

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

---

MARCIA REGINA CARLETTO

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO:  
ALTERNATIVAS E DESAFIOS PARA A EDUCAÇÃO  
CRÍTICA EM ENGENHARIA**

---

FLORIANÓPOLIS

2009

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO:  
ALTERNATIVAS E DESAFIOS PARA A EDUCAÇÃO  
CRÍTICA EM ENGENHARIA**

Tese apresentada à banca examinadora na Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Educação Científica e Tecnológica, do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

**Orientador:** Prof. Dr. Demétrio Delizoicov

**Co-orientador:** Prof. Dr. Fernando S. P. Sant'anna



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA - CURSO DE DOUTORADO**

**“AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO: ALTERNATIVAS E DESAFIOS  
PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA”**

**Tese submetida ao Colegiado do Curso  
de Doutorado em Educação Científica  
e Tecnológica em cumprimento parcial  
para a obtenção do título de Doutora  
em Educação Científica e Tecnológica**

**APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 19/02/2009**

Dr. Demétrio Delizoicov Neto (CED/UFSC – Orientador)

Dr. Fernando Soares Pinto de Sant’Anna (CTC/UFSC – Co-Orientador)

Dr<sup>a</sup>. Sonia Ana Charchut Leszczynski (PPGTE/UTFPR – Examinadora)

Dr. Décio Auler (MEN/CE/UFSC – Examinador)

Dr. Walter Antonio Bazzo (CTC/UFSC – Examinador)

Dr. Irlan von Linsingen (CTC/UFSC – Examinador)

Dr<sup>a</sup>. Suzani Cassiani de Souza (CED/UFSC – Suplente)

Dr. Carlos Alberto Marques (CED/UFSC – Suplente)

Dr<sup>a</sup>. Suzani Cassiani de Souza  
Coordenadora do PPGET

**Marcia Regina Carletto**

Florianópolis, Santa Catarina, fevereiro de 2009

Dedico este trabalho aos meus grandes amores:

Minha mãe Odete (*in memoriam*) por suas lições de vida, ética, doação e amor.

Ao meu marido Balduir e aos filhos Rodolfo e Bruna, pela inesgotável fonte de carinho, alegria, amor e motivação que representam em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, minha fortaleza interior, pelas forças que me enviou em todos os momentos, pela inspiração, provisão e proteção constantes.

Ao meu orientador Demétrio Delizoicov, por ter aceito o desafio de orientar um trabalho em andamento, por sua intensa contribuição na minha formação, por sua generosidade, compreensão e paciência diante de minhas limitações, pelo incentivo nos momentos em que as dificuldades se fizeram maiores e por me conduzir com sabedoria à reflexões e avanços nos caminhos desta pesquisa.

Ao Fernando P. S. Sant'Anna, co-orientador, que também aceitou a co-orientação no meio da caminhada, pela interlocução que possibilitou com a área ambiental, por seus questionamentos e contribuições.

À Coordenação do PPGET e seus professores pelo apoio, incentivo e contribuições prestadas no decorrer do curso.

Aos Professores Bazzo e Irlan, pela indicação de referenciais e pela rica interlocução que possibilitaram a respeito das questões CTS e ensino de engenharia, e pelas significativas contribuições por ocasião da qualificação.

Ao Professor Décio, por suas importantes críticas e sugestões na etapa da qualificação.

Aos alunos e professores da Engenharia Mecânica da UFSC e da UTFPR, por sua disponibilidade em participar da pesquisa.

Ao meu marido Balduir, companheiro de todas as horas por seu amor e apoio incondicional.

Aos meus filhos Rodolfo e Bruna, pelo carinho e apoio constantes.

Às amigas, Rosemari e Nilcéia, companheiras de trabalho e amigas queridas, pelo companheirismo e apoio que muito me ajudou a enfrentar os percalços que surgiram, suas contribuições com as referências e troca de idéias a respeito da pesquisa foram ajudas inestimáveis.

Aos amigos Leonir, Inês e Awdry, por se fazerem presentes nos trabalhos conjuntos, nas incursões acadêmicas, por suas contribuições que sempre vieram em momento oportuno,

muitas vezes materializadas em palavras de apoio e solidariedade, e sobretudo por terem se tornado pessoas tão especiais em minha vida.

Aos amigos e amigas Awdry, Leonir, Inés, Wellington, Edson, Janecler, Rosemari, Maristela, Tatiana N., Tatiana M., Cirlei, Elza e Cristiane pelos momentos compartilhados de aprendizagem, pesquisa e amizade.

À Lúcia Beatriz, por sua disponibilidade desinteressada, mesmo quando já não atuava na secretaria do programa, por ter se tornado uma amiga querida.

Aos companheiros de trabalho da UTFPR Campus Ponta Grossa, pela cobertura direta ou indireta, que me deram ao longo dessa travessia.

Ao CNPq que me concedeu bolsa de estudos por dois anos e meio do curso.

À minha irmã Joséli, que sempre me acolhe amorosamente, por todas as ajudas, apoio, carinho e incentivo.

Ao meu Pai Eurico por suas orações, carinho e apoio constantes.

Aos queridos amigos Dora e Nadir, por todos os auxílios e incentivos, pelo amor e amizade que me dedicam.

Aos meus amigos e familiares pela compreensão de minhas ausências durante o necessário envolvimento com o curso.

Aos amigos da Equipe de trabalho espiritual Rumo à Luz, pelo apoio espiritual e compreensão durante o meu afastamento das atividades.

À Carmem, Regina e Elson, pelo apoio indispensável no momento da revisão da tese.

A todos que de algum modo contribuíram para que eu chegasse até aqui.

E enfim, a minha gratidão à vida que em acréscimo ao crescimento intelectual oportunizou-me a vivência das limitações, e o exercício da humildade.

