10 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos .

**9<sup>o</sup>) Disciplina: Matemática II**

**Período: 2<sup>o</sup> sem/92 - diurno**

**N<sup>o</sup> de Alunos: 27**

a. Pontos pessoais de registro

Esta turma teve aula de Matemática I com outro professor. Nesse sentido, no início apresentaram uma certa dificuldade em se inteirar do método que ora se adotava. Principalmente, no que dizia respeito em fazer um trabalho e nos exercícios propostos que exigiam raciocínio, interpretação de texto e julgamento da resposta encontrada. No decorrer do semestre, porém,

- nº de alunos aprovados: 24  $\Rightarrow$  88,9 %
- nº de alunos reprovados: 3  $\Rightarrow$  11,1 %
- média dos aprovados: 6,75

Quadro 4.6.9.: Nota média dos aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i(\%)$   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 10          | 41,7         |
| 6 - 7  | 2           | 8,3          |
| 7 - 8  | 8           | 33,3         |
| 8 - 9  | 4           | 16,7         |
| 9 - 10 | -           | 0            |
|        | $\Sigma$ 24 | $\Sigma$ 100 |

## d. Ponto de vista dos alunos

Somente 5 alunos responderam o questionário. As respostas obtidas foram:

- *dificuldade:*

- aprender - poucos tópicos (3) e em todos (2) ;

- fazer exercícios - todos (2); poucos (3) - motivos: falta de tempo para estudar (3), por ser difícil (2);

- fazer o trabalho - (5) - motivos: falta de tempo para pesquisa (5),

- *conteúdo não apreendido:*

- algumas técnicas de derivação ou/e de integração (3/2)

- *para aprender o conteúdo:*

- aula mais reforço com monitoria/colegas - (4),

- aula mais reforço, através da bibliografia - (1);

- *validade do trabalho*

- os 5 responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos .

**10<sup>o</sup>) Disciplina: Matemática I****Período: 1<sup>o</sup> sem/93 - diurno****N<sup>o</sup> de alunos: 48**

## a. Pontos pessoais de registro

Os 48 alunos eram calouros e a maioria com muito boa formação escolar. Nesse sentido, a participação, o interesse pelas aulas e o desempenho dos alunos nos trabalhos foram muito bons. Todos os trabalhos foram de muito bom nível.

b. Conteúdo programático

O mesmo da turma anterior

c. Resultado da avaliação do desempenho dos alunos

- Total de alunos: 48
- nº de alunos aprovados: 46  $\Rightarrow$  95,8 %
- nº de alunos reprovados: 2  $\Rightarrow$  4,2 %
- média dos aprovados: 8,04

Quadro 4.6.10: Nota média dos aprovados

| Notas  | $f_i$       | $fr_i(\%)$   |
|--------|-------------|--------------|
| 5 - 6  | 3           | 6,5          |
| 6 - 7  | 4           | 8,7          |
| 7 - 8  | 14          | 30,5         |
| 8 - 9  | 15          | 32,6         |
| 9 - 10 | 10          | 21,7         |
|        | $\Sigma$ 46 | $\Sigma$ 100 |

d. Ponto de vista dos alunos.

Dos 48 questionários entregues 35 responderam. As respostas obtidas foram:

• *dificuldade:*

- aprender - poucos tópicos (5) ;

- fazer exercícios - metade (10); poucos (5) - motivos: falta de tempo para estudar (3), por ser difícil (12);

- fazer o trabalho - (22) - motivos: falta de tempo para pesquisa (8), obter dados (5) ;

• *conteúdo não apreendido:*

- álgebra linear (1) e/ou espaço vetorial (4)

- quase tudo (1)

• *para aprender o conteúdo:*

- aula mais reforço com monitoria/colegas - (3),

- aula mais reforço, através da bibliografia - (27);
- aula (5)
- *validade do trabalho*
  - responderam sim, aprofundaram seus conhecimentos (32) e não (3).

#### 4.1.5. Procedimentos para Avaliação da Modelação Matemática: Critérios, Instrumentos, Indicadores e Escala

Das aplicações da Modelação Matemática no Ensino Superior será avaliado:

- a eficiência do método de ensino-aprendizagem;
- a aplicação do conceito de qualidade e
- a adequação do programa alternativo.

##### 4.1.5.1. Avaliação da eficiência do Método

Para avaliação do método utilizar-se-á os dez trabalhos experimentais realizados entre 1990 a 1993.

O quadro, abaixo, sintetiza os procedimentos para avaliação:

Quadro 4.7: Procedimentos para avaliação da eficiência do método

| <b>Critérios</b>  | <b>Instrumentos</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Escala</b>                     |
|---|--|---|-----------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• resultado do desempenho do aluno</li> <li>• ponto de vista dos alunos expondo o grau de satisfação em relação ao método de ensino</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• prova escrita;</li> <li>• Resolução de exercícios (em dupla);</li> <li>• Trabalho de Modelagem;</li> <li>• questionário para levantar o ponto de vista (vide anexo - Modelo I) dos alunos participantes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• nota média</li> <li>• nº de aprovados</li> <li>• questões: (1,2); (1,3);(1,4); e (1,6); (3,2) e (3,4)</li> </ul> | 0 - 10<br>0 - 100<br>escala áurea |

Obs.<sub>1</sub> : Para avaliar o grau de eficiência do método de Modelação, usar-se-á dos indicadores de desempenho e de qualidade do processo.

Os indicadores de desempenho serão a nota média dos alunos e o número de aprovados. A escala adotada para notas dos alunos da FURB, de 0 a 10. O aluno que obtém média semestral maior ou igual a 7,5 está aprovado, sem exame. Aqueles em cuja média semestral for entre 2,0 e 7,4, podem fazer um exame final. A média para aprovação, com exame, é 5. Essa média é a soma de 60% da nota média semestral com 40% da nota de exame.

Desta forma, será utilizada a mesma escala.

O indicador de qualidade será utilizado para avaliar o grau de satisfação dos alunos.

Os indicadores de qualidade serão baseados nas entrevistas: dos alunos participantes, através das respostas, referente:

- a disciplina (1.2; 1.3; 1.4 e 1.6) e
- referente ao trabalho de Modelagem realizado pelos alunos (3.2; 3.4).

Obs.2: Será utilizado uma escala áurea para atribuir valores a cada uma das perguntas abaixo, relacionadas:

- 1.2. ) dificuldade em aprender algum conteúdo;
- 1.3. ) dificuldade em fazer exercícios;
- 1.4. ) esquecer algum conteúdo aprendido; e
- 1.6 ) para aprender os conteúdos.

Terão os seguintes valores, conforme designado na tabela abaixo:

Quadro 4.8: Escala áurea para avaliar ponto de vista do aluno

| i | Intervalo áureo | Média | 1.2; 1.3; 1.4 | 1.6                              |
|---|-----------------|-------|---------------|----------------------------------|
| 1 | 0   0,24        | 0,15  | todos         | não aprendeu                     |
| 2 | 0,24   0,38     | 0,33  | quase todos   | somente com colegas e/ou monitor |
| 3 | 0,38   0,61     | 0,53  | mais ou menos | aula + colega e/ou monitor       |
| 4 | 0,61   0,85     | 0,76  | poucos        | aula + bibliografia              |
| 5 | 0,85   1        | 0,94  | nenhum(a)     | aula                             |

Quanto as questões 3.2 - dificuldade para fazer o trabalho - e 3.4 - contribuiu para um aprofundamento dos conhecimentos - , far-se-á apenas uma análise fato que as respostas à estas questões estão restritas às duas opções: “sim” e “não”.

#### 4.1.5. Avaliação da adequação do programa alternativo - MATEMÁTICA I

Quadro 4.9.: Procedimentos para avaliação do programa alternativo

| <b>Crítérios</b>  | <b>Instrumento</b>  | <b>Indicador</b>  | <b>Escala</b>   |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• cumprimento do programa alternativo;</li> <li>• análise sobre o aprendizado matemático frente a redução de enfoque em alguns conteúdos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalho escrito dos alunos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• qualidade</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• áurea</li> </ul> |

##### 4.1.5.1. Avaliação da Aplicação do Conceito de Qualidade

Considerando que o conceito de Qualidade para o Ensino de Matemática é a promoção de talentos a avaliação será a partir dos trabalhos de Modelagem Matemática realizado pelos alunos da disciplina de Cálculo I da Engenharia Civil.

Para esta avaliação será utilizado como Serão utilizados Indicadores de qualidade e escala áurea:

Crítérios que serão adotados:

- adequação das questões formuladas;
- formulação da questão;
- aplicação do conteúdo;
- análise do Modelo;
- grau de interesse pelo trabalho, através da:
  - pesquisa bibliográfica;
  - trabalhos experimentais;
  - visitas in locu (entrevista);
  - resolução de outras questões.

O quadro, a seguir, sintetiza, os critérios e devidos indicadores e escala.

Quadro 4.9: Crítérios, Indicadores e Escala para avaliar trabalhos de Modelagem

| Adequação das questões formuladas | Orientação para a formulação da | Aplicação do conteúdo | Coerência na Análise do | Grau de interesse | Escala |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|--------|
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|--------|



|                        | questão             | programático | Modelo    |  |             |
|------------------------|---------------------|--------------|-----------|--|-------------|
| • mais de 8 questões   | uma geral           | > 80%        | > 80%     | pesquisa bibliográfica/<br>outras questões/experiência | excelente   |
| • 5 a 7 questões       | uma ao grupo        | 50% - 80%    | 50% - 80% | pesquisa bibliográfica e<br>experiência                | bom         |
| • 2 a 4 questões       | até três ao grupo   | 20% - 50%    | 20% - 50% | pesquisa bibliográfica +<br>entrevista                 | regular     |
| • menos que 2 questões | continua ao grupo   | < 20%        | < 20%     | pesquisa bibliográfica                                 | fraco       |
| • nenhuma              | continua individual | nenhuma      | nenhuma   | sem pesquisa bibliográfica                             | muito fraco |

## 4.2. Atividades Desenvolvidas com Professores

Desde que a autora desta tese passou a divulgar os resultados das pesquisas sobre a Modelagem e Modelação Matemáticas como método de ensino de matemática no Ensino Fundamental e Médio em eventos e/ou revistas especializadas, vem aumentando o interesse por parte da comunidade de educadores matemáticos para se inteirar do assunto. Tanto que, nos últimos dez anos, a convite, atuou como palestrante, professora cursos de extensão e/ou pós-graduação, consultora, orientadora e coordenadora, em diversas instituições do país e exterior.

Os objetivos desses cursos são apresentar ao professor as pesquisas que vêm ocorrendo na área de Educação Matemática e fornecer subsídios para que reestruture sua prática em sala de aula.

Nas dez primeiras atividades em que atuou, apesar do interesse mostrado por parte dos participantes pelo assunto, uma série de questões por estes levantadas, permitiram à autora desta tese refletir sobre a questão: *aprender para ensinar*, levando-a a definir algumas estratégias para conduzir, em particular, os cursos de Modelagem e Modelação no ensino-aprendizagem. (vide anexo I - Relato das Principais Experiências).

### 4.2.1. Principais questões levantadas pelos professores

Dentre as questões, destacam-se:

1. Onde buscar subsídios para aprender a modelar para então promover ensino e aprendizagem?
2. Como inteirar-se de um *tema*, em tempo hábil, e levantar questões que permitam extrair o conteúdo programático?
3. Como superar as dificuldades apresentadas por um *tema* complexo de uma área específica, frente ao tempo exíguo para o preparo da aula?
4. Em que momento deve expor o *tema*, as questões e desenvolver o conteúdo?
5. Quando e deve retornar ao *tema*, para fazer o modelo matemático e responder a(s) questão(ões) levantada(s)?
6. Como “traduzir” os modelos matemáticos (prontos), de outras áreas, para ensinar o conteúdo programático e ao mesmo tempo motivar os alunos frente à aplicação?
7. Quais disciplinas específicas (ou áreas) que suscitam dos conteúdos matemáticos do programa?
8. Como lidar com a extensão do currículo?
9. Como se inteirar dos temas/assuntos escolhidos pelos alunos em tempo hábil para orientá-los?
10. Até onde seguir com o conteúdo e com que abrangência?
11. Como aprender com os alunos sem perder o respeito dos mesmos?
12. Como avaliar os alunos?

Dificuldades como estas, em geral, acabam por gerar o que se denomina ‘resistência’ - resistência à mudança.

A experiência da autora desta tese com esses professores mostrou que não há exatamente resistência e sim, insegurança, como pôde ser verificado no Relato de Experiências no anexo I, nos Cursos onde houve tempo suficiente para a elaboração de um trabalho e devida orientação para implementá-lo esta “pseudo existência” se extinguiu.

Em Curso com mais de 40 h/a de duração visando propiciar aos professores participantes condições para aprender Modelagem e Modelação para então ensinar, a autora desta tese procurou norteá-lo por três etapas, assim denominadas: Modelos Matemáticos, Modelagem Matemática e Modelação Matemática.

#### 1ª etapa) Modelos Matemáticos.

Nessa primeira etapa, apresentam-se modelos matemáticos, com intuito de:

- justificar o processo;
- orientar como se faz um modelo;
- justificar alguns conteúdos matemáticos inseridos no modelo;

- nortear como adaptar o modelo para o ensino-aprendizagem.

## 2ª etapa) Modelagem Matemática.

Nessa etapa, orienta-se os participantes:

- na formação de grupos e devida escolha de um *tema* de interesse (por grupo);
- no levantamento de questões sobre o *tema*;
- na pesquisa bibliográfica;
- na seleção das questões a serem trabalhadas;
- na elaboração dos modelos propostos.

## 3ª etapa) Modelação Matemática

Uma vez pronto o trabalho de Modelagem, propõe-se que:

- se faça uma adaptação de um dos modelos elaborados, para o ensino-aprendizagem (atuação do professor em pelo menos uma série) e,
- se aplique o trabalho e avaliem-se os resultados.

Nesses cursos, o número de modelos matemáticos apresentados, a justificativa do conteúdo matemático inserido e a devida orientação para fazer Modelagem e Modelação são adequados ao número de horas/aula e ao grau de interesse dos participantes.

No caso de atividades com menos de 10h/a de duração, como palestras, mini-cursos ou seminários é feito uso apenas da primeira etapa, conforme especificado acima.

Para ilustrar, passa-se a relatar 4 atividades realizadas neste semestre com professores: Palestras (4h/a); Seminário (10h/a); Disciplinas de Pós-Graduação em Educação Matemática e em Metodologia da Pesquisa, com 45h e 90h, respectivamente.

## 4.2.2. Relato sobre atividades exercidas com professores

Apresenta-se, a seguir, o relato de quatro atividades que a autora desta tese realizou com professores:

### 4.2.2.1. Curso de Educação Matemática do Projeto Professor Competente

- Instituição: FERJ - Jaraguá do Sul - SC

- Palestra: Modelação Matemática no Ensino Fundamental.
- carga horária: 4h
- Público alvo: Professores do Ensino Fundamental (1ª a 4ª série)
- nº de participantes: 120

Esse Curso, com duração de 80h/a é desenvolvido de tal forma que os participantes estudem os temas centrais da Educação Matemática sob a orientação de um grupo de professores da FERJ, participem de três palestras com professores convidados de outras instituições e elaborem um projeto pedagógico.

Nesse sentido, a autora desta tese foi convidada a fazer uma das palestras ao curso com 4h de duração.

- Objetivo da Palestra

Mostrar que a Modelação Matemática é uma alternativa para melhorar o ensino-aprendizagem de matemática nas séries iniciais.

- Desenvolvimento

Apresentação de alguns modelos matemáticos e sugestões de como e quando abordar no ensino Fundamental (conforme 1ª etapa) do item 4.3.2, acima.

#### 4.2.2.2. Seminário do Departamento de Matemática - FURB

- Departamento de Matemática - FURB - Blumenau-SC
- Seminários
- Carga horária: 10h
- Público Alvo: Professores do Depto. de Matemática e demais interessados
- Nº de participantes: 13

Dentre as atividades do Departamento de Matemática da FURB destaca-se o Seminário, coordenado pelo professor Nelson Hein, cujo objetivo é inteirar os professores do Departamento

das pesquisas que vem sendo desenvolvidas por professores deste. Esses seminários ocorrem quinzenalmente, com 2 horas de duração.

Uma vez que é intenção da autora desta tese implementar modificações na metodologia e no currículo de matemática das Engenharias da FURB, buscou-se uma maior interação entre o corpo docente do Departamento de Matemática através do Seminário realizado por este, quinzenalmente, para mostrar o Método de Modelação para o Ensino Superior e, ao mesmo tempo propor aos professores de Matemática das Engenharias a formação de um Grupo agregando conhecimentos que pode ser, também, através da proposta “aprender para ensinar” Matemática e Modelagem.

Isto porque, para que um professor adote uma proposta como esta, é imperativo que aprenda a lidar com alguns modelos matemáticos da engenharia. Essa interação mais uma ação conjunta da comunidade do curso em questão é que, efetivamente, promoverão qualidade para o Ensino de Engenharia, em particular, da matemática da Engenharia.

Frente a isso, a autora desta tese, fez uso de 5 seminários, consecutivos, totalizando 10h de duração.

- **Objetivo dos Seminários**

- ⇒ expor sobre as principais questões problemáticas do ensino de Matemática na Engenharia;

- ⇒ apresentar alguns Modelos Matemáticos da Engenharia que podem ser utilizados para nortear o ensino de Matemática da Engenharia;

- ⇒ despertar o interesse pela Modelação como método de Ensino de Matemática na Engenharia;

- ⇒ buscar sugestões para se implementar melhorias no Ensino de Matemática dos Cursos de Formação da FURB, em particular, das Engenharias.

- **Desenvolvimento**

Os Seminários foram realizados nos dias 16/07; 27/07; 13/08; 27/08; e 03/09, com a participação de professores e monitores do Depto. de Matemática.

Nos quatro primeiros foram apresentados os Modelos I, II, III e IV que estão no anexo VI. Cada um desses Modelos Matemáticos apresentados, servem como norteador para o desenvolvimento de conteúdos matemáticos que constam nos ementários do Cálculo (I, II, III e IV), Álgebra Linear (I e II) e Cálculo Numérico e também sugerem uma seqüência e ênfase para determinados conteúdos. Nesse sentido, a autora desta tese seguiu a estratégia que consta no item 4.3.2.(acima), 1ª etapa.

No primeiro seminário, além do Modelo, foram apresentados inicialmente:

- justificativa e objetivos da utilização, dos 5 seminários seguidos, pela autora desta tese;
- breve explanação sobre as críticas que o ensino de matemática das engenharias vem recebendo de alunos, de professores das disciplinas específicas do Curso e de engenheiros;
- pesquisa que a autora realizou sobre os conteúdos matemáticos utilizados pelas disciplinas específicas do Curso de Engenharia Civil; e
- a utilização da calculadora TI-82, como ferramenta para o ensino do Cálculo;

Para uma maior interação dos professores com a proposta, foi sugerido que modelassem uma das questões levantadas.

No último seminário retornou às críticas apresentadas no primeiro seminário, sobre o ensino de Matemática da Engenharia e apontou a Modelação Matemática como um método eficiente, não apenas para o ensino-aprendizagem de matemática como também para auxiliar na avaliação, no currículo. Procurou, também, sugestões dos professores para definir um plano de ação conjunta para a melhoria do ensino de Matemática na Engenharia.

Participaram destes cinco seminários, 10 professores e as duas alunas monitoras do Departamento de Matemática, 1 professora do Departamento de Física. Devido a problemas de ordem particular, compareceram, em média, 5 participantes por seminário. Sendo que as professoras que ocupam, atualmente, os cargos de Chefe de Departamento e de Colegiado, respectivamente e o Coordenador do Seminário, fizeram-se presentes em todos.

#### 4.2.2.3. Curso de Pós-Graduação em Educação Matemática

- Instituição: UNOESC- Chapecó - SC
- Disciplina: Metodologia do Ensino de Matemática
- Carga Horária - 45h/a
- Público Alvo: Professores de 1º a 3º graus de Matemática

- Nº de participantes: 22

- Objetivo da Disciplina: Fornecer fundamentos metodológicos para os professores redefinirem suas práticas em sala de aula.

- Desenvolvimento

Esta disciplina foi desenvolvida em dois finais de semana (20 h/a e 25 h/a consecutivamente), com espaçamento de 15 dias.

Nas primeiras 20 h/a, foram realizados:

- ⇒ um 'diagnóstico' dos participantes, no que diz respeito à formação e atuação profissional;
- ⇒ uma exposição sobre o ensino de matemática, as pesquisas e tendências da Educação Matemática no Brasil e
- ⇒ a apresentação de três modelos matemáticos (para o Ensino Fundamental e Médio), a justificativa do conteúdo e forma de abordar em sala de aula.

Nesta primeira etapa, obteve as seguintes informações sobre a formação matemática e atuação dos professores participantes, a saber:

- dois alunos atuam no Ensino Médio e Superior;
- dois só no Ensino Médio;
- três no Ensino Fundamental e Médio;
- dez no Ensino Fundamental (5ª a 8ª séries);
- três no Ensino Fundamental (1ª a 4ª séries) e
- dois não atuam no magistério.

Nas 25h/a restantes, foram realizados:

- ⇒ a apresentação de mais três modelos matemáticos (de 2º e 3º graus) e devida forma de abordar em sala de aula;
- ⇒ o relato de alguns projetos implementados no 1º grau;
- ⇒ a orientação de como aprender para ensinar Modelagem e Modelação;
- ⇒ a proposta e orientação aos participantes para realizar um trabalho de Modelagem;
- ⇒ a retomada da teoria apresentada para uma análise mais acurada.

O trabalho de Modelagem será realizado pelos participantes até 30 de novembro e remetido para a autora desta tese para ser corrigido/orientado.

#### 4.2.2.4. Curso de Pós-Graduação em Metodologia e Aprendizagem na Educação

- Instituição: FERJ - Jaraguá do Sul - SC
- Disciplina: Educação Matemática
- Carga horária: 90 h/a
- Público alvo: Interessados pelo curso
- Nº de participantes: 14.

**Objetivo da disciplina:** Fornecer subsídios matemáticos necessários para elaborar uma pesquisa em qualquer área.

- Desenvolvimento

Esse curso, tem como meta principal tornar os alunos pesquisadores. Desta forma, em cada disciplina, o aluno deveria escolher um tema de interesse e elaborar um trabalho sobre a orientação do respectivo professor responsável pela disciplina.

Assim, a disciplina Educação Matemática é a única do Curso que aborda matemática.

Para poder ter um perfil dos participantes quanto à formação, atuação profissional e interesse pela matemática, a autora desta tese utilizou-se de um Formulário (vide Modelo 3 - anexo V) constando questões sobre: formação, o motivo pela escolha do curso em questão e o conhecimento e interesse pela matemática.

- Quanto à Formação

- Biologia (1); Biblioteconomia (1); Letras (1); Educação Física (1); Pedagogia (4); Matemática (1); Dentista (2); Enfermagem (1); Psicologia (1); Administração (1).

- Quanto ao conhecimento e interesse pela matemática

Com exceção de uma participante que é formada em matemática (embora não atue) os demais afirmaram que não gostam de matemática ( $\cong$  93%) e que o conhecimento matemático restringia-se: a aritmética (72%), a aritmética e álgebra (28%).



Nestas condições, a autora desta tese julgou pertinente apresentar alguns Modelos aplicados às áreas de atuação dos participantes, como estímulo e, posteriormente, abordar Estatística.

Esta disciplina foi desenvolvida em 6 finais de semana com 15 h/a de duração em cada .

Para atender à proposta do Curso: “orientar os alunos a fazer pesquisa” , a autora desta tese dividiu cada encontro (15h/a) em três momentos: 5h/a para ensinar Estatística; 8h/a para orientação - atendimento individual e 2h/a para um Seminário - onde cada aluno deveria relatar a parte do trabalho que vinha realizando.

#### **4.2.3. Avaliação das atividades exercidas com professores**

Nas atividades que a autora desta tese vem atuando, em geral, só se realiza avaliação de desempenho dos participantes nas disciplinas de curso de Pós-Graduação. Cabendo à Coordenação, promotora do evento, avaliar o grau de satisfação dos participantes em relação ao professor/palestrante que atuou.

Para conhecer o grau de satisfação dos participantes dessas quatro atividades relatadas, a autora desta tese utilizar-se-á da avaliação realizada pelas duas instituições e pela própria autora, nas outras duas.

##### **4.2.3.1. Avaliação da Palestra - FERJ**

Para que se possa avaliar o grau de interesse dos professores pelo método utilizar-se-á da avaliação realizada pela coordenação do curso. Esta avaliação é feita através de um formulário onde os participantes atribuem conceitos (ótimo, bom, fraco, insuficiente) quanto: ao conteúdo abordado e à metodologia aplicada.

Desta forma, o critério, o instrumento e o indicador serão:

- critério: interesse dos professores.
- instrumento: questionário.
- indicador: grau de satisfação.

##### **4.2.3.2. Avaliação do Seminário - Departamento de Matemática - FURB**

Para uma avaliação do grau de satisfação dos participantes pelos seminários, a autora desta tese solicitou aos participantes, por escrito, uma opinião sobre o seminário e sugestões para um trabalho conjunto.

Assim, os critérios, o instrumento e o indicador serão:

- Critérios: satisfação em relação ao seminário e interesse em organizar um trabalho conjunto.
- Instrumento: Questionário
- Indicador de Qualidade: grau de satisfação e interesse ( muito/interessado; satisfeito/interessado; indiferente/neutro; pouco satisfeito/interessado; (insatisfeito/desinteressado).

#### 4.2.3.3. Avaliação da disciplina Metodologia do Ensino - UNOESC

Como faz parte do curso avaliar o grau de satisfação dos alunos em relação a cada disciplina, pelo que se propõe nesta seção - avaliar a proposta “aprender para ensinar” far-se-á uso do resultado apresentado pela Coordenação do Curso.

Desta forma, o critério, instrumento e indicador serão:

- Critério: satisfação dos participantes em relação ao método de ensino-aprendizagem.
- Instrumento: questionário fornecido pela Coordenação do Curso.
- Indicador de qualidade.

#### 4.2.3.4. Avaliação da disciplina Educação Matemática - FERJ

Dadas as condições apresentadas pelos participantes quanto a formação e interesse pela matemática, este trabalho foi, para a autora desta tese, desafiante.

Desta forma, organizou um questionário para avaliar o grau de satisfação dos participantes, quanto ao desempenho, o conteúdo matemático abordado, a orientação recebida e a importância do trabalho realizado.

Assim, os critérios, o instrumento, o indicador e escala serão:

- Critérios: satisfação dos participantes em relação:
  - desempenho na disciplina;

- aprendizagem do conteúdo matemático;
- adequação da orientação;
- importância do trabalho para sua atuação acadêmica/profissional.
- Instrumento: Questionário
  - Indicador de Qualidade: (excelente; bom; regular; fraco; muito fraco.)
- Escala Áurea

#### 4.2.4. Considerações sobre as atividades desenvolvidas

Nas atividades desenvolvidas com professores a autora desta tese tem procurado conduzir o Curso de forma a dirimir dúvidas já levantadas por outros participantes. É claro que a duração do curso é um determinante para isso.

Nas quatro atividades relatadas acima, por exemplo, algumas questões exigiram um melhor enfoque.

⇒ A questão (1): *onde buscar subsídios para aprender a modelar para então promover ensino e aprendizagem*, exigiu uma maior atenção.

⇒ Há pouca bibliografia em português sobre a ‘arte de modelar’. O que mais existe são relatos de trabalhos bem sucedidos, através de monografias, dissertações ou artigos em Revista especializada. Neste caso, pouco disponível aos professores, em particular, do Ensino Fundamental e Médio.

Uma sugestão é a organização de cursos que propiciem ao professor a elaboração de seu próprio material de apoio didático.

⇒ As questões (4); (5), (10), (11) e (12) dizem mais a respeito do ensino Fundamental e Médio. Desta forma, o Método Modelação Matemática no Ensino Fundamental e Médio que consta no capítulo III desta tese e a dissertação de mestrado da autora (BIEMBENGUT, 1990).

⇒ Quanto às questões (2); (3); (6); (7); (8) e (9), em especial, dizem respeito ao Ensino Superior. Neste caso, o método de Modelação Matemática proposto e aplicado (vide capítulos III e IV desta tese) responde estas questões.

Conforme afirmado anteriormente, o professor é a chave da melhoria do ensino. E a arte de ensinar é uma difícil tarefa. Nesses termos, para imprimir qualidade para o ensino, em qualquer nível, um ponto fundamental é a formação do professor. Não basta propor “Métodos de ensino

eficiente” sem que estas propostas não levem em consideração o “atual estado da arte da formação” da comunidade escolar. Acredita-se que para uma melhoria do ensino, mesmo que lenta e gradual, em anexo a uma proposta de metodologia de ensino deva constar uma metodologia para aprender. Aprender a ensinar; a lidar com o currículo; a lidar com a deficitária formação dos alunos; a lidar com a desmotivação da Comunidade Escolar; a lidar com a “perspectiva” profissional, etc. A melhoria do ensino, pela consciência de cada professor com a questão fundamental “aprender para ensinar” - um processo dinâmico e contínuo.

### 4.3. Projeto de Qualidade Para o Ensino Fundamental

Considerando a urgência em imprimir qualidade no ensino, em qualquer nível de escolaridade, a autora desta tese, elaborou um projeto, usando a proposta - Qualidade no Ensino (cap. III, seção 2) para ser implementado no Ensino Fundamental.

A partir de uma palestra que a autora desta tese fez sobre o assunto - Qualidade para o Ensino - grupo de professores e a direção de uma Escola da Rede Municipal de ensino, obteve a adesão e compromisso para implantar um Projeto de Qualidade.

O objetivo do projeto é promover qualidade no ensino e na aprendizagem tendo toda a Comunidade com este fim.

Desta forma, este projeto está sendo implementado neste ano de 1997 com a realização de um diagnóstico sobre a Escola e de Cursos e o desenvolvimento e avaliação para o próximo ano.

#### a. Identificação

- Escola Básica Municipal Pedro I
- Público Alvo:
  - Administração: 19
  - Professores: 39
  - Alunos: 835
- Nº de professores para coordenação e implementação do Projeto (4)
- Pró-Reitoria de Extensão - Universidade Regional de Blumenau

## b. Ação conjunta com Docentes e Direção da Escola

Seguindo as etapas propostas no Capítulo II - Seção 2. Qualidade no Ensino.

### b<sub>1</sub>. Comprometimento da Qualidade

Tendo se inteirado do projeto os professores, a coordenação pedagógica e direção da Escola mobilizaram-se para melhorar a qualidade: do ensino e da aprendizagem.

Desta forma, para se ter um perfil dos professores e dos alunos e então dar continuidade ao processo utilizou-se de questionários.

A coordenação pedagógica responsabilizou-se em repassar aos alunos e professores e, posteriormente, recolher e encaminhar à Coordenadora do Projeto.

### b<sub>2</sub>. Conceituação o que é qualidade para o Ensino

Foram realizadas duas reuniões uma com os professores de pré a 4<sup>a</sup> séries e outra com professores de 5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries, para se conceituar qualidade para o ensino Fundamental e definir objetivos da série de cada disciplina e do curso como um todo.

Para que os professores chegassem a uma definição comum, propôs-se, inicialmente, que reunissem em grupos de acordo com a série que atuam e passando, posteriormente, ao grande grupo as respectivas sugestões.

Serão realizadas neste mês de dezembro as demais etapas como:

- definição de metas (o que, como, porque e para quem ensinar e aprender);
- planejamento de como atingir as metas;
- contribuição de todos os envolvidos para a concretização das metas.

### b<sub>3</sub>. Representação Integrada

A partir deste planejamento serão definidos os representantes para coordenar cada etapa.

### b<sub>4</sub>. Delegação de Tarefas

A cada representante será delegada uma tarefa. Isto implica na representação; da administração dos professores, dos alunos e dos pais.

### b<sub>5</sub>. Valorização do professor e do aluno

Para o professor esta valorização será em propiciar cursos de aperfeiçoamento na Escola e dentro do horário de suas atividades e para o aluno, uma série de atividades extra-curriculares.

#### b<sub>6</sub>. Aprendizagem Contínua

Para dar continuidade ao processo, a etapa seguinte será fornecer aos professores e direção cursos de aperfeiçoamento. Num primeiro momento os cursos serão de informática básica; redação de texto e Matemática.

#### b<sub>7</sub>. Estimular a integração de todos na proposta de melhora estendendo resultados

#### b<sub>8</sub>. Avaliação da Qualidade de Ensino

Resumindo, nesta etapa inicial foi feito:

- Interação com o projeto, professores e administração da Escola;
- Diagnóstico sobre - as condições físicas e econômicas da Escola- ; - a interação entre administração, professores e alunos - ; - perfil dos professores quanto: a formação, o interesse pela Educação e condições culturais - ; - perfil dos alunos quanto: a formação, condições sócio-econômicas e cultural.
- Definição de Qualidade e Objetivos para o Ensino Fundamental das Escola Pedro I.
- Definição de Cursos de Aperfeiçoamento.

No início do ano serão realizados planejamentos: para o aluno, currículo; método de ensino-aprendizagem; as atividades extra-curriculares e avaliação:

- para o professor: cursos de extensão, avaliação de empenho e desempenho;
- para administração: orientação e apoio, avaliação;
- para A.P.P.

Este projeto - Qualidade para o Ensino Fundamental - será implantado por dois anos consecutivos nessa Escola e de acordo com os resultados, espera-se implantar nas demais Escolas Municipais de Blumenau.

## CAPÍTULO V

### AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DESENVOLVIDA

Neste capítulo serão apresentadas a avaliação das aplicações feitas com alunos de onze disciplinas de matemática de cursos da FURB, em particular, da Engenharia Civil e das quatro atividades exercidas com professores, neste semestre.

No quadro, abaixo, os principais tópicos que serão abordados:

| <b>Avaliação da Modelação Matemática no Ensino Superior</b>  | <b>Avaliação das atividades Desenvolvidas com professores</b>   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• eficiência do método</li><li>• aplicação do conceito de qualidade</li><li>• programa alternativo</li><li>• vantagens e desvantagens da Modelação</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Curso de Extensão para professores Do Ensino Fundamental</li><li>• Seminário com professores do Depto. de Matemática da FURB</li><li>◆ Disciplina – Metodologia do Ensino- Curso de Pós-Graduação em Educação Matemática</li><li>• Disciplina - Educação Matemática - Curso de Pós-Graduação em Metodologia e Aprendizagem.</li></ul> |

## 5.1. Introdução

A aprendizagem é um processo contínuo. Nesse sentido, pode-se dizer que é quase impossível “medir” o quanto um indivíduo conhece de maneira geral, porém é possível delimitar situações que permitam obter dados e (de forma a passar por um crivo lógico) que resulte numa formulação univocamente determinada. Isso porque certas características, se estendem além dos limites de uma explicação causal.

Trata-se, portanto, de um conjunto de normas que devem ser contempladas para que a investigação possa levar a conclusões efetivas.

Afinal, segundo BACHRACH (1971:46) “Existem fenômenos que são chamados subjetivos, mas se eles não podem eventualmente ser medidos, não podem ser considerados como dados científicos”.

A avaliação do ensino-aprendizagem é um determinante para atingir qualidade em todos os níveis. É através desta que se poderá saber e compreender os múltiplos elementos que influenciam neste processo, bem como adotar providências mais indicáveis para aperfeiçoamento das práticas adotadas.

No intuito de verificar o grau de contribuição da Modelagem e Modelação para a melhoria do ensino-aprendizagem de Matemática foram realizadas uma série de aplicações em disciplinas do Curso Superior, em particular, de Engenharia e para professores, compreendendo que nesses residem grande responsabilidade pela qualidade do Ensino.

Embora haja diferenças estruturais entre as aplicações realizadas, os tipos de mensuração propostas desempenham função dupla:

- discriminar de forma mais minuciosa, traços entre aprendizagem do aluno e do professor, e
- permitir comparações a fim de possibilitar que sejam formuladas, sistemática e acurada as relações entre ensino e aprendizagem.



## 5.2. Modelação Matemática no Ensino Superior

A Modelação Matemática foi implementada em onze turmas de disciplinas de matemática do Ensino Superior, das quais, dez entre os anos de 1990 a 1993 e uma no ano de 1997.

Passa-se a apresentar uma avaliação sobre o grau de eficiência do método de Modelação tomando como referência os resultados das avaliações:

- da viabilidade do método de ensino-aprendizagem;
- da aplicação do conceito de qualidade;
- da adequação do programa alternativo e
- do ponto de vista de uma parcela de ex-alunos.

### 5.2.1. Avaliação da eficiência do Método

#### 5.2.1.1. Descrição dos Resultados

Passa-se a apresentar o resultado de desempenho dos alunos através da média obtida por disciplinas; o ponto de vista dos alunos, apresentados através de um questionário.

#### a) Nota desempenho dos alunos

No quadro, abaixo, consta o número de alunos (disciplina do Curso/período), percentual dos aprovados e a nota média dos aprovados. Os gráficos permitem uma melhor visualização.

Quadro 5.1. Desempenho dos alunos em Matemática.

| Turmas                            | Nº de Alunos | Desempenho  |            |
|-----------------------------------|--------------|-------------|------------|
|                                   |              | aprovados % | nota média |
| Química CII-1º/90                 | 37           | 70,3        | 7,73       |
| E.Civil CIII-1º/90                | 28           | 85,7        | 7,17       |
| Economia CI-1º/90                 | 35           | 91,4        | 7,97       |
| Química CIII-2º/90                | 25           | 76          | 7,08       |
| E.Civil CIII-2º/90                | 29           | 79,3        | 6,97       |
| Química CV-1º/91                  | 16           | 100         | 7,93       |
| Arquitetura M <sub>I</sub> 1º/92  | 48           | 91,7        | 7,82       |
| Arquitetura M <sub>II</sub> 2º/92 | 32           | 87,5        | 7,82       |
| Arquitetura M <sub>II</sub> 1º/93 | 27           | 88,9        | 6,75       |
| Arquitetura M <sub>I</sub> 1º/93  | 48           | 95,8        | 8,04       |
| Total                             | 325          | 86,7        | 7,53       |

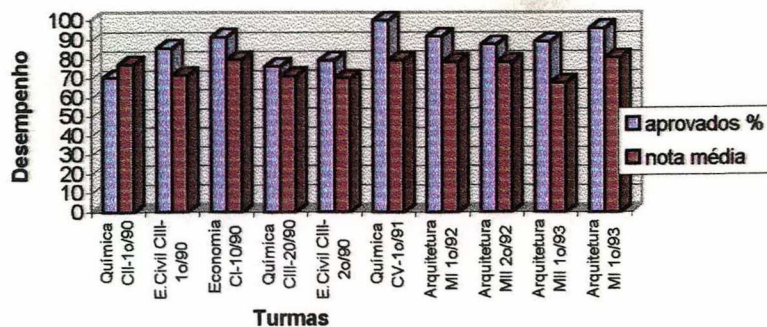


Figura 5.1.: Nota média e aprovados

## b) Ponto de vista dos alunos participantes

Para avaliar o grau de validade do método, a autora desta tese, também utilizou-se de um questionário (vide anexo V - Ficha modelo 2), objetivando avaliar e reestruturar nos seguintes aspectos:

- 1.) referente a disciplina:
  - 1.1.) nº de vezes que cursou a disciplina;
  - 1.2.) dificuldade em aprender algum conteúdo;
  - 1.3.) dificuldade em fazer os exercícios propostos;
  - 1.4.) grau de apreensão de conceitos;
  - 1.5.) desempenho nas provas escritas;
  - 1.6.) o que foi necessário para aprender o conteúdo programático.

Os objetivos dessas questões foram em avaliar:

- se alunos, veteranos, contribuíam para se estabelecer certa resistência por parte da turma;
- se a dificuldade em aprender o conteúdo ou fazer exercícios e, conseqüentemente, apreensão e desempenho nas provas estavam relacionados com a formação do aluno (pré-requisito) ou com o método de ensino, e
- a eficiência da exposição oral, da professora, para se fazer compreender.

## 2.) referente à professora

As questões propostas neste item, também, fazem parte do instrumento de avaliação da Universidade. O objetivo é avaliar o professor quanto à didática, ao cumprimento do programa, ao domínio de conteúdo, à assiduidade e ao instrumento de avaliação utilizado.

Para esta tese não será considerado este item do instrumento de avaliação.

3.) referente ao trabalho de Modelação:

- 3.1) o grau de satisfação pelo assunto/tema escolhido para modelar;
- 3.2.) o grau de dificuldade para fazer o trabalho;
- 3.3.) a interação do grupo de trabalho;
- 3.4.) a validade do trabalho, quanto ao ampliar o conhecimento.

O objetivo principal destas questões era verificar a validade do trabalho quanto ao estímulo à pesquisa e à habilidade para resolver problemas.

Esse questionário permitiu re-estruturar alguns aspectos do método proposto nas turmas subsequentes, principalmente, no cuidado com:

- o pré-requisito, propondo atividades e encaminhando-os, desde o início do semestre, aos monitores do Departamento;
- na restrição do assunto a ser modelado, para que imprimissem maior qualidade no trabalho e não quantidade, e
- na correção de todos os exercícios propostos como meio de re-afirmar o conteúdo desenvolvido.

O quadro 4.8 do capítulo anterior apresenta o indicador e devida escala das respostas às questões 1.2; 1.3; 1.4; e 1.6 do questionário e respectivos valores médios das respostas.

Quanto as questões 3.2 - dificuldade para fazer o trabalho - e 3.4 - contribuiu para um aprofundamento dos conhecimentos - , far-se-á apenas uma análise fato que as respostas à estas questões ficaram restritas às duas opções: “sim” e “não”.

Quadro 5.2: Valor médio das respostas às questões 1.2; 1.3; 1.4; e 1.6..

| Turmas                            | Nº de alunos | Nº de respondentes | 1.2  | 1.3  | 1.4  | 1.6  | Média |
|-----------------------------------|--------------|--------------------|------|------|------|------|-------|
| Química CII-1º/90                 | 37           | 12                 | 0,67 | 0,7  | 0,8  | 0,68 | 0,71  |
| E.Civil CIII-1º/90                | 28           | 16                 | 0,76 | 0,69 | 0,9  | 0,68 | 0,76  |
| Economia CI-1º/90                 | 35           | 20                 | 0,74 | 0,74 | 0,77 | 0,74 | 0,75  |
| Química CIII-2º/90                | 25           | 12                 | 0,66 | 0,76 | 0,75 | 0,68 | 0,71  |
| E.Civil CIII-2º/90                | 29           | 10                 | 0,67 | 0,75 | 0,79 | 0,62 | 0,71  |
| Química CV-1º/91                  | 16           | 10                 | 0,87 | 0,84 | 0,90 | 0,71 | 0,83  |
| Arquitetura M <sub>I</sub> 1º/92  | 48           | 25                 | 0,88 | 0,87 | 0,88 | 0,78 | 0,85  |
| Arquitetura M <sub>II</sub> 2º/92 | 32           | 10                 | 0,75 | 0,61 | 0,85 | 0,66 | 0,72  |
| Arquitetura M <sub>II</sub> 1º/93 | 27           | 5                  | 0,52 | 0,52 | 0,59 | 0,58 | 0,55  |
| Arquitetura M <sub>I</sub> 1º/93  | 48           | 35                 | 0,91 | 0,8  | 0,87 | 0,77 | 0,84  |
| Total                             | 325          | 155                |      |      |      |      |       |
| Média                             | 100%         | 47,7%              | 74,3 | 72,8 | 81   | 69   | 74,3  |



O Gráfico auxilia na visualização:

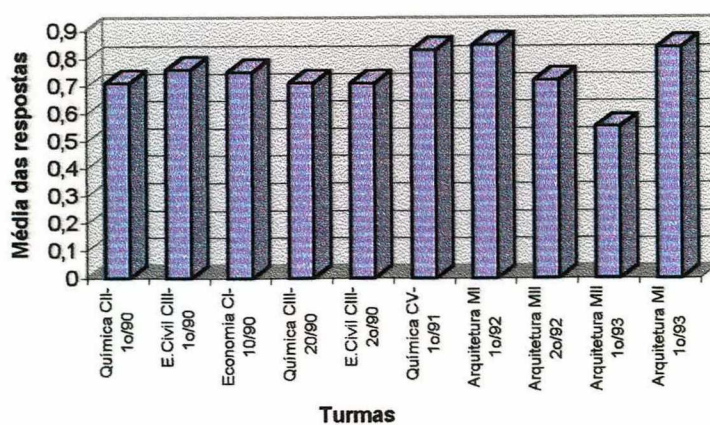


Figura 5.2.: Valor médio das respostas por turma

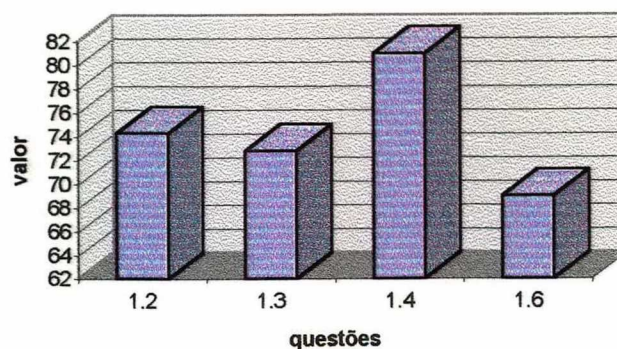


Figura 5.3.: Valor Médio de cada resposta

As justificativas apresentadas no caso: ‘dificuldade para fazer o trabalho’, foram para:

- a indisponibilidade de tempo (devido ao nº de disciplinas, que cursavam e/ou trabalhavam em outro período), e
- ausência de bibliografia (o que está relacionada também com o tempo disponível para pesquisa).

O quadro e respectivos gráficos, abaixo, representam as respostas das questões 3.2 - dificuldade para fazer o trabalho e 3.4 - o trabalho contribuiu para o conhecimento.

Quadro 5.3.: Dificuldade para realização do trabalho de Modelagem e contribuição para o conhecimento.

| Turmas                            | Nº de alunos | Nº de respondentes | 3.2  |      | 3.4  |     |
|-----------------------------------|--------------|--------------------|------|------|------|-----|
|                                   |              |                    | sim  | não  | sim  | não |
| Química CII-1º/90                 | 37           | 12                 | 10   | 2    | 12   | -   |
| E.Civil CIII-1º/90                | 28           | 16                 | 10   | 6    | 16   | -   |
| Economia CI-1º/90                 | 35           | 20                 | 15   | 5    | 20   |     |
| Química CIII-2º/90                | 25           | 12                 | 12   | -    | 12   |     |
| E.Civil CIII-2º/90                | 29           | 10                 | 10   | -    | 8    | 2   |
| Química CV-1º/91                  | 16           | 10                 | 10   | -    |      | 10  |
| Arquitetura M <sub>I</sub> 1º/92  | 48           | 25                 | 8    | 17   | 23   | 2   |
| Arquitetura M <sub>II</sub> 2º/92 | 32           | 10                 | 6    | 4    | 10   |     |
| Arquitetura M <sub>II</sub> 1º/93 | 27           | 5                  | 5    | -    | 5    |     |
| Arquitetura M <sub>I</sub> 1º/93  | 48           | 35                 | 22   | 13   | 32   | 3   |
| Total                             | 325          | 155                | 108  | 47   | 148  | 7   |
| Média %                           | 100          | 47,7               | 69,7 | 30,3 | 95,5 | 4,5 |

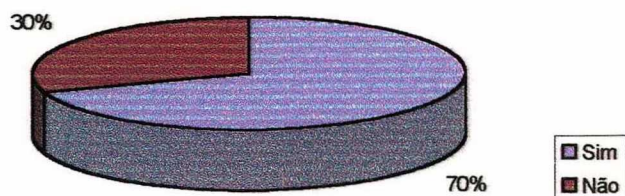


Figura 5.4.: Posição dos alunos sobre dificuldade para fazer o trabalho de Modelagem

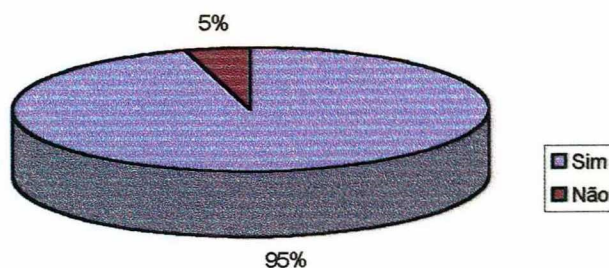


Figura 5.5.: Posição dos alunos sobre a contribuição do trabalho de Modelagem

### 5.2.1.2. Análise dos Resultados.

Pelo que indicam os números, em especial:

⇒ Desempenho

O número de alunos aprovados foi em média de 86,7%. Este número percentual, sob uma certa ótica, pode ser considerado “bom” uma vez que as disciplinas de Matemática, em geral, apresentam um índice de aprovação inferior a 70%.

Por outro lado, afirmar que a responsabilidade por este maior índice é da Modelação pode ser pretensão. É fato que uma série de fatores contribui para o desempenho do aluno, como a formação, o horário em que a disciplina é ministrada, o mercado de trabalho relativo ao curso em questão.

Da mesma forma, a nota média dos aprovados - 7,53 - não garante que o conhecimento dos alunos sobre o assunto proposto, corresponde em média a 75,3%.

Embora a escala não seja um instrumento preciso de medição, porém, o número alcançado -7,53 - pode-se dizer que é um indicador sobre a tendência do conhecimento matemático dos alunos.

⇒ Grau de satisfação dos alunos quanto ao ensino-aprendizagem

O grau de satisfação em relação ao ‘ensino-aprendizagem’ - 74,3% e o de validade do trabalho para a ‘construção do conhecimento’ - 95,5% são indicadores significativos. Entende-se que o indivíduo aprende quando quer e quando não quer, mais precisa! E que o aprendizado tem uma maior chance em acontecer quando há satisfação.

Desta forma, a satisfação dos alunos expressa no questionário aponta para uma certa eficiência do Método de Modelação.

### 5.2.2. Avaliação da aplicação do Conceito de Qualidade

Para avaliação da aplicação do conceito de qualidade - *promoção do conhecimento matemático e habilidade em aplicá-lo* - serão utilizados, como instrumentos os 20 trabalhos de

Modelagem realizados pelos alunos de Cálculo I do Curso de Engenharia Civil (Vide anexo - Trabalhos de Modelagem - Cálculo I/ E.Civil).

Salientando que cada trabalho foi elaborado por 3 alunos, perfazendo, assim, um total de 60 alunos participantes no processo.

### 5.2.2.1. Descrição dos resultados obtidos em cada critério estabelecido

#### a. Adequação das questões formuladas

Após uma pesquisa bibliográfica sobre o *tema* escolhido, o grupo deveria levantar, no mínimo, dez questões cujo processo de resolução permitisse elaborar um modelo matemático.

No quadro, abaixo, o número de questões apresentadas pelos grupos, consideradas adequadas para elaboração de Modelos.

Quadro 5.4.1. Questões adequadas para a elaboração de modelos

| questões adequadas | fi          | $\bar{x}_i$ | xifi           | fri(%)         |
|--------------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| mais de 8          | 4           | 0,94        | 3,76           | 20             |
| entre 5 e 7        | 3           | 0,76        | 2,28           | 15             |
| entre 2 e 4        | 8           | 0,53        | 4,24           | 40             |
| menos que 2        | 3           | 0,33        | 0,99           | 15             |
| nenhuma            | 2           | 0,15        | 1,00           | 10             |
|                    | $\Sigma 20$ |             | $\Sigma 12,27$ | $\Sigma 100\%$ |

Média, por grupo, de 5 a 7 questões adequadas =  $\bar{x}_1 = 0,6135$ .

#### b. Formulação da questão

A partir das questões levantadas, a autora desta tese sugeriu aos alunos que escolhessem uma das questões, preferencialmente a que permitisse aplicar o conteúdo matemático programático e, passassem a formulá-la.

Para que pudessem realizar esta etapa do trabalho foi feito, primeiro, uma orientação geral, isto é, para toda a turma e, posteriormente, orientação individual de acordo com as necessidades de cada grupo.

No quadro, abaixo, apresenta o número médio de vezes que a autora desta tese atendeu cada grupo em cada aula.

Quadro 5.4.2. Orientação para cada grupo

| orientação        | fi          | fri(%)         | xi   | xifi           |
|-------------------|-------------|----------------|------|----------------|
| uma geral         | 0           | 0              | 0,94 | 0              |
| uma ao grupo      | 5           | 25             | 0,76 | 3,8            |
| até três ao grupo | 14          | 65             | 0,53 | 7,42           |
| contínua ao grupo | 1           | 10             | 0,33 | 0,33           |
| individual        | 0           | 0              | 0,15 | 0              |
| $\Sigma$          | $\Sigma 20$ | $\Sigma 100\%$ |      | $\Sigma 11,55$ |

Uma média de até três orientações por grupo =  $\bar{x}_1 = 0,5775$ .

### c. Aplicação do Conteúdo Programático

Uma das condições para o trabalho era a de aplicar pelo menos a metade do conteúdo matemático desenvolvido (vide cap.III - Programa Alternativo). Para isso, a autora desta tese, procurou orientá-los para a escolha de uma questão que atendesse essa condição.

O quadro, abaixo, apresenta o (%) do conteúdo matemático programático utilizado em cada trabalho.

Quadro 5.4.3. Conteúdo programático utilizado no trabalho

| Conteúdo programático | fi          | fri(%)       | xi   | Xifi           |
|-----------------------|-------------|--------------|------|----------------|
| Mais de 80%           | 3           | 10           | 0,94 | 2,82           |
| 50% - 80%             | 16          | 80           | 0,76 | 12,16          |
| 20% - 50%             | 1           | 10           | 0,53 | 0,53           |
| Menos de 20%          | 0           | 0            | 0,33 | 0              |
| Nenhuma               | 0           | 0            | 0,15 | 0              |
|                       | $\Sigma 20$ | $\Sigma 100$ |      | $\Sigma 15,51$ |



Aplicação do conteúdo: entre 50% e 80% do programa alternativo =  $\bar{x} = 0,775$ .

#### d. Análise do Modelo

Ao final do trabalho cada grupo deveria fazer uma análise do Modelo, ou seja, comparar o resultado obtido com os dados reais apresentados nas bibliografias e/ou experimentos/entrevistas. Isto permite mostrar o grau de compreensão sobre a natureza do problema pesquisado.

O quadro, abaixo, apresenta o grau de coerência de cada grupo na análise do Modelo elaborado.

Quadro 5.4.4. Coerência na análise do modelo

| Grau de coerência | Fi          | fri(%)       | xi   | xifi           |
|-------------------|-------------|--------------|------|----------------|
| Mais de 80%       | 3           | 15           | 0,94 | 2,82           |
| 50% - 80%         | 13          | 65           | 0,76 | 9,88           |
| 20% - 50%         | 3           | 15           | 0,53 | 1,59           |
| Menos de 20%      | 1           | 5            | 0,33 | 0,33           |
| Nenhuma           | 0           | 0            | 0,15 | 0              |
|                   | $\Sigma 20$ | $\Sigma 100$ |      | $\Sigma 14,62$ |

A média, por grupo, de uma análise coerente do resultado obtido :50% a 80% =  $\bar{x} = 0,731$ .

#### e. Grau de interesse pelo trabalho de Modelagem

O quadro, abaixo, apresenta o grau de interesse dos alunos pelo trabalho a partir da pesquisa bibliográfica; do número de questões resolvidas; experimentos realizados em laboratório e entrevista a especialistas/visita *in locu*.

Quadro 5.4.5. Interesse pelo trabalho

| Interesse pelo trabalho     | fi          | fri(%)       | xi   | fixi           |
|-----------------------------|-------------|--------------|------|----------------|
| Pesquisa + outras questões  | 4           | 15           | 0,94 | 3,76           |
| pesquisa + experiência      | 4           | 20           | 0,76 | 3,04           |
| pesquisa + entrevista       | 8           | 40           | 0,53 | 4,24           |
| pesquisa em diversas fontes | 3           | 20           | 0,33 | 0,99           |
| pesquisa em uma única fonte | 1           | 5            | 0,15 | 0,15           |
|                             | $\Sigma 20$ | $\Sigma 100$ |      | $\Sigma 12,18$ |

|  |
|--|
| Média dos grupos = $\bar{x} = 0,609$ . |
|--|

### 5. 2.2.2. Análise dos Resultados

Sobre os alunos participantes valem destacar que:

- 85% são calouros, isto significa que embora empenhem-se na execução das tarefas, ainda estão um tanto “deslocados” na Universidade;
- nenhum aluno havia tido um trabalho semelhante, isto leva a crer que a concepção que eles têm sobre matemática é a de ser esta uma disciplina “difícil, cheia de letras, números e fórmulas”.

#### ⇒ Adequação das Questões

Embora, a autora desta tese, tenha iniciado a ministrar a disciplina apresentando Modelos Matemáticos (cf. cap.III), nem todos compreenderam como levantar questões que pudessem ser modeladas.

Além disso, os dados levantados sobre o tema/assunto escolhido, num primeiro momento, também, não facilitavam no levantamento das questões.

Isto contribuiu, sobremaneira, para que 5 grupos (15 alunos) ficassem abaixo do esperado. Isso mostra, também, que este indicador deva ser alterado, considerando como “ótimo” 4 das 10 questões levantadas.

De qualquer forma, 15 grupos (45 alunos) - 75% - apresentaram mais que 3 questões adequadas.

#### ⇒ Formulação da Questão

A orientação é fundamental para a qualidade dos trabalhos; principalmente, quando os alunos participam do processo pela primeira vez.

A orientação foi feita em sala, durante o horário da aula, - 150 minutos (3h/a), em cada reunião. Considerando o número de alunos (60) e o respectivo número de grupos (20), a orientação foi um tanto deficitária.

Embora a média das orientações tenha ficado em três, acredita-se que os alunos requeriam um tempo maior.

#### ⇒ Conteúdo Programático

Uma vez que se procurou solucionar uma questão possível de aplicação do Cálculo (Função, Limite, Derivada e Integral) Não foi difícil, para os alunos, implementarem o conteúdo desenvolvido.

Isto justifica o fato de 19 grupos (57 alunos - 95%) aplicaram mais de 50% do conteúdo matemático desenvolvido.

#### ⇒ Grau de coerência na análise do Modelo

Observa-se que a maioria dos grupos - 80% fez uma análise bastante coerente do Modelo. Isto se justifica, principalmente devido a orientação da autora desta tese, para cada grupo, em particular, a utilização do Modelo Matemático para desenvolver o conteúdo e, também, para aqueles que entrevistaram algum especialista e/ou fizeram uma visita in locu.

#### ⇒ Interesse pelo Trabalho

O fato de alguns grupos só utilizarem fonte bibliográfica e/ou a resolução de uma única questão não implica, necessariamente, baixo interesse. Isso porque, a carga horária do curso aliada a inexperiência do aluno nesse tipo de trabalho a falta de tempo da professora para uma orientação mais intensiva, contribuíram para uma certa restrição do trabalho.

O quadro, abaixo, apresenta a média obtida em cada critério determinado para avaliar o trabalho. E o gráfico ilustra os resultados.

Quadro 5.5. Média de cada critério estabelecido

| Crítérios               | $\bar{x}$ |
|-------------------------|-----------|
| questões adequadas      | 0,6135    |
| Formulação              | 0,5775    |
| conteúdo programático   | 0,775     |
| grau de coerência       | 0,731     |
| interesse pelo trabalho | 0,609     |

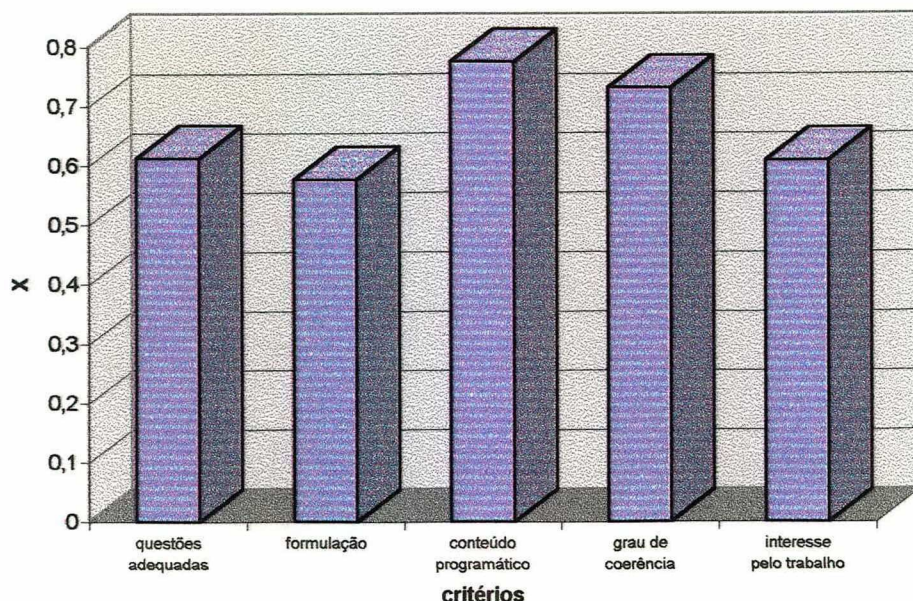


Figura 5.6: Média de cada critério estabelecido

Apesar de que os indicadores adotados merecerem uma avaliação os trabalhos de Modelagem de Cálculo I - E. Civil, comprovam que a maioria dos alunos conseguiram elaborar um Modelo, embora restrito a sua formação escolar, porém, a partir de uma pesquisa, um levantamento e formulação de questões, a devida aplicação do conteúdo matemático e a coerência na análise do resultado. (Vide anexo VIII)

Pela etapa em que esses alunos se encontram no Curso de Engenharia - 1º semestre, a formação matemática e a inexperiência, anterior, de um trabalho como este, considera-se que a Modelagem propicia - a *promoção do conhecimento e habilidade para utilizá-lo* - o conceito de qualidade para o ensino de matemática.

### 5. 2.3. Avaliação do Programa Alternativo

#### 5.2.3.1. Descrição dos Resultados

O quadro, abaixo, mostra os programas de Cálculo I, vigente e o alternativo versus o tempo dispensado.



Quadro 5.6. Programas de Cálculo I vigente e alternativo

| Tempo (h/a) | Programa vigente de Cálculo I | Programa Alternativo          |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0 - 5       | 1. Números Reais e Funções    | 1. Número Real e Função       |
| 5 - 10      | 2. Limite e Continuidade      | “                             |
| 10 - 15     | “                             | 2. Interpolação Polinomial    |
| 15 - 20     | “                             | “                             |
| 20 - 25     | “                             | 3. Erros/ Ajuste de Curva     |
| 25 - 30     | 3. Derivada e Aplicações      | <b>Modelagem/exercícios</b>   |
| 30 - 35     | “                             | 4. Limite e Continuidade      |
| 35 - 40     | “                             | 5. Derivada e Aplicações      |
| 40 - 45     | “                             | “                             |
| 45 - 50     | “                             | <b>Modelagem/exercícios</b>   |
| 50 - 55     | “                             | “                             |
| 55 - 60     | “                             | “                             |
| 60 - 65     | “                             | 6. Diferencial e Antiderivada |
| 65 - 70     | “                             | “                             |
| 70 - 75     | “                             | <b>Modelagem/exercícios</b>   |

O gráfico, ilustra, os dados apresentados na tabela:

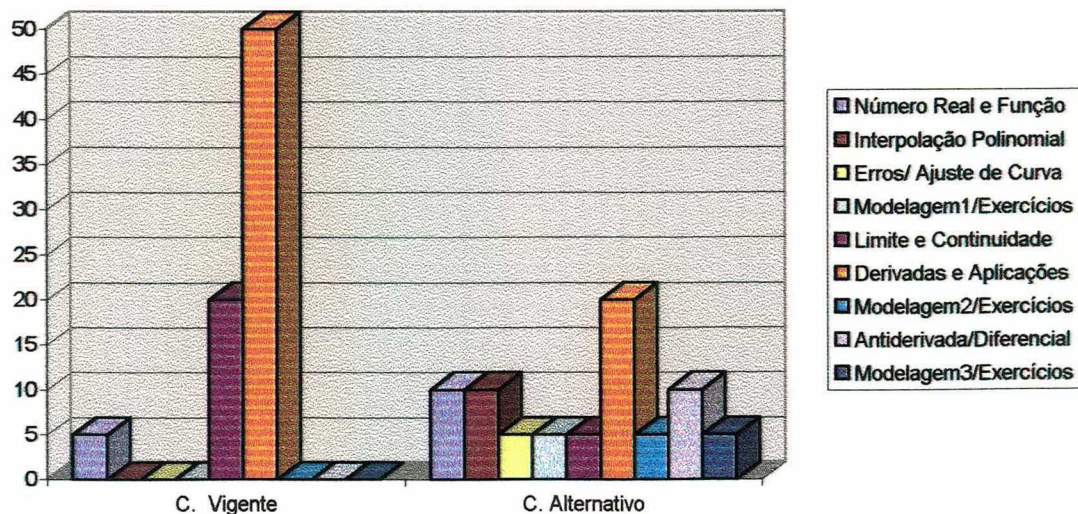


Figura 5.7: Programas Vigente e Alternativo

### 5.2.3.2. Análise dos Resultados

Pelo que se pode observar, no programa vigente são indicadas 5h/a para o Ensino de Números Reais e Funções, 20h/a para Limite e mais 50h/a para Derivada.

Cada um dos tópicos é tratado em detalhes com a apresentação e demonstração de todos os teoremas e proposições, etc.

O gráfico, abaixo, apresenta o tempo dispensado para cada tópico do programa.

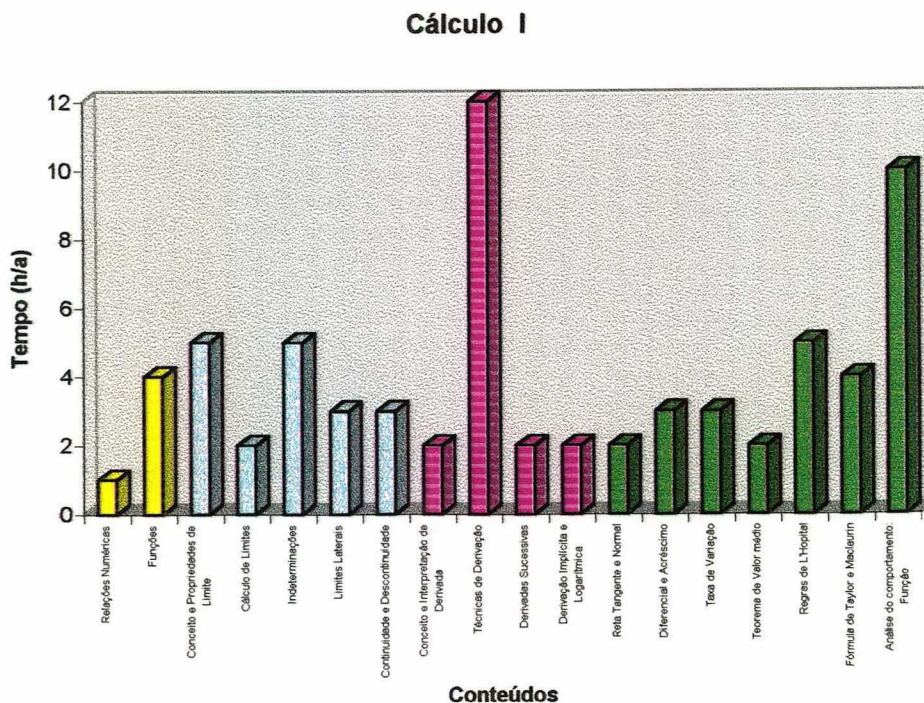


Figura 5.8: Tempo dispensado para o ensino de Cálculo I

No programa alternativo, todos os tópicos que constam no gráfico, acima, foram tratados, mas com ênfase maior no conceito e aplicação. Nesse sentido, deixou de efetuar demonstrações e reduziu o número de exemplos/exercícios com resoluções apenas mecânicas.

Ao elaborar o programa alternativo, devido a inclusão de alguns tópicos do 1 e 2 supôs necessárias 90h/a para a disciplina - Matemática I. Ao implementá-lo na disciplina Cálculo I, cuja carga horária é de 75 h/a, porém, foi possível não apenas desenvolver todo conteúdo programático como, também, do (1)Cálculo Numérico (2 e 3), do (2)Cálculo II(6) realizar o trabalho de Modelagem em 15 das 75 horas/aula.

Pode-se dizer que o programa foi devidamente cumprido.

Para uma análise sobre o comprometimento do aprendizado, frente a redução do enfoque de alguns conteúdos seria necessário realizar um acompanhamento desses alunos durante o Curso. O que, por ora, é inviável.

Como o ensino de matemática que vem sendo praticado, não tem atendido às necessidades do aluno, durante e posterior ao Curso, uma vez reformulado o programa matemático, (devido a alternância do enfoque) julga-se prudente propor algumas disciplinas de matemática, eletivas (não obrigatórias) para subsidiar o aluno, se for necessário.



#### 5.2.4. Avaliação do Método de Modelação sob o Ponto de Vista de Alunos Egressos.

Na tentativa de verificar o grau de eficiência do Método optou-se, também, neste ano de 1997 por buscar a opinião de ex-alunos que participaram desses trabalhos experimentais implementados entre os anos de 1990 a 1993. Desta forma, a maioria já estão formados ou estão cursando o último ano do Curso.

A autora desta tese, localizou cerca de dezesseis ex-alunos. Desses, cinco trabalham na FURB, dois estão no último ano da Engenharia Química fazendo o estágio, dois estão cursando pós-graduação na FURB e os demais, atuando profissionalmente na região. O ano, a disciplina que cursaram e a atual situação profissional constam da entrevista.

Não houve um critério para a escolha do ex-aluno a ser entrevistado, por duas razões:

- primeiro, porque buscava-se por uma avaliação real do método, e
- segundo, pela própria dificuldade em localizá-los.

Para viabilizar a entrevista, foi elaborado um questionário com 6 questões (vide abaixo) onde procurou levantar se o método de modelação deixou algum “vestígio”.

As entrevistas foram gravadas e, posteriormente, transcritas e encaminhadas aos entrevistados, que confirmaram, assinando-as (Vide Anexo VII).

##### 5.2.4.1. Descrição dos Resultados

⇒ Síntese da Entrevista

**Questão 1:** *O método utilizado pela professora diferiu dos métodos dos demais professores da área? Se sim, em que aspectos?*

- Todos responderam que sim, diferiu (100%).
- Principais aspectos indicados:
  - aplicação da matemática na área (100%);
  - interação e motivação dos alunos (12,5%);
  - aprender a teoria (18,8%);
  - pesquisa (12,5%);

**Questão 2:** *O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?*

- Positivo: - aplicação da matemática (100%)
  - exercícios desafiadores - raciocínio 31,2%
  - saber o que está aprendendo 75%
  - importância da Matemática 25%
  - estímulo da professora 12,5%
- Negativo: - tempo curto para realizar o trabalho 6,2%
  - não ter começado um trabalho como este no 1º semestre 6,2%
  - não houve 75%

**Questão 3:** *Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?*

- fundamentação teórica: 62,5%
- método 31,2%
- aplicação 62,5%
- aprendizagem 31,2%
- a importância da matemática para profissão hoje 25%
- o trabalho de Modelagem 37,5%
- o processo de Modelagem usado no trabalho profissional hoje 25%

**Questão 4:** *O fato de se utilizar Modelo Matemático aplicado à área (Curso) favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?*

- Todos responderam afirmativamente: 100%

**Questão 5:** *E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?*

- Todos responderam afirmativamente: 100%



**Questão 6:** *E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?*

- Todos responderam que dificultava a utilização: 16%

O quadro, abaixo, apresenta os principais aspectos positivos apontados e número de respondentes.

Quadro 5.7.: aspectos positivos da Modelação segundo uma parcela de ex-alunos.

| Aspectos Positivos                                    | Nº de Respondentes |
|---|--------------------|
| • aplicação da matemática                             | 100                |
| • compreensão do conteúdo matemático                  | 100                |
| • reconhecimento do conteúdo na disciplina específica | 100                |
| • saber o que estava aprendendo                       | 75                 |
| • fundamentação teórica                               | 75                 |
| • desenvolvimento do raciocínio                       | 31,2               |
| • importância da matemática                           | 25                 |
| • estímulo  | 12,5               |
| • o trabalho de Modelagem                             | 37,5               |
| • o processo de Modelagem, posterior ao Curso.        | 31,2               |

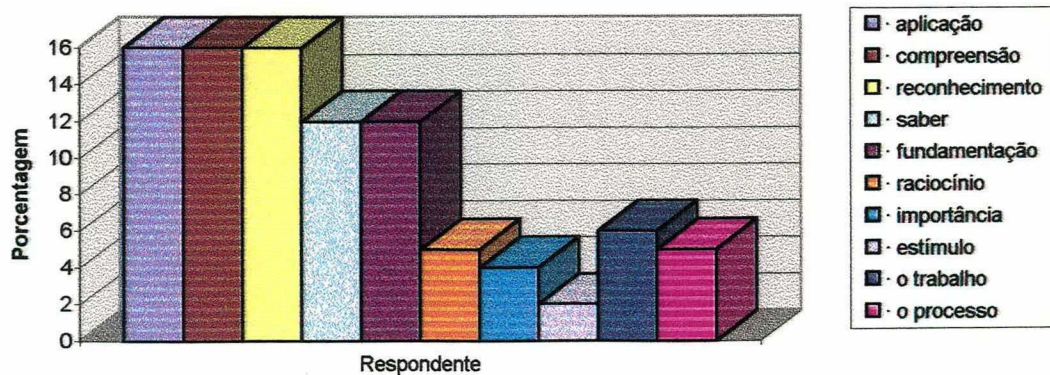


Figura 5.9.: Principais aspectos positivos

#### 5.2.4.2. Análise dos Resultados

Salientando, que em um Curso de Engenharia:

- a duração é de cinco anos, com um número mínimo de 65 disciplinas a serem cursadas, equivalendo a 3600 horas (no mínimo);
- as disciplinas de matemática são oferecidas nos dois primeiros anos;
- cada disciplina de matemática corresponde, no mínimo a  $1/65$  das disciplinas ou  $75/3600$  do número de horas/aula.