*“Embora não se possa voltar atrás e fazer um novo começo, pode-se começar agora a fazer um novo fim”.*

*Francisco Xavier*

## RESUMO

Este estudo parte da problematização das possibilidades inerentes à aprendizagem de Avaliação de Impacto Tecnológico (AIT) para reflexão e análise dos desafios que o processo de inovação tecnológica e a problemática ambiental acarretam à docência e Educação em Engenharia. Pressupõe-se que muitas das implicações socioambientais são em parte decorrentes do “perfil” dos produtos, processos ou serviços desenvolvidos por engenheiros e esse perfil é definido por decisões que decorrem de determinadas crenças e valores. Deste contexto, emergiu o questionamento sobre as bases que estão formando profissionais para o desenvolvimento de tecnologias adequadas e que nível de consciência está determinando essas escolhas. Com o objetivo de apresentar alternativas e princípios educativos para estimular a aprendizagem da avaliação de impacto tecnológico (AIT) na educação em engenharia e na formação inicial e continuada do professor-engenheiro, fundamentou-se uma concepção de AIT que a qualifica como um exercício acadêmico, baseado na problematização do fazer tecnológico, cujo fim é desvelar as concepções equivocadas sobre a Ciência e a Tecnologia e abrir espaço para a reflexão acerca das possíveis implicações que as atividades da engenharia podem desencadear, de modo a despender ações para preveni-las. A abordagem metodológica utilizada foi a qualitativa de natureza interpretativa. A técnica de coleta de dados foi a entrevista semi-estruturada individual e a amostra foi composta por professores e alunos da graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Os resultados indicaram um ensino conteudista e predominantemente técnico, cuja ênfase é a eficiência. Destacou-se que a AIT, aparece vinculada ao processo de aprendizagem de desenvolvimento de produtos e projetos tecnológicos de forma incipiente. As concepções apresentadas sobre a AIT demonstraram um baixo nível de sintonia com as recomendações que emanam das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a graduação em engenharia, sendo que a AIT não chega a permear o universo de preocupação de parte dos entrevistados. Em relação às compreensões a respeito da ciência e da tecnologia, detectou-se o predomínio da concepção de tecnologia como ciência aplicada, uma margem significativa de posições ambíguas e contraditórias ligadas à neutralidade da ciência, ao determinismo tecnológico e ao modelo de decisões tecnocráticas. No seu conjunto essas concepções caracterizam um nível de consciência ingênuo. Como alternativa para superação dessas lacunas propõe-se a prática de AIT articulada com o enfoque em Ciência, Tecnologia Sociedade (CTS) e subsidiada pelo referencial freiriano, mais especificamente pelos três momentos pedagógicos. Argumenta-se que esse nível de intervenção na formação de engenheiros e de seus professores poderá contribuir para a superação dessas contradições em um movimento favorável à construção de uma educação científica e tecnológica mais crítica e humana.

**Palavras-chave:** Avaliação de impacto tecnológico; Educação em engenharia; Estudos CTS; Problematização ambiental; Práticas freirianas.

## ABSTRACT

This work points out the possibilities inherent in the learning of Technological Impact Assessment (TIA) for reflection and analysis of challenges that the technological innovation process and environmental problems bring to Engineering teaching. It is presumed that several socio-environmental problems arise because of “profile” present in products, processes or services developed by engineers, and this profile is defined by decisions based on beliefs and values. Then, questions appeared about on the bases that are forming professionals for development of proper technology; what level of consciousness determines these choices. Aiming to present alternatives and education principles in engineering and at initial and continued formation of the engineer-teacher, it was elaborated an TIA conception that is qualified as an academic exercise, based on the technological making theme. Its purpose is to reveal the wrong conceptions about Science and Technology and open space to reflections about possible implications that engineering activities can result, in order avoid them. Methodological used approach was qualitative of interpretative nature. For data collect was used semi-structured interview and the samples were composed by professors and students of the Mechanical Engineering course at Federal University of Santa Catarina (UFSC) and at Federal University of Technology - Paraná (UTFPR). Results showed that the teaching process emphasizes the content and it is predominantly technical, aiming the efficiency. It was pointed out that TIA appears weakly linked to the learning process of products development and technological projects. The conceptions presented about TIA showed a low level of tune with the National Curriculum Directions (DCN's) for engineering graduation courses, and the interviewed ones are not concerned about TIA. It was detected the predominance of the technology concept as an applied science, and a significative margin of ambiguous and contradictory positions linked to the science neutrality, to technological determinism and to the technocratic decisions model. As a whole these conceptions show an ingenuous level of consciousness. As alternative to get over these gaps is proposed the TIA practice linked to the Science, Technology and Society (STS) focus and using as subsides the Freire reference, specifically at three pedagogical moments. It is believed that this level of intervention at engineers formation and their professors can contribute to eliminate these contradictions toward to the construction of a more critical and human scientific and technological education.

**Key-words:** Technological impact assessment; Engineering education; STS studies; Environmental problematization; Freire practices.

## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1 – Renda Média e Felicidade nos Estados Unidos, 1957-2002.....                  | 43  |
| Figura 2 – Modelos de Relações entre Ciência e Tecnologia .....                         | 91  |
| Figura 3 – O Ato de <i>Design</i> .....   | 109 |
| Figura 4 – Aproximação – Níveis de consciência da Relação CTS e AIT (Professores) ..... | 200 |
| Figura 5 – Aproximação – Níveis de consciência da Relação CTS e AIT (Alunos).....       | 201 |
| Figura 6 – Da situação limite à superação .....   | 202 |
| Figura 7 – Rupturas .....   | 207 |
| Figura 8 – Análise de Inventário do Ciclo de Vida.....                                  | 220 |
| Figura 9 – Interpretação do Ciclo de Vida.....  | 220 |

## LISTA DE QUADROS

|  |     |
|--|-----|
| Quadro 1 – Situação 1A do instrumento de pesquisa .....  | 141 |
| Quadro 2 – Situação 1B do instrumento de pesquisa .....  | 141 |
| Quadro 3 – Situação 2A do instrumento de pesquisa .....  | 141 |
| Quadro 4 – Situação 2B do instrumento de pesquisa .....  | 142 |
| Quadro 5 – Situação 3A do instrumento de pesquisa .....  | 142 |
| Quadro 6 – Situação 3B do instrumento de pesquisa .....  | 143 |
| Quadro 7 – Situação 4A do instrumento de pesquisa .....  | 143 |
| Quadro 8 – Situação 4B do instrumento de pesquisa .....  | 143 |
| Quadro 9 – Situação 5A do instrumento de pesquisa .....  | 144 |
| Quadro 10 – Situação 5B do instrumento de pesquisa ..... | 144 |
| Quadro 11 – Situação 5C do instrumento de pesquisa ..... | 144 |