Desta forma, vale destacar que todos os ex-alunos:

- lembraram da essência do processo utilizado, apesar do tempo decorrido (entre 4 e 7 anos) e da fração, que a respectiva disciplina representa no Curso;
- apontaram como aspecto diferenciador e também, positivo a utilização de Modelos Matemáticos (da área), para ensinar o conteúdo programático;
- afirmaram que o método facilitou a aprendizagem da matemática e foi mais fácil utilizar estes conteúdos nas disciplinas profissionalizantes.

### 5.2.5. Considerações sobre Modelação - Modelagem Matemática no Ensino Superior

A Modelação Matemática na Graduação apresentou poucas desvantagens, passíveis de serem sanadas e suficientes vantagens. Abaixo, as principais desvantagens e vantagens.

#### • Desvantagens

1. Para as turmas com mais de 30 alunos, o que implicou na formação de mais de 5 grupos, o tempo disponível na sala de aula foi insuficiente para uma adequada orientação.

Uma vez que destinavam-se 2 h/a ou 3h/a, consecutivas, (100 min/150min) para orientação, o tempo médio possível por grupo era de menos de 20 minutos.

Por exemplo, para a turma de Cálculo I da Engenharia Civil (1997), com 60 alunos - 20 grupos, o tempo médio dispensado para orientação de cada grupo era de 7,5 minutos. Nessas condições, muitos grupos buscaram por uma orientação da autora desta tese fora do horário de aula.

#### 2. Curso Noturno

Alunos de curso noturno, em geral, trabalham, o que dificulta um trabalho de pesquisa bem como obter uma orientação fora do horário da aula.

Vale destacar que quanto maior o tempo que o aluno dispuser para o trabalho, em consonância com uma orientação adequada, melhor será a qualidade do trabalho e do exercício da criatividade.

- Vantagens:

1. Em relação ao Modelo norteador.

- ⇒ propiciou ao aluno uma melhor compreensão dos conteúdos desenvolvidos;

- ⇒ melhorou o grau de interesse do aluno pela matemática, devido à aproximação com a área a fim e aplicação;

- ⇒ permitiu maior segurança a professora na condução das aulas, facilitando, sobremaneira, 'prever'/determinar um tempo para ensinar matemática, para apresentar outros exemplos e para retornar ao modelo norteador, resolvendo-o e avaliando-o.

2. Em relação ao trabalho

- ⇒ levou o aluno:

- a atuar/fazer e não apenas receber pronto sem compreender o significado do que estava estudando;

- a fazer pesquisa, uma atividade pouco comum, apesar de estar inserido numa "Universidade";

- a imprimir conhecimento, criatividade e senso crítico, principalmente, na formulação e validação do Modelo;

- a interagir e se inteirar dos trabalhos dos demais grupos, no seminário;

- a aplicar as normas da Metodologia Científica, (disciplina que fazem no 1º semestre) ao elaborar uma exposição escrita do trabalho.

- ⇒ permitiu à professora:

- estar mais atenta às dificuldades do aluno.

- tomar ciência dos trabalhos, de forma gradual, em especial, no momento em que o orientava.

Os resultados apresentados destes dez cursos com uma pontuação acima de 61,8%, (secção áurea) definido como ponto áureo, ou seja, eficiente para o que se propõe mais os trabalhos de Modelagem realizados pelos alunos de Cálculo I da Engenharia Civil, a adequabilidade do programa alternativo e as entrevistas dos ex-alunos vêm constituir uma forte defesa sobre a viabilidade de se utilizar a Modelação Matemática como um **método eficiente para o ensino-aprendizagem de matemática** não apenas nos cursos de Engenharia, como também, em outros cursos do Ensino Superior.

Essa pesquisas realizada, sobre Modelação e Modelagem Matemáticas no Ensino Superior, demonstraram que a adoção de modelos matemáticos no ensino, seja na forma de apresentação seja, no processo de criação, adequadamente dimensionados à realidade das comunidades escolares, é um meio que propicia ao aluno a atingir melhor desempenho, tornando-o um dos principais agente de mudanças.

O professor que se dispor a adotar essa proposta deve ser pretensioso, aberto, disposto a conhecer e aprender uma vez que a Modelagem e a Modelação Matemáticas abrem caminhos para descobertas significativas.

### 5.3. Avaliação das Atividades Desenvolvidas com Professores

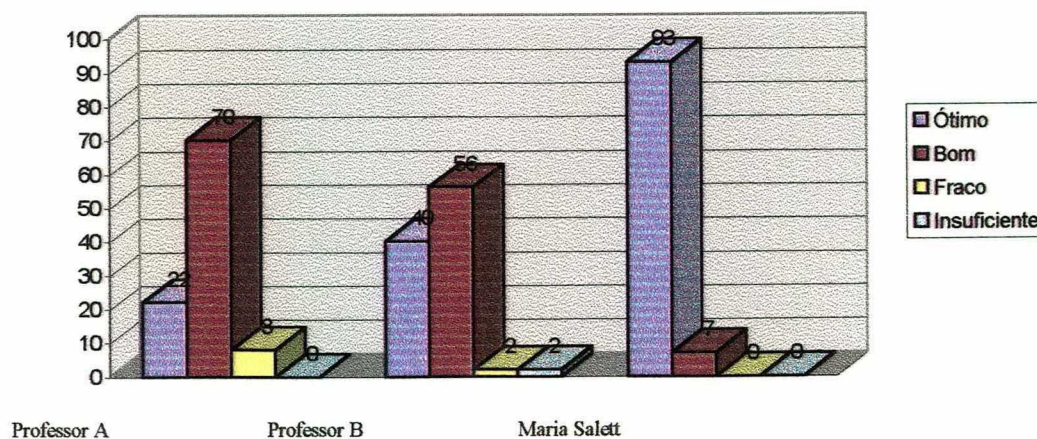
Nesta seção, serão apresentadas às avaliações referentes as atividades desenvolvidas com professores neste 2º semestre de 1997.

O Curso de Extensão - *Projeto Professor Competente* - FERJ - Jaraguá do Sul-SC e o Curso de Pós-Graduação, *Educação Matemática* - UNOESC - Chapecó-SC, serão apresentados os instrumentos e resultados da avaliação feitos pelas próprias coordenações dos Cursos em questão. Quanto ao Seminário realizado no Departamento de Matemática da FURB - Blumenau-SC e o Curso de Pós-Graduação - *Metodologia e Aprendizagem na Educação* - FERJ- Jaraguá do Sul-SC, serão utilizados respostas dos participantes ao questionário aplicado pela autora da tese.

#### 5.3.1. Curso de Educação Matemática do Projeto Professor Competente.



O gráfico, abaixo, representa o grau de satisfação dos participantes em relação as palestras ministradas. Esse resultado foi encaminhado pela Coordenação do Evento à autora desta tese para que tomasse ciência sobre seu desempenho, na avaliação dos alunos no Curso.

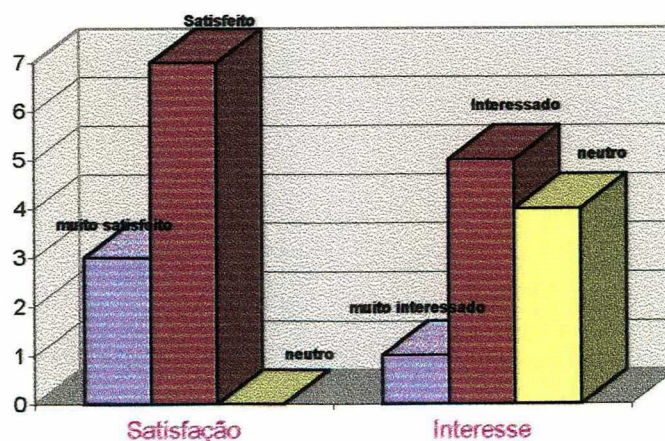


Fonte: Coordenação do Projeto Professor Competente - FERJ - Jaraguá do Sul -SC

Acredita-se que o resultado apresentado, acima, deva-se ao fato da autora desta tese apresentar “caminhos possíveis” para o professor aprender para ensinar. Sem contar que os Modelos Matemáticos apresentados possuem uma “beleza” que encanta o público, em particular, àqueles professores que tem uma visão “negativa” da Matemática.

### 5.3.2. Seminário do Departamento de Matemática - FURB

Apresentam-se, abaixo, os resultados referentes ao grau de satisfação dos participantes pelos seminários e devido interesse em organizar um trabalho conjunto:



Nem todos os professores puderam participar de todos os seminários, porém, há um certo interesse dos que atuam nos cursos de Engenharia, em particular, para uma melhoria na atuação.

Durante o seminário a autora desta tese procurou enfatizar que a melhoria do ensino deve começar pela interação da equipe de professores e pela consciência da questão fundamental “aprender para ensinar” - um processo dinâmico e contínuo.

### 5.3.3. Curso de Pós-Graduação em Educação Matemática

Nesta seção, serão utilizados os resultados da avaliação apresentados pela Coordenação do Curso. O objetivo da avaliação é “levantar subsídios para melhoria dos Cursos de Pós-Graduação”. Para isso é feita uma “avaliação geral da disciplina”; “da atuação do professor” e “avaliação global”.

Quadro 5.8.: Resultados da Avaliação de desempenho da professora.

| <b>AValiação GERAL DA DISCIPLINA</b>   | <b>Fraco%</b> | <b>Regular%</b> | <b>Bom%</b> | <b>Ótimo%</b> |
|--|---------------|-----------------|-------------|---------------|
| Conteúdo programado  |               | 12,5            | 54,17       | 33,34         |
| Planejamento do programa   |               |                 | 70,83       | 29,17         |
| Desenvolvimento do programa  |               |                 | 54,17       | 45,83         |
| Qualidade do material de leitura   |               | 8,34            | 45,83       | 45,83         |
| Recursos Didáticos utilizados  |               | 12,5            | 50          | 37,50         |
| Tratamento dado ao assunto   |               | 4,17            | 50          | 45,83         |
| Inserção da disciplina no Curso  |               |                 | 41,67       | 58,33         |
| <b>PROFESSOR:</b>  |               |                 |             |               |
| Grau de Comunicação  |               |                 | 20,83       | 79,17         |
| Domínio do Conteúdo  |               |                 | 12,5        | 87,5          |
| Planejamento da aula   |               | 8,34            | 58,33       | 33,33         |
| Relacionamento com os alunos   |               |                 | 16,67       | 83,33         |
| Clareza e objetividade   |               | 4,17            | 25          | 70,83         |
| Atendimento às questões formuladas   |               | 8,34            | 37,5        | 54,16         |
| Cumprimento da carga horária prevista  |               | 4,17            | 45,83       | 50            |
| <b>AValiação GLOBAL</b>  |               |                 |             |               |
| Aplicação dos conhecimentos no seu atual e ou futuro desempenho profissional |               |                 | 50          | 50            |
| Relação dos assuntos trabalhados com outras áreas e níveis de conhecimento   |               | 4,17            | 54,16       | 41,67         |
| Qualidade e quantidade de informações novas                                  |               |                 | 50          | 50            |
| interesse despertado pelos alunos  |               |                 | 37,5        | 62,5          |

Fonte: Coordenação de Pós-Graduação - UNOESC- Chapecó-SC



Os gráficos, abaixo, ilustram os resultados da avaliação.

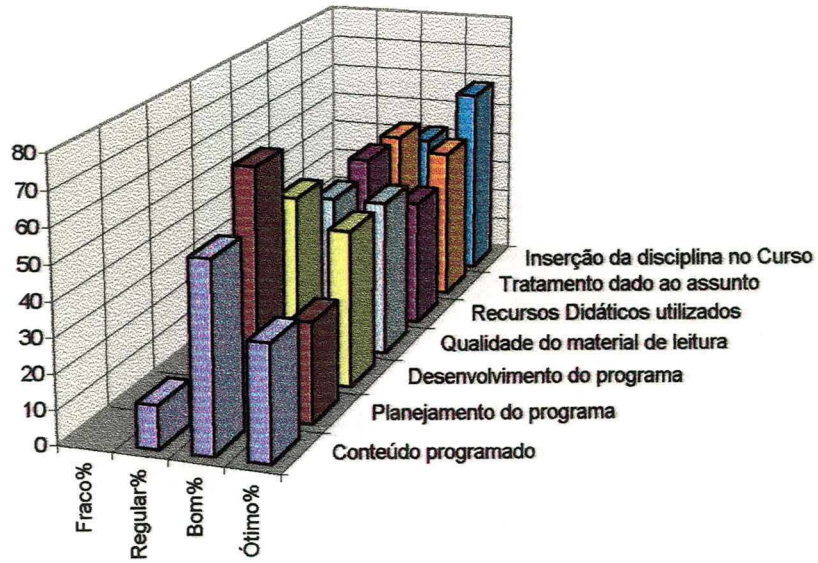


Figura 5.9 AVALIAÇÃO GERAL DA DISCIPLINA

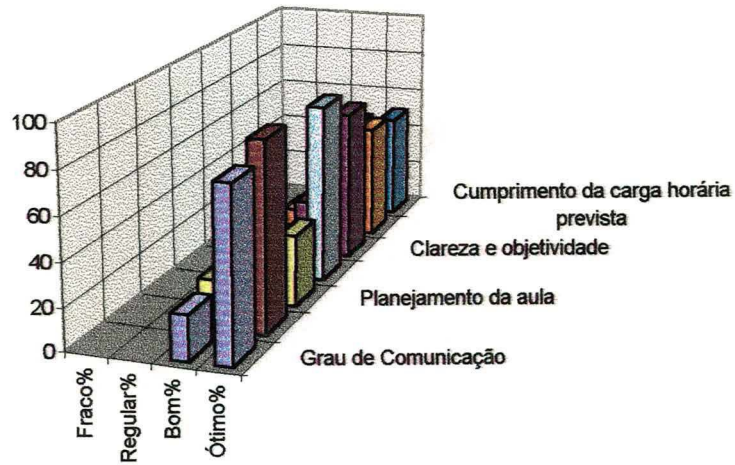


Figura 5.10: Desempenho da professora

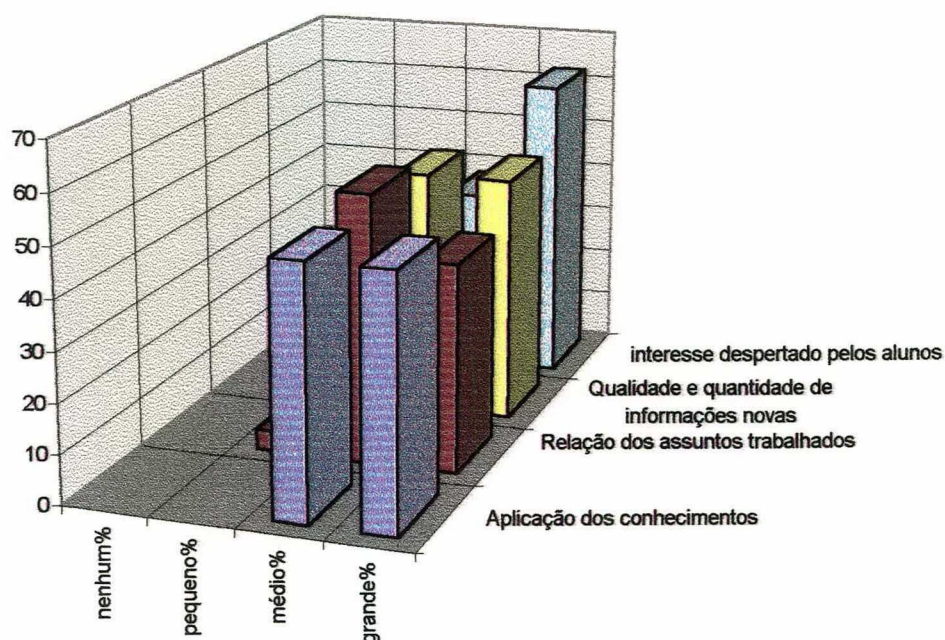


Figura 5.11: Avaliação Global

#### 5.3.4. Curso de Pós-Graduação em Metodologia e Aprendizagem

Abaixo, as respostas dos alunos do curso ao questionário elaborado pela autora desta tese, para verificar o grau de satisfação do quanto ao método de ensino adotado.

Os critérios foram traduzidos nas seguintes questões:

- 1º) Avaliando o conteúdo matemático apresentado, seu aprendizado foi:
- 2º) O método de ensino adotado propiciou que seu desempenho fosse:
- 3º) A orientação para a elaboração do trabalho de Modelagem foi:
- 4º) O trabalho de Modelagem que você executou, em relação a sua atuação profissional e/ou acadêmica, pode representar:

O quadro, abaixo, sintetiza as respostas:



Quadro 5.9: Grau de Satisfação dos alunos em relação a disciplina

|                           | <b>aprendizado</b> | <b>Método</b> | <b>Orientação</b> | <b>trabalho de Modelagem</b> |
|---------------------------|--------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| excelente/muito relevante | 3                  | 1             | 10                | 9                            |
| bom/relevante             | 10                 | 13            | 4                 | 5                            |
| regular/indiferente       | 1                  | -             | -                 | -                            |
| fraco/ irrelevante        | -                  | -             | -                 | -                            |
| Insuficiente              | -                  | -             | -                 | -                            |
| nº de respondentes        | 14                 | 14            | 14                | 14                           |

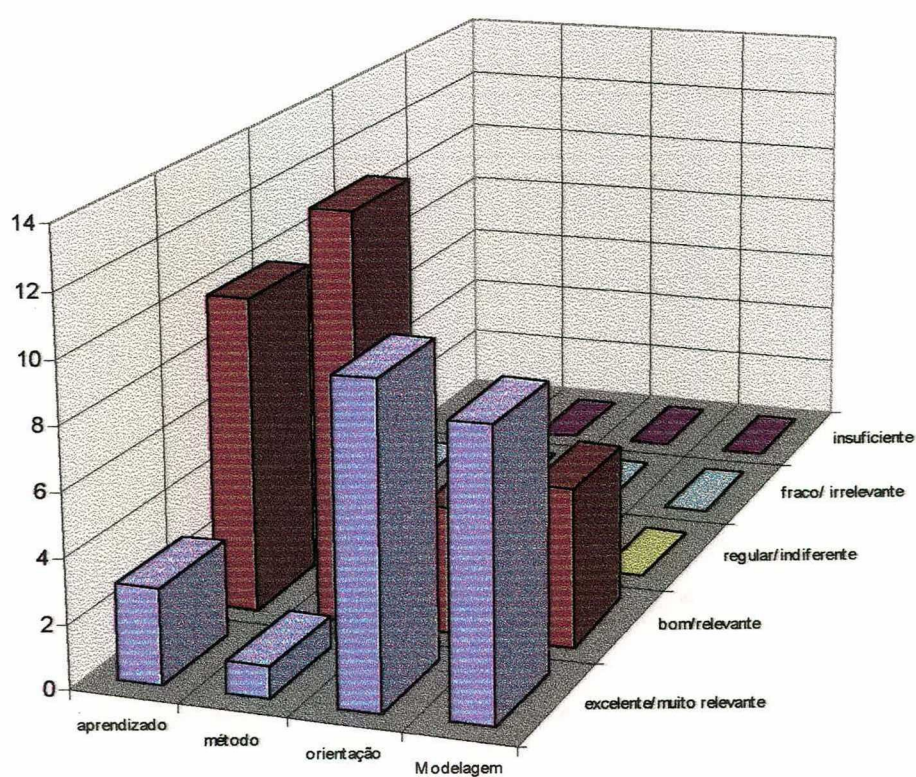


Figura 5.11: Grau de Satisfação dos alunos em relação à disciplina

## 5.4. Considerações Finais

Pode-se compreender por todo exposto, que a Modelação e Modelagem oferecem recursos para uma implementação de melhoria no ensino-aprendizagem em qualquer etapa escolar, em qualquer curso, em qualquer disciplina, não necessariamente Matemática.

A forma de abordagem, partindo de um tema de interesse do aluno/professor para chegar a “teoria” que possa sustentar este e outros temas e posterior, um retorno da teoria a situação que gerou o processo, propicia um aprendizado significativo.

A trajetória proposta neste método leva o aluno/professor também a compreensão dos elementos menos tangíveis, como valores, objetivos, ideais.

A principal tarefa agora consiste, não teoricamente apenas, mas praticamente, em promover a ação dos professores envolvidos em prol da sociedade futura.

Entende-se que aqueles que orientam esforços para que esse propósito, fazem-no ensinando os demais a bem aproveitar o tempo, descobrindo e integrando as necessidades.

A conveniente utilização do Ensino concede, assim, a chave para uma estrutura social com qualidade.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 6.1. Conclusões Gerais

A velocidade com que vêm sucedendo-se novas mudanças tecnológicas ao mesmo tempo em que se processam graves conseqüências de ordem ambiental e social lançam desafios aos engenheiros que irão trabalhar no início do próximo século.

“As demandas da sociedade moderna são atendidas por tecnologias resultantes da aplicação do conhecimento científico que deixou de ser um bem cultural para tornar-se insumo para o sucesso econômico”(PIRRÓ E LONGO, 1996: 10).

Nas mudanças cada vez mais rápidas e de maior intensidade o que permanece é o conhecimento. Isto requer que o processo de ensino-aprendizagem seja direcionado para atingir esse objetivo.

Para tanto, o Ensino deve dispor de recursos metodológicos que auxiliem o futuro profissional a obter um conhecimento mais adequado, mais crítico e mais desvendador dos significados.

Conforme (FÁVERO, 1986:52) “a universidade deve se voltar e se preocupar com a criação, a produção de conhecimento, a busca de saber, necessita também pensar em como disseminar competentemente esses conhecimentos”.

Não basta citar isso, porém, como uma norma vaga. Sabe-se o quanto é complexa uma estrutura educacional, seja pelo número de pessoas envolvidas, seja pelo tempo de escolaridade, seja pelo currículo oficial - o entrave inercial das instituições.

Na tentativa de definir uma metodologia e um currículo de matemática que atendam às necessidades de formação do futuro engenheiro e, ao mesmo tempo, considerando a estrutura educacional vigente, a autora desta tese, num primeiro momento, procurou fundamentar-se em quatro áreas: Gestão da Qualidade; Modelagem Matemática; História do Ensino de Matemática nas Engenharias do Brasil e o Currículo Vigente.

1. A área de Gestão da Qualidade mostrou que o ponto básico para atingir melhoria, em todos os setores, em particular para o Ensino, é que defina objetivos e trace planos para atingir os resultados desejados.

Nesse caso, se cada curso concentrar-se em objetivos específicos e planejar sua execução, utilizando os métodos necessários para vencer os obstáculos temporários e se a comunidade (docente e discente) apreciar a necessidade de certa mudança pode-se, então, obter melhoria.

Esta sustentação teórica permitiu à autora desta tese conceituar qualidade para o ensino de matemática, em particular na Engenharia, além de propor, implantar e avaliar métodos de ensino e de aprendizagem de matemática e elaborar um plano para implantação e gerenciamento de qualidade para o Ensino em geral e Cursos de Engenharia em particular.

2. Uma análise sobre a história do ensino da matemática na Engenharia no Brasil permitiu compreender onde e a partir de que momento encontram-se a fragilidade e a descontinuidade dos programas de matemática, as causas que contribuíam para deficiência da formação profissional e as conseqüências da implantação das Faculdades de Filosofia, na década de 30 e da Reforma Universitária, em 1968.

3. Por outro lado, uma pesquisa sobre o currículo vigente indica que a questão curricular é pequena frente ao ensino praticado. A prática que vem sendo utilizada nos Cursos de Engenharia, em particular de matemática, tem-se revelado desajustada e inadequada em relação ao ensino e aprendizagem. Não se levam em consideração as questões fundamentais relacionadas com o que se ensina, quem ensina e a forma como se ensina.

O ensino, em geral, não propicia ao aluno habilidade para interpretar e solucionar problemas. Isso porque, são passadas ao aluno (futuro engenheiro), apenas técnicas de resolução sem que ele compreenda sua gênese e a devida aplicação.

Assim, para que se garanta um desenvolvimento da produção do conhecimento, o Curso não se deve limitar a uma mera transposição do currículo. É fundamental que se reorganizem as disciplinas, de tal forma a articulá-las, que se busquem os elementos e o apoio que permitam articular teoria e prática e que se estabeleça uma relação com o trabalho do futuro engenheiro. Exigindo, assim, de cada professor, uma reformulação da disciplina, do conhecimento, do currículo, do ensino e do Curso.

Para poder tornar a Matemática do Curso de Engenharia um instrumento eficaz na formação do engenheiro, é imperativo ao ensinar que se enfatizem os princípios básicos matemáticos que vão garantir a sobrevivência do profissional da Engenharia. Uma sólida e ampla formação de alguns dos princípios físicos da Engenharia e da teoria que os descrevem são fundamentais.

Nesses termos o professor de Matemática, compreendido em sentido amplo, deve incorporar novas tecnologias à sua prática e relacioná-las estreitamente com a linguagem matemática para poder dar sustentação ao engenheiro.

4. Neste cenário, uma análise sobre a Modelagem Matemática mostra ser um processo que vem sendo utilizado há séculos, em toda ciência em geral e na área de Engenharia em particular. A história da Ciência testemunha o número de vezes em que a Modelagem se fez presente no processo criativo.

Este fato tem levado, nas últimas décadas, a um movimento em prol da Modelagem Matemática como estratégia de ensino de matemática. Dentre os defensores no Brasil, destacam-se BASSANEZI e D'AMBRÓSIO.

Em entrevista concedida à autora desta tese no mês de outubro/97 afirmaram:

*“Muitos cursos de matemática, em particular o Cálculo, devem ser pensados tendo em vista o serviço que prestam à comunidade acadêmica. Um curso de Cálculo para Engenharia, por exemplo, deveria dar uma ênfase maior nas aplicações que motivam o estudo de Matemática e dão um sentido prático ao que o aluno aprende.*

*O Cálculo é o estudo de como se podem expressar “mudanças” (variações) matemáticas. A investigação das variações nos conduz ao estudo de modelos Matemáticos que facilitam a análise dos pontos críticos (extremos) e permitem fazer previsões (equação diferencial ou de diferenças) dos fenômenos considerados.*

*O que vem acontecendo na maioria das Universidades é o desenvolvimento dos cursos de Cálculo, ou outros, de maneira completamente desvinculada da realidade (área) onde o curso no conteúdo do ponto de vista teórico, deixando as aplicações relevantes para serem feitas pelos profissionais no caso os engenheiros, em cursos mais avançados. O que propomos é uma mudança de atitude dos professores de matemática, especialmente os de Cálculo, no sentido de apresentar esta disciplina não como ferramenta a ser utilizada no futuro mas mostrando sua beleza e importância nas*

*aplicações aos fenômenos ligados a engenharia. Isto serviria não apenas para uma motivação da própria matemática como daria maior importância ao próprio Curso de Engenharia. A Modelagem Matemática, neste caso, seria a estratégia a ser utilizada para atingir este objetivo.* (BASSANEZI, Rodney C.- IMECC - UNICAMP , 25/10/97).

*“Modelação e Modelagem no Ensino de Matemática na Engenharia. Não só acho ser esse o caminho, como acho que insistir no Cálculo propedêutico é suicida. A falta de aproveitamento da situação atual é crescente. Parece não haver medidas que melhorem o aproveitamento. É necessária uma mudança conceitual na educação, particularmente na Educação Matemática. Não sei como a Matemática para as aplicações poderá sobreviver se se insistir no desenvolvimento do formal para depois fazer alguma coisa com o que ensinou. É um fato, verificado por muita pesquisa, que é muito difícil aplicar a novas situações o que foi ensinado descontextualizado. Muito do que se faz resulta de uma forma de metáfora que se apoia em experiências anteriores. Essa é a base da pedagogia moderna, como defendida, por exemplo, por Seymour Papert (The connected Family, 1996). A coisa vale não só para crianças, mas para todas as faixas de aprendizado. Enriquecer as oportunidades de se fazer algo constitui uma preparação matemática. A história da Matemática aplicada, desde Arquimedes, nos mostra que as teorias só se justificam no momento em que elas estão servindo para algo. Essa é a essência da Modelação e da Modelagem um pouco como o verso do Antônio Machado “caminante no hay camino, se lo hace al andar”. Uma vez definido o problema, mais Matemática se justifica à medida que se avança e se refina o problema. O mundo real é explicado e trabalhado (esse é o sentido de Matemática) pela Matemática, e portanto precede a Matemática, e não vice-versa.*

*A Matemática está subordinada ao mundo real, e não vamos “inventar” um mundo para exemplificar uma Matemática já exposta, organizada. Não seria uma estrada real, como a que Antônio Machado sugere. O ensino da Matemática para as Engenharias - como para todas as áreas - não pode abrir mão do criativo e insistir na transmissão de um conhecimento congelado. Modelagem e Modelação são essenciais e criativos.*

*Tive oportunidade de acompanhar a renovação dos currículos das Engenharias financiadas pela National Science Foundation. A mais notável - e acredito a primeira - é da Drexel University, em que o ensino propedêutico de Matemática, Física e*

*Química é eliminado. Seria como o aluno já entrar no 3º ano e se envolver em projetos (Modelagem e Modelação) a partir dos quais vai se introduzindo, absolutamente contextualizados conhecimentos básicos. Esses conhecimentos são trabalhados, aprimorados, refinados na medida em que vão se mostrando insuficientes para lidar com o problema real, que é a essência da Modelagem.*

*Desnecessário dizer que tudo o que disse acima sintetiza meu apoio inequívoco ao uso de Modelagem e Modelação como estratégia de Ensino de Matemática, em particular, Cursos de Engenharia”.( D’AMBRÓSIO, Ubiratan, - IMECC - UNICAMP, 09/10/97)*

A Modelagem, como disciplina, vem sendo implantada em diversos cursos de Engenharia do País e Exterior. Como estratégia de ensino de matemática, porém, há algumas experiências vindo sendo realizadas, em particular, no Ensino Fundamental. A autora desta tese vem atuando nessa pesquisa desde 1986. Experiências realizadas nos Cursos Fundamentais e Médio permitiram definir uma estratégia que denominou Modelação Matemática.

Como a Modelação Matemática, no ensino Fundamental e Médio, desempenhou um papel importante uma vez que coloca o aluno diante de uma situação-problema e o direciona a estruturar-se em recursos técnicos para obter solução à situação pesquisada e considerando que um determinado ensino de matemática nestas condições vai ao encontro das expectativas na Engenharia, a autora desta tese, em consonância com a fundamentação teórica citada, adaptou este método para o ensino e aprendizagem de Matemática para Cursos de Engenharia.

Nessa perspectiva, o processo de produção de conhecimento matemático na formação de Engenheiros deve ser uma ação conjunta entre alunos, professores e coordenadores de Curso e suas tentativas de responder aos desafios de suas realidades em vista de uma atuação profissional eficiente.

Apoiando-se nas considerações, acima, tendo em conta o suporte teórico (Cap.I) e as propostas e devidas aplicações e avaliações de métodos para o ensino e aprendizagem de Matemática passa-se, a seguir, a apresentar as respostas às questões básicas de pesquisa; a validade dos pressupostos; o alcance dos objetivos; a validade da metodologia proposta; à análise dos resultados experimentais e as recomendações.

## 6. 2. Respostas às Questões Básicas de Pesquisa

Ao iniciar esta tese algumas questões básicas emergiram sobre a possibilidade de melhorar o ensino-aprendizagem de Matemática na Engenharia.

As questões levantadas referiam-se sobre quais instrumentos da Qualidade Total e de que forma poderiam auxiliar na elaboração de um plano de melhoria para o ensino de Matemática de Cursos da Engenharia e sobre que currículo e que método poderiam favorecer o aprendizado matemático do futuro engenheiro.

A fundamentação teórica em conjunto com os trabalhos experimentais implementados e avaliados permitem responder às questões básicas de pesquisa levantadas:

1. As ferramentas da Qualidade Total podem e devem auxiliar na elaboração de um plano de ação para os cursos de engenharia, envolvendo alunos, professores, instituição e empresas.

Para isso, é essencial a formação de um grupo, comprometido com a melhoria do Ensino. Esse grupo será o germe do movimento. Sua ação é que poderá tornar a Comunidade (alunos, professores, administração, empresas) envolvida e comprometida na efetuação de um diagnóstico *a priori* e na prescrição de ações (objetivos, metas, desenvolvimento), *a posteriori*.

2. Para efetuar uma avaliação é imperativo que se tenham claros os objetivos que quer atingir. A partir disso, a Qualidade Total aponta para a definição de critérios, instrumentos, indicadores e escala que possam “medir” ou pelo menos mostrar a tendência do aprendizado do aluno *versus* a eficiência do ensino.

3. O ensino de Matemática na Engenharia pode tornar-se uma atividade interdisciplinar bastando para isso verificar em quais áreas da própria Engenharia a matemática é uma ferramenta.

4. O conteúdo matemático que pode levar a uma formação de qualidade dos futuros engenheiros é aquele que sustenta a tecnologia vigente e que lhe dará sustentação para um aprimoramento das novas tecnologias. Isso mostra que o currículo da Engenharia, em particular, de matemática não pode ser estático. Somente com um entrelaçamento com outras áreas será possível torná-lo dinâmico, fazendo com que o “gradiente” aponte para o que é mais relevante.

5. Este entrelaçamento permitirá dimensionar e programar um Curso de Engenharia para que seja capaz de atender tanto às necessidades da sociedade quanto orientar os alunos para uma postura crítica frente ao crescente domínio tecnológico.



6. A Modelação Matemática é um método que cria oportunidades para o aluno lidar com questões relativas à Engenharia desde o Curso Básico.

7. Considerando que o tempo do professor de matemática pode ser exíguo para uma interação com as áreas da Engenharia, em curto espaço de tempo, no Capítulo II, apresenta-se uma proposta que pode auxiliá-lo nesse sentido.

### 6. 3. Validade dos Pressupostos

As pesquisas, que derivam dos trabalhos experimentais realizados do Ensino Fundamental ao Superior e da fundamentação teórica, permitem a autora desta tese considerar como verdadeiros os seguintes pressupostos apontados no início da tese:

1. As disciplinas de Matemática do Curso de Engenharia, conforme pode ser verificada no Capítulo II estão defasadas e são tratadas de forma fragmentada ou com pouco significado.

2. A formação dos professores de Matemática em geral, não está adequada para atender às necessidades da formação básica dos engenheiros. Dentre as causas apontadas estão a criação dos Cursos de Filosofia na década de 30, a qual separou o Curso de Matemática da Engenharia e a departamentalização ocorrida com a Reforma Universitária em 1968.

3. A bibliografia disponível de matemática não apresenta um número suficiente de aplicações nas mais diversas áreas de Engenharia que possa facilitar ao professor uma melhor interação com tópicos da Engenharia.

As aplicações da matemática na Engenharia apresentadas em alguns livros de matemática não são suficientes para dar embasamento aos professores sobre a área, nem tampouco segurança para que proponham aos alunos uma pesquisa e um aprofundamento no assunto. Isso dificulta ao professor, principalmente, se não dispõe de tempo hábil para isso e se não há qualquer interação entre o corpo docente e a coordenação.

4. A Matemática oferecida nos primeiros anos do Curso de Engenharia desmotiva os alunos para o aprendizado, face à distância de sua utilização pelas disciplinas específicas, colaborando com o índice de reprovação.

Isso ocorre, também, porque raramente o aluno é colocado diante de situações-problemas da engenharia que o levem a pensar/questionar/formular e então verificar a importância da Matemática para resolução. A ausência de significado da matemática apresentada contribui para que o aluno esqueça ou não reconheça quando lhe é solicitada nas disciplinas específicas.

5. A utilização da Modelação Matemática como estratégia no ensino de Matemática aproxima o aluno da realidade da engenharia desde os primeiros semestres do Curso.