## LISTA DE TABELAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1 – Caracterização Professores Entrevistados .....  | 148 |
| Tabela 1A – Caracterização Professores Entrevistados ..... | 149 |
| Tabela 2 – Caracterização Alunos Entrevistados .....       | 149 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| ABIPTI  | Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica      |
| AIT     | Avaliação de Impacto Tecnológico                                    |
| CETESB  | Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental                     |
| CNI     | Confederação Nacional da Indústria                                  |
| CITIPAR | Centro de Integração do Paraná                                      |
| CNPq    | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico       |
| CTS     | Ciência, Tecnologia e Sociedade                                     |
| DCN's   | Diretrizes Curriculares Nacionais                                   |
| DDT     | <i>Diclorodifeniltricloroetano</i>                                  |
| DIEESE  | Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos |
| ECT     | Educação Científica e Tecnológica                                   |
| EPA     | <i>Environmental Protection Agency</i>                              |
| EUA     | Estados Unidos da América   |
| FIEP    | Federação das Indústrias do Paraná                                  |
| FINEP   | Financiadora de Estudos e Projetos                                  |
| HTs     | Hotéis Tecnológicos   |
| IEBTs   | Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica                         |
| ICSU    | Conselho Internacional para a Ciência                               |
| IEL     | Instituto Euvaldo Lodi  |
| IES     | Instituições de Ensino Superior                                     |
| IPCC    | Painel Intergovernamental para Mudança Climática                    |
| LDBEN   | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional                      |
| MCT     | Ministério da Ciência e Tecnologia do Governo Federal               |
| MIT     | <i>Massachusetts Institute of Technology</i>                        |

|        |   |
|--------|---|
| MSI    | <i>Management Systems International</i>                               |
| NEPET  | Núcleo de Pesquisas em Educação Tecnológica                           |
| OEA    | Organização dos Estados Americanos                                    |
| OEI    | Organização dos Estados Iberoamericanos                               |
| OCDE   | <i>Organization for Economic Co-Operation and Development</i>         |
| ONG    | Organização não Governamental   |
| ONU    | Organização das Nações Unidas   |
| OTA    | <i>Office of Technology Assessment</i>                                |
| PNUD   | Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento                     |
| PPP    | Projeto Político Pedagógico   |
| SATIS  | <i>Science and Technology in Society</i>                              |
| SEBRAE | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas              |
| SENAI  | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial                           |
| SESI   | Serviço Social da Indústria   |
| STPP   | <i>Science, Technology and Public Policy</i>                          |
| STS    | <i>Science, Technology Society</i>                                    |
| TIC    | Tecnologia da Informação e Comunicação                                |
| UFSC   | Universidade Federal de Santa Catarina                                |
| UNESCO | <i>United Nations for Education, Science and Culture Organization</i> |
| USP    | Universidade de São Paulo   |
| UTFPR  | Universidade Tecnológica Federal do Paraná                            |
| VDI    | <i>Verein Deutscher Ingenieure</i>                                    |
| WVS    | <i>World Values Survey</i>  |
| WWI    | <i>World Watch Institute</i>  |

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 17  |
| <b>CAPÍTULO 1 - CENÁRIOS: CRISE, CONTRADIÇÕES E NECESSIDADES</b> .....                       | 30  |
| 1.1 CRISE .....  | 30  |
| <b>1.1.1 Cultura, técnica e a visão humana de natureza</b> .....                             | 34  |
| 1.2 CONTRADIÇÕES .....   | 39  |
| <b>1.2.1 Tecnologia, desenvolvimento e ambiente</b> .....                                    | 40  |
| 1.2.1.1 A Crescente Importância da Tecnologia .....  | 45  |
| 1.2.1.2 Problemas Sociocientíficos e Repercussões Socioambientais .....                      | 48  |
| 1.3 NECESSIDADES .....   | 52  |
| <b>1.3.1 Orientações predominantes para a educação em engenharia</b> .....                   | 53  |
| 1.3.1.1 O Enfoque Crítico da Tecnologia .....  | 54  |
| 1.3.1.2 Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a Graduação em Engenharia .....       | 56  |
| 1.3.1.3 Inova Engenharia .....   | 59  |
| 1.3.1.4 Modernidade Ética .....  | 62  |
| <i>1.3.1.4.1 Ética Profissional na Engenharia</i> .....                                      | 65  |
| <b>CAPÍTULO 2 - BASE PARA A APRENDIZAGEM DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO (AIT)</b> ..... | 73  |
| 2.1 OS ESTUDOS CTS.....  | 74  |
| <b>2.1.1 A educação CTS</b> .....  | 79  |
| <b>2.1.2 Metodologias CTS e o ensino de engenharia</b> .....                                 | 80  |
| 2.1.2.1 Implicações para a Formação de Professores .....                                     | 83  |
| <b>2.1.3 Contribuições do enfoque CTS</b> .....  | 88  |
| 2.2 ELEMENTOS PARA UMA VISÃO CRÍTICA DE TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE.....         | 89  |
| <b>2.2.1 As relações entre ciência e tecnologia</b> .....                                    | 90  |
| <b>2.2.2 Reflexões sobre a tecnologia, inovação e sustentabilidade</b> .....                 | 93  |
| <b>2.2.3 Inovação tecnológica</b> .....  | 97  |
| <b>2.2.4 Desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade?</b> .....                          | 101 |
| 2.2.4.1 A Gênese .....   | 102 |
| 2.2.4.2 A Polêmica do Desenvolvimento Sustentável .....                                      | 103 |
| 2.2.4.3 A Sustentabilidade Como Objetivo.....  | 107 |
| 2.3 O <i>DESIGN</i> COMO TEMA.....   | 107 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.3.1 O processo de tomada de decisões no <i>design</i> e a questão da AIT .....       | 109        |
| 2.4 FUNDAMENTOS PARA AIT .....   | 110        |
| <b>2.4.1 Avaliação de Tecnologias (AT).....</b>  | <b>111</b> |
| <b>2.4.2 Avaliação Construtiva de Tecnologias (ACT) .....</b>                          | <b>114</b> |
| 2.5 A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO EDUCATIVO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO<br>TECNOLÓGICO .....    | 116        |
| <b>2.5.1 Avaliação ética .....</b>   | <b>118</b> |
| 2.5.1.1 Avaliação Interna dos Sistemas Técnicos .....                                  | 119        |
| 2.5.1.2 Avaliação Externa.....   | 119        |
| <b>2.5.2 Engenharia verde .....</b>  | <b>120</b> |
| <b>2.5.3 Desenvolvimento de produtos sustentáveis.....</b>                             | <b>122</b> |
| 2.5.3.1 Os 12 Princípios do <i>Design</i> Sustentável (BRUNETTI, 2005) .....           | 125        |
| <b>CAPÍTULO 3 – CAMINHOS E PORTAIS DE PESQUISA.....</b>                                | <b>133</b> |
| 3.1 OPÇÃO METODOLÓGICA.....  | 136        |
| 3.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA .....   | 137        |
| 3.3 ELABORAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....                                       | 139        |
| 3.4 ESTUDO PILOTO .....  | 145        |
| 3.5 LEVANTAMENTO DOS DADOS.....  | 146        |
| 3.6 PERFIL DA AMOSTRA.....   | 147        |
| 3.7 PARÂMETROS E ANÁLISE.....  | 150        |
| 3.8 RESULTADOS.....  | 150        |
| <b>3.8.1 Panorama inicial.....</b>   | <b>151</b> |
| 3.8.1.1 No Império do Consumo e do Lucro: Interesses Econômicos em Primeiro Lugar..... | 156        |
| 3.8.1.2 Implicações: a Delicada Questão da Responsabilidade.....                       | 161        |
| <b>3.8.2 A emergência de um novo estilo de pensamento .....</b>                        | <b>165</b> |
| <b>3.8.3 Percepções de Ciência e Tecnologia .....</b>                                  | <b>170</b> |
| 3.8.3.1 Nos Caminhos do Determinismo e da Tecnocracia .....                            | 170        |
| 3.8.3.2 Os Equívocos da Visão Salvacionista.....                                       | 174        |
| 3.8.3.3 A idéia de neutralidade .....  | 177        |
| <b>3.8.4 AIT: um conceito a ser construído .....</b>                                   | <b>178</b> |
| 3.8.4.1 AIT: Lacunas e impedimentos .....  | 185        |
| <b>3.8.5 Estudos CTS e formação de engenheiros.....</b>                                | <b>188</b> |
| <b>CAPÍTULO 4 - PROPOSIÇÕES E ENCAMINHAMENTOS .....</b>                                | <b>196</b> |
| 4.1 A FAVOR DA SUPERAÇÃO DA CONSCIÊNCIA INGÊNUA .....                                  | 197        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2 A PERSPECTIVA EDUCACIONAL DE PAULO FREIRE .....                  | 203        |
| <b>4.2.1 Os três momentos pedagógicos e o exercício de AIT .....</b> | <b>208</b> |
| 4.2.1.1 Aprofundamento para Estudo .....                             | 212        |
| 4.2.1.2 Problematização Inicial.....                                 | 212        |
| 4.2.1.3 Organização do Conhecimento.....                             | 216        |
| 4.2.1.4 Aplicação do Conhecimento .....                              | 222        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                    | <b>227</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>232</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>  | <b>254</b> |
| APÊNDICE A – PROTOCOLO DOCENTES (PILOTO).....                        | 255        |
| APÊNDICE B – PROTOCOLO ALUNOS (PILOTO) .....                         | 262        |
| APÊNDICE C – PROTOCOLO DOCENTES .....                                | 268        |
| APÊNDICE D – PROTOCOLO ALUNOS .....                                  | 274        |
| APÊNDICE E – DADOS DEMOGRÁFICOS PROFESSORES .....                    | 280        |
| APÊNDICE F – DADOS DEMOGRÁFICOS ALUNOS.....                          | 283        |
| APÊNDICE G – TABELA PARA ANÁLISE.....                                | 285        |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>286</b> |
| ANEXO 1 – DCN’s PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.....                   | 287        |

## INTRODUÇÃO

---

*“Gosto de ser gente, porque sei [...] que o meu destino não é um dado, mas algo que precisa ser feito e de cuja responsabilidade não posso me eximir. Gosto de ser gente porque a história em que me faço com os outros e de cuja feitura tomo parte é um tempo de possibilidades e não determinismo. Daí que insista tanto na problematização do futuro e recuse sua inexorabilidade”.*

Paulo Freire

As possibilidades inerentes à Avaliação de Impacto Tecnológico (AIT) para a docência e Educação em Engenharia frente aos desafios da Inovação Tecnológica se constituem no objeto de estudo dessa tese.

A AIT, aqui proposta, é um conceito pedagógico e metodológico que resulta da aproximação de vertentes relacionadas a modelos de regulação de tecnologias, como os fundamentos significativos selecionados da Avaliação de Tecnologias - AT - (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003; SANMARTÍN; HRONSKY, 1994; SMITS, 1990; entre outros); da Avaliação Construtiva de Tecnologias – (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003; GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CEREZO; LUJÁN, 1996; SCHOT, 1992; SCHOT; RIP, 1997); além de concepções relacionadas a modelos alternativos de regulação de tecnologias, que serão utilizadas na organização do conhecimento, como: Engenharia Verde – (ANASTAS; ZIMMERMAN, 2003); Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – (MANZINI; VEZZOLI, 2005) e, Princípios para o Design Sustentável (BRUNETTI, 2005).

Também diz respeito a uma atividade de aprendizagem de avaliação prévia, antecipada, de uma dada tecnologia para identificação de causas e efeitos, que poderão impactar não apenas o ambiente, como a sociedade, durante o desenvolvimento de projetos de inovação, fase anterior à produção, gestão e incorporação de tecnologias.

É de natureza eminentemente interdisciplinar e requer, além da integração de conhecimentos, a reflexão crítica, como caminho viável para o aprofundamento de conceitos, discussões sobre riscos, valores e interesses implicados; a busca de soluções para os problemas levantados e, a tomada de decisões fundamentadas no conhecimento científico e na responsabilidade ética, ponto em que se distancia da idéia de que as soluções para os problemas a enfrentar são de cunho, exclusivamente, tecnológico.

Carrega em seu bojo padrões e fundamentos teórico-metodológicos que podem favorecer as dinâmicas que envolvem a aprendizagem focada no processo de inovação e no desenvolvimento de produtos, processos ou serviços sustentáveis.

Faz-se necessário esclarecer desde o início a opção pela utilização do termo AIT, não obstante as críticas que recebe e que se estabelecem a partir da idéia de que tanto a avaliação de tecnologias, quanto a noção de impacto implicam em uma visão determinista (BENAKOUCHE, 1999; BIJKER, 1987; WINNER, 1987), ou seja, sugerem que os impactos ocorreriam de qualquer modo. Não se pretende aqui descaracterizar os acertados argumentos não deterministas, mas ponderar que essas críticas seguem mais um lastro retórico, do que apontam soluções propriamente ditas.

Se por um lado não se pode negar os óbvios efeitos da tecnologia sobre a sociedade e ambiente, por outro, mais do que a utilização deste ou daquele termo, a preocupação deveria estar centrada na busca de caminhos plausíveis para a transformação e superação dos problemas até agora sem solução.

E nesse sentido, Bijker, (1987, p.102) apesar de ser um dos autores dessa crítica pondera: “o desafio metodológico substantivo está em desenvolver conceitos analíticos que permitam atingir o objetivo de analisar tecnologia e sociedade como uma “teia contínua”, mas nessa busca tem que se fazer o que precisa ser feito - usar a linguagem comum, tão cuidadosamente quanto possível”.