6. A Modelação Matemática possibilita aos alunos e também aos professores a superação do modelo cartesiano uma vez que inclui aspectos da realidade, o que sem dúvida, aponta para uma melhoria da qualidade de ensino.

Não se trata apenas de uma simples aplicação da Matemática. A melhoria do ensino está no fato de que a Modelação é um processo dinâmico que contribui, sobremaneira, para a melhoria do conhecimento do aluno e também do professor.

7. A estrutura da Qualidade Total (diagnóstico, planejamento, desenvolvimento e avaliação) permite definir a Modelação como um método para o ensino de matemática no Curso Superior; definir uma estratégia para um professor aprender Modelação e Modelagem para poder ensinar matemática, utilizando desse método e também nortear a elaboração de um plano de melhoria para o Curso de Engenharia, integrando os professores de disciplinas básicas e específicas, a Instituição e as Empresas.

## 6.4. Alcance dos Objetivos

Frente à perspectiva de contribuir, qualitativamente, para área de matemática da Engenharia, foram propostos Objetivos Geral e Específicos. Passa, inicialmente, a avaliar os Objetivos Específicos.

1. Conforme pode ser verificado nos capítulos anteriores, foi definido, implantado e avaliado um método de ensino de matemática - Modelação Matemática no Ensino Superior - que permite tornar a matemática um instrumento efetivo das disciplinas específicas dos Cursos de Engenharia e também uma reestruturação do programa matemático dos referidos Cursos.

2. A avaliação da eficiência do método - Modelação Matemática - foi baseada nos trabalhos experimentais, tendo como indicadores o desempenho dos alunos na disciplina, o grau de satisfação dos alunos participantes e de alunos egressos, o desempenho de um grupo de alunos na realização do trabalho de Modelagem e na adequação de um dos programas alternativos propostos.

Para isso foram feitas:

2.1. uma análise dos trabalhos experimentais, realizados nos Cursos da Graduação da Universidade de Blumenau - FURB, em especial, os Cursos de Engenharia Civil e de Química, de Economia, de Química e de Arquitetura, entre os anos de 1990 e 1993;

2.2. uma pesquisa através de questionário junto a alunos participantes, para verificar o grau de satisfação quanto ao método de Modelação aplicado;

2.3. uma entrevista a 16 alunos egressos, que participaram dos trabalhos experimentais, para levantar o grau de satisfação em relação ao método de Modelação;

2.4. uma análise dos trabalhos de Modelagem realizados por 60 alunos (uma turma) de Cálculo I, da Engenharia Civil da FURB; e

2.5. uma implementação de um dos programas alternativos - Matemática I, para a mesma turma de Cálculo I da Engenharia Civil da FURB.

Pode-se afirmar que os objetivos específicos (2.1) e (2.2) foram devidamente atingidos, tendo sido complementados com a implementação e avaliação de outro trabalho experimental (2.4) e do programa alternativo(2.5).

3. Foi feita apenas uma análise dos currículos de matemática dos Cursos de Engenharia Civil, Química e Elétrica da FURB.

O objetivo inicial era fazer uma avaliação crítica do currículo de Matemática dos Cursos de Engenharia da FURB. Para uma avaliação crítica, porém, seria necessária pelo menos uma entrevista pessoal, com o professor de cada disciplina do Curso e um estudo com todos esses professores para verificar como e qual Matemática utilizam.

Essa entrevista direta, bem como a reunião para um estudo em conjunto não foi possível, frente à dificuldade em definir um horário comum aos 60 professores. Frente a isso, utilizou-se um questionário.

Embora a maioria dos professores tenha respondido ao questionário, a atribuição de um peso (muito, médio, pouco) para definir “o quanto” utilizam de Matemática, não retrata quantitativamente a realidade, apenas dá uma idéia qualitativa de utilidade.

4. Essa análise, acima citada, mais a análise que a autora desta tese realizou diretamente nas bibliotecas, permitiram definir Programas Básicos de Matemática, o que supõe apropriá-los para a formação de engenheiro, em particular, Civil. Apenas um dos programas foi implementado – **MATEMÁTICA I**, e sob certa ótica, satisfatoriamente cumprido.

A análise realizada sobre o currículo mostra que:

- a avaliação de um currículo deve ser um trabalho de uma equipe, e
- para avaliar sua adequação é necessário que seja implantado e acompanhados os devidos resultados ao longo dos cinco anos do Curso.

Mesmo assim, pode-se dizer que os Programas propostos, inclusive o que já foi implementado, servem de ponto de partida para um estudo de uma Equipe.

5. Foi proposto um programa para a formação continuada de professores de Matemática que atuam em cursos de Engenharia, porém, nesse primeiro momento, só foi possível realizar um Seminário (10h) com os professores de Matemática da FURB como meio de inteirá-los das questões do ensino de Matemática na Engenharia e incentivá-los para uma melhoria. Esse Seminário propiciou um certo comprometimento dos professores de Matemática da FURB para um trabalho conjunto no próximo ano.

Além disso, foram implementados e avaliados programas de formação continuada para professores de matemática e de outras disciplinas que atuam no Ensino Fundamental, Médio e Superior.

6. Foi elaborado um plano de ação e gerenciamento para os Cursos de Engenharia, de forma que os responsáveis pelas disciplinas (básicas e específicas) do Curso de Engenharia possam estabelecer, periodicamente, metas a serem atingidas frente à realidade vigente.

Este plano não foi implantado, embora as Coordenações dos Cursos tenham se mostradas interessadas. A Universidade ainda conta com um número significativo de professores

horistas, o que não é muito favorável para uma proposta como esta, que procura o envolvimento de todos. Acredita-se, porém, que se for dado um passo da Coordenação para a formação de um Grupo comprometido com a melhoria, então, a médio prazo, haverá uma tendência de aumentar o movimento.

Esse plano, porém, foi adaptado para uma Escola Municipal de Ensino Fundamental de Blumenau-SC. Desta forma, o Projeto denominado “Qualidade no Ensino Fundamental”, está sendo implantado neste ano com a realização de um diagnóstico e o devido planejamento e, para o ano de 1998, serão feitos o desenvolvimento e a avaliação.

A pesquisa realizada permite afirmar que o objetivo geral apresentado na introdução da tese foi plenamente cumprido, ou seja, **a teoria da Gestão de Qualidade mostrou que a Modelagem e Modelação Matemáticas podem e devem ser uma ferramenta eficiente na formação de Engenheiros integrando seu aprendizado e suas necessidades profissionais.**

Esses métodos não só são possíveis de serem utilizados, como apresentam vantagens para experiência intelectual dos futuros engenheiros e dos professores, valorizando enormemente a relação ensino-aprendizagem.

Espera-se que estas propostas, além de contribuírem para a melhoria do ensino e da aprendizagem de matemática dos Cursos de Engenharia da FURB, valham como “passaporte” para uma reestruturação da matemática (currículo e método) dos demais Cursos da FURB onde a Matemática faz-se necessária. A autora desta tese tem como meta fazer um acompanhamento da atuação dos seus alunos nas disciplinas específicas do Curso após o doutorado .

## 6.5. Validade da Metodologia Proposta

Para elaborar a tese foi adotada uma Metodologia que contemplou fundamentação teórica; propostas; aplicação e avaliação propostas.

O suporte teórico foi suficiente para elaborar propostas para o ensino e aprendizagem de matemática para Engenharia e realizar a aplicação e avaliação. Foi, também, suficiente para a elaboração de um plano de ação e gerenciamento para a melhoria do ensino.

Quanto à metodologia utilizada para avaliação do currículo de Matemática na Engenharia não foi suficiente para definir um currículo efetivo, apenas fazer uma análise e elaborar proposta para ser implantada e estudada por uma equipe.

## 6.6. Análise dos resultados experimentais

Uma avaliação dos trabalhos experimentais realizados, na Graduação, utilizando-se de Modelação Matemática como método de ensino (vide seção 4, Cap. III) apresentam-se para resultados significativos, em especial, no que diz respeito a aprendizagem e motivação dos envolvidos, no caso, professor e aluno. Tendo sido validados pelos alunos egressos através de uma entrevista (vide seção 5, Cap. III).

De igual forma, a avaliação das experiências realizadas com professores de Matemática, em particular, mostra que a questão essencial está na formação. Esses professores uma vez em contato com a Modelagem e a Modelação percebem, no mínimo, a necessidade de uma maior interação com áreas do conhecimento em que a Matemática “participa”.

Os resultados dos trabalhos experimentais mostram que a Modelação Matemática como método de ensino-aprendizagem de matemática na Engenharia:

- melhora a apreensão dos conceitos, pelo fato de fazer emergir o conteúdo matemático de modelos matemáticos da Engenharia;
- estimula a participação e a criatividade, devido ao processo de questionamentos, de pesquisas e de elaboração de modelos;
- aponta ao aluno a importância da Matemática, não apenas para aplicação (instrumento) na Engenharia, como também a teoria que a sustenta;
- aproxima o aluno, ainda no ciclo básico, das disciplinas específicas do Curso de Engenharia propriamente dito;
- propicia ao professor de matemática uma interação com os problemas da Engenharia, contribuindo para um contínuo aperfeiçoamento;
- abre uma perspectiva de interação entre professores do ciclo básico com o ciclo profissionalizante, e
- permite um estreitamento entre as novas tecnologias levando a rever, questões relativas ao currículo, periodicamente.

**Tabela 6.1. Relações entre Questões, pressupostos, objetivos, Metodologia e Resultados Alcançados**

| Questões Específicas   | Pressupostos  | Objetivos Específicos  | Resultados Alcançados  |
|--|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como tornar o ensino de Matemática uma atividade interdisciplinar?</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A Modelação Matemática possibilita aos alunos e professores a superação do modelo cartesiano, ao incluir aspectos da realidade a ser vivida e aponta para uma melhoria da qualidade de ensino;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar os trabalhos experimentais, realizados em disciplinas de Matemática de cursos da graduação da FURB;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcançado</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como avaliar o aprendizado de matemática dos alunos com o auxílio das ferramentas de Qualidade?</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A Matemática oferecida nos primeiros anos do Curso de Engenharia desmotiva os alunos ao aprendizado, face da distância de sua utilização pelas disciplinas específicas. Isto acarreta alto índice de reprovação;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir, implantar e avaliar um método de ensino de matemática-Modelação Matemática- que permita a reestruturação do programa matemático dos cursos de Engenharia, tomando-a em um instrumento efetivo nas disciplinas específicas;</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcançado</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que conteúdo matemático pode levar a uma formação de qualidade dos futuros engenheiros, que estarão atuando no próximo milênio, para que contribuam para segurança do meio ambiente e Social?</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• As disciplinas de Matemática do curso de Engenharia estão defasadas e são tratadas de forma fragmentada ou com pouco significado;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar ferramentas da qualidade para verificar e avaliar, criticamente, os currículos de matemática dos Cursos de Engenharia Civil, Química e Elétrica da FURB</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcançado</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como deve ser dimensionado e programado um Curso de Engenharia para que seja capaz de atender tanto às necessidades da Sociedade quanto ensinar uma postura crítica frente ao crescente domínio tecnológico?</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A utilização da Modelação Matemática como estratégia no ensino de Matemática pode aproximar a realidade da engenharia ao aluno, desde os primeiros semestres do curso;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propor, implantar e avaliar um programa básico de matemática, apropriado para a formação de engenheiros civis, integrando recursos existentes ( bibliografia, máquinas);</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa iterativo proposto;</li> <li>• Programa iterativo I aplicado e avaliado;</li> <li>• Recomendações</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que método deve ser adotado pelo professor de Matemática para que o aluno tenha a oportunidade de lidar com questões relativas à Engenharia desde o curso básico?</li> <li>• Que estratégia permitirá ao professor de Matemática informar-se sobre as áreas tecnológicas, considerando que seu tempo é exíguo e há falta de bibliografias disponíveis que facilitem essas alterações em curto espaço de tempo?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A formação dos professores de Matemática não está adequada para atender às necessidades da formação básica dos engenheiros;</li> <li>• A bibliografia disponível de matemática não apresenta um número suficiente de aplicações, nas mais diversas áreas de Engenharia, que possa facilitar a interação por parte do professor com tópicos da Engenharia;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propor um programa para a formação continuada de professores de Matemática que atuam em cursos de Engenharia;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcançado</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como as ferramentas da Qualidade Total podem auxiliar na elaboração de um plano de ação para os cursos de engenharia, que envolva alunos, professores, instituição e empresas?</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os conceitos e as estratégias da Qualidade Total devem nortear um plano de ação no Curso de Engenharia, integrando professores de disciplinas básicas e específicas, instituição e empresas.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propor um plano de ação e gerenciamento para os cursos de Engenharia, de forma que os responsáveis pelas disciplinas (básica e específica) do Curso de Engenharia estabeleçam, periodicamente, metas a serem atingidas frente à realidade vigente.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendações</li> <li>• Qualidade para o Ensino Fundamental: proposto e implantado</li> </ul>                        |

## 6. 7. Recomendações

### 6.7.1. Quanto à Modelação Matemática no Ensino Superior

- que valha como método de ensino-aprendizagem de Matemática para todo Curso Superior em que a matemática faça parte do Currículo;
- que o método seja adaptado no ensino de qualquer área, em qualquer grau do ensino. Isto significa que o ensino parta sempre de *temas* de interesse ou compatível com a realidade do aluno para chegar na teoria que sustenta esta situação. Vale destacar a obra de GAARDNER, J. “O mundo de Sofia” em que o autor, com muito brilho, ensina filosofia a partir de questões da realidade que propõe à “protagonista” do livro para refletir e então a conduz a teoria.

### 6.7.2. Quanto ao Currículo

- que o Programa Alternativo de Matemática sirva de ponto de partida para uma reestruturação do Currículo de Engenharia;
- que a estratégia utilizada para analisar e posteriormente, definir um Programa Alternativo sirva para analisar e definir programa de matemática de outros Cursos Superiores e de outras disciplinas básicas como Física e Química dos Cursos de Engenharia.

## 6. 8.Considerações Finais

Os Métodos acima propostos objetivam oferecer condições para que se promova um ensino-aprendizagem de matemática, que além da teoria e prática, forneça ao futuro engenheiro habilidade de discernimento, discussão sobre aspectos da área, enfim, autonomia profissional crítica.

Isso significa conceber uma matemática que propicie ao aluno, ainda no ciclo básico, a possibilidade de interagir com questões com que terá que lidar futuramente, promovendo uma aproximação entre as disciplinas do Curso, procurando dar uma abordagem mais integrada do



conhecimento curricular. E isto a Modelagem e a Modelação Matemáticas promovem significativamente.

Afinal, segundo CORDEIRO (1996:16) “O engenheiro do futuro não pode furtar-se de seu papel técnico e de visão do processo urbano. A formação de um profissional com essa visão crítica e holística será diferenciada no final do século, uma vez que tais problemas tendem a crescer”.

Em síntese, os Métodos propõem uma reação e interação entre corpo docente e discente envolvidos na contínua e necessária produção do conhecimento. Uma partilha mútua de experiências adquiridas. O que está implícito é o participante que quer aprender e vai aprender.

O desafio pela melhoria no Ensino de Engenharia e da Matemática em particular, é grande. Exigem-se, preliminarmente, reconhecimento das questões que emergem pela precária formação do profissional e enfrentamento, de modo conjunto, para uma mudança desta situação. Requer um compromisso mínimo com a qualidade, de todos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Um envolvimento amplo e consciente quanto às exigências de qualidade do ensino, da aprendizagem e da organização como um todo.

*“Em questões puramente técnicas, o conhecimento técnico é o único a ser levado em conta. Entretanto, os grandes desafios para o engenheiro contêm dimensões não técnicas de suma importância. Não se trata aqui de ornatos intelectuais ou de acrobacias acadêmicas inúteis cobertas pelo verniz da respeitabilidade. Trata-se de tudo o que é importante para a compreensão global da vida. O que menos se necessita são aqueles excelentes profissionais, incapazes de ver além dos estreitos limites de sua especialização, a quem Ortega Gasset chamou bárbaros. Finalmente a Educação dos educadores exige a comunicação de idéias com clareza e elegância. A universidade que repensa e transmite o conhecimento tem de buscar a sabedoria e trabalhar em estreito contacto com os institutos de pesquisa e as empresas”.* (SOUZA, 1996:76).

Ao repensar o projeto de qualidade para o ensino de matemática para engenharia é imprescindível recolocar como referencial a qualidade de vida uma vez que a matemática é ferramenta indispensável no meio tecnológico.

*“Não há mistérios nos elementos básicos envolvidos no processo para atingirmos essa condição; todas as tecnologias necessárias, ferramentas e elementos de mudanças existem. O obstáculo real é nos decidir a nos comprometer com um novo caminho. Esse caminho precisa partir de cada um de nós. E de todos nós conjuntamente”.* (BROW, 1991:246).

## BIBLIOGRAFIA

- (1) ADLER, Irving, *Matemática e Desenvolvimento Mental*, tradução de Anita Rondon Berardinelli, Editora Cultrix, São Paulo-SP, 1970.
- (2) ALMEIRA, José Fernando. *Construindo um Novo Modelo de Gestão*. Revista Qualimetria, ano 7, n.º 41, 1, São Paulo-SP, 1995.
- (3) ALVES, Rubens, *Qualidade Total na Educação I*, Revista Dois Pontos, Vol.2 , n.º18, 78-79, 1994.
- (4)\_\_\_\_\_ *Qualidade Total na Educação II*, Revista Dois Pontos, Vol 2, n.º.19, 28-29, 1994.
- (5) AZEVEDO, Fernando (org.), *As ciências no Brasil*, Melhoramentos, São Paulo-SP, 1955
- (6) BACHRACH, Arthur J., *Introdução à Pesquisa Psicológica*”, Editora Herder, São Paulo-SP, 1969.
- (7) BASSANEZI, Rodney C., *Modelagem Matemática como Método de Ensino-Aprendizagem*, Boletim da SBMAC, 1990.
- (8) BASSANEZI, Rodney C. e BIEMBENGUT, Maria Salett, *Modelação Matemática: Uma velha forma de pesquisa, um novo método de ensino*, Anais do I CIBEM- SAEM Thales- Sevilha - Espanha, 1990.
- (9) BIEMBENGUT, Maria Salett, *Modelação Matemática como Método de Ensino Aprendizagem de Matemática em cursos de 1º e 2º graus* Dissertação de mestrado, UNESP, Rio Claro- SP, 1990.
- (10)\_\_\_\_\_ *Número de Ouro e Secção Áurea: Considerações e Sugestões para a Sala*

*de Aula*, Editora da FURB, Blumenau-SC, 1997.

- (11) BOYER, Carl B. - *História da Matemática*, São Paulo, Edgard Blucher Ltda, 1974
- (12) BRITO, Cláudio da Rocha. *Qualidade Total no Ensino Universitário*. Revista Excelência na Educação, nº 152, São Paulo, 1994.
- (13) \_\_\_\_\_ *A Qualidade e a integração Universidade-Empresa*, Anais do I Congresso Brasileiro da Qualidade no Ensino Superior, 57-58.
- (14) BRITO, José do Nascimento, *Centenário da Escola Central*, Anais da Universidade do Brasil, 159-165, Rio de Janeiro-RJ, 1958.
- (15) BROWN, Lester R., org., *World Watch Institute*, tradução de Newton R.Eichemberg e Marco A.F. Bueno, São Paulo-SP, 1991.
- (16) BRUNER, Jerome S. , *O Processo de Educação*, 8ª edição, Editora Nacional, São Paulo, 1987.
- (17) CAMARDELLA, Aimone, *Detectando problemas no ensino de Engenharia*, Revista de Ensino de Engenharia- ABENGE, nº 11, 19-20, Niteroi-RJ, 1994.
- (18) CAPRA, Fritjof, *O Ponto de Mutação*, tradução Álvaro Cabral, 10ª edição, Editora Cutrix, São Paulo-SP, 1995.
- (19) CASTRO, F.M. de Oliveira, *A matemática no Brasil*, Melhoramentos, São Paulo-SP, 1955
- (20) CHILDE, V. Gordon, *A Evolução Cultural do Homem*, 2ª edição, Rio de Janeiro-RJ, Zahar Editores, 1971.

- (21) COELHO, Maria Ines de Matos . *Qualidade como enigma*, Teoria & Prática em Educação, vol.3,nº21,Revista do Grupo Pitágoras, 21-24, 1995.
- (22) COUTINHO, Luciano G. e FERRAZ, João Carlos, *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*, Editora da UNICAMP, Campinas-SP, 1994.
- (23) D'AMBROSIO, Ubiratan, *Da Realidade à Ação: reflexões sobre educação matemática*, Editora da UNICAMP, Campinas-SP, 1986.
- (24) DAVIS , Philip J. e HERSH, Ruben, *O Sonho de Descartes*, tradução de Mário C. Moura, Francisco Alves Editora, Rio de Janeiro-RJ, 1988.
- (25) ERSOY, Yasar e MOSCARDINI, Alfredo O., *Mathematical Modelling Courses for Engineering education*, NATO ASI Series, New York, 1994.
- (26) FÁVERO, Maria de Lourdes, *A Universidade em questão: Como resgatar suas Relações fundamentais*, Editora Cortez, São Paulo-SP, 1989.
- (27) FERNANDES, Eda Conte, *Qualidade de Vida no Trabalho*, Casa da Qualidade, Salvador-BA, 1996.
- (28) FREIRE, Paulo. *Política e Educação*. Cortez Editora, São Paulo, 1993.
- (29) GOMIDE, Elza, *História da técnica e de tecnologia no Brasil*, UNESP-CEETEPS, São Paulo-SP, 1994.
- (30) GRANGER, Gilles- Gaston, *A Razão*, 2ª edição, Difusão Européia do Livro, São Paulo, 1969.
- (31) GOODSON, Ivor F., *Curriculo: Teoria e História*, tradução de Attilio Brunetta, Editora Vozes, Petrópolis-RJ, 1995.

- (32) GUINTA, R. Lawrence e PRAIZLER, Nancy C., *Manual de QFD*, tradução Roberto Raposo, LTC Editora, Rio de Janeiro-RJ, 1993.
- (33) HERSKOVITS, Melville J. , *Man and his Works*, Editora Mestre Jou, São Paulo , 8ª edição, 1963.
- (34) KAPUR, J. N. - *The art of teaching, The art of Mathematical Modelling*, in I. J. M. E. S. T., vol 13, 2 , 1982.
- (35) KLAUDATOS, Nicos. *Modelling - orientated teaching (a theoretical development for teaching mathematics through the modelling process)*, IJMEST, VOL 25, 1, 69-70, 1994.
- (36) LEON, Vera, *A imagem que atravessa o tempo*, Revista Qualimetria, ano VII , nº-39, São Paulo, 1994
- (37) LERNER, Leizer, *Importância da Qualidade no Ensino da Engenharia*, Anais do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia -COBENGE, 113-121, 1998.
- (38) LUCKESI, Cipriano Carlos, *Fazer Universidade: uma proposta metodológica*, Cortez Editora, São Paulo-SP, 1989.
- (39) MACHADO, Nilson José. *Matemática e Realidade.:* Cortez ditora, São Paulo,1991.
- (40) \_\_\_\_\_ *Epistemologia e didática: As concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente*, Editora Cortez, São Paulo, 1995.
- (41) MAKI, D. P. e THOMPSON, M., *Mathematical Models and Applications*, Englewood Cliffs N. J. Prentice - Hall, 1973.
- (42) MORILLA José Carlos e FERREIRA Carlos Rivera, *"Melhoria da Qualidade através da integração Universidade-Empresa*, Anais do I Congresso Brasileiro da Qualidade no Ensino Superior, 59- 60.

- (43) NERI, Aguinaldo A. , *Qualidade de vida no trabalho*, Revista Treinamento & Desenvolvimento, ano 1, nº 7, 30-32, São Paulo-SP, 1993.
- (44) NISKIER, Arnaldo, *Tecnologia Educacional- uma visão política*, Vozes, Petrópolis-RJ, 1993.
- (45) OKE K. H. e BAJPAI - *Teaching the formulation stage of mathematical modelling to students in the mathematical and physical sciences* , in I. J. M. E. S. T. , vol 12, 6, 1981.
- (46) PALADINI, Edson Pacheco, *Qualidade Total na Prática*, Editora Atlas S.A, São Paulo, 1994.
- (47) PARDAL, Paulo. *Brasil 1792: Início do Ensino da Engenharia Civil e da Escola de Engenharia da UFRJ*, Fundação Emilio Odebrecht, Rio de Janeiro-RJ, 1985.
- (48) PASTORE, José. *No dia em que o emprego morrer*, Revista SerHumano, ano 28, nº 92, 28-29, AMG & Editores, São Paulo-SP, 1995.
- (49) PIAGET, Jean, *Os Seis Estudos de Psicologia*, Forense, Rio de Janeiro, 1987.
- (50) RIOS, Terezinha Azeredo, *Ética e Qualidade: Desafios aos Educadores*, Revista Dois Pontos - Outono/Inverno, 109- 111, 1994.
- (51) SANTOS NETO, José Martins dos, *Qualidade na Educação: Paradoxos*, Revista Dois Pontos, Primavera, 70 - 72, 1994.
- (52) SANTOS, João Alberto Neves dos , *Matriculando a Educação na Escola da Qualidade Total*, Revista Dois Pontos, vol. 1, nº 2 , 91- 94, 1993.
- (53) SILVA, João dos Reis. *Educação e Realidade*, vol. 20, nº 1, 203-228, Ed. Marisa Costa, Porto Alegre, 1995.

- (54) STANGE, Plinio. *A estatística na melhoria da qualidade e da produtividade*, Mimeo, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas- UFSC, Florianópolis-SC, 1993.
- (55) STEMMER, Helena Almeida ; e FERREIRA, Ronaldo da Silva, *Engenharia Civil 25 anos*, Editora dos Autores, Florianópolis-SC, 1995.
- (56) TELES, Pedro Carlos da Silva, *História da Engenharia no Brasil*, Clavero Editora, Rio de Janeiro-RJ, 1993.
- (57) VARGAS, Milton, *Os cem anos da Politécnica de São Paulo*, Anais da 45<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC, 308-320, São Paulo, 1994.
- (58) \_\_\_\_\_ (org.), *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*, UNESP CEETEPS, São Paulo, 1994.
- (59) VOLKER Paulo R.M. *A Famigerada Qualidade no Ensino*, Revista Dois Pontos ,Vol 2, nº19, 59 - 63, 1994.
- (60) XAVIER, Antonio Carlos da R. *Rompendo paradigmas*, Revista Dois Pontos, Vol 3, nº 20, 9-11, 1995.

# ANEXOS



## ANEXO I

# SÍNTESE DOS PRINCIPAIS TRABALHOS EXPERIMENTAIS USANDO MODELAGEM OU MODELAÇÃO MATEMÁTICA

### 1.1. Introdução

O primeiro contato da autora deste projeto com a área Modelagem deu-se em agosto de 1986, através do professor BASSANEZI, na disciplina Tópicos de Análise do curso de Pós Graduação - UNICAMP.

Com um simples questionamento “*como plantar batatas?*” e posterior resolução, o professor BASSANEZI, em sua aula inaugural, convenceu-a sobre a possibilidade de traduzir a linguagem do mundo “real” para a linguagem matemática.

Esse primeiro contato foi o suficiente para que passasse a se dedicar, integralmente, à pesquisa sobre Modelagem Matemática como estratégia de ensino de matemática, em cursos regulares, de 1º a 3º graus (com programa pré-determinado) e Cursos de extensão e especialização para professores.

Tanto que nos últimos dez anos, fez dezenas de trabalhos experimentais, diretamente com alunos de 1º a 3º grau e outras dezenas, indiretamente, orientando professores. Os resultados desses trabalhos vêm permitindo, a autora desta tese, lapidar propostas que sustentam a essência da Modelagem no ensino.

Devido às “nuances” ocorridas durante os trabalhos experimentais, a autora desta tese, divide a pesquisa em dois momentos: antes da defesa da dissertação de mestrado (entre 1986-1989) e posterior à defesa (1990-1997).

### 2.2. Experiências realizadas entre os anos de 1986 e 1989

No intuito de verificar a validade da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem de matemática, durante os três anos, a autora desta tese:

- aplicou seis trabalhos experimentais diretamente com alunos de 1º e 2º graus; sendo que três deles teve duração de um semestre letivo e os outros três, todo o ano letivo;
- ministrou três cursos de extensão para professores e três de pós-Graduação;
- orientou professores na elaboração e execução de dez projetos aplicados a turmas de 1º e 2º graus;
- fez uma vasta pesquisa bibliográfica, procurando fundamentar-se nas teorias da aprendizagem, da motivação, da criatividade, da modelagem matemática e da história da ciência.

Os resultados obtidos dessas experiências realizadas, direta e indiretamente, com alunos do Ensino Fundamental e Médio, juntamente com a pesquisa sobre a modelagem matemática na História da Ciência e sobre as teorias educacionais, permitiram verificar o valor, o desempenho, aplicabilidade da modelagem no ensino de matemática, bem como compreender os obstáculos e dificuldades de aplicação.

A avaliação destes resultados levaram a Autora desta tese a definir um Método para o ensino de Matemática em cursos regulares usando a essência de Modelagem, que denomina **Modelação Matemática**, que lhe valeu o título de Mestre em Educação Matemática.

Passa-se a seguir, uma síntese dos principais trabalhos experimentais realizados.

### 2.2.1. Experiências realizadas, diretamente, com alunos do Ensino Fundamental e Médio

A autora desta tese realizou, diretamente com alunos, 6 trabalhos experimentais, sendo um deles no Ensino Fundamental de uma Escola Pública e as demais no Ensino Médio de uma Escola Privada.

Participaram destes projetos, 238 alunos, sendo 25 da Escola Pública. Vale ressaltar que as turmas da Escola Privada participaram de 2 ou 3 projetos.

#### **1º Projeto: *Construção Civil***

**Turma: 5ª série do Ensino Fundamental - Noturno - Escola Pública**

**Período: 2º semestre (letivo) de 1986**

**Nº de alunos: 25**

Logo após o primeiro contato com o assunto Modelagem, a autora deste projeto, entusiasmada, acatou uma sugestão do professor BASSANEZI e deu início a um primeiro projeto, que foi desenvolvido durante o 2º semestre letivo de 1986, em uma 5ª série do curso noturno, em uma escola da rede Oficial na cidade de Estiva- SP.

Na tentativa de assegurar uma melhor compreensão das noções em sala de aula e de relacionar o ensino à realidade decidiu construir com seus alunos uma casa de isopor ou papelão e, através desta, introduzir os diversos conceitos matemáticos. A razão desta escolha foi por ser a casa a primeira parcela organizada do universo, em torno do ser humano.

Sem objetivos específicos a princípio, tinha em mente a possibilidade de desenvolver os conceitos de medidas (lineares, e superfície, volume e massa).

Imbuída de um desejo de mudança, rompeu o trabalho ‘tradicional’ que vinha executando com aquela turma e, guiada apenas pela intuição, propôs aos alunos que guardassem os cadernos e conversassem a respeito das promessas políticas que ora aconteciam (nessa época, em 1986, ocorriam eleições para governador). Nesta conversa validou sua intenção de montar, durante as aulas de matemática, uma maquete de uma casa.

O trabalho deu início com um levantamento sobre o que seria necessário para realizar uma construção, determinando por consenso, que o primeiro passo para a execução da proposta seria o de elaborar uma planta.

O conteúdo matemático necessário foi sendo ensinado, na medida em que surgiam perguntas como:

- o que é preciso para construir uma casa?
  - como fazer uma planta?
- como o pedreiro, através do desenho - PLANTA, sabe o tamanho da casa que se quer construir?
  - qual a quantidade necessária de tijolos, telhas, revestimentos, etc. ?
    - qual é o lugar ideal para colocar o reservatório d'água?
    - como fazer telhado?

Desta forma, a seqüência dos conteúdos foi se definindo à medida que o trabalho caminhava, ou seja, foi necessário ensinar geometria plana e sistemas de medidas (Lineares, Superfície, Volume e Massa). As operações com números decimais foram sendo introduzidas na medida que precisavam para calcular área, volume, etc.

Embora muitas outras atividades pudessem ter sido desenvolvidas, a autora desta tese, considerou o trabalho satisfatório, pois além dos conceitos matemáticos, teve a oportunidade de trabalhar, muitas vezes, ao lado dos alunos, discutindo aspectos sociais, políticos e geográficos, conhecendo-os melhor.

Para esta turma, basicamente composta de 'repetentes' de cursos noturnos, esse trabalho despertou um grande interesse dado à aplicabilidade da disciplina.

A aprendizagem constatada e a motivação desses alunos levaram-na a acreditar na possibilidade de fazer com que qualquer aluno sentisse que as concepções matemáticas não são simples quebra-cabeças ou jogos inventados sem finalidade, mas que a matemática é parte do instrumental humano para compreender o universo que os cerca.

**2º Projeto: *Maquete de um Bairro***

**Turma: 1ª série A e B do Ensino Médio - Escola Privada**

**Período: Maio - Dezembro / 1987**

**Nº de alunos: 60.**

A partir de 1987, atuando como professora no 2º grau de uma escola Privada de Campinas-SP, nas disciplinas de Matemática e Desenho Geométrico, manteve a proposta de aplicações da estratégia de modelagem.

Mesmo tendo uma clientela de nível sócio-econômico elevado comparado com os alunos participantes do trabalho citado anteriormente, julgou importante utilizar situações do cotidiano para apresentar a matemática do programa a ser cumprido.

O trabalho foi desenvolvido durante os meses de maio a dezembro de 1987, sendo consolidado com a parte artesanal - montagem do bairro -, no último bimestre..

As questões que permitiram gerar o processo foram:

- como formar um bairro?
- porque nos bairros antigos a igreja fica no centro?
  - o que leva à formação de favelas?
- como devem ser projetados, o bairro, as residências, o comércio, a área de lazer, para que atendam às necessidades da comunidade?
  - como deve ser feito o saneamento básico?

O conteúdo matemático do programa: Geometria Plana e Espacial, foi cumprido plenamente, com vantagem em comparação à maneira usual, pois constatou-se:

- uma conscientização, por parte dos alunos, compreendendo que certas noções matemáticas têm origem na realidade;
- a compreensão da dualidade entre a realidade e o universo matemático;
- incentivo à socialização por parte dos alunos e
- a conscientização política e social.

Além do conteúdo matemático do programa foram desenvolvidos alguns conteúdos de Desenho Geométrico, de Geografia, de História com o apoio dos professores responsáveis por tais disciplinas.

Apesar dos resultados desses trabalhos terem sido relevantes, não atendiam na íntegra, à proposta de modelagem. Uma vez que a modelagem no ensino propõe:

- que os alunos escolham o tema de interesse, levantem questões sobre o tema, façam pesquisas e elaborem seus próprios modelos;
- que o professor seja um orientador, indicando o melhor caminho para que os alunos atinjam a meta proposta e
- que a matemática ensinada/aprendida seja aquela que emerge do tema.

O interesse dos alunos por uma continuidade da proposta levou a coordenação da Escola a permitir a promoção de outro trabalho experimental, com os mesmos alunos, então, na 2<sup>a</sup> série.

Nesse sentido, visando realizar um trabalho mais próximo possível da proposta de modelagem, a autora desta tese decidiu permitir aos alunos a escolha do tema, de acordo com seus interesses, uma vez que nos projetos anteriores o tema foi único e sugerido pela referida autora.

### **3º Projeto : *Temas diversos***

**Turmas: 2ª séries A e B do Ensino Médio - Rede Privada**

**Período: Ano letivo de 1988**

**Nº de alunos: 44.**

Nesse projeto, visando elaborar um trabalho que melhor se aproximasse da proposta de Modelagem para o ensino, o conteúdo programático foi desenvolvido a partir dos temas escolhidos pelos alunos.

Esses alunos, participantes do trabalho experimental anterior já estavam conscientes da proposta. Assim, organizaram-se em grupos de interesses, escolhendo um tema por grupo. Os temas escolhidos, na designação dos alunos foram: Abelhas - Dinâmica Populacional, Flor, Ortodontia, Deficiente Mental, Cavalo, Administração da Escola, Música, Avião, Indústria, AIDS, Abelha - Geometria do Favo.

A liberdade na escolha do tema gerou discussões a respeito de diversos assuntos, levando-os à formação de grupos de acordo com seus interesses e afinidades.

A fim de transpor eventuais choques com pais ou coordenadores pedagógicos, dado que o curso era regular, com conteúdo pré-determinado, a autora desta tese elaborou uma outra proposta para ser executada paralelamente às aulas.

Objetivando levar os alunos a criarem seus próprios modelos, dividiu o trabalho nas seguintes etapas:

1ª etapa: escolha do tema e histórico;

2ª etapa: modelos I;

3ª etapa: modelos II;

4ª etapa: trabalho escrito.

Os resultados de cada etapa eram apresentados, em seminários, previamente determinados, no decorrer do ano letivo, em horário normal de aula.

Para viabilizar o desenvolvimento a autora desta tese se dispôs, fora do horário de aula, a reunir-se periodicamente com cada grupo para orientá-los.

As primeiras reuniões tiveram como propósito estabelecer uma linha de conduta para a realização do trabalho:

- levantar questões sobre o tema;
- decidir quais as fontes necessárias para responder os questionamentos e onde buscá-las (livros, revistas especializadas, entrevistas, visitas “in loco”);
- organizar os dados levantados efetuando um histórico e descrição do tema.

No primeiro semestre letivo o trabalho de sala de aula e o trabalho paralelo correram sem dificuldades. Conforme previsto, no final dos bimestres, os alunos, em seminários, no horário de aula, apresentaram o tema, bem como a formulação de questões, e posteriormente, respostas ou soluções pretendidas.

Na exposição, cada grupo utilizou vários dispositivos (vídeos, cartazes, foros, etc.) para chamar a atenção dos demais colegas para seu trabalho.

Vale destacar que o desenvolvimento dos projetos anteriores, a autora desta tese, concluiu que os aspectos insatisfatórios eram totalmente superados pelos aspectos positivos. Nesse terceiro projeto, porém, buscando uma aproximação maior com a proposta da modelagem, verificou uma necessária reavaliação desta aplicação para um curso regular do Ensino Médio, muito embora tenha sido possível desenvolver todo conteúdo programático (Progressão Aritmética e Geométrica, Análise Combinatória e Probabilidade) e outros que emergiram de cada tema, em particular, tais como Geometria Espacial, Funções, Conceito de Derivada, Ajuste Linear.

Como não basta saber o que ensinar, mas sim saber como ensinar, fez uma análise, qualitativa, dos principais fatos, que acreditava terem sido responsáveis por alguns contratempos ocorridos no segundo semestre. Em particular, oriundos de três fatores:

- a) o elevado número de temas não permitia à autora desta tese:
  - a<sub>1</sub>) inteirar-se, em tempo hábil, dos assuntos para a devida orientação;
  - a<sub>2</sub>) atender, a contento, cada grupo;
- b) a orientação fora do horário de aula não era favorável, devido a problemas de ordem particular, por parte dos alunos;
- c) a falta de objetividade na apresentação de alguns trabalhos gerava, muitas vezes, desinteresse da turma pelo trabalho;
- d) desmotivação dos alunos de alguns grupos face à complexidade do tema escolhido.

Embora os resultados alcançados com essa turma até o final do primeiro semestre terem sido satisfatórios, a autora acreditava serem insuficientes para posicionar-se explícita e conscientemente sobre esta investigação.

Desta maneira elaborou, para outra turma da primeira série do 2º grau, um trabalho um pouco diferenciado do que vinha sendo realizado com os alunos da 2ª série.

#### **4º Projeto: *Temas diversos***

**Turmas: 1<sup>as</sup> séries A e B do Ensino Médio**

**Período: 2º semestre de 1988**

**Nº de alunos: 52.**

Iniciado no 2º semestre, este trabalho primou por restringir a “essência da modelagem”, exclusivamente, ao programa regular pré-determinado e somente no período de aula, seguindo o “desenrolar” seqüencial do conteúdo matemático.

Objetivava proporcionar, a priori, uma aprendizagem significativa aos alunos e, a partir daí, instigá-los à feitura de trabalhos de acordo com suas afinidades ou interesses.

Os temas escolhidos sob a designação dos alunos (Aeroporto, Pirâmide, Navio, Fazenda, Casa Popular) seriam desenvolvidos estritamente, no período de aula, em consonância com o conteúdo programático que era desenvolvido a partir do tema: *Circo*, cujos modelos, elaborados previamente, serviam de referencial aos alunos para a realização de seus próprios trabalhos de Modelagem.

Tanto que, à medida que a autora desta tese introduzia um tópico do conteúdo matemático, a partir do tema - Circo - , como exercício, cada grupo elaborava e resolvia um problema relacionado ao seu tema específico, aplicando a matemática ora aprendida.

Neste projeto, o principal objetivo que era desenvolver (de forma significativa) os conteúdos de Geometria Espacial (ângulo poliédrico: definição, área e volume de prismas, pirâmides, cilindros, cones e esferas) foi plenamente satisfatório.

Os modelos realizados pelos alunos ficaram restritos ao conteúdo programático. Essa característica do trabalho levou a autora a elaborar outro projeto com algumas alterações, visando não apenas garantir um melhor aprendizado de matemática como também despertar a criatividade na resolução de problemas.

Frente a isso elaborou-se outro projeto, para outra turma da 1ª série do Ensino Médio, onde optou-se por não restringir a *situação-problema* ao conteúdo matemático específico da série mas, somente, limitar a diversidade dos assuntos escolhidos, para a exploração da matemática pretendida.

### **5º Projeto: Temas Diversos**

**Turmas: 1<sup>as</sup> séries A e B do Ensino Médio - Privada**

**Período: ano letivo de 1989**

**Nº de alunos: 57.**

Este projeto foi dividido em duas etapas, denominada - **Modelos e Modelagem** contou com as seguintes características:

- na 1ª etapa - Modelos - , durante o primeiro semestre letivo, o conteúdo matemático do programa foi desenvolvido utilizando-se de Modelos Matemáticos.

Como estes alunos não tinham conhecimento sobre Modelagem, o conteúdo programático foi desenvolvido através de Modelos, previamente preparados, pois dessa maneira



não só lhes era proporcionada uma aprendizagem significativa como, também, valeria de referencial para elaborarem seus trabalhos no semestre seguinte.

Esses modelos eram propostos de tal forma que permitissem, aos alunos, um levantamento de questões. Questionamentos estes, que a autora deste tese, selecionava e organizava numa ordem que lhe permitisse desenvolver o programa regular.

- tendo os alunos um embasamento matemático através de Modelos Matemáticos (desenvolvidos durante o primeiro semestre) deu-se início ao trabalho de Modelagem, com as seguintes características;

- limitação do número de temas;
- determinação de uma aula por semana, em classe, para direcionamento e orientação dos trabalhos.

- na 2ª etapa - Modelagem - além de dar continuidade a estratégia do semestre anterior, propôs então no segundo semestre, os alunos reuniram-se em grupos de interesse, escolhendo um tema para elaborarem seus próprios Modelos.

O conteúdo programático e outros emergidos de cada tema, em particular, foram desenvolvidos, plenamente. A qualidade dos trabalhos e o nível de interesse desses alunos foram mais significativos em comparação ao terceiro e quarto projetos realizados.

Embora alguns aspectos necessitassem 'ainda' de ser reavaliados, este trabalho foi o que, aparentemente, trouxe os melhores resultados e com um maior grau de satisfação por parte dos alunos.

## **6º Projeto: Ornamentos**

**Turmas: 1<sup>as</sup> séries A e B do Ensino Médio**

**Período: 1º bimestre letivo dos anos (1987, 1988, 1989)**

**Nº de alunos: 60, 52, 57 (respectivamente)**

Sobre o tema 'Ornamentos versus Criatividade', o conteúdo de Geometria Plana foi ensinado durante três anos consecutivos. Isso ocorreu pelo fato de que os alunos, em cada ano, mostraram-se motivados e muito criativos. Tanto que, no final do bimestre, era feita uma exposição dos trabalhos, no salão nobre da escola para a comunidade escolar.

Cabe aqui salientar que durante esse período em que a autora desta tese realizava esses trabalhos experimentais, descritos acima, também estudava os Modelos Clássicos que envolvem

equações diferenciais; fez pesquisas sobre Modelagem e Teorias da Aprendizagem e atuou como professora em 3 Cursos de Extensão e 2 de Especialização para professores. Uma descrição sobre esta atuação será feita nos itens 1.2.2. e 1.2.3. deste anexo.

“O resultado desta pesquisa é que permitiu definir Modelação Matemática como método de ensino de matemática no 1º e 2º Graus”. (BIEMBENGUT, 1990).

## 2.3. Experiências realizadas junto a professores

A divulgação dos projetos realizados em eventos científicos e revistas especializadas gerou interesse, significativo, por parte de coordenadores/professores de Matemática, acarretando convites para atuar como palestrante, professora, consultora e orientadora, em várias partes do país.

Estes trabalhos permitiram redimensionar e redirecionar o método de Modelação proposto em 1989.

Abaixo, uma síntese dos trabalhos realizados.

### 2.3.1. Palestras

Nestes sete anos, a autora desta tese realizou cerca de 40 palestras, nos mais diversos estados do país e exterior, para falar de Modelagem e Modelação, para professores de 1º, 2º e 3º graus e/ou alunos de Cursos de Licenciatura em Matemática. Considerando que em cada palestra o número médio de participantes era de 100, pode-se afirmar que cerca de 4000 professores assistiram.

O objetivo das palestras era despertar o interesse dos participantes, no que diz respeito às alternativas propostas para o ensino-aprendizagem de Matemática.

Nestas palestras, em geral, com duração de 3h, a autora desta tese, procurava apresentar as definições de Modelagem e Modelação e alguns exemplos de modelos que expõem conteúdos matemáticos de níveis de 1º a 3º grau.

No que diz respeito ao despertar interesse, a autora desta tese, acredita que o objetivo tenha sido atendido em todas as palestras, posto que a maioria dos participantes, após a palestra, solicitava o material de sua autoria. O tempo disponível da palestra, porém, não era suficiente para que, com apenas bibliografia, algum professor modificasse sua atuação.

Frente a isso, muitas instituições organizaram, posteriormente, um Curso de Extensão, para professores, ou Curso de Especialização, levando-a a atuar como professora da disciplina Modelagem Matemática ou Modelação Matemática, como método de ensino.

### 2.3.2. Cursos de Extensão para Professores

Os cursos de extensão são oferecidos para professores do Ensino Fundamental e Médio, com 30 ou 40 horas de duração, concentradas em uma semana ou em 5 sábados, cujo objetivo é mostrar aos professores algumas estratégias para o ensino de matemática. Os cursos são propostos, em geral, separadamente, para professores das séries iniciais ( pré a 4ª série) e de 5ª série do 1º grau a 3ª série do 2º grau.

A autora desta tese realizou trinta cursos em (10) estados brasileiros na Bolívia e Espanha.

Os três primeiros Cursos ocorreram antes de 1990. Devido a suas características e pela importância, pois, permitiram reestruturar uma Proposta de Curso para professores. Apresentam-se um relato mais detalhado.

#### 1º) Curso de Aperfeiçoamento - Jaboticabal-SP

**Nº de Participantes: 30 - Jul/87**

Certas características ocorridas em alguns cursos permitiram a autora a redefinir a dinâmica para melhor atender as expectativas participantes. Exemplos:

No primeiro curso, a autora desta tese, utilizou-se das seguintes estratégias:

- definiu Modelagem no Ensino;
- desenvolveu modelos matemáticos a partir de uma revista em quadrinhos e
- discutiu, brevemente, sobre a aplicabilidade dos conteúdos matemáticos no Ensino

Fundamental e Médio.

Embora os professores tenham avaliado a proposta como satisfatória, julgaram que o número de horas-aula do curso, não eram suficientes para acatar a proposta e aplicar em suas respectivas classes. Sugeriram, então, que a autora retornasse, em um outro momento e se utilizasse de um 'tema único', para desenvolver o conteúdo de uma única série, de preferência do 1º grau.

Não foi possível retornar e atender à sugestão desses participantes, porém, no 2º Curso que a autora desta tese atuou, com outra turma, procurou colocar em prática a sugestão.

## **2º) Curso de Aperfeiçoamento - Amparo-SP**

**Nº de Participantes: 30 - Set/87.**

Apesar da liberdade deixada, quanto à escolha do tema e a série, os professores optavam por desenvolver um dos projetos da autora desta tese, em particular, - *construção civil*.

A partir de alguns questionamentos sobre *construção civil*, reuniram-se em grupos e passavam a construir a maquete de uma casa.

Na medida em que desenvolviam o trabalho, iam surgindo dúvidas por parte dos professores participantes, como:

- como definir a seqüência dos conteúdos na sala de aula ? Nesse tema, por exemplo, a seqüência (Geometria, Sistemas de Medidas, etc.) é contrária à proposta curricular. Como proceder?
- como lidar com a ansiedade ou motivação dos alunos durante a construção da maquete?
- quando interromper o trabalho artesanal para desenvolver o conteúdo matemático, propriamente dito?
- como devem ser as avaliações?

Estas questões levantadas pelos professores, e uma solicitação de um Material de apoio didático para que pudessem aplicar, com segurança, a proposta nas 5ª séries, levaram a autora desta tese a escrever diversos materiais para professores: “Modelagem na Construção Civil: uma alternativa para o ensino na 5ª série”, “Modelagem na Matemagicalândia” onde reuniu uma coletânea de aplicações matemáticas na natureza, ciências econômicas, ciências físicas, etc.

## **3º) Curso de Aperfeiçoamento - São Paulo-SP**

**Nº de Participantes: 40 - Junho/88**

Neste curso, acatando a sugestão dos professores dos Cursos anteriores, utilizou-se da seguinte estratégia:

- definição de Modelagem Matemática no Ensino;

- tema único para desenvolvimento do curso.

Apresentar modelos e sugestões para os professores participantes em cursos onde o tempo é restrito, mostrou-se mais adequado.

#### **4º) Cursos de Aperfeiçoamento: 1990-1993**

**Nº de Cursos: 10 - 10 cidades de 6 estados brasileiros**

**Nº Total estimado de participantes: 360**

Os cursos que se seguiram passaram a ser propostos em três etapas:

- definição de Modelagem e Modelação
- apresentação de alguns modelos matemáticos constituídos do Ensino Fundamental e Médio;

- proposta, aos professores, para a realização de um trabalho utilizando-se Modelagem e Modelação.

A proposta para que os professores realizassem um trabalho de Modelagem, porém gerou um certo impasse. Boa parte dos professores não aceitava a proposta alegando falta de tempo para a pesquisa. Frente a isto, muitos optavam por desenvolver algum trabalho já realizado pela autora desta tese.

Apesar do empenho, da participação satisfatória dos professores e de avaliarem o Curso como bom, com idéias e sugestões inovadoras, alegavam que o número de horas/aula e a organização escolar, como um todo, não os assegurava a implementar a proposta em suas salas de aula, ou seja, elaborar modelos juntamente com seus alunos - o processo de Modelação.

Os professores mais motivados, em geral, levavam para suas classes os poucos exemplos apresentados no Curso que conseguiam aprender. Posto que, adotar uma mudança exige uma visão clara dos rumos que, possivelmente, irão surgir.

Essa postura, de aparente resistência a mudanças, fez com que a autora desta tese modificasse a proposta de Curso.

#### **5º) Cursos de Aperfeiçoamento: 1994-1997**

**Nº de Cursos: 17 - 16 cidades de 8 estados e uma da Espanha**

**Nº total estimado de participantes: 600**

Nos cursos que se seguiram utilizou-se das seguintes estratégias:

- a definição de Modelação e Modelagem, integrada a exemplos;
- proposta para escolha de um dos projetos já realizados pela autora desta tese, para ser analisada e/ou executada.

Na medida em que, a autora expunha um Modelo, procurava fazer uma explanação dos conteúdos matemáticos surgidos, justificando-os (quando não ensinando-os) sobre o que e como ensinar para seus alunos.

Este tipo de trabalho passou a ser mais satisfatório, uma vez que propiciava condições aos professores de aprenderem, efetivamente, pelo menos um modelo, não só na formulação e resolução das questões, como também, no conteúdo matemático inserido.

Isto favoreceu a adesão por parte de muitos professores em aplicar este trabalho de curso com algumas turmas, e que também levou a autora deste projeto a elaborar diversos materiais de apoio didático, para utilizar nos Cursos de Extensão.

É importante ressaltar que nestes cursos, o conteúdo matemático inserido nos modelos ficava restrito a uma série a alguns tópicos do currículo escolar onde esses professores atuavam.

### 2.3.3. Disciplinas de Modelagem em Curso de pós-graduação

O crescente movimento em prol da Educação Matemática tem favorecido, significativamente, a abertura de Cursos de Especialização em Educação Matemática ou Didática da Matemática em diversas regiões do país.

A autora desta tese atuou como docente em, pelo menos uma disciplina, em 21 Cursos, nos últimos nove anos, em diversas instituições do país e exterior. Pode-se estimar um número de 700 participantes.

Na disciplina que atuava o número de horas aula variava entre 45h/a a 90h/a.

Nesses cursos adotou o Método de Modelação, ou seja:

1ª etapa: Apresentação de Modelos. Esta etapa, objetivava:

- justificar o processo;
- ensinar como se faz um modelo;
- ensinar conteúdos matemáticos inseridos no modelo;
- nortear como utilizar o Método em sala de aula.

2ª etapa: Modelagem Matemática. Nesta etapa realizava-se:

- formação de grupos de interesse para a escolha de um tema/assunto;
- levantamento de questões sobre o tema/assunto;
- pesquisa bibliográfica;
- seleção das questões a serem trabalhadas;
- elaboração dos modelos propostos;

3ª etapa: Aplicação do Modelo em sala de aula. Nesta etapa propunha-se que cada professor:

- adaptasse um dos Modelos elaborados para a sala de aula de sua atuação;
- efetuasse a devida aplicação.

Valem a pena ressaltar alguns aspectos:

#### a ) Quanto ao desenvolvimento da disciplina

Nos cursos de *pós graduação em séries iniciais* e *pós-graduação em ensino superior* desenvolveram-se Modelos cujos conteúdos matemáticos inseridos não ultrapassavam as solicitações dos professores envolvidos, ou seja: matemática elementar (Séries Iniciais), geometria não euclidiana e equações diferenciais (Ensino Superior). Isto, de certa maneira, favoreceu o bom andamento do curso, uma vez que atendia às expectativas dos participantes.

Nos demais cursos onde os participantes eram heterogêneos (quanto à atuação docente) a autora desta tese procurava mostrar modelos dos quais emergissem conteúdos matemáticos dos currículos de 1º a 3º grau.

Embora esta estratégia parecesse mais abrangente, oportunizando aos participantes um número maior de aplicações, quando passavam para a etapa de Modelagem, propriamente dita, sentiam mais dificuldade, o que acabava exigindo da autora desta tese um maior tempo para uma devida orientação.

#### b ) Avaliação

Nesses cursos de especialização é exigido que em cada disciplina se faça uma avaliação dos alunos participantes.

Desta forma, a autora desta tese, utilizava como instrumento de avaliação os trabalhos de Modelagem do grupo e a aplicação, individual de cada professor, uma de suas ‘turmas’.

Os cursos, em geral, corriam sem transtorno até que se falava em avaliação. Embora a maioria fossem professores, que com certeza adotam avaliações das mais “convencionais”, esta

questão os fazia esquivarem-se, alegando não entendimento, insegurança, despreparo frente ao número de aulas, escassez de tempo para pesquisa, etc.

Dada a insistência, porém, por parte da autora desta tese, os trabalhos sempre foram satisfatoriamente cumpridos pela maioria, fazendo com que muitos, a partir dos resultados, tornassem adeptos à proposta. Frente a isso, a autora desta tese tornou-se orientadora de 20 monografias de Pós-Graduação e quatro dissertações de Mestrado.

#### c ) Sobre o trabalho realizado

Apesar do número “extra” de horas-aula dedicadas para atendimento e orientação, o conteúdo matemático aplicado ficava restrito ao que os professores conheciam e/ou os que foram apresentados nos Modelos, ou seja, seus Modelos pouco diferenciavam dos exemplos mostrados em sala, durante o curso. Isso por conta do número de horas-aula da disciplina. Isso mostra que para o professor aprender para ensinar Modelação/Modelagem necessita querer mudar sua prática e implementar trabalhos mesmo que tímidos, num primeiro momento. Habilidade e Segurança vêm com o tempo.

### 2.3.4. Orientação de Projetos, Monografias e Dissertações

Desde 1987, quando passou a participar dos cursos de Extensão para Professores, a autora desta tese ‘ganhou’ alguns adeptos. Diversos professores solicitaram orientação para a aplicação da proposta em sala de aula.

#### 2.3.4.1. Projetos

Nº de Projetos Orientados: 20

Nº estimado de alunos participantes: 2000

- o material de apoio - “Modelagem na 5ª série” - foi utilizado por professores dos estados do RS, SC, PR, SP e RJ, adaptado para 5ª, 7ª e 8ª séries e curso de magistério.

Cabe aqui salientar que o material de apoio, juntamente com uma orientação prévia quanto aos possíveis aspectos positivos ou negativos que pudessem surgir, fizeram com que estes professores dessem, posteriormente, um retorno favorável quanto à aplicabilidade.



- O projeto - Construção de Bairro -, em 1988, foi adaptado para ser aplicado em um curso de magistério em uma Escola pública da cidade de Presidente Getúlio - SC. Após a implantação do projeto, a professora (orientanda) mostrou-o na Feira de Matemática de Santa Catarina (1988), tendo recebido 2ª colocação no Estado.

- Baseada em “notas de aula”, uma professora de Brusque - SC aplicou em uma turma de 4ª série do 1º grau, um texto sobre Geometria e Isosimetria através de ornamentos, da autora desta tese.

- A autora desta tese, elaborou, também, nesse período, mais seis projetos, juntamente com os devidos professores que iriam aplicar em algumas de suas turmas de alunos da Rede Oficial. Os temas na designação dos alunos e respectivas séries foram: Madeira (1º colegial), Criação de Galinhas (5ª série), Folhas de Plantas (4ª série), Guloseimas (6ª série), Cerâmica (7ª série), Abelhas (2º colegial).

- Projeto: Embalagens - ensinando matemática na 5ª série. Através de um material de apoio didático e da orientação através de 10 encontros de 3h/a cada durante o semestre letivo esse projeto foi implementado por 10 professores da Rede Municipal de Blumenau-SC, no ano de 1996, atingindo 1060 alunos.

#### 2.3.4.2. Monografias

Nº de Monografias Orientadas: 28

Nº estimado de alunos participantes: 800

Nos trabalhos realizados no 1º e 2º grau, o tema foi único, por um período, (um a dois bimestres) conforme o caso. Dentre os temas utilizados em cada monografia, destacam-se: *Ornamentos X Criatividade: uma alternativa para ensinar geometria plana; Produção de Leite; Matemática na Construção Civil; Embalagens; Música; Abelhas; Eletricidade; Plantação de Maçãs; Criação de Perus, etc.*

#### 2.3.4.3. Dissertações de Mestrado

Nas quatro dissertações de Mestrado, o trabalho experimental foi feito na Graduação:

- Na primeira, o orientando Darci Martinello, professor do curso de licenciatura em Matemática da UNOESC - Concórdia-SC, fez um trabalho de Modelação com seus alunos de Licenciatura. Como a maioria desses estudantes já eram professores no ensino médio, solicitou-lhes colaboração, no sentido, que cada professor deveria escolher duas turmas de mesma série e para uma turma utilizaria-se o uso do método de Modelação e utilizaria-se para outra o método tradicional. Martinello faz uma análise dos resultados dos alunos participantes.

- Na segunda dissertação, a orientanda Rosinete Gaertner, professora do Depto. de Matemática da FURB - Blumenau-SC, fez seu trabalho com alunos do 1º e 2º semestres de Administração de Empresas, na disciplina de Matemática Aplicada à Administração.

Foi solicitado aos alunos que se reunissem em grupo, escolhessem um tema/assunto de interesse e fizessem, posteriormente, uma pesquisa sobre o assunto escolhido.

O conteúdo programático foi desenvolvido, fazendo uso de modelos, aplicados à administração com intuito de motivar os alunos para o aprendizado da Matemática e também valer como exemplo (referencial) para elaborarem seus modelos.

Os trabalhos dos alunos, entregues no final do semestre, foram feitos fora do horário de aula, tendo como diretriz apenas os exemplos apresentados pela professora em classe.

- Na terceira dissertação, a orientanda Luciane Gamba, professora do Curso de Ciências Contábeis da FEBE - Brusque - SC, utilizou-se do método de Modelação para avaliar o currículo de Matemática atualmente vigente no Curso.

- Na quarta dissertação, o orientado Ivaristo Floriani, professor do Curso de Pedagogia da FERJ - Jaraguá do Sul-SC, utilizou-se da Modelação na Formação de Professores e Formação Continuada.

### 3. Considerações Finais

Estes onze anos de pesquisa sobre o valor e a aplicabilidade da Modelação no Ensino de Matemática, onde participaram, diretamente e indiscretamente, centenas e centenas de alunos e professores, vêm justificar a defesa da autora desta tese em prol deste método como meio de atingir a melhoria do ensino, em geral, e da matemática, em particular.

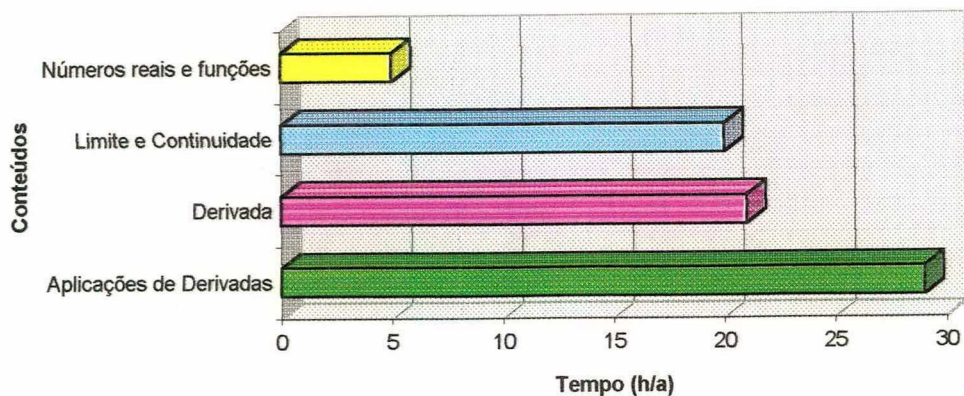
## ANEXO II

### Tabelas, Gráficos e Planilhas

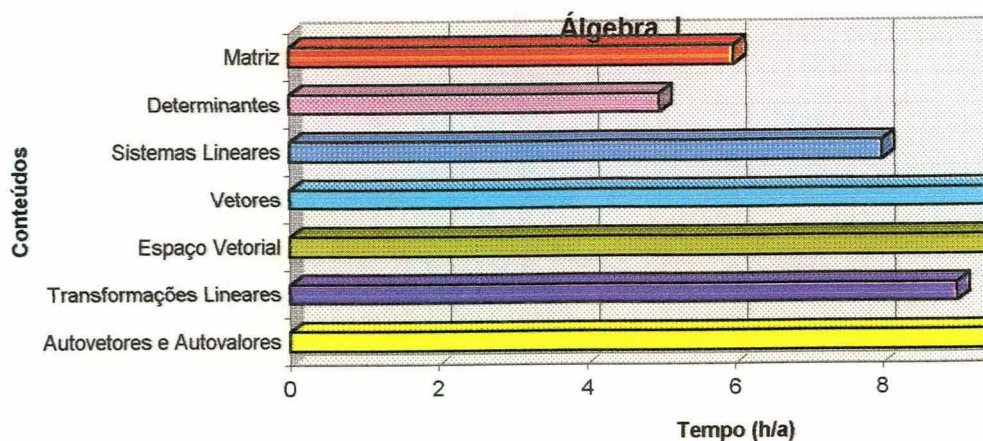
A seguir são apresentados:

- Tabelas e respectivos gráficos relativos ao dispensado de tempo para o ensino de cada tópico do ementário das disciplinas de matemática para os cursos de Engenharia da FURB;
- Tempo dispensado para o ensino de matemática nos Cursos de Engenharia;
- Planilhas relativo as Engenharias Civil, Química e Elétrica onde constam o “quanto” cada disciplina utiliza-se dos tópicos matemáticos; e
- Tabelas constando uma “Média áurea” de cada tópico matemático utilizado nos Cursos de Engenharia.

## Cálculo I



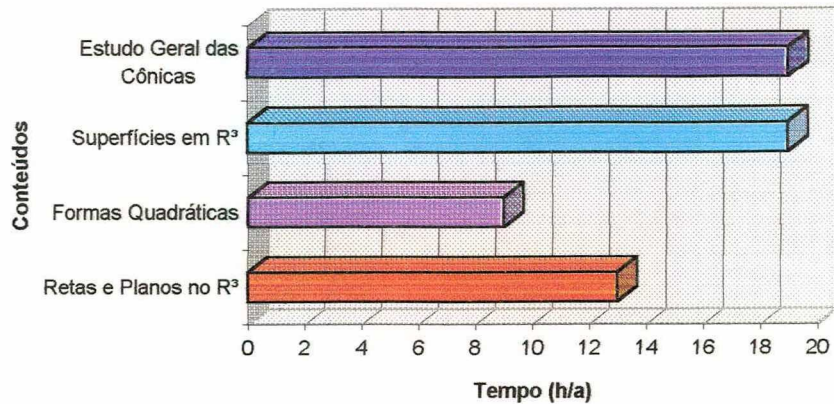
| CÁLCULO I  |             |
|--|-------------|
| Conteúdos  | Tempo (h/a) |
| 1. Números reais e funções..   |             |
| 1.1. Relações numéricas.   | 1           |
| 1.2. Funções: domínio, gráficos (elementares, trascendentes) conjunto-imagem | 4           |
| 2. Limite e continuidade..   |             |
| 2.1. Conceito e propriedades de limite.                                      | 5           |
| 2.2. Cálculo de limites.   | 2           |
| 2.3. Indeterminações do tipo: 0/0 e infinito sobre infinito.                 | 5           |
| 2.4. Limites laterais.   | 5           |
| 2.5. Continuidade e descontinuidade.   | 3           |
| 3. Derivada..  |             |
| 3.1. Conceito e interpretação geométrica.                                    | 2           |
| 3.2. Técnicas de derivação (algébricas, trascendentes)                       | 12          |
| 3.3. Derivadas sucessivas.   | 4           |
| 3.4. Derivação implícita e logarítmica.                                      | 3           |
| 4. Aplicações da derivada  |             |
| 4.1. Reta tangente e reta normal.  | 2           |
| 4.2. Diferencial e acréscimo.  | 3           |
| 4.3. Taxa de variação.   | 3           |
| 4.4. Teorema do valor médio.   | 2           |
| 4.5. Regras de L'Hôpital.  | 5           |
| 4.6. Fórmula de Taylor e Mclaurin.   | 4           |
| 4.7. Análise do comportamento de uma função                                  | 10          |



| ÁLGEBRA LINEAR I  |             |
|---|-------------|
| Conteúdos   | Tempo (h/a) |
| <b>1. Matrizes</b>  |             |
| 1.1. Introdução a notação e tipos de matrizes                       | 3           |
| 1.2. Operações com matrizes.  |             |
| 1.3. Matriz inversa.  | 1           |
| <b>2. Determinantes</b>   |             |
| 2.1. Determinante de uma matriz quadrada de 2ª ordem e de 3ª ordem. | 2           |
| 2.2. Propriedades e Determinante de 4ª ordem.                       | 3           |
| <b>3. Sistemas Lineares</b>   |             |
| 3.1. Equações lineares e Sistemas de equações lineares              | 2           |
| 3.2. Sistemas homogêneos.   | 2           |
| 3.4. Resolução de sistemas (Cramer, Gauss)                          | 4           |
| <b>4. Vetores</b>   |             |
| 4.1. Conceito. Operações e Propriedades e Norma.                    | 3           |
| 4.2. Vetor Unitário e Produto Interno.                              | 3           |
| 4.3. Ângulo entre dois vetores.                                     | 1           |
| 4.4. Produto Vetorial e Produto Misto.                              | 3           |
| <b>5. Espaço Vetorial</b>   |             |
| 5.1. Introdução, Propriedades e Subespaço Vetorial.                 | 4           |
| 5.2. Combinação Linear e Dependência e Independência Linear.        | 3           |
| 5.4. Base e Dimensão.   | 3           |
| <b>6. Transformações Lineares</b>                                   |             |
| 6.1. Definição, Núcleo e Imagem.                                    | 5           |
| 6.2. Matriz de uma Transformação Linear.                            | 2           |
| 6.3. Operações com Transf. Linear.                                  | 2           |
| <b>7. Autovalores e Autovetores.</b>                                |             |
| 7.1. Autovetor e autovalor de um operador Linear.                   | 2           |
| 7.2. Determinação dos autovetores e autovalores.                    | 2           |
| 7.3. Diagonização de operadores.                                    | 2           |
| 7.4. Diagonização de matrizes simétricas.                           | 2           |
| 7.5. Aplicações.  | 4           |

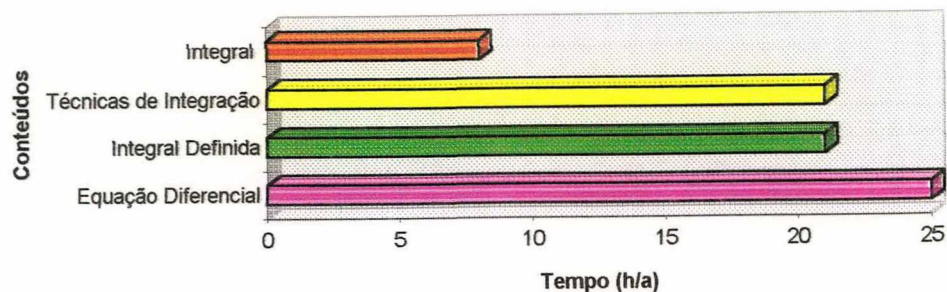


## Álgebra II



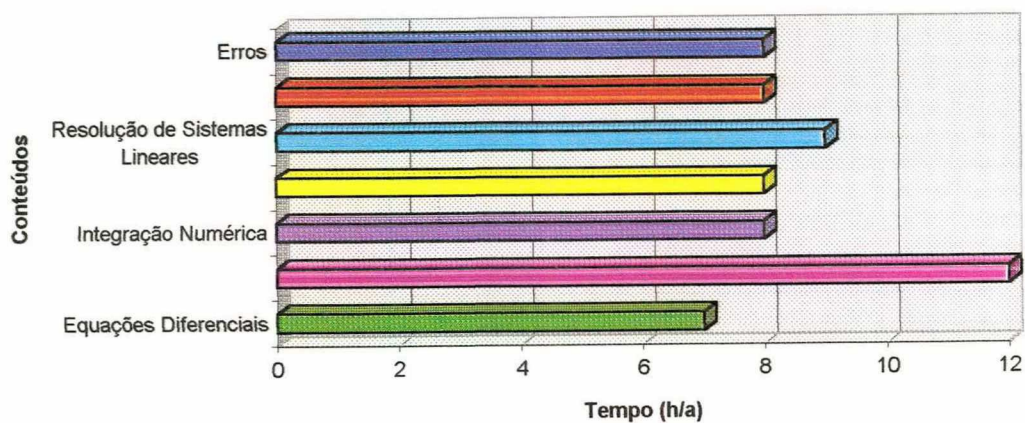
| ÁLGEBRA LINEAR E ANÁLISE VETORIAL II                             |       |
|--|-------|
| Conteúdos  | Tempo |
| 1. Estudo Geral das Cônicas                                      |       |
| 1.1. Transformações no plano                                     | 4     |
| 1.2. Estudo da Parábola  | 3     |
| 1.3. Estudo da Elipse  | 4     |
| 1.4. Estudo da Hipérbole   | 4     |
| 1.5. Equação do segundo grau a duas variáveis.                   | 4     |
| 2. Superfícies em $\mathbb{R}^3$                                 |       |
| 2.1. Construção e representação gráfica                          | 5     |
| 2.2. A esfera e o sistema de coordenadas esféricas               | 4     |
| 2.3. O cilindro e o sistema de coordenadas cilíndricas           | 3     |
| 2.4. Equação completa do 2º grau a três variáveis                | 2     |
| 2.5. Quadráticas principais                                      | 3     |
| 2.6. Classificação das quadráticas quanto a sua equação cônica.  | 2     |
| 3. Formas quadráticas  |       |
| 3.1. Diagonalização de formas quadráticas                        | 2     |
| 3.2. Formas definidas  | 2     |
| 3.3. Transformação de coord. E diagonalização                    | 2     |
| 3.4. Cônicas e quadráticas                                       | 3     |
| 4. Retas e planos no $\mathbb{R}^3$                              |       |
| 4.1. Equações da reta ( vetorial, paramétrica e simétrica)       | 3     |
| 4.2. Perpendicularismo e paralelismo                             | 2     |
| 4.3. Equações do plano no espaço (vetorial, paramétrica e Geral) | 4     |
| 4.4. Vetor normal ao plano e Intersecção                         | 4     |