Essa afirmação abre espaço para algumas considerações: primeiro - implica que tecnologia e sociedade não podem ser tratadas em separado, pois como comenta Benakouche (1999) “tecnologia é sociedade”, e na mesma rede de relações se encontram as questões ambientais, culturais, econômicas, políticas... - que envolvem sua produção, difusão e uso; segundo - fala-se muito na necessidade de participação democrática e cidadã no desenho e redesenho de tecnologias, mas acaba-se por esquecer ou negligenciar a formação de engenheiros para que também aprendam a participar dessa negociação em posições diversas, ora como usuários, ora como projetistas de tecnologias.; e, terceiro: - a idéia da AIT aqui apresentada se qualifica como um exercício acadêmico, baseado na problematização do fazer tecnológico, cujo fim é desvelar as concepções equivocadas sobre a Ciência e a Tecnologia; abrir espaço para a reflexão acerca das possíveis implicações que as atividades da engenharia podem desencadear e estimular o desenvolvimento de produtos, processos e serviços com um perfil socioambiental mais amigável.

O interesse em pesquisar este tema foi construído pelas lacunas que identifiquei no decorrer de minhas atividades profissionais. A formação acadêmica na área da Biologia e a atuação como docente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Ponta Grossa há 15 anos, levou-me a questionar e refletir sobre o papel da educação na

superação das contradições que envolvem a degradação do ambiente e as dificuldades que impõem limitações à sua abordagem na prática pedagógica.

No decorrer do curso de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia - PPGTE da UTFPR, ênfase em Educação, desenvolvi a dissertação intitulada: Abordagem ambiental: perspectivas e possibilidades de uma prática pedagógica integradora (CARLETTO, 1999), quando busquei na pesquisa e na reflexão crítica, caminhos para apresentar subsídios à efetivação da aprendizagem ambiental no contexto da educação profissional e tecnológica.

Com o encerramento do curso de mestrado e o retorno às atividades docentes, percebi a dimensão ambiental sendo contemplada na formação de engenheiros e tecnólogos, por meio de disciplinas específicas, como Gerenciamento Ambiental e/ou Engenharia Ambiental. Porém, o enfoque eminentemente técnico e disciplinar dado aos conteúdos trouxeram à baila a percepção de novas lacunas.

No contato mais íntimo com as disciplinas - Gestão Tecnológica e Gerenciamento do Meio Ambiente – que ministrei até o afastamento para dedicação ao curso de doutorado, pude observar um resultado pouco significativo, se não inexistente, no que diz respeito à investigação de impactos socioambientais<sup>1</sup> em trabalhos de inovação, desenvolvimento de produtos e aplicação de tecnologias.

Percebi que o processo ensino-aprendizagem leva o aluno a resolver problemas, a ser criativo e inovar, mas não a avaliar previamente seu protótipo tecnológico em relação a possíveis implicações. A meu ver, a ausência desse foco de análise tira dos alunos a responsabilidade com um desenho menos impactante de seu produto, ou seja, as questões que envolvem as implicações desse produto, processo ou serviço não são consideradas. Normalmente, a preocupação está com a viabilidade econômica do projeto e a aceitação do mercado.

Essas observações levaram-me a identificar a completa ausência de exercícios de avaliação prévia dos impactos ambientais e sociais, durante o desenvolvimento de projetos de inovação. Isto é, têm-se formado engenheiros e tecnólogos para inovar, sem que os mesmos sejam levados a refletir criticamente sobre as implicações diretas ou indiretas de seus protótipos tecnológicos.

Evidência essa que se confirmou nos dados apresentados por Silveira (2007), cuja tese se ocupou, entre outros objetivos, em verificar qual a principal preocupação dos gerentes, assessores e empreendedores com empresas incubadas e graduadas nas Incubadoras de Empresas de Base

---

<sup>1</sup> Socioambiental: A visão socioambiental pensa o meio ambiente como campo de interações entre a cultura, a sociedade e a base física e biológica dos processos vitais, na qual todos os termos dessa relação se modificam dinâmica e mutuamente. Tal perspectiva considera o meio ambiente como um espaço relacional, em que a presença humana, aparece como um agente que pertence à teia de relações da vida social, natural e cultural e interage com ela (CARVALHO, 2004).

Tecnológica ou em Hotéis Tecnológicos (IEBT's/HT's) do Paraná, relacionadas à inovação tecnológica por eles desenvolvida. Os principais resultados mostraram que a preocupação maior dos gestores e empreendedores entrevistados é com a competitividade e o lucro, sem uma preocupação com outras questões, no desenvolvimento de novas tecnologias.

Sabe-se, no entanto, que a inovação tecnológica deriva de um processo complexo e interativo, podendo acarretar diferentes impactos socioambientais (tanto benefícios, quanto riscos), que somados às demandas do desenvolvimento e da variável ambiental, transformam-se em desafios para o ensino de engenharia.

É oportuno salientar neste momento, que o modelo linear de inovação hegemonicamente aceito na sociedade atual, está fundamentado numa visão instrumental e determinista de ciência e tecnologia e, portanto, é incapaz de fazer com que uma maior sensibilidade seja incorporada no processo de concepção de tecnologias ante as possíveis conseqüências sociais e ambientais negativas, principalmente por estar voltado fortemente para a competitividade (DAGNINO, 2004, 2008). Lógica à qual me contraponho nesse trabalho.

É na somatória dessas perspectivas, que a questão ambiental ganha espaço neste estudo, como uma vertente necessária à formação do engenheiro, e que requisita, além de uma maior atenção aos limites da natureza como apontado pelo IPCC<sup>2</sup> (2007), um modelo educativo que privilegie o desenvolvimento de uma consciência crítica e responsável do fazer tecnológico e de seus impactos (SOLBES; VILCHES, 2004).

Apesar da necessidade de ação formativa visando a uma ampla compreensão da complexidade do processo de inovação e das implicações sociais e ambientais ligadas aos impactos da tecnologia estar contemplada nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002a, p.1), as publicações em livros, periódicos e anais de eventos científicos vêm apontando lacunas nessa área.

Um exemplo pode ser observado nos estudos de Solbes e Vilches (2004, p. 345), que investigaram estudantes espanhóis de nível médio e superior de diversos centros públicos, quando indicam que os estudantes pesquisados não são capazes de avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnocientífico, suas implicações socioambientais, culturais, econômicas, nem mesmo os interesses por detrás das diferentes posições em relação aos possíveis problemas que geram e as perspectivas que abrem. As autoras acrescentam, ainda, que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos.