### Cálculo II



| Cálculo Diferencial e Integral II                       |             |
|---|-------------|
| Conteúdos   | Tempo (h/a) |
| 1. Integral   |             |
| 1.1. Conceito de integral                               | 4           |
| 1.2. Definição e Propriedades                           | 4           |
| 2. Técnicas de integração                               |             |
| 2.1. Integral por partes                                | 5           |
| 2.2. Integral usando Identidades Trigonômicas.          | 5           |
| 2.3. Integral por substituição                          | 6           |
| 2.4. Integral Racional                                  | 5           |
| 3. Integral Definida                                    |             |
| 3.1. Conceito e Aplicações                              | 18          |
| 3.2. Área de uma superfície de Revolução                | 3           |
| 4. Equação Diferencial                                  |             |
| 4.1. Conceito, Solução e Classificação                  | 2           |
| 4.2. Interpretação Geométrica da solução                | 1           |
| 4.3. Equação Diferencial Ordinal de 1ª. ordem e 1º grau | 10          |
| 4.4. Equação Diferencial Linear de 2ª ordem e 1º grau   | 7           |
| 4.5. Aplicações das Equações Diferenciais               | 5           |

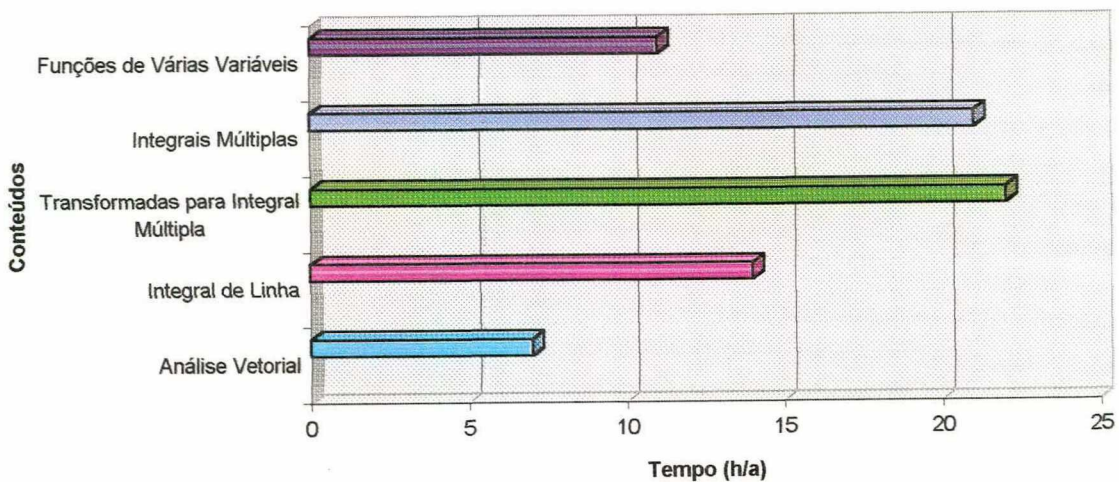
### Cálculo Numérico





| Cálculo Numérico  |             |
|---|-------------|
| Conteúdos   | Tempo (h/a) |
| 1. Erros  |             |
| 1.1. Generalidades.   | 4           |
| 1.2. Erros de Arredondamento e de Truncamento                   | 2           |
| 1.3. Propagação de Erros.                                       | 2           |
| 2. Zeros de Funções Reais.                                      |             |
| 2.1. Equações Algébricas e Transcendentes.                      | 1           |
| 2.2. Método Gráfico.  | 1           |
| 2.3. Método da Bissecção.                                       | 3           |
| 2.4. Método de Newton.  | 3           |
| 3. Resolução de Sistemas Lineares                               |             |
| 3.1. Métodos diretos: de Gauss e de Jordan, Pivotação completa. | 6           |
| 3.2. Métodos alternativos: Gauss-Jacobi e de Gauss-Seidel.      | 3           |
| 4. Interpolação Polinomial                                      |             |
| 4.1. Interpolação Linear e Quadrática.                          | 2           |
| 4.2. O Método de Lagrange.                                      | 3           |
| 4.3. O Método de Diferenças Divididas.                          | 3           |
| 5. Integração Numérica  |             |
| 5.1. Regra dos Trapézios  | 4           |
| 5.2. Regra de Simpson ( 1a. e 2a. Regra).                       | 4           |
| 6. Regressão e Correlação                                       |             |
| 6.1. Regressão Linear Simples.                                  | 4           |
| 6.2. Correlação   | 2           |
| 6.3. Regressão Exponencial                                      | 4           |
| 6.4. Regressão Linear Múltipla .                                | 2           |
| 7. Equações Diferenciais  |             |
| 7.1. Método de Euler  | 2           |
| 7.2. Método de Heun   | 2           |
| 7.3. Método de Runge-Kutta de 4a. ordem.                        | 2           |
| 7.4. Sistemas de Equações Diferenciais                          | 1           |

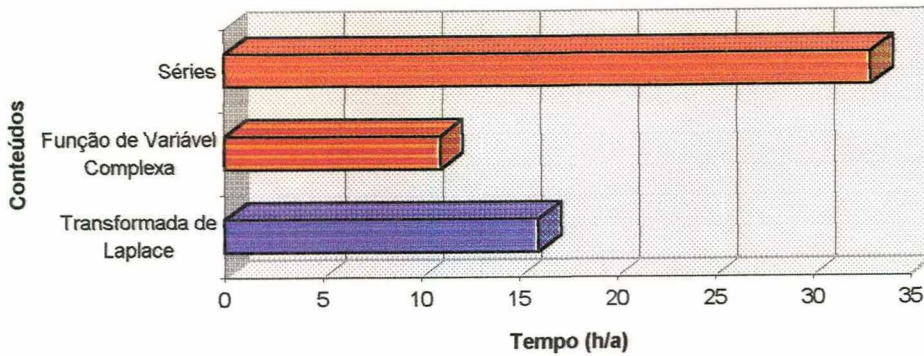
### Cálculo III





| <b>Cálculo Diferencial e Integral III</b>                         |             |
|---|-------------|
| conteúdos   | Tempo (h/a) |
| 1. Funções de várias Variáveis                                    |             |
| 1.1. Conceito. Gráficos com Domínio e Conjunto Imagem.            | 9           |
| 1.2. Derivadas Parciais com Interpretação.                        | 3           |
| 1.3. Derivada Total. Regra da Cadeia.                             | 2           |
| 2. Integrais Múltiplas  |             |
| 2.1. Conceito de Integral Dupla.                                  | 3           |
| 2.2. Aplicações.(Área, Momento Polar de Inércia)                  | 7           |
| 2.3. Conceito de Integral Tripla.                                 | 4           |
| 2.4. Aplicações.( Volume. Momento Polar de Inércia)               | 7           |
| 3. Transformadas para Integral Múltipla                           |             |
| 3.1. Conceito de Transformada.                                    | 2           |
| 3.2. Jacobiano de uma Transformada.                               | 2           |
| 3.3. Coordenadas Polares e Transformada Polar Cilíndrica Esférica | 18          |
| 4. Integral de Linha  |             |
| 4.1. Conceito e Propriedades                                      | 8           |
| 4.3. Teorema de Green no Plano e Conseqüências.                   | 6           |
| 5. Análise Vetorial   |             |
| 5.1. Operador Nabla e Gradiente de um Escalar.                    | 1           |
| 5.2. Divergente e Rotacional de um Vetor.                         | 1           |
| 5.5. Derivada Direcional.   | 1           |
| 5.6. Teorema de Stokes e de Gauss no Plano.                       | 4           |

### Cálculo IV



| <b>Cálculo Diferencial e Integral IV</b>                    |                    |
|---|--------------------|
| <b>Conteúdos</b>  | <b>Tempo (h/a)</b> |
| <b>1. Séries</b>  |                    |
| 1.1. <i>Conceitos de Sucessão e de séries</i>               | 2                  |
| 1.2. Tipos de séries com critérios de convergência.         | 10                 |
| 1.4. Séries de Funções Raio e intervalo de convergência.    | 3                  |
| 1.5. Integral usando série e Aplicações                     | 6                  |
| 1.9. Série de Fourier                                       | 9                  |
| <b>2. Função de Variável Complexa</b>                       |                    |
| 2.1. Número Complexo, operações e propriedades              | 4                  |
| 2.2. Forma Polar do número complexo                         | 1                  |
| 2.3. Função de variável complexa                            | 1                  |
| 2.4. Limite e continuidade                                  | 1                  |
| 2.5. Integrais e Derivadas                                  | 3                  |
| 2.6. Pontos singulares e Polos                              | 1                  |
| <b>3. Transformada de Laplace</b>                           |                    |
| 3.1. Definição e Propriedades                               | 3                  |
| 3.2. Transformada de Laplace de algumas funções elementares | 3                  |
| 3.4. Métodos para encontrar Transformada de Laplace.        | 2                  |
| 3.6. Transformada Inversa.                                  | 4                  |
| 3.7. Resolução de Equações Diferenciais                     | 4                  |

## ANEXO III

### GRAU DE UTILIDADE DA MATEMÁTICA NAS DISCIPLINAS DAS ENGENHARIAS

A seguir apresenta-se as planilhas das Engenharias Civil, Química e Elétrica da FURB, constando o grau de utilidade da matemática (muito + 3; médio - 2; pouco 2) pelas disciplinas específicas.

ENGENHARIA CIVIL

| Disciplina                         | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> | II <sub>4</sub> | II <sub>5</sub> | II <sub>6</sub> | III <sub>7</sub> | III <sub>8</sub> | III <sub>9</sub> | III <sub>10</sub> | IV <sub>11</sub> | IV <sub>12</sub> | IV <sub>13</sub> | IV <sub>14</sub> | IV <sub>15</sub> | V <sub>16</sub> | V <sub>17</sub> | V <sub>18</sub> | V <sub>19</sub> | V <sub>20</sub> | V <sub>21</sub> | V <sub>22</sub> | V <sub>23</sub> | V <sub>24</sub> | V <sub>25</sub> |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Matemática</b>                  |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Função Real                        | 3              | 1              |                | 3               | 3               | 2               | 3                | 3                | 3                | 2                 | 3                | 3                | 2                | 1                | 3                | 2               | 2               | 3               | 2               | 2               | 3               | 3               | 2               | 3               | 3               |
| Límite e continuidade              | 3              | 1              |                | 1               | 2               |                 | 2                | 2                | 2                |                   | 3                | 2                |                  |                  | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               | 2               | 2               | 1               | 1               | 1               | 1               |
| Derivadas                          | 2              |                |                | 3               | 2               | 1               | 3                | 3                | 3                | 1                 | 3                | 3                | 1                |                  | 2                | 1               | 2               | 3               | 3               | 1               | 3               | 3               | 1               | 2               | 3               |
| Aplicações de Derivadas            | 1              |                |                | 2               | 1               | 3               | 3                | 3                | 3                | 1                 | 3                | 3                | 1                |                  | 2                | 1               | 2               | 2               | 2               | 1               | 3               | 3               | 2               | 2               | 2               |
| Matrizes, Determ. e Sist. Lineares | 1              |                |                |                 | 1               | 2               | 2                | 2                | 2                | 2                 |                  |                  |                  |                  | 3                | 2               | 2               | 3               | 1               |                 | 3               | 1               |                 | 1               | 3               |
| Álgebra e Espaços Vetoriais        | 3              |                |                | 3               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 3                 | 3                | 1                |                  |                  | 3                | 3               | 1               | 3               | 1               |                 | 3               | 1               |                 |                 | 3               |
| Transformações Lineares            |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Autovalores e Autovetores          |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Estudo Geral das Cônicas           |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Superfícies em $\mathbb{R}^3$      | 1              |                |                | 3               | 3               |                 |                  |                  | 3                |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 | 1               |                 |                 |                 |                 |                 |
| Formas Quadráticas                 | 3              |                |                | 3               | 1               |                 | 2                |                  |                  |                   | 2                |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Retas e Planos no $\mathbb{R}^3$   | 1              |                |                | 1               | 3               |                 |                  |                  |                  | 3                 |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 | 2               |                 |                 | 1               | 3               |                 |                 |                 |
| Conceito de Integral               | 3              |                |                | 2               |                 | 3               | 3                | 3                |                  |                   | 3                | 3                |                  |                  | 2                | 2               | 2               | 3               | 2               |                 | 3               | 3               |                 |                 | 2               |
| Técnicas de Integração             | 1              |                |                | 1               |                 | 2               | 2                | 2                |                  |                   | 2                |                  |                  |                  | 1                | 2               | 1               | 1               |                 |                 | 2               | 1               |                 |                 | 1               |
| Aplicações da Integral             | 1              |                |                | 2               |                 | 3               | 3                |                  |                  |                   | 3                |                  |                  |                  | 2                | 2               | 2               | 2               |                 |                 | 2               | 3               |                 |                 | 2               |
| Equações Diferenciais-conceito     |                |                |                |                 |                 | 2               | 2                | 2                |                  |                   | 3                |                  |                  |                  |                  |                 | 3               | 3               |                 |                 | 3               |                 |                 |                 | 1               |
| Equação Diferencial de 1ª ordem    |                |                |                |                 |                 | 2               | 2                | 2                |                  |                   | 3                |                  |                  |                  |                  |                 | 3               | 3               |                 |                 | 3               |                 |                 |                 | 1               |
| Equação Diferencial de 2ª ordem    |                |                |                |                 |                 | 1               | 1                |                  |                  |                   |                  | 3                |                  |                  |                  | 1               | 2               |                 |                 |                 |                 | 3               |                 |                 |                 |
| Ajustes de Curvas                  |                |                |                |                 |                 | 1               | 2                | 2                |                  |                   |                  | 2                |                  |                  |                  |                 | 2               |                 | 2               |                 | 2               | 1               |                 |                 | 1               |
| Erros. Aproximações Numéricas      |                |                |                |                 |                 | 3               | 2                | 2                |                  |                   | 3                | 2                |                  |                  |                  |                 | 2               |                 | 2               |                 | 2               | 1               |                 |                 | 1               |
| Equações Lineares                  |                |                |                |                 |                 | 3               | 1                |                  |                  |                   | 3                |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Zeros de Polinômios e de Funções   |                |                |                |                 |                 | 3               |                  |                  |                  |                   | 3                |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Interpolação Polinomial            |                |                |                |                 |                 | 3               | 3                | 3                |                  |                   | 3                |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Integração Numérica                |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Funções de Várias Variáveis        | 1              | 1              |                |                 |                 | 3               | 2                | 3                |                  |                   | 2                | 3                | 1                |                  | 2                | 2               | 2               | 2               |                 |                 | 3               | 1               |                 |                 | 2               |
| Integrais Múltiplas                |                |                |                |                 |                 | 3               |                  | 3                |                  |                   | 3                | 1                |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 | 2               | 1               |                 |                 |                 |
| Transformada - Integrais Múltiplas |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Integral de Linha                  | 1              |                |                |                 |                 | 3               | 3                | 3                |                  |                   | 3                |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 | 1               |                 |                 |                 |                 |
| Análise Vetorial                   |                |                |                |                 |                 | 3               | 3                | 3                |                  |                   | 2                | 1                |                  |                  | 2                | 1               |                 |                 |                 |                 | 3               | 1               |                 |                 | 2               |
| Funções de Variável complexa       |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  | 3                |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Séries: numéricas e de funções     |                |                |                |                 |                 | 2               |                  |                  |                  |                   | 2                | 1                |                  |                  | 2                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Transformada de Laplace            |                |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   | 1                |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 | 2               | 1               |                 |                 |                 |

ENGENHARIA CIVIL

| Disciplina                         | V126 | V127 | V128 | V129 | V130 | V131 | V132 | V133 | V134 | V135 | V136 | V137 | VIII137 | VIII138 | IX39 | IX40 | IX41 | IX42 | IX43 | IX44 | IX45 | IX46 | IX47 | IX48 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Matemática                         | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    | 3    | 2       | 2       | 1    | 2    | 3    | 3    | 2    | 1    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| Função Real                        | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1       | 1       | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 1    | 1    | 1    |
| Limite e continuidade              | 2    | 3    | 1    | 2    | 1    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 1       | 1       | 1    | 2    | 2    | 3    | 1    | 3    | 3    | 2    | 3    | 2    |
| Derivadas                          | 2    | 3    | 1    | 2    | 1    | 2    | 3    | 1    | 1    | 1    | 1    | 3    | 1       | 1       | 2    | 2    | 2    | 2    | 1    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    |
| Aplicações de Derivadas            | 3    | 1    | 1    | 2    | 1    | 3    | 3    | 1    | 1    | 1    | 1    | 3    | 1       | 3       | 3    | 3    | 3    | 1    | 2    | 3    | 1    | 3    | 1    | 3    |
| Matrizes, Determ. e Sist. Lineares | 3    | 1    | 1    | 2    | 1    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 3       | 3       | 3    | 3    | 2    | 1    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    |
| Algebra e Espaços Vetoriais        | 3    | 1    | 1    | 2    | 1    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 3       | 3       | 3    | 3    | 2    | 1    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    |
| Transformações Lineares            | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Autovetores e Autovalores          | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Estudo geral das Cônicas           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 1    | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Superfícies em IR <sup>3</sup>     | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |
| Formas Quadráticas                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 1    | 3    |      |      |      |      |      |      |      | 1    |
| Retas e Planos no IR <sup>3</sup>  | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 1    | 2    |      |      |      |      |      |      |      | 1    |
| Conceito de Integral               | 3    | 3    | 3    | 1    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2       | 2       | 1    | 2    | 3    | 3    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| Técnicas de Integração             | 1    | 1    | 2    | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 3    | 2    |
| Aplicações da Integral             | 3    | 3    | 3    |      | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |      |         |         | 2    | 3    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| Equações Diferenciais-conceito     | 2    | 3    | 1    |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2       | 2       |      |      | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    |
| Equação Diferencial de 1ª ordem    | 3    | 1    | 1    |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2       | 2       |      |      | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    |
| Equação Diferencial de 2ª ordem    | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    |
| Ajustes de Curvas                  | 2    | 1    | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 3    | 2    | 2    | 2    |
| Erros. Aproximações Numéricas      | 2    | 1    | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    |
| Equações Lineares                  |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 3    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    | 2    | 1    |
| Zeros de Polinômios e Funções      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    | 2    | 1    |
| Interpolação Polinomial            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Integração Numérica                |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         | 2    | 2    |      |      |      |      |      |      |      | 1    |
| Funções de Várias Variáveis        | 3    | 1    | 1    |      | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2       | 2       |      |      | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 1    | 2    |
| Integrais Múltiplas                | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |
| Transformada-Integrais Múltiplas   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Integral de Linha.                 | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Análise Vetorial                   | 3    | 1    | 1    |      | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |      |         |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |
| Funções de Variável complexa       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |
| Séries: numéricas e de funções     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      | 3    |      |      |      |      |      |      | 1    |
| Transformada de Laplace            | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |         |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |

## ENGENHARIA CIVIL

| Conteúdo                         | muito | médio | pouco | média área |
|----------------------------------|-------|-------|-------|------------|
| Função Real                      | 28    | 14    | 4     | 21,192     |
| Limite e Continuidade            | 2     | 9     | 24    | 6,864      |
| Derivada                         | 17    | 13    | 13    | 13,472     |
| Aplicação de Derivada            | 12    | 14    | 13    | 12,618     |
| Matriz, Determ. e S. Linear      | 13    | 8     | 13    | 11,82      |
| Álgebra e Espaço Vetorial        | 16    | 4     | 11    | 12,438     |
| Transformação Linear             | 2     | 2     | 1     | 0,618      |
| Autovetor e Autovalor            | 2     | 2     | 4     | 1,056      |
| Estudo Geral das Cônicas         |       |       | 3     | 0,438      |
| Superfície em $R^3$              | 3     | 2     | 4     | 2,910      |
| Formas Quadráticas               | 3     | 2     | 4     | 2,910      |
| Retas e Planos no $R^3$          | 3     | 3     | 7     | 3,584      |
| Conceito de Integral             | 19    | 10    | 2     | 14,394     |
| Técnicas de Integração           | 1     | 12    | 9     | 4,764      |
| Aplicação da Integral            | 12    | 9     | 1     | 9,686      |
| Equação Diferencial              | 9     | 5     | 4     | 7,326      |
| Equação Diferencial de 1ª ordem  | 8     | 5     | 4     | 6,708      |
| Equação Diferencial de 2ª ordem  | 4     | 2     | 3     | 3,382      |
| Ajustes de Curvas                | 2     | 12    | 6     | 4,944      |
| Erros. Aproximações Numéricas    | 8     | 7     | 5     | 7,326      |
| Equação Linear                   | 6     | 4     | 3     | 5,09       |
| Zeros de Polinômio e de Função   | 4     | 1     | 1     | 2,854      |
| Interpolação Polinomial          | 4     |       |       | 2,472      |
| Integração Numérica              |       | 3     | 2     | 1,000      |
| Função de Várias Variáveis       | 6     | 12    | 9     | 7,854      |
| Integral Múltipla                | 2     | 2     | 3     | 2,146      |
| Transformada - Integral Múltipla |       |       |       | 0          |
| Integral de Linha                | 4     |       | 3     | 2,91       |
| Análise Vetorial                 | 5     | 5     | 6     | 5,146      |
| Função de Variável Complexa      | 1     |       | 1     | 0,764      |
| Séries: Numérica e de Função     | 1     | 3     | 2     | 1,618      |
| Transformada de Laplace          |       | 1     | 4     | 0,82       |

ENGENHARIA QUÍMICA

| Disciplina                         | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | II <sub>3</sub> | II <sub>4</sub> | II <sub>6</sub> | III <sub>6</sub> | III <sub>7</sub> | III <sub>8</sub> | III <sub>9</sub> | III <sub>10</sub> | IV <sub>11</sub> | IV <sub>12</sub> | IV <sub>13</sub> | IV <sub>14</sub> | IV <sub>16</sub> | V <sub>17</sub> | V <sub>18</sub> | V <sub>19</sub> | V <sub>20</sub> |
|------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Matemática</b>                  |                |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Função Real                        | 3              | 2              | 3               | 2               | 1               |                  | 3                | 3                | 2                | 1                 | 3                | 3                | 3                | 2                | 2                |                 |                 | 1               | 2               |
| Limite e continuidade              | 3              | 1              | 3               | 1               | 1               |                  | 3                | 2                | 1                | 1                 | 3                |                  | 1                | 2                | 1                |                 |                 | 1               | 2               |
| Derivadas                          | 2              | 1              | 2               | 1               | 1               |                  | 3                | 3                | 2                | 1                 | 3                |                  | 3                | 2                | 1                |                 |                 | 1               | 2               |
| Aplicações de Derivadas            | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  | 3                | 3                | 2                | 1                 | 3                |                  | 3                | 2                | 1                |                 |                 | 1               | 2               |
| Matrizes, Determ. e Sist. Lineares | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               | 3                |                  | 2                | 1                | 1                 |                  | 1                | 1                | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Álgebra e Espaços Vetoriais        | 3              | 1              | 3               | 1               | 1               |                  | 3                | 3                | 1                | 1                 | 3                | 1                | 1                | 2                | 2                | 3               | 2               | 1               | 2               |
| Transformações Lineares            | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  |                  | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Autovetores e Autovalores          | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  |                  | 1                | 1                |                 |                 | 1               | 1               |
| Estudo geral das Cônicas           | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  |                  | 1                | 1                |                 |                 | 1               | 1               |
| Superfícies em $\mathbb{R}^3$      | 3              | 3              | 3               | 3               | 3               |                  |                  |                  | 2                | 1                 |                  |                  |                  | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Formas Quadráticas                 | 3              | 1              | 3               | 1               | 2               |                  | 2                |                  | 1                | 2                 | 2                |                  |                  | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Retas e Planos no $\mathbb{R}^3$   | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  | 3                | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Conceito de Integral               | 3              | 2              | 2               | 1               | 1               |                  | 3                | 3                | 2                | 1                 | 3                |                  | 3                | 2                | 2                |                 |                 | 1               | 2               |
| Técnicas de Integração             | 2              | 2              | 2               | 2               | 1               |                  | 2                | 2                | 2                | 1                 |                  |                  | 1                | 2                | 2                |                 |                 | 1               | 2               |
| Aplicações da Integral             | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  | 3                | 1                | 1                 |                  |                  | 3                | 2                |                  |                 |                 | 1               | 2               |
| Equações Diferenciais-conceito     | 2              | 2              | 2               | 2               | 1               |                  |                  | 2                | 2                | 1                 |                  |                  | 3                | 2                |                  |                 |                 | 1               | 3               |
| Equação Diferencial de 1ª ordem    | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  | 2                | 1                | 1                 |                  |                  | 3                | 3                |                  |                 |                 | 1               | 3               |
| Equação Diferencial de 2ª ordem    | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  | 3                | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Ajustes de Curvas                  | 2              | 3              | 3               | 3               | 3               |                  |                  | 2                | 3                | 3                 |                  |                  | 1                | 3                | 2                |                 |                 | 3               | 3               |
| Erros, Aproximações Numéricas      | 3              | 3              | 3               | 2               | 2               |                  |                  | 2                | 3                | 2                 |                  |                  | 1                | 3                | 2                |                 |                 | 2               | 3               |
| Equações Lineares                  | 3              | 3              | 3               | 3               | 3               |                  |                  |                  | 3                | 3                 |                  |                  | 2                |                  |                  |                 |                 | 3               | 2               |
| Zeros de Polinômios e de Funções   | 3              | 3              | 3               | 2               | 2               |                  |                  |                  | 3                | 2                 |                  |                  | 1                |                  |                  |                 |                 | 2               | 1               |
| Interpolação Polinomial            | 3              | 3              | 3               | 2               | 3               |                  |                  | 3                | 3                | 2                 |                  |                  |                  | 2                |                  |                 |                 | 2               | 2               |
| Integração Numérica                | 2              | 2              | 2               | 2               | 1               |                  |                  |                  | 2                | 1                 |                  |                  |                  | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Funções de Várias Variáveis        | 1              | 2              | 2               | 2               | 1               |                  | 2                | 3                | 2                | 1                 | 2                |                  | 1                | 2                |                  |                 |                 | 1               | 2               |
| Integrais Múltiplas                | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  | 3                |                  | 1                | 1                 | 3                |                  | 1                | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Transformada - Integrais Múltiplas | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  |                  | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Integral de Linha                  | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  | 3                | 3                | 1                | 1                 | 3                |                  |                  | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |
| Análise Vetorial                   | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  | 3                | 3                | 1                | 1                 | 2                |                  | 1                | 1                | 2                | 2               | 2               | 1               | 1               |
| Funções de Variável complexa       | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  | 1                |                  | 3                |                 |                 | 1               | 1               |
| Séries: numéricas e de funções     | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  | 2                |                  | 1                | 1                 | 2                |                  | 1                | 1                | 2                |                 |                 | 1               | 1               |
| Transformada de Laplace            | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |                  |                  |                  | 1                | 1                 |                  |                  | 1                | 1                |                  |                 |                 | 1               | 1               |

ENGENHARIA QUÍMICA

| Disciplina                         | V <sub>21</sub> | VI <sub>22</sub> | VI <sub>23</sub> | VI <sub>24</sub> | VI <sub>26</sub> | VI <sub>28</sub> | VI <sub>27</sub> | VI <sub>28</sub> | VI <sub>29</sub> | VI <sub>30</sub> | VI <sub>31</sub> | VI <sub>32</sub> | VI <sub>33</sub> | VI <sub>34</sub> | VI <sub>35</sub> | VIII <sub>36</sub> | VIII <sub>37</sub> | VIII <sub>38</sub> | VIII <sub>39</sub> | VIII <sub>40</sub> | VIII <sub>41</sub> | VIII <sub>42</sub> | IX <sub>43</sub> |   |
|------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|---|
| Matemática                         | 3               | 3                | 3                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Função Real                        | 3               | 3                | 3                |                  | 3                | 2                | 3                | 3                | 3                | 3                | 3                | 2                | 2                |                  |                  | 2                  | 3                  | 2                  | 2                  | 3                  |                    |                    | 2                | 2 |
| Limite e continuidade              | 2               | 3                | 1                | 1                | 2                | 1                | 3                | 3                | 3                | 3                | 2                | 2                | 2                |                  |                  | 2                  | 3                  | 3                  | 2                  | 1                  |                    | 1                  |                  |   |
| Derivadas                          | 3               | 3                | 2                | 2                | 3                | 1                | 3                | 3                | 3                | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                |                  | 3                  | 3                  | 3                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  |                  |   |
| Aplicações de Derivadas            | 3               | 3                | 2                | 2                | 3                | 1                | 3                | 3                | 3                | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                |                  | 3                  | 3                  | 3                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  |                  |   |
| Matrizes, Determ. e Sist. Lineares | 3               | 3                |                  |                  | 2                | 2                | 3                | 1                |                  |                  | 2                | 1                |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Algebra e Espaços Vetoriais        | 3               | 3                | 3                | 3                | 3                | 2                | 1                | 3                | 2                | 3                | 3                | 1                | 2                | 3                | 2                | 2                  | 3                  | 2                  |                    |                    | 3                  | 1                  | 2                |   |
| Transformações Lineares            | 3               | 3                | 1                |                  |                  |                  |                  | 2                |                  |                  |                  | 1                |                  |                  | 2                |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Autovetores e Autovalores          | 2               |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 3                |                  |                  | 1                | 1                |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Estudo geral das Cônicas           | 1               |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Superfícies em IR <sup>3</sup>     |                 |                  |                  | 3                |                  |                  |                  | 3                | 3                | 1                |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Formas Quadráticas                 | 2               |                  | 1                |                  |                  |                  |                  | 2                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Retas e Planos no IR <sup>3</sup>  | 2               |                  | 3                |                  |                  |                  |                  | 2                | 3                | 3                |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    | 3                  |                    |                  |   |
| Conceito de Integral               | 3               | 3                |                  |                  | 3                | 2                | 3                | 3                |                  |                  | 3                | 2                | 3                |                  |                  | 2                  | 3                  | 2                  |                    | 2                  |                    |                    | 2                |   |
| Técnicas de Integração             | 3               | 3                |                  |                  | 2                | 1                | 3                | 3                |                  |                  | 3                | 2                |                  |                  |                  | 1                  |                    | 2                  |                    | 2                  |                    |                    |                  |   |
| Aplicações da Integral             | 3               | 3                |                  |                  | 3                | 2                | 3                | 3                |                  |                  | 3                | 3                |                  |                  |                  | 2                  | 2                  | 2                  |                    | 3                  | 2                  |                    |                  |   |
| Equações Diferenciais-conceito     | 3               | 2                |                  |                  | 3                | 3                | 3                | 3                |                  |                  | 3                | 3                |                  |                  |                  | 1                  | 2                  | 3                  |                    | 3                  |                    |                    | 2                | 2 |
| Equação Diferencial de 1ª ordem    | 3               | 3                |                  |                  | 3                | 3                | 3                | 3                |                  |                  | 3                | 3                |                  |                  |                  | 3                  | 2                  | 3                  |                    | 3                  | 2                  |                    | 1                | 2 |
| Equação Diferencial de 2ª ordem    | 3               | 3                |                  |                  | 2                |                  |                  | 3                |                  |                  | 3                | 2                | 3                |                  |                  | 1                  |                    | 3                  |                    | 3                  | 2                  | 3                  |                  |   |
| Ajustes de Curvas                  | 3               | 2                |                  | 2                | 2                | 3                |                  | 3                | 2                | 1                | 1                | 3                | 2                | 3                | 2                | 2                  | 3                  | 1                  |                    | 2                  |                    |                    | 1                | 2 |
| Erros, Aproximações Numéricas      | 3               | 2                |                  | 1                | 1                | 3                |                  | 3                | 2                |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 3                  | 2                  |                    | 2                  |                    |                    | 3                  | 3                |   |
| Equações Lineares                  | 3               | 3                |                  | 1                | 2                | 3                | 3                | 3                |                  | 1                | 3                |                  | 1                |                  |                  | 3                  | 3                  | 3                  |                    |                    |                    | 3                  | 2                |   |
| Zeros de Polinômios e de Funções   | 3               | 3                |                  | 1                | 2                | 3                | 3                | 3                |                  |                  | 3                |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Interpolação Polinomial            | 3               |                  |                  |                  | 2                |                  |                  | 2                |                  |                  | 3                |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Integração Numérica                | 3               | 2                |                  |                  | 2                |                  |                  | 3                | 3                |                  | 3                | 2                |                  |                  |                  | 3                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Funções de Várias Variáveis        | 3               | 2                | 2                |                  | 3                | 3                | 2                | 3                | 2                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    | 2                  | 2                  |                    |                    | 2                |   |
| Integrais Múltiplas                | 2               |                  |                  |                  | 1                |                  |                  | 2                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Transformada - Integrais Múltiplas | 1               |                  |                  |                  | 1                |                  |                  | 2                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Integral de Linha.                 | 1               |                  |                  |                  | 1                |                  |                  | 3                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |   |
| Análise Vetorial                   | 3               |                  |                  |                  | 3                |                  |                  | 3                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    | 2                  |                    | 2                | 1 |
| Funções de Variável complexa       | 2               |                  |                  |                  | 1                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    | 2                  |                    | 3                |   |
| Séries: numéricas e de funções     | 3               |                  |                  |                  | 2                |                  |                  | 3                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 2                  |                  |   |
| Transformada de Laplace            | 1               |                  |                  |                  | 2                |                  |                  |                  |                  | 2                |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 3                  |                  |   |



## ENGENHARIA QUÍMICA

| Conteúdo                         | muito | médio | pouco | média: área |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| Função Real                      | 17    | 14    | 3     | 14,248      |
| Limite e Continuidade            | 10    | 10    | 13    | 10,438      |
| Derivada                         | 17    | 11    | 7     | 14,124      |
| Aplicação de Derivada            | 17    | 9     | 7     | 13,652      |
| Matriz, Determ. e S. Linear      | 4     | 5     | 14    | 5,696       |
| Algebra e Espaço Vetorial        | 16    | 11    | 11    | 14,09       |
| Transformação Linear             | 1     | 3     | 10    | 2,786       |
| Autovetor e Autovalor            | 1     | 2     | 11    | 2,696       |
| Estudo Geral das Cônicas         | 1     |       | 9     | 1,932       |
| Superfície em $R^3$              | 5     | 1     | 6     | 4,202       |
| Formas Quadráticas               | 2     | 6     | 8     | 3,82        |
| Retas e Planos no $R^3$          | 5     | 2     | 11    | 5,168       |
| Conceito de Integral             | 13    | 12    | 3     | 11,304      |
| Técnicas de Integração           | 6     | 13    | 6     | 7,652       |
| Aplicação da Integral            | 11    | 8     | 7     | 9,708       |
| Equação Diferencial              | 13    | 9     | 4     | 10,742      |
| Equação Diferencial de 1ª ordem  | 15    | 4     | 7     | 11,236      |
| Equação Diferencial de 2ª ordem  | 8     | 3     | 9     | 6,966       |
| Ajustes de Curvas                | 13    | 11    | 5     | 11,36       |
| Erros, Aproximações Numéricas    | 11    | 9     | 3     | 9,36        |
| Equação Linear                   | 15    | 4     | 3     | 10,652      |
| Zeros de Polinômio e de Função   | 9     | 4     | 3     | 6,944       |
| Interpolação Polinomial          | 7     | 7     |       | 5,978       |
| Integração Numérica              | 5     | 6     | 5     | 5,236       |
| Função de Várias Variáveis       | 4     | 13    | 5     | 6,27        |
| Integral Múltipla                | 2     | 3     | 10    | 3,404       |
| Transformada - Integral Múltipla |       | 1     | 10    | 1,696       |
| Integral de Linha                | 4     |       | 11    | 4,078       |
| Análise Vetorial                 | 5     | 6     | 10    | 5,966       |
| Função de Variável Complexa      | 2     | 2     | 9     | 3,022       |
| Séries: Numérica e de Função     | 2     | 5     | 8     | 3,584       |
| Transformada de Laplace          | 1     | 2     | 10    | 2,55        |