---

<sup>2</sup> Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) - Painel Intergovernamental para Mudança Climática é o colegiado internacional de cientistas, reunido pela Organização das Nações Unidas (ONU), que estuda as mudanças climáticas desde 1999. Para mais informações sobre o IPCC acesse <<http://www.ipcc.ch/>>.

E na educação em engenharia, como a questão tem sido tratada?

Em um estudo exploratório que analisou as grades curriculares e ementários de quatro cursos de engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, Carletto e Linsingen (2007) observaram que, apesar da excelência para a formação de *know how* técnico, a comunicação entre as disciplinas é incipiente e um número pouco significativo delas trata de algum tipo de avaliação de impacto tecnológico, sendo que em dois dos cursos verificados, nenhuma disciplina faz tal abordagem.

De certo modo, Vaccarezza (1998), Maiztegui *et al.* (2002), Fourez (2003), também se aproximam dessa problemática ao alertar para a pouca atenção dada à tecnologia e suas implicações nos currículos escolares, sobretudo na educação científica. Na mesma perspectiva, Gil e Vilches (2006) se reportam à escassa atenção dada às questões que se relacionam com o futuro do planeta e com os problemas ambientais globais. Enquanto Bazzo (1998) justifica que, frequentemente, na engenharia o enfoque privilegia a dimensão técnica e econômica.

Se por um lado, o caráter multidimensional da tecnologia e suas implicações socioambientais têm recebido abordagens superficiais, ou ficam relegadas a um segundo plano (ACEVEDO, J., 2006), por outro lado, a velocidade dos avanços sociotécnicos permite que as inovações aconteçam num ritmo cada vez mais rápido (AROCENA; SHUTZ, 2003). Assim sendo, não deve causar espanto, o aumento dos impactos tão característicos da sociedade contemporânea, visto que o desenvolvimento de novas tecnologias está ocorrendo sem o tempo e o aprofundamento necessários à uma avaliação crítica.

Em função desse quadro, tornou-se pertinente questionar as visões que vem determinando as práticas atuais na educação em engenharia, pois conforme Moraes (2003), as visões de mundo fundamentam e direcionam as atitudes e interferem nas tomadas de decisões. Dito de outra forma, as atitudes e escolhas são orientadas pela forma que se entende o mundo ou uma determinada situação.

Quando se busca saber qual é a concepção que se tem de tecnologia nos meios acadêmicos, diversos estudos e publicações (ACEVEDO, J., 2001; AULER, 2002; BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003; FOUREZ, 2003; LÓPEZ CERREZO, 1998) indicam que não só nos meios acadêmicos, mas na sociedade e na mídia, a visão que predomina está vinculada à tecnologia como aplicação da ciência e à concepção essencialista-triunfalista da ciência que, de acordo com Ronderos; Valderrama (2003), está ligada ao modelo linear de desenvolvimento, a qual pode ser resumida em uma simples equação: + Ciência = + Tecnologia = + riqueza = + bem estar social (LÓPEZ CERREZO, 2003).

A partir daí, a idéia de que a superação dos problemas atuais depende de mais ciência e tecnologia, é aceita amplamente, sem questionamento dos valores e interesses aí implicados, enquanto questões como sustentabilidade e exclusão social ficam reduzidas a um problema tecnológico, passível de ser resolvido com mais conhecimento tecnocientífico, tornando-se uma questão de tempo e perspectiva de desenvolvimento futuro; sem que, os incríveis avanços técnico-científicos e, principalmente, os que ocorreram na área ambiental tenham conseguido frear ou reduzir significativamente os avanços da degradação.

Não se trata de “descarregar sobre a ciência e a tecnologia a responsabilidade da situação atual de degradação crescente, que não deixaria de ser uma nova simplificação maniqueísta”, como afirma Gil (1998, p. 75), nem mesmo de reduzir a problemática ambiental, a uma mera gestão de tecnologias apropriadas, porém questionar a concepção essencialista-triunfalista da ciência e contextualizar a problemática socioambiental a partir das concepções que estão determinando a formação de engenheiros e tecnólogos e o desenvolvimento de tecnologias.

Nesse sentido, Gil, Vilches e Oliva (2005) comentam que as chamadas de atenção para a crise ambiental que vêm se realizando há algumas décadas, não estão tendo, em geral, o devido eco na cidadania, nem em seus representantes políticos. Esta constatação indica a urgência de reconhecimento das limitações que têm levado a respostas insatisfatórias no que diz respeito ao enfrentamento dos problemas ambientais e à formação de sujeitos críticos e capazes de intervir responsabilmente no contexto socioambiental.

Nesse ponto, insere-se a relevância deste estudo, a possibilidade de que as escolas de engenharia tornem-se protagonistas do aprendizado da avaliação de impacto tecnológico, ocupando-se em selecionar situações significativas para o aluno, como por exemplo, seu protótipo tecnológico/seu projeto de inovação, principalmente, porque a busca por ações para superação das lacunas atuais e o entendimento de que existem outras possibilidades de se fazer educação tecnológica, constituem-se em etapas do desenvolvimento da consciência crítica.

A emergência dessas questões são evidenciadas nas predições de López Cerezo (2006)<sup>3</sup>, sobre o fato de que os avanços atuais da ciência e da tecnologia tornaram possível transformar o perigo inevitável do passado, em um risco que deverá ser objeto de responsabilidades por ação ou omissão de um ou mais agentes sociais. Em função disso, coloca o controle dos efeitos não desejáveis do desenvolvimento tecnológico e sua reorientação, como nova função do conhecimento científico.

O novo perfil que emerge do potencial científico e tecnológico da atualidade, encontra respaldo na ética que, de acordo com (MITCHAN, 1994), é mais discutida na engenharia, em

---

<sup>3</sup> LÓPEZ CERZO, J. A. **Conferência do Ciclo de Cultura Científica**. Buenos Aires: Organização dos Estados Iberoamericanos (OEI); Centro Cultural de Espana, 2006. (Fragmento de la conferencia dictada el día 5 jul. 2006).

termos de responsabilidade, cujos princípios (JONAS, 1995), vêm reforçar a tarefa da educação científica e tecnológica em contribuir para que engenheiros e tecnólogos desenvolvam seus artefatos tecnológicos a partir da perspectiva da responsabilidade.

Corroborando essa idéia Stoehr <sup>4</sup> (1984, p. 88 apud Bursztyn 2001, p. 20) afirma que “cabe aos engenheiros e tecnólogos, e não apenas às agências governamentais reguladoras, preocupar-se com a segurança e pensar nas conseqüências remotas, sendo capazes de avaliar criticamente os programas que lhes são dados a implementar”. Trata-se, pois de transcender à lógica do trabalho para a correção dos problemas e efeitos tecnológicos depois que eles acontecem e, investir em uma formação que privilegie a prevenção desses efeitos.