ENGENHARIA ELÉTRICA

| Disciplina                         | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> | II <sub>4</sub> | II <sub>6</sub> | III <sub>6</sub> | IV <sub>7</sub> | IV <sub>8</sub> | IV <sub>9</sub> | V <sub>10</sub> | V <sub>11</sub> | VI <sub>12</sub> | VI <sub>13</sub> | VI <sub>14</sub> | VI <sub>16</sub> | VII <sub>17</sub> | VII <sub>18</sub> | VII <sub>19</sub> | VIII <sub>20</sub> | VIII <sub>21</sub> |   |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---|
| Matemática                         | 1              | 1              | 3              | 3               | 3               | 3                | 3               | 3               | 2               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 2                 | 2                 | 2                  | 3                  | 3 |
| Função Real                        | 1              | 1              | 3              | 3               | 3               | 3                | 3               | 3               | 2               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 2                 | 2                 | 2                  | 3                  | 3 |
| Limite e continuidade              | 1              | 1              | 3              | 3               | 3               | 3                | 3               | 3               | 2               | 2               | 1               | 1                | 2                | 1                | 2                | 1                 | 1                 | 1                 | 1                  | 1                  | 1 |
| Derivadas                          | 1              | 1              | 2              | 3               | 2               | 3                | 3               | 3               | 3               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 2                 | 1                 | 2                  | 3                  | 1 |
| Aplicações de Derivadas            | 1              | 1              |                |                 |                 | 3                | 3               | 3               | 3               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 2                 | 1                 | 2                  | 3                  | 1 |
| Matrizes, Determ. e Sist. Lineares | 1              | 1              | 1              |                 | 1               |                  | 1               | 3               | 2               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 1                |                   | 2                 |                   | 3                  | 2                  | 3 |
| Álgebra e Espaços Vetoriais        |                | 3              | 3              | 3               | 3               | 3                | 3               | 3               | 3               | 3               | 1               | 1                | 3                | 1                | 1                | 1                 | 2                 | 3                 | 3                  | 3                  | 1 |
| Transformações Lineares            | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 | 1               | 1               |                  | 1                | 1                | 1                | 1                 |                   |                   | 1                  | 1                  | 1 |
| Autovetores e Autovalores          | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 | 1               |                 |                 |                 |                  |                  |                  | 1                |                   |                   |                   | 2                  | 1                  |   |
| Estudo geral das Cônicas           | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  | 1                |                   |                   |                   |                    |                    |   |
| Superfícies em IR <sup>3</sup>     | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  | 3                | 1                |                   |                   |                   |                    |                    |   |
| Formas Quadráticas                 | 2              | 3              | 3              | 2               | 3               | 2                | 2               |                 |                 |                 |                 |                  |                  | 1                | 1                | 1                 | 2                 |                   |                    |                    | 1 |
| Retas e Planos no IR <sup>3</sup>  | 1              | 1              | 1              | 1               | 1               | 1                |                 |                 |                 |                 |                 | 3                | 3                | 3                | 1                |                   |                   |                   |                    |                    | 1 |
| Conceito de Integral               | 1              | 3              | 2              | 3               | 3               | 3                | 3               | 3               | 3               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 3                 | 2                 | 1                  | 2                  | 1 |
| Técnicas de Integração             | 1              | 1              | 1              |                 |                 |                  |                 |                 | 2               | 1               | 1               | 2                | 2                | 2                | 1                | 2                 | 1                 | 1                 | 1                  | 2                  | 1 |
| Aplicações da Integral             | 1              | 1              | 1              |                 |                 |                  |                 |                 | 3               | 3               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 3                 | 2                 | 1                  | 2                  | 1 |
| Equações Diferenciais-conceito     | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 2               | 1               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 3                 | 1                 |                    | 2                  | 2 |
| Equação Diferencial de 1ª ordem    | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 2               | 1               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 3                 | 1                 |                    | 2                  | 2 |
| Equação Diferencial de 2ª ordem    | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 1               | 1               | 3               | 3                | 3                | 3                | 2                | 3                 | 1                 |                   |                    | 2                  | 2 |
| Ajustes de Curvas                  | 3              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 3               |                 |                 |                  |                  |                  | 1                | 1                 | 2                 |                   |                    | 2                  |   |
| Erros. Aproximações Numéricas      | 2              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 1               |                 |                 |                  |                  |                  | 3                | 1                 | 1                 | 2                 |                    | 2                  |   |
| Equações Lineares                  | 3              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 3               | 2               |                 | 2                | 2                | 1                | 2                | 3                 | 3                 | 3                 |                    | 2                  | 3 |
| Zeros de Polinômios e de Funções   | 2              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 1               |                 |                 | 3                | 3                | 1                | 1                | 1                 | 1                 | 1                 |                    | 1                  | 3 |
| Interpolação Polinomial            | 2              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  | 1                |                   |                   |                   |                    | 1                  | 1 |
| Integração Numérica                | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 | 3               | 1               |                 |                  |                  |                  | 1                |                   |                   |                   |                    | 1                  | 1 |
| Funções de Várias Variáveis        | 1              | 1              | 1              |                 | 2               | 2                | 2               | 2               | 3               | 1               |                 | 3                | 3                | 3                | 3                | 3                 | 2                 |                   |                    | 2                  | 3 |
| Integrais Múltiplas                | 1              |                |                |                 | 3               | 3                | 3               |                 |                 |                 |                 | 1                | 3                | 1                | 1                |                   |                   |                   |                    | 2                  | 1 |
| Transformada - Integrais Múltiplas | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 | 1                | 2                | 1                |                  |                   |                   |                   |                    | 2                  | 1 |
| Integral de Linha.                 | 1              | 1              | 1              |                 | 3               | 3                | 3               | 3               | 1               |                 |                 | 3                | 1                | 3                | 1                | 3                 |                   |                   |                    | 1                  | 1 |
| Análise Vetorial                   | 1              |                |                |                 | 3               | 3                | 2               |                 | 1               |                 |                 |                  |                  | 3                | 1                | 1                 | 1                 | 1                 |                    | 1                  | 3 |
| Funções de Variável complexa       | 1              |                |                |                 |                 |                  | 2               | 2               | 2               |                 |                 | 3                | 1                | 1                | 1                | 3                 |                   |                   |                    | 2                  | 1 |
| Séries: numéricas e de funções     | 1              |                |                |                 | 2               | 2                | 2               |                 | 1               |                 |                 | 1                | 1                | 1                | 1                | 1                 |                   |                   |                    | 1                  | 3 |
| Transformada de Laplace            | 1              |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 | 2                | 3                |                  | 1                |                   |                   |                   |                    | 2                  | 2 |



## ENGENHARIA ELÉTRICA

| Conteúdo                         | multo | médio | pouco | média áurea |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| Função Real                      | 19    | 13    | 3     | 15,248      |
| Limite e Continuidade            | 4     | 4     | 23    | 6,774       |
| Derivada                         | 11    | 12    | 7     | 10,652      |
| Aplicação de Derivada            | 12    | 8     | 6     | 10,18       |
| Matriz, Determ. e S. Linear      | 10    | 5     | 10    | 8,82        |
| Álgebra e Espaço Vetorial        | 12    | 5     | 10    | 10,056      |
| Transformação Linear             |       | 4     | 6     | 1,82        |
| Autovetor e Autovalor            |       | 3     | 5     | 1,438       |
| Estudo Geral das Cônicas         |       | 1     | 3     | 0,674       |
| Superfície em $\mathbb{R}^3$     | 1     | 2     | 3     | 1,528       |
| Formas Quadráticas               | 2     | 4     | 5     | 2,91        |
| Retas e Planos no $\mathbb{R}^3$ | 2     | 1     | 7     | 2,494       |
| Conceito de Integral             | 14    | 6     | 8     | 11,236      |
| Técnicas de Integração           | 3     | 6     | 15    | 5,46        |
| Aplicação da Integral            | 11    | 4     | 8     | 8,91        |
| Equação Diferencial              | 6     | 11    | 6     | 7,18        |
| Equação Diferencial de 1ª ordem  | 6     | 11    | 6     | 7,18        |
| Equação Diferencial de 2ª ordem  | 5     | 8     | 7     | 6           |
| Ajustes de Curvas                | 2     | 4     | 8     | 3,348       |
| Erros. Aproximações Numéricas    | 3     | 7     | 6     | 4,382       |
| Equação Linear                   | 11    | 5     | 3     | 8,416       |
| Zeros de Polinômio e de Função   | 5     | 3     | 7     | 4,82        |
| Interpolação Polinomial          |       | 2     | 8     | 1,64        |
| Integração Numérica              | 4     | 1     | 7     | 3,73        |
| Função de Várias Variáveis       | 10    | 7     | 7     | 8,854       |
| Integral Múltipla                | 5     | 1     | 7     | 4,348       |
| Transformada - Integral Múltipla | 2     | 3     | 6     | 2,82        |
| Integral de Linha                | 4     | 1     | 11    | 4,314       |
| Análise Vetorial                 | 5     | 5     | 9     | 5,584       |
| Função de Variável Complexa      | 9     | 5     | 5     | 7,472       |
| Séries: Numérica e de Função     | 4     | 5     | 11    | 5,258       |
| Transformada de Laplace          | 2     | 6     | 4     | 3,236       |

## ANEXO IV

### MODELOS MATEMÁTICOS

A seguir serão apresentados cinco **Modelos Matemáticos** que serviram de Norteador para o ensino de matemática na graduação:

- Modelo I - “Análise de Pilares Esbeltos” - Cálculo III - Engenharia Civil - 2º semestre/90.
- Modelo II - “Criação e Abate de Perus” - Cálculo I - Ciências Econômicas - 1º semestre/90.
- Modelo III - “Reação de Obtenção do Hidrato de Terpinina” - Cálculo IV - Química - 1º semestre/91.
- Modelo IV - “Resistência do Concreto” - Cálculo I - Engenharia Civil - 1º semestre/91.
- Modelo V - “Deflexão de uma Longarina” - Álgebra Linear I - Engenharia Civil

## MODELO I: ESTUDO DE FLEXÃO OBLÍQUA EM PILARES ESBELTOS

Neste trabalho será apresentado uma análise de pilares esbeltos de concreto sob flexão composta oblíqua. A formulação é desenvolvida para uma secção transversal arbitrária. As integrações necessárias, ao longo das secções são feitas com o emprego do Teorema de Green.

### 1. Interação com o assunto

Considere-se uma secção transversal de concreto armado, conforme figura, na qual atua um esforço normal  $N$ , excêntrico em relação ao sistema  $xy$ .

Com a hipótese das secções planas, a deformação em um ponto genérico da secção transversal é dada por:

$$E_z = E_0 - y X_y - x X_x$$

onde:  $E_0$  - deformação axial  
 $X_x$  - curvatura no plano  $xz$   
 $X_y$  - curvatura no plano  $yz$

Obs.: Aqui se convencionou como sendo positivas as deformações de tração.

Igualando  $E_z$  a zero tem-se:



Esta é a equação da linha neutra.

Caso agora  $E_z = -0,002$  (0,2 % de deformação positiva) obtém-se:

Esta reta é o lugar geométrico com deformação de compressão igual a 0,002 (0,02%).

Assim, pode-se colocar graficamente:

Aplicando as equações de equilíbrio da estática, vem:

onde :  $T_{si}$  - tensão em uma barra genérica  $i$  da armadura;

$A_{si}$  - Área da secção transversal de uma barra genérica  $i$ ;

$x_{si}$  - posição da barra relativa ao eixo  $y$ ;

$y_{si}$  - posição da barra relativa ao eixo  $x$ .

Acima,  $T_c$  é a tensão de compressão em um elemento infinitesimal de concreto, e os índices  $p$  e  $r$  referem-se às zonas comprimidas (parábola e retangular).

### 1.1. Situação-Problema

A deformação axial  $E_0$ , e as curvas  $x_x$  e  $x_y$  são dados, sendo de interesse determinar o esforço normal  $N$  e os momentos fletores  $M_x$  e  $M_y$  associados a este estado de deformação.

- maior problema enfrentado é a avaliação das integrais contidas em (\*), (\*\*) e (\*\*\*). A solução pode ser através do emprego do teorema de Green. Desenvolvendo as expressões (\*), (\*\*) e (\*\*\*), as integrais de superfície são repassadas para integrais ao longo do contorno das respectivas zonas. Resulta, assim, a necessidade de se avaliar, para cada zona, a área, os momentos estáticos, os momentos de inércia, o produto de inércia.

## 2. Formulação

Conforme já foi dito, as integrações de superfície necessárias para a avaliação dos esforços internos são efetuados com o emprego do teorema de Green.

Sejam  $P$  e  $Q$  duas funções contínuas e diferenciáveis no domínio bidimensional. O teorema de Green estabelece a seguinte igualdade:

onde o segundo termo representa a integral de linha ao longo do contorno  $C$ , conforme a próxima figura..

$C$  é uma curva definida no plano  $xy$  :

$$x = f(t)$$

$$C : \quad \text{com } a \leq t \leq b$$

$$y = g(t)$$

## 3. Modelo

Resulta disso:  $\int [P(x,y)dx + Q(x,y)dy] = \int P(f(t), g(t)) f'(t)dt + \int Q(f(t), g(t)) g'(t)dt$

O que permite avaliar o segundo termo da expressão (\*\*\*\*). Se o contorno é poligonal então (c) é a equação paramétrica de um segmento de reta.

Os vetores posição dos pontos extremos do segmento são:

$$R_i = x_i i + y_i j$$

$$R_{i+1} = x_{i+1} i + y_{i+1} j$$

O vetor  $M$  que une esses extremos é:  $M = R_{i+1} - R_i$

Definindo:  $\Delta y_i = y_{i+1} - y_i$

$$\Delta x_i = x_{i+1} - x_i \quad \Rightarrow \quad \text{tem-se: } M = \Delta x_i i + \Delta y_i j$$

O vetor posição de um ponto genérico do segmento da figura anterior é:  $R = R_i + t M$

onde  $t$  é um escalar variando de 0 a 1 ( $t \in [0, 1]$ )

Assim,  $R = (x_i + t \Delta x_i) i + (y_i + t \Delta y_i) j$  (\*\*\*\*\*)

que é a equação paramétrica da reta.

Em termos de escalares, a expressão (\*\*\*\*\*) representa um sistema de duas equações:

$$x = x_i + t \Delta x_i$$

$$y = y_i + t \Delta y_i$$

que são as equações paramétricas do segmento de reta.

Com base nestes dados:  $N$ ,  $M_x$  e  $M_y$  o engenheiro pode conduzir seus trabalhos.



## MODELO II: CRIAÇÃO E ABATE DE PERUS

Neste trabalho, será apresentado o tempo ideal para efetuar o abate de peru (fêmea). Para formular o Modelo e encontrar o tempo ótimo serão necessários, percorrer os conteúdos de Função, Interpolação, Erros, Limite e Derivada.

### 1. Interação com o assunto

*Qual a idade ideal para efetuar o abate das peruas ?*

Definida a questão faz-se uma pesquisa sobre o assunto, ou seja, busca-se por mais dados que possam auxiliar na formulação.

*Segundo especialistas, nas granjas comerciais, logo após o nascimento, os perus machos e fêmeas são alojados separadamente. Com luz e temperatura controladas e espaço físico definido de acordo com etapas de crescimento, fêmeas e machos permanecem neste aviário até o momento de abate, o qual ocorre de 70 a 84 dias para as fêmeas e até 160 dias para os machos. O período de abate é definido a partir de uma análise da relação entre o consumo de ração e o ganho de massa.*

A tabela, abaixo, fornecida pela Empresa de criação e abate de aves e suínos, apresenta o aumento de massa (g) em função do consumo de ração (g) nas 20 primeiras semanas.

| Idade | Machos | Fêmeas | Consumo de ração machos | Consumo de ração fêmeas |
|-------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|
| 1     | 122    | 107    | 106                     | 104                     |
| 2     | 254    | 222    | 251                     | 230                     |
| 3     | 474    | 423    | 370                     | 340                     |
| 4     | 751    | 665    | 591                     | 470                     |
| 5     | 1148   | 971    | 811                     | 700                     |
| 6     | 1760   | 1466   | 1076                    | 922                     |
| 7     | 2509   | 2079   | 1353                    | 1146                    |
| 8     | 3454   | 2745   | 1435                    | 1270                    |
| 9     | 4231   | 3495   | 1654                    | 1396                    |
| 10    | 5160   | 4194   | 1876                    | 1568                    |
| 11    | 6083   | 4870   | 2093                    | 1710                    |
| 12    | 6998   | 5519   | 2247                    | 1957                    |
| 13    | 7906   | 6141   | 2339                    | 1969                    |
| 14    | 8805   | 6732   | 2440                    | 2093                    |
| 15    | 9695   | 7290   | 2603                    | 2115                    |
| 16    | 10574  | 7813   | 2774                    | 2165                    |
| 17    | 11444  | 8299   | 2737                    | 2160                    |

## 2. Matematização

2.1. Na formulação do problema é preciso:

a) **identificar fatos envolvidos.**

Pela tabela, o ganho de massa do Peru ( macho ou fêmea ) depende do tempo e da quantidade de ração consumida.

b) **decidir quais fatores a serem perseguidos.**

Num primeiro momento, pode-se considerar, apenas, o tempo e o ganho de massa.

Como neste caso o exemplo é relativamente simples os itens c) **identificar constantes** e

d) **generalizar e selecionar variáveis** estão inseridos na etapa realizada em b) (item anterior).

e) **selecionar símbolos**

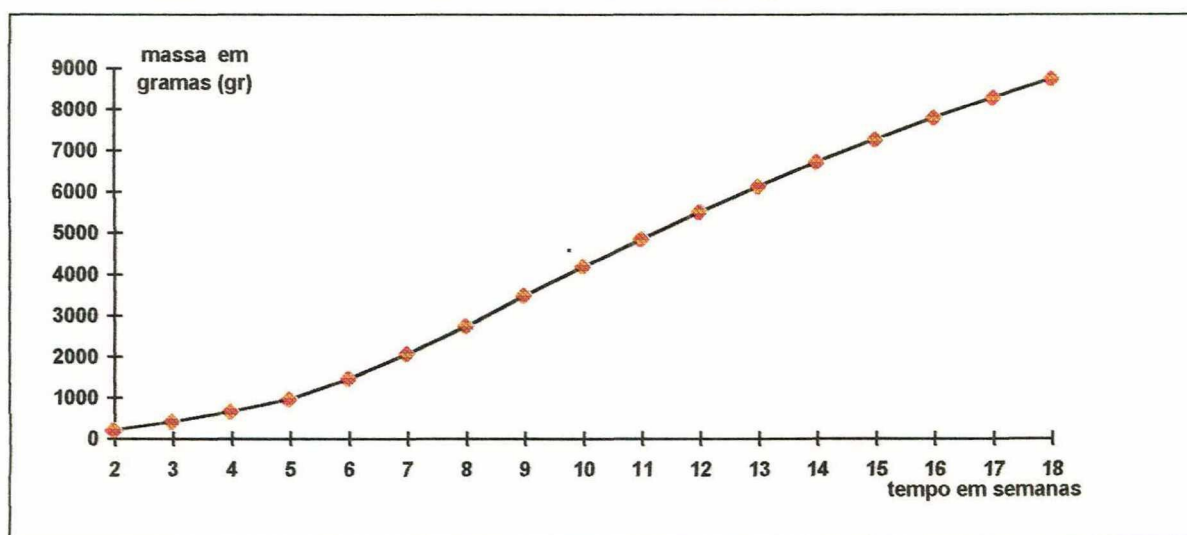
chamando  $t$  - tempo

$m$  - massa

$m(t)$  - massa em função do tempo

f) **descrever em termos matemáticos**

Utilizando, como exemplo, os dados da tabela que relacionam tempo e ganho de massa das fêmeas, pode-se fazer inicialmente, uma representação gráfica.:



Como neste modelo é conhecido apenas um conjunto finito e discreto de pontos de um intervalo e não se dispõe de sua forma analítica, pode-se substituí-la por outra função que seja uma "aproximação da realidade".

Criar uma função que se ajusta a uma "nuvem" de dados significa construir uma expressão matemática que revele as tendências do grupo todo.

Utilizando uma calculadora ou um programa computacional pode-se construir com o conjunto finito de pontos: uma reta, uma parábola, uma curva cúbica, uma curva exponencial, uma curva logarítmica etc, optando-se no final por aquela que fornece o melhor coeficiente de correlação.

Num primeiro momento, por exemplo, pode-se utilizar apenas 5 pontos do gráfico, obtendo, assim, um sistema linear de ordem 5, cujo resultado gerará uma função polinomial de quarto grau.

Seleciona-se os pontos que supõe-se conveniente, tais como:  $P_1, P_5, P_9, P_{13}$  e  $P_{17}$ .

$$\begin{cases} ax_1^4 + bx_1^3 + cx_1^2 + dx_1 + e = y_1 \\ ax_5^4 + bx_5^3 + cx_5^2 + dx_5 + e = y_5 \\ ax_9^4 + bx_9^3 + cx_9^2 + dx_9 + e = y_9 \\ ax_{13}^4 + bx_{13}^3 + cx_{13}^2 + dx_{13} + e = y_{13} \\ ax_{17}^4 + bx_{17}^3 + cx_{17}^2 + dx_{17} + e = y_{17} \end{cases}$$

Substituindo as coordenadas dos pontos selecionados, tem-se o seguinte sistema escrito na forma matricial:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 625 & 125 & 25 & 5 & 1 \\ 6561 & 729 & 81 & 9 & 1 \\ 28561 & 2197 & 169 & 13 & 1 \\ 83521 & 4913 & 289 & 17 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 107 \\ 971 \\ 3495 \\ 6141 \\ 8299 \end{bmatrix}$$

## 2.2. Resolução

Uma vez formulado o problema, passa-se à resolução. Neste exemplo o sistema pode ser resolvido com uma calculadora gráfica. Os resultados obtidos são:

$$a = 0.151; b = -8.234; c = 150.318; d = -454.203; e = 418.969,$$

o que resulta na função polinomial de quarto grau:

$$m(t) = 0.151t^4 - 8.234t^3 + 150.318t^2 - 454.203t + 418.969$$

## 3. Modelo Matemático

A função polinomial obtida acima, pode ser considerada um Modelo. Por outro lado, à primeira vista, nada se pode garantir sobre a ‘veracidade’ deste Modelo. É necessário interpretá-lo.

Como num primeiro momento os dados foram aproximados para uma função polinomial de quarto grau, sugere-se, neste caso, que se faça outras regressões e respectivos cálculos do coeficiente de correlação, para encontrar, efetivamente o Modelo que melhor se aplica a esta situação.

Por exemplo, usando a calculadora, obtêm-se as seguintes funções ajustadas e de devidos coeficientes de correlação:

(1) Regressão Linear:  $\hat{M} = 563.237t - 1363.254$   
 $r = 99.27\%$

(2) Regressão Quadrática:  $\hat{M} = 8.821t^2 + 395.642t - 804.603$

(3) Regressão Cúbica:  $\hat{M} = -2.566t^3 + 81.949t^2 - 175.272t + 219.193$

(4) 4º Grau:  $\hat{M} = 0.078t^4 - 5.531t^3 + 118.853t^2 - 341.300t + 414.869$

(5) Regressão Logarítmica:  $\hat{M} = -2818.777 + 3366.162 \ln t$   
 $r = 89.11\%$

(6) Regressão Exponencial:  $\hat{M} = 248.465 * 1.265^t$   
 $r = 93.62\%$

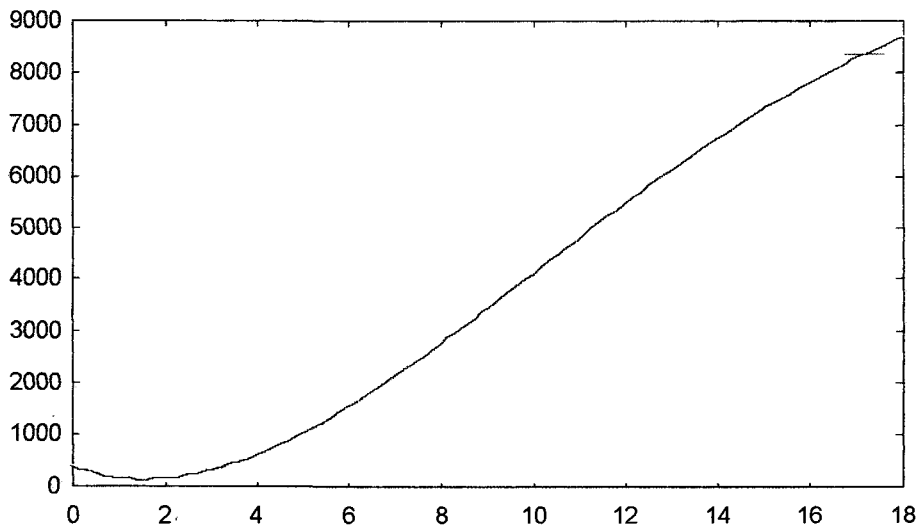
Pelos resultados acima, verifica-se que as regressões polinomiais fornecem ajustes mais próximos da “realidade”, visto que, tanto no ajuste logarítmico e exponencial, o coeficiente de correlação foi mais baixo. Assim, fazendo um acompanhamento dos ajustes polinomiais, obtêm-se a tabela abaixo:

| Idade | Peso | reglin | erro | regqua | erro | regcub | erro | regquar | erro |
|-------|------|--------|------|--------|------|--------|------|---------|------|
| 1     | 107  | -800   | 907  | -400   | 507  | 123    | 16   | 187     | 80   |
| 2     | 222  | -236   | 458  | 22     | 200  | 176    | 46   | 165     | 57   |
| 3     | 423  | 326    | 97   | 461    | 38   | 362    | 61   | 318     | 105  |
| 4     | 665  | 890    | 225  | 918    | 253  | 665    | 0    | 617     | 48   |

|    |      |      |     |      |     |      |     |      |    |
|----|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|
| 5  | 971  | 1453 | 482 | 1393 | 422 | 1071 | 100 | 1037 | 66 |
| 6  | 1466 | 2016 | 550 | 1886 | 420 | 1563 | 97  | 1552 | 86 |
| 7  | 2079 | 2579 | 500 | 2396 | 317 | 2128 | 49  | 2140 | 61 |
| 8  | 2745 | 3143 | 398 | 2923 | 178 | 2748 | 3   | 2779 | 34 |
| 9  | 3495 | 3706 | 211 | 3469 | 26  | 3409 | 86  | 3450 | 45 |
| 10 | 4194 | 4269 | 75  | 4032 | 162 | 4095 | 99  | 4136 | 58 |
| 11 | 4870 | 4832 | 38  | 4613 | 257 | 4792 | 78  | 4822 | 48 |
| 12 | 5519 | 5396 | 123 | 5211 | 308 | 5483 | 36  | 5494 | 25 |
| 13 | 6141 | 5959 | 182 | 5827 | 314 | 6153 | 12  | 6140 | 1  |
| 14 | 6732 | 6522 | 210 | 6461 | 271 | 6786 | 54  | 6751 | 19 |
| 15 | 7290 | 7085 | 205 | 7112 | 178 | 7368 | 78  | 7319 | 29 |
| 16 | 7813 | 7649 | 164 | 7781 | 32  | 7883 | 70  | 7837 | 24 |
| 17 | 8299 | 8212 | 87  | 8468 | 169 | 8316 | 17  | 8302 | 3  |
| 18 | 8744 | 8775 | 31  | 9172 | 428 | 8651 | 93  | 8711 | 33 |

### 3.1. Análise dos Resultados obtidos

Nitidamente pode-se ver que o melhor ajuste é feito pela curva de regressão de quarto grau, cujo gráfico apresenta-se na página anterior.



Pelo gráfico, observa-se que a velocidade de crescimento das peruas depende da idade. Assim, devido a seu lento crescimento até a terceira semana, o ajuste efetuado chega a apresentar, teoricamente, uma perda de peso, o que na realidade não ocorre. Desse modo, para que o modelo não perca seu “brilho”, pode-se considerar apenas a partir da quarta semana.

A taxa de crescimento das peruas, semana a semana, pode ser determinada derivando a função que rege a situação, ou seja:

$$M(t) = 0,078t^4 - 5,531t^3 + 118,853t^2 - 341,300t + 414,869$$

$$M'(t) = 0,312t^3 - 16,593t^2 + 237,706t - 341,3$$

Assim, o crescimento pode ser calculado semana a semana:

$$M'(4) = 364\text{g/semana}$$

$$M'(9) = 681\text{g/semana}$$

$$M'(14) = 590\text{g/semana}$$

$$M(5) = 471\text{g/semana}$$

$$M(6) = 555\text{g/semana}$$

$$M(7) = 617\text{g/semana}$$

$$M(8) = 658\text{g/semana}$$

$$M'(10) = 688\text{g/semana}$$

$$M(11) = 681\text{g/semana}$$

$$M(12) = 660\text{g/semana}$$

$$M(13) = 630\text{g/semana}$$

$$M(15) = 544\text{g/semana}$$

$$M(16) = 492\text{g/semana}$$

$$M(17) = 437\text{g/semana}$$

$$M(18) = 381\text{g/semana}$$

Pelo Modelo, o tempo ideal para o abate das peruas é a décima semana, fato que neste período o ganho de peso semanal chega a 688g/semana, decaindo a partir da décima primeira (681g/semana). Após esta idade, a perua cresce, porém, não mais no mesmo ritmo. Assim, a ração que esta perua iria consumir nas próximas semanas pode ser aproveitada na criação de um novo grupo.

## MODELO III: REAÇÃO DE OBTENÇÃO DO HIDRATO DE TERPINA A PARTIR DO ÓLEO DE TEREINTINA.

Neste trabalho, será apresentado uma análise química de um derivado de óleo de terebintina. O conteúdo matemático necessário é Função, Ajustes de Curvas e Derivada.

### 1. Interação com o assunto.

*Qual o ponto ótimo da relação entre concentração de  $\text{HNO}_3$  por rendimento de hidrato de terpina?*

Definida a questão faz-se uma pesquisa sobre o assunto.

*Os processos químicos, largamente empregados para fins industriais e científicas, são regidos por determinadas condições que margeiam a obtenção dos produtos de interesse. Estas condições, que dentro da química são conhecidas como "Variáveis Intervenientes", determinam então, uma maior ou menor obtenção do produto em estudo.*

*Quando "trabalha-se" com as variáveis intervenientes de um processo, pode-se dentro de certos limites "prever" o comportamento deste processo.*

*O hidrato de terpina, um dos muitos derivados do óleo de terebintina, obtém-se a partir deste através de reações químicas de síntese. Estas reações tem suas velocidades relacionadas com parâmetros como: concentração de reagentes, tempo de reação e aeração do meio. Também, em função desses parâmetros, obtém-se um maior ou menor rendimento do produto ao término do processo.*

### 1.2. Pesquisa

a) Reação de obtenção do hidrato de terpina:



b) Variáveis Intervenientes à Reação:

A reação de obtenção do hidrato de terpina é condicionada a pelo menos seis variáveis, que são: concentração de  $\text{HNO}_3$ , concentração de álcool, temperatura, tempo de reação, área de contato com o ar e luminosidade.

## 2. Matematização

### 2.1. Formulação do problema

Destas seis variáveis, a que mais influencia, é a concentração de  $\text{HNO}_3$ .

*Hipótese I:* Supor que apenas a concentração do ácido na reação, varia e as demais variáveis permanecem constantes.

Experimentalmente, em laboratório, obteve-se os seguintes dados sobre o rendimento do Hidrato de terpina em função da concentração de  $\text{HNO}_3$

| Concentração de $\text{HNO}_3$ (g) | rendimento. H.T. (g) |
|------------------------------------|----------------------|
| 1,25                               | 7,28                 |
| 2,50                               | 7,80                 |
| 5,00                               | 835                  |
| 10,00                              | 6,40                 |
| 15,00                              | 4,00                 |
| 20,00                              | 0,00                 |

Por exemplo, na etapa: **formulação do problema - hipótese** - os dados apresentados (vide acima), suscitam a utilização dos conceitos de função derivada e Ajuste de curvas para encontrar uma expressão que melhor se adequa da situação e que permita, não apenas interpretar o processo como também, posteriormente, sua utilização.

### 2.2. Resolução do problema

Tomando-se os dados obtidos experimentalmente, lançou-se estes num programa de computador, que trabalha com o “Método dos Mínimos Quadrados”, para ajustar a curva e estabelecer-se a equação geral da relação. Para tanto, lançou-se também ao programa uma equação empírica,  $f(x) = AX^N + BX + C$ , sobre a qual se estabeleceu a equação geral da curva corrigida.

$$r.H.T. = -19,08 \cdot (C. \text{HNO}_3)^{-0,19} - 0,75 \cdot (C. \text{HNO}_3) + 26,25$$



Utilizando-se derivadas:

$$f(x) = K_1 \cdot u^m - K_2 \cdot u - K_3$$

$$r.H.T. = -19,08 \cdot (C. HNO_3)^{-0,19} - 0,75 \cdot (C. HNO_3) + 26,25$$

$$f'(x) = K_1 \cdot m \cdot u^{m-1} \cdot u' - K_2 \cdot 1$$

$$r. H. T. = 3,6252 \cdot (C. HNO_3)^{-0,19} - 0,75 \cdot (C. HNO_3)$$

Tem-se pela aplicação da derivada primeira na equação geral, obtém-se a concentração de  $HNO_3$  para o maior rendimento de HT, e aplicando-se esse valor na equação original, obtém-se o rendimento de H.T. gerado por ele.

### 3. Modelo Matemático

#### 3.1. Interpretação

$$r. H. T. = -19,08 \cdot (c. HNO)^{-0,19} - 0,75 \cdot (c. HNO_3) + 26,25$$

Com o estabelecimento da equação geral, tornou-se possível “prever” com boa confiabilidade o comportamento da reação frente à concentração do  $HNO_3$ , como demonstra a seguir.

#### 3.2. Validação

Comparando-se os resultados obtidos experimentalmente com os obtidos frente à equação da curva corrigida, notou-se que houveram certos desvios nos números. Então tornou-se necessário checar, em laboratório, a veracidade da equação geral da curva corrigida.

Preparou-se novas baterias de amostras com concentração de  $HNO_3$  em torno daquelas que geraram maior rendimento e constatou-se rendimentos bem próximos daqueles anteriormente apresentados pela equação da curva corrigida. Sendo assim, a equação tornou-se bastante útil aos estudos posteriores.

## MODELO IV: RESISTÊNCIA DO CONCRETO

Este trabalho apresenta a Resistência do Concreto relativo ao fator água/cimento. Para isso, utilizar-se-á de Função e Ajustes de Curvas.

### 1. Interação com o assunto

*O concreto (composição de água, cimento, areia e brita), nas últimas décadas, vem sendo um dos principais materiais da construção civil, brasileira.*

*Devido sua característica, que permite moldar-se na forma que necessite, tem sido utilizado tanto em estrutura delgada (vigas, colunas) como também em grande massa (laje, plataforma). Seja qual for o caso a característica do cimento determina a resistência à compressão.*

*Segundo TARTUCE (1989; 21) "A resistência de um concreto é função de seu fator água/cimento de tal forma que, quanto menor este fator, maior será esta resistência. Este estudo é válido partindo-se de quantidades de água não inferiores à necessária para hidratação do cimento".*

#### 1.1. Situação-Problema

- 1) *Qual é a proporção de água, cimento, areia e brita na composição do concreto ?*
- 2) *Qual é a relação entre a água e materiais secos?*
- 3) *Como determinar a resistência do concreto?*
- 4) *O que é  $f_{c 28}$*

As questões propostas levam, inicialmente, ao estudo do fator de água/cimento na composição do concreto, fato ser objetivo ensinar o primeiro tópico do programa: Função Real.

#### 1.2. Pesquisa

A tabela, abaixo, apresenta dados experimentais sobre a resistência do concreto relativo ao fator água/cimento.

| Resistência | A/C  |
|-------------|------|
| 150         | 0,76 |
| 175         | 0,70 |
| 180         | 0,68 |
| 200         | 0,65 |
| 210         | 0,64 |
| 220         | 0,62 |
| 230         | 0,60 |
| 240         | 0,57 |

|     |      |
|-----|------|
| 250 | 0,56 |
| 270 | 0,54 |
| 300 | 0,50 |
| 320 | 0,46 |
| 350 | 0,45 |
| 380 | 0,44 |
| 400 | 0,42 |

fonte: TARTUCE,1989:21

## 2. Matemática

### 2.1. Formulação

Tomando, por exemplo, o primeiro (150;0,76) e o último (400;0,42) pontos da tabela, chamando-os de  $P_1$  e  $P_2$ , pode-se determinar uma função polinomial de grau 1.

Considerando uma reta  $r$  que passa por  $P_1$  e  $P_2$  e substituindo as coordenadas dos pontos, visto que  $P=(x,y)$ , forma-se o Sistema Linear:

$$0,76 = 150 a + b$$

$$0,42 = 400 a + b$$

### 2.2. Resolução

Resolvendo o Sistema, encontra-se a função:

$$Y = -0,00136 x + 0,964 \quad \text{onde } x = \text{resistência}$$

$$y = \text{fator } a/c$$

$$Y = \text{fator aproximado}$$

Para avaliar os resultados, ou a validade da expressão analítica encontrada, substitui, na expressão, outros valores da tabela. Ao substituir, porém, os valores verifica-se uma diferença significativa.

$$\text{Por exemplo, na tabela } Y(200) = 0,692 \rightarrow y(200) = 0,65$$

$$Y(350) = 0,488 \rightarrow y(350) = 0,45$$

Isto mostra, que existe um **Erro** entre o valor real e a função aproximada. Sempre que se faz uma aproximação de valores, comente-se um erro, com maior ou menor grau. Tais aproximações podem gerar erros: de arredondamento e de truncamento.