Todavia, essa idéia não invalida a importância e necessidade de uma formação que vise à participação democrática e cidadã, principalmente quando a questão em pauta é a regulação da tecnologia (TODT, 2002) idéia que apenas começou a germinar no Brasil (LINSINGEN, 2005).

É assim que os desafios atuais apontam para a necessidade de superação de visões fragmentadas e de construção de uma real compreensão das implicações socioambientais, antes e durante o desenvolvimento de tecnologias, e isso só será possível a partir de um estudo crítico e integrado das mesmas.

Diante deste contexto, o problema que levanto é o seguinte:

***Quais subsídios e princípios educativos poderão estimular a aprendizagem da avaliação de impacto tecnológico (AIT), de forma a também contribuir com a formação inicial e continuada do professor engenheiro?***

O pressuposto que me leva a esse questionamento, é que as demandas da educação passam primeiramente pelos seus docentes. As compreensões, atitudes e crenças que os professores detêm sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade, Educação, Inovação, Sustentabilidade, articuladas às metodologias que utilizam, é que determinam e guiam suas práticas pedagógicas e as bases que estão educando os futuros engenheiros, facilitando ou impedindo determinadas aprendizagens.

No que se refere à tecnologia, essa proposição é corroborada por Acevedo, J. *et. al.* (2005), quando diz que os conceitos que se tem de tecnologia condicionam as finalidades e objetivos de seu ensino, orientando desta maneira o próprio desenho curricular.

Como a Avaliação de Impacto Tecnológico é uma possibilidade a ser percebida e vivenciada por alunos e professores, a idéia foi verificar em que nível está a percepção dos mesmos sobre AIT para então buscar caminhos e alternativas para essa aprendizagem.

---

<sup>4</sup> STOEHR, Taylor (Org.) **Decentralizing power**: Paul Goodman's social criticism. Montreal: Black Rose Books, 1984, 80 p.

Desse modo, o **objetivo geral** desta tese consiste em: Apresentar alternativas e princípios educativos para estimular a aprendizagem da avaliação de impacto tecnológico (AIT) na educação em engenharia e na formação inicial e continuada do professor-engenheiro.

A partir dele propus como **objetivos específicos**: - a) fundamentar e caracterizar uma concepção sobre avaliação de impacto tecnológico; b) evidenciar a compreensão de alunos e professores sobre a ciência e a tecnologia; c) identificar as concepções de professores e alunos a respeito da avaliação de tecnologias e o nível de sintonia que apresentam, com as recomendações que emanam das DCN's; d) caracterizar no processo de formação de engenheiros, elementos que estimulam ou impedem a problematização ambiental e o exercício de avaliação de impacto tecnológico.

Inseridas neste contexto, estão as concepções que me guiam nesta tese, como elementos estruturadores ou matrizes de pensamento que dão nexos às propostas aqui formuladas.

Defendo que a educação científica e tecnológica deve possibilitar além do *know how* técnico, condições para o desenvolvimento de uma compreensão mais coerente acerca da ciência e da tecnologia e suas interações com a sociedade; fundamentos para intervir ética e responsavelmente e, sobretudo, discernimento crítico para analisar, identificar impactos e reorientar ações de forma a eliminar riscos, pois como afirma Freire (2002, p. 86) “não é possível ensinar técnicas sem problematizar toda a estrutura em que se darão essas técnicas”.

Nessa perspectiva, Bastos (1991) destaca a importância da aproximação do entendimento dos avanços científicos e tecnológicos com o saber dos “aplicadores” de tecnologias, sejam eles estudantes, docentes, pesquisadores ou quaisquer outros trabalhadores, a fim de informá-los sobre seu papel na transformação técnica da produção e do trabalho, e capacitá-los para discernir entre técnicas que contribuam para o aumento ou a diminuição das desigualdades sociais.

Na verdade, educação, trabalho, ciência e tecnologia exprimem setores diferenciados, mas recorrentes de produção e acumulação de conhecimentos teórico-práticos, necessários ao indivíduo no seu relacionamento com a natureza e em suas necessidades de sobrevivência. Portanto, o entendimento da educação tecnológica exige uma concepção ampla de educação, que permita a compreensão das interfaces que dinamizam as relações entre o conhecimento científico e o processo sociocultural que a orienta.

Apóio-me em análises e proposições progressistas de educação (FREIRE, 1987; SNYDERS, 1974) baseadas em uma prática pedagógica crítica, reflexiva e transformadora que se qualifica como um processo emancipatório.

Nesse sentido, considero que o papel da educação é a formação de cidadãos detentores de um entendimento mais coerente acerca dos problemas atuais do desenvolvimento tecnológico, capazes de fazer uma leitura crítica do mundo para nele intervir ética e democraticamente.

Como Todt (2002), defino tecnologia, no marco deste trabalho, como prática social no seu sentido mais amplo, ou seja, como atividade humana, profundamente influenciada pelo social, em que se mesclam, além dos saberes inerentes ao desenho e concepção dos produtos, sistemas e processos (ACEVEDO, G., 1998), as referências de mercado, os aspectos organizativos, os valores e a cultura (DAGNINO, 2008). Lembrando que contemplar a tecnologia (e a ciência) como prática social significa contrapor-la à visão de tecnologia autônoma, linear e neutra (TODT, 2002).

Considero que o perfil da tecnologia - concepções, interesses e valores - que fundamentam seu desenho é que, direta ou indiretamente, determinam os impactos decorrentes de sua utilização. Aí caberá considerar também, quais foram os recursos utilizados; a utilização que lhes foi dada; descarte; parcela que lhes cabe na exaustão dos recursos naturais. Levar isso em conta durante o desenvolvimento de um produto, processo, sistema ou serviço certamente acarretará em inovações sociais e ambientalmente mais amigáveis.

No entanto, uma abordagem crítica da ciência e da tecnologia e de seus impactos ambientais e sociais, requer um estudo mais aprofundado de suas inter-relações com o contexto social, para isso os estudos Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), juntamente com os pressupostos da problematização e da dialogicidade de Freire (1987), constituíram-se em referenciais balizadores da reflexão que aqui realizo e do meu olhar para o problema da pesquisa.

O enfoque CTS diz respeito ao estudo das relações presentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, apresenta uma análise crítica e interdisciplinar da ciência e da tecnologia no contexto social, com o objetivo de entender os aspectos gerais do fenômeno científico-tecnológico.