Pode-se construir, com o conjunto de 15 pontos, uma reta, uma parábola, uma curva cúbica, uma curva exponencial, uma curva logarítmica etc, optando-se no final por aquela que fornecer o melhor coeficiente de correlação.

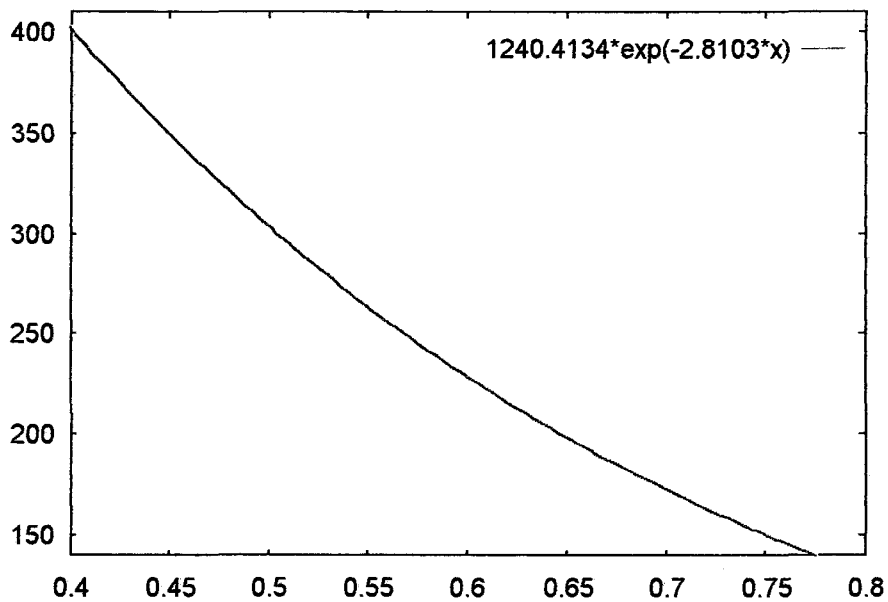
A construção das curvas de regressão se fará de modo que os desvios entre os valores reais ( $Y$ ) e os valores estimados sejam os menores possíveis.

Usando a calculadora gráfica, obtém-se os seguintes resultados:

- (1) Regressão Linear:  $Y = -0,0013x + 0,915$
- (2) Regressão Quadrática:  $Y = 1376,44 x^2 - 2305,9x + 1113,5$
- (3) Regressão Cúbica:  $Y = -6060 x^3 + 12111,4 x^2 - 8523,1 x + 2288,8$
- (4) Regressão Exponencial:  $Y = 1,0427 (0,9976)^x$  ou  $Y = 1,0427 e^{-0,0024x}$

Pelos resultados acima, verifica-se que regressão exponencial fornece ajuste mais próximos da realidade.

A função é assim graficada:



Cabe aqui salientar que parte importante do processo é fazer com que a partir da hipótese, os próprios alunos proponham as definições, ainda que informalmente.

A questão resistência do concreto x fator água/cimento permite conceituar Função, Interpolação, Erros e utilizar-se de programas de calculadora para Ajustes de Curvas.

Por exemplo, no livro de TARTUCE (1989:26) encontra-se que a equação é:

$$a/c = 1,14016 e^{-0,00275 fc}$$

enquanto que a função encontrada foi:  $a/c = 1,0427 e^{-0,0024 fc}$

porque as equações diferem?

A taxa de decrescimento da resistência em função do fator água/cimento

$$Y' = -0,0024 e^{-0,0024x + 0,0418}, \text{ o que isto significa?}$$

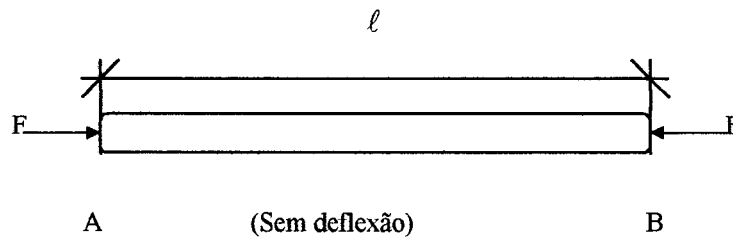
Estas questões favorecem uma continuidade na modelagem do tema “Concreto”.

## MODELO VI: DEFLEXÃO EM UMA LONGARINA

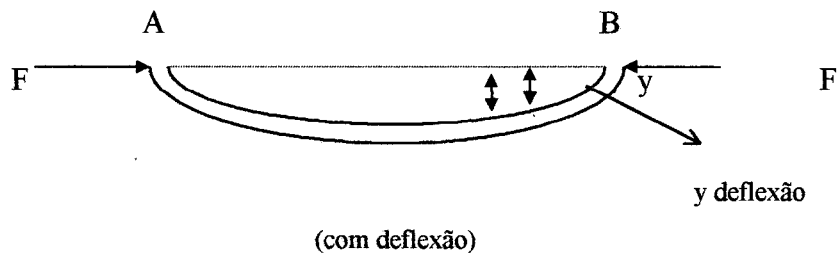
O Modelo - *Deflexão em uma Longarina* - cada uma das vigas em que assenta o tabuleiro das pontes - parte de uma equação diferencial ordinária de segunda ordem. Para resolvê-la pode-se utilizar de conceitos de espaço vetorial, base, autovalores e autovetores. Portanto, este Modelo objetiva servir de norteador para um curso de Álgebra Linear.

### 1. Interação com o assunto

Considera-se uma longarina de comprimento  $\ell$ , sobre a qual atua uma força axial  $F$ . Esta força é aplicada nas suas extremidades conforme mostra a figura:



A deflexão, obviamente, vai depender do material da qual ela é feita, de suas dimensões e, também, do módulo de  $F$ . O que é igual a toda longarina uniforme, porém, é a forma de deflexão.

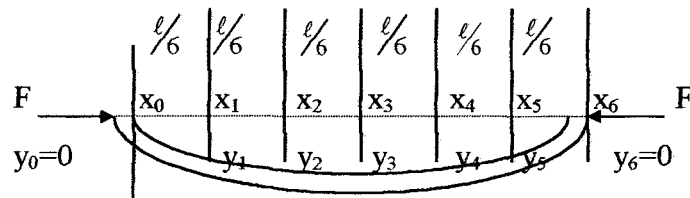


Nos pontos A e B não há deflexão, sendo que a maior deflexão é justamente no ponto médio da barra  $AB$ .

### 2. Levantamento de questão

*Mas, qual é a deflexão em cada ponto da barra?*

Esta pergunta torna-se difícil de ser respondida mas seccionando a barra (por exemplo em seis partes) podemos obter:



### 3. Formulação

Partindo da hipótese de que a longarina é homogênea e o problema é simétrico pode-se dizer que:

$$\begin{aligned}
 y_0 &= y_6 = 0 \\
 y_1 &= y_5 \\
 y_2 &= y_4 \\
 y_3 &= \max \{y_i\}, \quad i = 0, \dots, 6
 \end{aligned}
 \quad (*)$$

A equação do momento flexor é dada por:

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -Fy$$

Onde,  $EI$  (constante) é a rigidez à flexão da longarina e  $y$  é a deflexão de um ponto na longarina distante  $x$  da extremidade (aqui esquerda) da longarina.

Como já colocamos acima (\*), somente precisamos calcular  $y_1$ ,  $y_2$  e  $y_3$ .

A aproximação de  $\frac{d^2 y}{dx^2}$  no ponto  $x_i$ , pode ser feita usando diferenças finitas.

$$\begin{aligned}
 \frac{dy}{dx_i} &= \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \\
 \frac{d^2 y}{dx_i^2} &= \frac{\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} - \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}}}{x_i - x_{i-1}} \\
 \frac{d^2 y}{dx_i^2} &= \frac{\frac{y_{i+1} - y_i}{\ell/6} - \frac{y_i - y_{i-1}}{\ell/6}}{\ell/6} \\
 \frac{d^2 y}{dx_i^2} &= \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\ell^2/36}
 \end{aligned}$$

Assim:

$$\frac{d^2 y}{dx_1^2} = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{\ell^2/36} = \frac{y_2 - 2y_1}{\ell^2/36}$$

$$\frac{d^2 y}{dx_2^2} = \frac{y_3 - 2y_2 + y_1}{\ell^2/36}$$

$$\frac{d^2 y}{dx_3^2} = \frac{y_4 - 2y_3 + y_2}{\ell^2/36} = \frac{2y_2 - 2y_3}{\ell^2/36} \quad (\text{obs.: } y_4 = y_2)$$

#### 4. Resolução

Logo pode-se escrever:

$$y_2 - 2y_1 = \frac{-F\ell^2}{36EI} y_1 \quad ; \quad y_3 - 2y_2 + y_1 = \frac{-F\ell^2}{36EI} y_2 \quad ; \quad 2y_2 - 2y_3 = \frac{-F\ell^2}{36EI} y_3$$

$$\text{Chamando: } \frac{-F\ell^2}{36EI} = \lambda$$

Assim:

$$-2y_1 + y_2 = \lambda y_1$$

$$+y_1 - 2y_2 + y_3 = \lambda y_2$$

$$2y_2 - 2y_3 = \lambda y_3$$

Na forma matricial  $A_y = \lambda y$

$$A = \begin{bmatrix} -2 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \\ 0 & +2 & -2 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}$$

Uma solução é  $y = 0$ , que corresponde a nenhuma deflexão da longarina (este é um possível perfil de equilíbrio). O outro possível perfil de equilíbrio deve corresponder aos vetores característicos da matriz  $A$ .

Agora, pode-se afirmar que os autovalores de  $A$  são:  $(2 - \sqrt{3})$ ,  $2$  e  $(2 + \sqrt{3})$ .

Relembrando:

$$\text{A soma dos valores característicos } 2 - \sqrt{3} + 2 + 2 + \sqrt{3} = 6$$

$$\text{O produto dos autovalores e } [A] = 2$$

## 5. Interpretação

A interpretação destes resultados é a de que a longarina pode assumir um perfil curvo simétrico sob carga axial  $F$  e permanecer em equilíbrio somente se  $F$  tiver um dos três valores considerados, a saber:

$$F: \frac{9,72EI}{\ell^2} ; \frac{72EI}{\ell^2} ; \frac{134,28EI}{\ell^2}$$

Permanecerá indefletida sob qualquer carga  $F$  (a menos que esta exceda a resistência da compressão da longarina).

*Mas qual o aspecto destes perfis defletidos?*

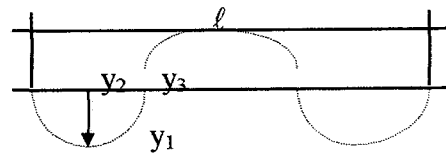
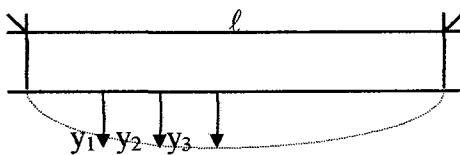
Calculando os autovetores de  $A$  quando  $\lambda = 2 \Rightarrow u_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$

$$\lambda = 2 + \sqrt{3} \Rightarrow u_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -\sqrt{3} \\ 2 \end{bmatrix} \quad \lambda = 2 - \sqrt{3} \Rightarrow u_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{3} \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{3} \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -\sqrt{3} \\ 2 \end{bmatrix}$$





## ANEXO V

### FICHAS DE ENTREVISTAS COM ALUNOS EGRESSOS

Apresenta-se, a seguir, as fichas de Avaliação do Método de Avaliação em entrevistas realizadas junto a alunos egressos da FURB.

## ENTREVISTA - 1

1. Nome: Juan Carlos Pokrywiecki..... idade: 26.....
2. Atuação profissional: Estagiário.....
3. Curso: Engenharia Química..... ano: 1997.....
4. Disciplina(s): Cálculo II e Cálculo Numérico..... ano(s): 1990.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

### **1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Sim, o método era voltado à área de Engenharia, com uma fundamentação matemática mais ampla. Enquanto que o método adotado pelos demais professores era voltado apenas para a própria matemática, sem qualquer vínculo com a engenharia.

### **2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo: a quantidade de exercícios na área da engenharia, aplicação; Negativo: o fator tempo. O tempo era curto para o trabalho proposto. Obs.: Aliás, o tempo continua sendo o fator negativo. A ementa de todos os cursos é muito extensa. Muitos professores preocupam-se em cumprir a ementa. A matéria é jogada. Poucos professores tem a preocupação em justificar ao aluno, sobre a importância do conteúdo que está sendo ensinado. Para o aluno, naquele momento, tudo bem. Passando na disciplina está ótimo. Mas, posteriormente, quando necessita, não sabe. Conseqüentemente, fica desorientado.

Minha opinião é que os professores se preocupem mais em trabalhar bem o que for possível. E caso não cumpra a ementa, acerte com o professor da disciplina seguinte, para que dê continuidade

### **3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Sim. A fundamentação dada valeu bastante. No Cálculo II o programa é Integral e Equações Diferenciais e no Cálculo Numérico métodos de resolução. Usamos em várias disciplinas, tais como: Fenômenos de Transporte, Simulação, Reatores. Ainda hoje utilizo.

### **4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Favorecia. O que eu vi "abriu a cabeça".

### **5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Facilitavam. Teve disciplinas em que a ligação foi direta.

### **6) E no caso onde o ensino matemático foi nos "moldes tradicionais"?**

Era mais difícil reconhecer. Por exemplo, o conteúdo do Cálculo III é muito utilizado na Engenharia Química. Fiz com uma professora que abordou a matemática. Daí, quando outros professores de disciplinas específicas precisavam desse assunto e apontavam que era Cálculo III, portanto já devíamos saber, eu voltava no caderno de Cálculo III e não encontrava qualquer ligação. O que dificultava a utilização.

Blumenau, 18 de agosto de 1997.

## ENTREVISTA - 2

1. Nome: Carlos Efrain Stein..... idade: 35.....
2. Atuação profissional: Professor - FURB/UNIVALE.....
3. Curso:.. Matemática..... ano:.. 1993.....
4. Disciplina(s): Cálculo III..... ano(s): ..1990.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut
6. Especialização em Estatística - FURB
7. Mestrando em Computação - UFSC

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Diferiu bastante. Você não se preocupou muito com o mecanismo e sim e justificar a teoria e aplicar. Os outros professores usavam formulários, trabalhavam de forma abstrata sem qualquer vínculo com a realidade.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo foi poder ter uma melhor visão do que estava aprendendo, principalmente pela aplicação dos conceitos. Ver a utilidade ficou mais simples compreender a teoria.

Negativo, creio apenas para você que enfrentou resistência por parte de um grupo. O que de certa forma fez você ter que fazer um esforço maior para convencer sobre a importância de ter que pensar para resolver problemas da área.

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

O que ficou de significativo foi a postura. Você me fez perceber que o ensino pode ser diferente. Como professor eu procuro, hoje, fazer o mesmo. Dar sentido ao que estou ensinando O aluno gosta mais disso.

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Lógico que a utilização do Modelo facilita a compreensão do conteúdo. No início tínhamos uma certa dificuldade de compreender pois estávamos acostumados com o método anterior, mas depois as coisas tornaram-se claras e mais com sentido.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim. Principalmente pelo fato de que no seu método a pesquisa já fazia parte do processo. E isso também auxiliou. O ensino tradicional não incentiva a pesquisa. E isso é negativo. O aluno deve pesquisar desde que inicia um curso.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?**

O curso que recebemos nos moldes tradicionais além das dificuldades encontradas em certos momentos, na resolução de algum problema não nos preparou para atuar como professor.

Obs. Fui monitor de matemática por três anos. Seus alunos que me procurava para auxiliá-los não reclamavam de seu método. Eles até gostavam, eram bem mais interessados. Apenas eu sentia dificuldade em ajudá-los. Afinal eu só fiz o Cálculo III com você. Os demais Cálculos fiz nos moldes tradicionais.

### ENTREVISTA - 3

1. Nome: Álvaro Ling Junior..... idade: 28.....
2. Atuação profissional:.. Administrador de Empresa.
3. Curso:Engenharia Civil..... ano: 1996.....
4. Disciplina(s): Cálculo II e Cálculo III..... ano(s): 1990.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut
6. Especialização em Engenharia de Produção - FURB

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Sim, nos seguintes aspectos: aplicação da matemática na engenharia; maior interação com os alunos e também maior motivação pela disciplina pois era mais descontraída. Os outros professores eram muito sérios.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo: a interação a matemática com a Engenharia. A gente conseguia entender melhor. Além disso, o seu lado humano, saber se o aluno está tendo desempenho. Na tua disciplina fazer o aluno entender era sua preocupação .  
Negativo: não percebi nada.

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Aproximação da matemática para área da engenharia foi muito significativo, posteriormente, tanto que senti falta que os outros professores seguissem uma mesma linha .

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Favorecia Quando se aprende matemática pelo método tradicional calcula-se e calcula-se sem ter um parâmetro, e obtém um resultado mas, não sabe o que representa. Por exemplo, meu trabalho de Modelagem era sobre a Resistência do Concreto. Eu jogava para 15 dias, para 27 dias, enfim sabia porque que não podia ultrapassar os 150.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Auxiliou , principalmente na disciplina de Concreto Armado pois havia feito meu trabalho nesta área..

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?**

A Matemática tradicional dificulta inteirar-se das demais disciplinas. Tínhamos mais dificuldade em aprender pelo método tradicional .

Blumenau, 20 de agosto de 1997.

## ENTREVISTA - 4

1. Nome: Viviane Clotilde da Silva..... idade:.....25.....
2. Atuação profissional: Prof<sup>a</sup> - Departamento de Matemática - FURB.....
3. Curso: Matemática ..... ano 1993
4. Disciplina(s): Cálculo II..... ano(s): 1990.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut
6. Mestrado em Educação Matemática - UNESP..... ano: 1997.....

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

### 1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?

Diferiu. Iniciava-se com um modelo matemática, com aplicação. Além disso havia uma preocupação em fazer com que nós, alunos “visualizasse”.

### 2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?

Positivo: a facilidade de fazer a relação com o meio que estava e de relacionar com outras disciplinas.

Em geral, o aluno tem tudo compartimentado (cálculo, álgebra, geometria) e em sua disciplina não. Até hoje lembro-me do modelo que fizemos sobre “Cuia de Chimarrão”, pode ser uma coisa boba mas ainda lembro.

Hoje, quando vou lecionar, procuro em meus cadernos antigos exemplos para que os alunos saibam o que estão aprendendo e também, saber o que está fazendo.

Negativo: Não sei se foi, a gente não procurava se aprofundar. “Coisa de aluno”. Quando fui para a monitoria, eu não tinha muita habilidade.

### 3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?

Aprendizagem. Eu posso até não lembrar como faz alguma coisa, mas se preciso basta dar uma olhada e já me lembro. Não tenho qualquer dificuldade.

### 4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?

Facilita sim. Trabalhar com um Modelo na área do aluno ele se motiva.

Quando monitora observava que os alunos que reprovam e seguem em frente fazendo outras disciplinas, quando se vêem diante de situações que necessitam de matemática eles retornam para fazer o cálculo dão mais valor a disciplina pois já sabem a aplicação.

### 5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?

### 6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?

O aluno resolve, aprende mas não tem visão. Essa é a grande diferença do ensino tradicional. O aluno aprende a fazer mas não sabe pra que.

Como Monitora: ano 1992

Eu não me lembro. Até porque poucos alunos seus procuravam a monitoria. Aqueles que procuravam, alguns da arquitetura não gostavam, pois tinham que resolver os problemas. Eles estavam acostumados a receber pronto e quando tinham que fazer pesquisa reclamavam.

Blumenau, 20 de agosto de 1997.

## ENTREVISTA - 5

1. Nome: Ailton Cardoso..... idade: 30.....
2. Atuação profissional: Núcleo de Análises Instrumentais - IPT- FURB .....
3. Curso: Química..... ano: 1991.....
4. Disciplina(s): Cálculo V..... ano(s): 1991.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Diferiu bastante o método utilizado, principalmente no aspecto da aplicabilidade do ensino da Matemática no dia da química, do aprendizado, na hora de fazer projeções de reações.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo: aplicabilidade da Matemática - o principal foi a quantidade de exercícios para fazer em casa. Exercícios desafiadores e, posteriormente, corrigidos em sala.

Outra coisa que marcou, também, era que você sempre chegava com uma pré-disposição bastante positiva na sala - "Vamos lá povo" - Isso estimulava a gente. A gente deixou de ver o professor de matemática distante. Cumplicidade.

Todo aluno que tem dificuldade de Matemática quer superar. Ao entrar no Curso continuei com dificuldade, porém, no Cálculo V eu superei . Para mim foi significativo, a melhor média da sala. Eu aprendi a gostar tanto, que superei uma dificuldade.

Negativo: não lembro de algum

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Enxergar que a Matemática não pode ser decorada e sim, ser exercitada. Além disso, o trabalho de Modelagem que fiz usei, posteriormente, para o Trabalho de Conclusão de Curso. O Modelo serviu para aprofundar mais meu trabalho. Creio ter sido o único trabalho até hoje, que basicamente foi um Modelo Matemático aplicado à Química.

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Química favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Para mim favoreceu muito, porque pela primeira vez que o Cálculo I era aplicado à Química

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim, bastante.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos "moldes tradicionais"?**

Tive grande dificuldade no caso do Cálculo I porque o professor aplicava o método tradicional e dependia muito de decorar, isso foi terrível. Eu tive grande dificuldade no Cálculo I, o outro passei direto. Eu pensava simplesmente que tinha que estar lá. Passando estava bom.

Blumenau, 21 de agosto de 1997.

## ENTREVISTA - 6

1. Nome: ....Lizandre Machado..... idade:....25.....
2. Curso:.. Engenharia Química.....ano:..1997.....
3. Disciplina(s): Cálculo II.....ano(s): .1990.....
4. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Diferiu, nos seguintes aspectos: aplicação da matemática, pesquisa e trabalhos em equipe.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo: Principalmente pela familiarização com a pesquisa e também por passar a entender o que é realmente matemática.

Negativo: No começo achava complicado por não ter “bagagem”. Achava que deveria ter visto a matemática, desta forma, desde o primeiro semestre.

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Principalmente, na disciplina de Reatores, onde tem que descrever a ação de um reator. O trabalho que fiz em sua disciplina me auxiliou nesta disciplina, em particular, onde se tem que utilizar o Cálculo, a parte de Integral.

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Sim, porque a matemática apresentada estava relacionada com a Engenharia.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim, em particular na disciplina de reatores. Foi importante fazer sua disciplina, nesse método pois, pude aplicar depois. A Engenharia Química é bem isso, modelagem.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?**

Não. Temos que ver o lado físico das coisas. Essa mecanicidade é bom para fazer cálculos mas, quando tive que transportar para a disciplina específica não tinha condições. Quando se tem regras sem saber a aplicabilidade dificulta a integração com a área em questão.

Blumenau, 25 de agosto de 1997.

## ENTREVISTA - 7

1. Nome: Ivan Carlos Georg..... idade: 31.....
2. Atuação Mestrando em Engenharia Química - UFSC.....
3. Curso: Engenharia Química..... ano: 1996.....
4. Disciplina(s): Cálculo II e III ..... ano(s): 1990.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

### 1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?

Diferiu. Na flexibilidade; ensinando modelagem; trazendo aos alunos os fundamentos onde seria aplicado a engenharia; não seguia só uma literatura; fundamentava o cálculo.

### 2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?

Positivo: Na forma como as aulas eram ministradas propôsdo que compreendessemos os fundamentos da ciência e da Engenharia. Voce não se baseava na resolução mera e simples de exercçios e sim na teoria. E isso a gente aprende na Engenharia Química, depois. E, incrível, você fez isso logo no inicio .

Negativo: não houve nada.

### 3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?

Da forma com que me foi passado o Cálculo, de forma simples e gostosa eu passei a ver o Cálculo como ferramenta importante da Eng. Química. O Engenheiro Químico trabalha com modelagem. Tanto que eu vou fazer minha tese usando Modelagem. A forma com que vejo a Eng. Química foi influenciada por você. Tanto que eu comento com meus colegas do mestrado que você foi a professora que influenciou a minha carreira profissional.

Outra coisa, na empresa que trabalho, recentemente tive que simular um reator numa HP. As equações tinham um significado físico. O problema matemático era fácil de resolver, a questão era modelar o problema. Tinha que modelar, pensar como resolver e então reconhecer a melhor técnica para utilizar. Consegui! E isso você passou tranquilamente para nós. Que beleza que é modelagem!

### 4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?

Favorecia é claro. Esta abordagem não só favorecia como permitia ter uma visão mais ampla , mais flexível, mais pra frente.

### 5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?

Sim, muito.

### 6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?

Nos moldes tradicionais para o Eng. Química tem uma série de problemas. Para nós, as técnicas não ajuda em nada. Eu tive que aprender tudo de novo. Não só eu. O ensino é abstrato, não está associado a prática e , portanto dificulta a utilização. A fixação através da Modelagem é muito mais forte. Seu método faz o aluno entender.



## ENTREVISTA - 8

1. Nome: Renan Lindner..... idade:.....28.....
2. Atuação: Mestrando em Hidráulica e Saneamento terminou a disc./experimental
3. Curso: Engenharia Química..... ano: 1990.....
4. Disciplina(s): Cálculo II ..... ano(s): 1990.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Sim. A diferença metodológica no sentido de haver uma preocupação maior dentro da engenharia.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Faltou a Matemática fazer uma parte do curso de engenharia.

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Sim. Eu nunca iria compreender análise vetorial sem associar a um fenômeno físico.

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

O Modelo Matemático tem que estar inserido. Falta em todos os alunos integrar Matemática com o problema físico.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?**

Não, a Matemática ficou devendo muito, me faltou onde inserir nos cursos de engenharias, faltou que essa matemática se aproximasse da engenharia.

Blumenau, 20 de agosto de 1997.

## ENTREVISTA - 9

1. Nome: Rogério Schneider..... idade:.....25 anos.....
2. Atuação: Arquiteto - Pós-Graduação - Eng. Urbana e Ambiental.....
3. Curso: Arquitetura.....ano: 1996/2.....
4. Disciplina(s): Matemática I e II.....ano(s): 1996.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Sim. O enfoque foi diferente, enquanto no 2º grau 'só formula' enquanto que na sua exigia raciocínio, não tanto o resultado.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo: raciocínio, questões aplicadas. Num dos seminários realizados calculou-se uma Integral. Não adianta achar um número e questionar para que serve. Quando tive aula de mecânica o mesmo professor repetia esta capacidade de interpretar. Esta mesma aluna que perguntou pra que serve o número, foi a que o professor não auxiliou.

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Sim, muitas. Em várias questões como cálculo de área uma das principais da área sem ter todas as informações disciplinares - Projetos Arquitetônicos -. Até hoje, quando vou conferir obras onde as pessoas que não sabem onde começa o particular/ou público - boa aproximação.

**4) O fato de se utilizar modelo matemático aplicado à Arquitetura favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Sim, favorecia.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim. Porque visualiza. Por isso acho importante a questão de exemplos.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos "moldes tradicionais"?**

Não

Blumenau, 20 de agosto de 1997

## ENTREVISTA - 10

1. Nome: Angelina C. R. Wittmann..... idade:.....34 anos.....
2. Atuação: Arquiteta.....
3. Curso: Arquitetura.....ano: 1996.....
4. Disciplina(s): Matemática I e II.....ano(s): 1992.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Deixou de ser técnica para ter matemática do dia-a-dia, matemática na natureza, na arquitetura, diferiu alguma coisa.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo: matemática importante para a carreira.

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Sobre trigonometria eu sei até hoje. Até ganhei um ponto do professor de desenho que não conseguiu resolver o problema e eu soube - a sombra - o que inspira a secção áurea.

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Favorecia.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim. principalmente porque o quanto aprendeu e o quanto está preparado para enfrentar o mercado de trabalho.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?**

Não.

Blumenau, 20 de agosto de 1997

## ENTREVISTA - 11

1. Nome: Rita de Cássia L. Ferretti..... idade:.....25 anos.....
2. Atuação: Arquiteta.....
3. Curso: Arquitetura..... ano: 1996.....
4. Disciplina(s): Matemática I e II..... ano(s): 1992.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Sim aprendi e comecei a raciocinar.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Todos os fatores foram positivos

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Sobre, trigonometria, eu sei até hoje.

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Favorecia.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim. principalmente porque o quanto aprendi e o quanto estou preparado para enfrentar o mercado de trabalho.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?**

Não.

Blumenau, 20 de agosto de 1997

## ENTREVISTA - 12

1. Nome: Luciana Grebe Rosa..... idade:.....23 anos.....
2. Atuação: Arquiteta.....
3. Curso: Arquitetura..... ano: 1996.....
4. Disciplina(s): Matemática I e II..... ano(s): 1992.....
5. Professora: Maria Salett Biembengut

Em relação ao método de ensino adotado pela professora Maria Salett Biembengut na disciplina de Matemática do seu Curso:

**1) Diferiu dos métodos dos demais professores da área? Em que aspectos?**

Deixou de ser técnica para ter matemática do dia-a-dia, matemática na natureza, na arquitetura, diferiu alguma coisa. A professora apresentava muitas aplicações.

**2) O que você registrou como fatores positivos e/ou negativos?**

Positivo: muitas aplicações na área.

**3) Alguma característica foi significativa em época posterior, à(s) respectiva(s) disciplina(s)?**

Eu sei matemática ainda hoje.

**4) O fato de se utilizar Modelo matemático aplicado à Engenharia favorecia a compreensão do conteúdo matemático ou era indiferente?**

Favorecia.

**5) E nas disciplinas específicas, esses conteúdos matemáticos abordados a partir de modelos facilitavam a compreensão desta área?**

Sim.

**6) E no caso onde o ensino matemático foi nos “moldes tradicionais”?**

Não.

Blumenau, 20 de agosto de 1997

## ANEXO VI

### FICHAS DE ENTREVISTAS E TABELAS RELATIVOS AOS TRABALHOS EXPERIMENTAIS

A seguir, serão apresentados a cópia da ficha de entrevista que foi repassada aos alunos de Cálculo entre os anos de 1990 a 1993 e respectivas tabelas com a frequência das respostas às questões  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ , e  $a_6$  da Entrevista.

## FICHA MODELO

Caro Aluno

Gostaria que você colocasse seu ponto de vista sobre esta disciplina. Sua opinião será de grande valia. Não é necessário colocar seu nome.

**Identificação**

Curso: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ semestre/ano: \_\_\_\_\_

**1. Referente à disciplina**

1.1. Você já cursou esta disciplina em outro semestre?

 sim não

Se sim, quantas vezes? \_\_\_\_\_  
e, em que semestre/ano? \_\_\_\_\_

1.2. Você teve dificuldade em aprender algum conteúdo?

 sim, quais? \_\_\_\_\_ não

1.3. Você teve dificuldades em fazer os exercícios propostos?

 sim, porque? \_\_\_\_\_ não

1.4. Do que foi ensinado:

que você já esqueceu? \_\_\_\_\_

e de que ainda lembra? \_\_\_\_\_

1.5. Qual foi seu desempenho nas provas?

na 1ª)  bom  médio  fraco

Porque? \_\_\_\_\_

na 2ª)  bom  médio  fraco

Porque? \_\_\_\_\_

1.6. Para você, aprender os conteúdos programáticos foi necessário:

 somente a aula aula mais reforço com monitoria/ou colegas aula mais reforço, através da bibliografia somente através de colegas, de monitor ou da bibliografia**2. Referente à Professora:**

2.1. A professora cumpriu o programa?

 sim não

Se não, porque? \_\_\_\_\_

2.2. A professora foi assídua?

sim  não

Se não, porque? \_\_\_\_\_

2.3. A professora expôs os conteúdos de forma clara?

sim  não

Se não, porque? \_\_\_\_\_

2.4. A professora adotou um instrumento de avaliação adequado?

sim  não

Se não, porque? \_\_\_\_\_

2.5. A professora dominava o conteúdo?

sim  não

Se não, porque? \_\_\_\_\_

2.6. A professora orientou, adequadamente, para a resolução das atividades?

sim  não

Se não, porque? \_\_\_\_\_

### 3. Referente ao trabalho de Modelação Matemática

3.1. O tema escolhido foi interessante?

sim  não

Porque? : \_\_\_\_\_

3.2. Teve dificuldade para fazer o trabalho?

sim  não

Se sim, quais? \_\_\_\_\_

3.3. Houve interação entre os colegas para fazer o trabalho do grupo?

sim  não

Se não, porque? : \_\_\_\_\_

3.4. O trabalho contribuiu para um maior aprofundamento dos conhecimentos?

sim  não

porque? : \_\_\_\_\_

3.5. Como você avalia o seu trabalho de Modelação?

bom,  regular,  fraco



## Tabelas de Avaliação das Entrevistas

|   | Intervalo Áureo |      | Média |
|---|-----------------|------|-------|
|   | 1               | 2    |       |
| 1 | 0               | 0,24 | 0,15  |
| 2 | 0,24            | 0,38 | 0,33  |
| 3 | 0,38            | 0,61 | 0,53  |
| 4 | 0,61            | 0,85 | 0,76  |
| 5 | 0,85            | 1    | 0,94  |

### Engenharia Química II

|                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média |
|----------------|---|---|---|---|---|-------|
| a <sub>2</sub> | 2 | 1 | 0 | 6 | 3 | 0,67  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 1 | 5 | 1 | 5 | 0,70  |
| a <sub>4</sub> | 1 | 0 | 0 | 5 | 6 | 0,8   |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 4 | 8 | 0 | 0,68  |

### Engenharia Civil II

|                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | Média |
|----------------|---|---|---|---|----|-------|
| a <sub>2</sub> | 0 | 1 | 3 | 6 | 6  | 0,76  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 5 | 0 | 5 | 6  | 0,69  |
| a <sub>4</sub> | 0 | 0 | 0 | 3 | 13 | 0,90  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 6 | 9 | 1  | 0,68  |

### Economia

|                | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | Média |
|----------------|---|---|---|----|----|-------|
| a <sub>2</sub> | 0 | 1 | 6 | 5  | 8  | 0,74  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 1 | 6 | 5  | 8  | 0,74  |
| a <sub>4</sub> | 0 | 0 | 8 | 0  | 12 | 0,77  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 4 | 13 | 3  | 0,74  |

### Engenharia Química III

|                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média |
|----------------|---|---|---|---|---|-------|
| a <sub>2</sub> | 2 | 0 | 2 | 5 | 3 | 0,66  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 0 | 4 | 3 | 5 | 0,76  |
| a <sub>4</sub> | 1 | 0 | - | 8 | 3 | 0,75  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 4 | 8 | 0 | 0,68  |

### Engenharia Civil

|                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média |
|----------------|---|---|---|---|---|-------|
| a <sub>2</sub> | 0 | 2 | 0 | 8 | 0 | 0,67  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 2 | 0 | 4 | 4 | 0,75  |
| a <sub>4</sub> | 0 | 1 | 0 | 5 | 4 | 0,79  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0,62  |

## Química

|                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média |
|----------------|---|---|---|---|---|-------|
| a <sub>2</sub> | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 | 0,87  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 0 | 1 | 3 | 6 | 0,84  |
| a <sub>4</sub> | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 0,90  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 2 | 8 | 0 | 0,71  |

Arquitetura - M<sub>I</sub>

|                | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | Média |
|----------------|---|---|---|----|----|-------|
| a <sub>2</sub> | 0 | 0 | 2 | 3  | 20 | 0,88  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 0 | 4 | 1  | 20 | 0,87  |
| a <sub>4</sub> | 0 | 1 | 0 | 5  | 19 | 0,88  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 4 | 13 | 8  | 0,78  |

Arquitetura - M<sub>II</sub>

|                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média |
|----------------|---|---|---|---|---|-------|
| a <sub>2</sub> | 0 | 2 | 0 | 4 | 4 | 0,75  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 2 | 5 | 0 | 3 | 0,61  |
| a <sub>4</sub> | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0,85  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 5 | 4 | 1 | 0,66  |

Arquitetura - M<sub>II</sub>

|                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média |
|----------------|---|---|---|---|---|-------|
| a <sub>2</sub> | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0,55  |
| a <sub>3</sub> | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0,52  |
| a <sub>4</sub> | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0,59  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0,58  |

Arquitetura - M<sub>I</sub>

|                | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | Média |
|----------------|---|---|----|----|----|-------|
| a <sub>2</sub> | 0 | 0 | 0  | 5  | 30 | 0,91  |
| a <sub>3</sub> | 0 | 0 | 10 | 5  | 20 | 0,8   |
| a <sub>4</sub> | 0 | 1 | 2  | 5  | 27 | 0,87  |
| a <sub>6</sub> | 0 | 0 | 3  | 27 | 5  | 0,77  |