Bazzo, Linsingen e Pereira (2003) argumentam que os estudos CTS buscam a compreensão da dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto do ponto de vista dos antecedentes, como de suas conseqüências sociais e ambientais, quer dizer, tanto no que toca aos fatores de natureza social, política ou econômica, como no que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança.

É comum encontrar o acrônimo CTS acrescido da letra A ou I para enfatizar a interação com o meio ambiente – CTS+A e com Inovação – CTS+I. Como nesse trabalho estarei abordando questões ligadas à educação em engenharia e suas interações com a dimensão ambiental, e com a inovação tecnológica e suas implicações, tornou-se pertinente esclarecer que o significado de “CTS” utilizado na tessitura desta tese, traz como um de seus fundamentos a

estreita relação com a variável ambiental e com a dinâmica da inovação tecnológica, evidenciando a amplitude que compreende o campo de estudo CTS, fato que tornaria redundante e desnecessário o acréscimo do “A” e do “T”. Apesar disso, opto por fazer referência, em determinados momentos, ao CTS e inovação e/ou ambiente, por compreender que possíveis leitores desse trabalho, poderão não ter a leitura CTS mais profunda que propiciaria esse entendimento.

Já, a proposta educativa de Freire (1987) está pautada na perspectiva de uma educação transformadora, baseada na dialogicidade e na problematização. Concepção que desvincula a neutralidade do sujeito em relação ao conhecimento, tendo em vista que encaminha para a reflexão e para uma maior compreensão da realidade e de suas contradições, implica no desenvolvimento da consciência crítica e na identificação de caminhos para superação.

É assim que, de acordo com Carletto, Linsingen e Delizoicov (2006), as proposições freirianas podem dar contribuições significativas quando se pretende introduzir na educação científica, atividades formativas que se articulam com questões CTS, inovação e sustentabilidade.

Considerando-se que o conceito de sustentabilidade é objeto de discussão crítica, esclareço que o sentido de sustentabilidade empregado neste trabalho opõe-se à idéia de manutenção do atual modelo de desenvolvimento, pautado no lucro imediato e nos interesses particulares. Por considerar as possibilidades de uma renovação cultural, a partir da construção de percepções mais coerentes da problemática ambiental e social, a aprendizagem de AIT, abre espaço para alternativas tecnológicas mais adequadas às necessidades da maioria e às possibilidades do ambiente.

Nesse sentido, compartilho do entendimento de Reigota (2006, p. 91) quando parte do princípio (premissa), de que a sustentabilidade se opõe [...] ao conceito de desenvolvimento sustentável, principalmente, enquanto este último continuar com sua interpretação hegemônica, postulando o desenvolvimento dentro dos moldes capitalistas. Ainda que, não ignore o significado original de DS na formulação das políticas públicas (CARLETTO; SANT’ANNA, 2006).

Na verdade, o conceito de sustentabilidade é multidimensional (SACHS, 2002), cujos princípios englobam todas as áreas do sistema social humano não apenas a ambiental. E como afirmam Gil; Vilches (2006), a questão está em incorporar essas dimensões no trabalho educativo habitual e contribuir para formação de cidadãos e cidadãs conscientes da situação de degradação que alcançou escala planetária, prepará-los para perceber contradições, buscar estratégias de superação e tomar decisões fundamentadas.

Entretanto a compreensão de sustentabilidade somente poderá ocorrer quando forem implantadas ações sistêmicas capazes de transformar modelos *tecnico-econômicos* cartesianos em

resoluções que promovam real qualidade de vida às atuais e futuras gerações, respeitando as diversidades culturais e potencializando as características regionais. Necessita-se, portanto, colocar o direito a um ambiente saudável no mesmo nível de direito ao acesso à renda, saúde, habitação, educação e lazer (CASAGRANDE JR, 2004).

A metodologia utilizada neste estudo foi de natureza qualitativa, e se desenvolveu paralelamente à estruturação e fundamentação do conceito de AIT, caracterizada a partir de elementos significativos e reflexões encontradas na literatura relacionada com a regulação de tecnologias, como explicitado no Capítulo 2, os quais se constituem em referências metodológicas para a prática docente em engenharia.

Subjacentes à compreensão do conceito de AIT estão as percepções que professores e alunos detêm acerca das interações presentes entre ciência, tecnologia, inovação e sustentabilidade, percepções essas que serviram de elementos norteadores para análise do pensar dos envolvidos no estudo.

Em função disso, o levantamento dos dados empíricos se deu pela entrevista semi-estruturada. O instrumento para a coleta de dados foi desenvolvido a partir de 5 situações que tiveram como guia, referências utilizadas na problematização e fundamentação teórica desta tese, e foram selecionadas por apresentarem relações com a centralidade da tecnologia no momento atual, com o desenho de produtos e com o processo de inovação. As situações foram apresentadas para análise dos professores e alunos durante o desenvolvimento da entrevista.

A coleta de dados esteve focada nos professores da área tecnológica e alunos de última fase do Curso de Engenharia Mecânica da UFSC e da UTFPR. A idéia foi problematizar a AIT no contexto da aprendizagem tecnológica e as concepções aí implicadas, para identificar as percepções que guiam as práticas pedagógicas na docência em engenharia e quão próximas ou distantes se encontram da AIT.

Trabalhei com três pilares 1- O pensar dos docentes e dos alunos a respeito das interações entre ciência, tecnologia, sociedade, inovação e sustentabilidade; 2- Compreensão sobre AIT; e, 3- Como o processo educativo pode tentar superar limitações e converter o conceito de AIT em uma realidade educativa.

Foi assim que, no Capítulo 1 procurei delinear um breve retrato da atualidade, no qual se desenham - Crise, Contradições e Necessidades – cenários decorrentes das interações da tecnologia e inovação no contexto socioambiental e educacional. A idéia foi levantar elementos para aprofundar as questões que norteiam a realidade sociotécnica e com o apoio da literatura existente na área, formar bases para reflexões acerca das demandas da atualidade, e como as questões socioambientais, a prática docente em engenharia e a formação do engenheiro se

conectam às possibilidades da Avaliação de Impacto Tecnológico (AIT). Para tanto, tratei de questões que envolveram o predomínio da técnica e sua influência na visão de natureza; a crescente importância da tecnologia; os problemas sociotécnicos e as repercussões dos impactos socioambientais; as orientações predominantes para a graduação em engenharia; as recomendações das DCN's a respeito da avaliação de impactos e as demandas de uma ética para a modernidade.

No Capítulo 2 - abordei as contribuições que os estudos CTS podem dar para a inserção da abordagem ambiental na formação do engenheiro. A intenção foi transcender ao entendimento das interações que ocorrem entre a ciência, tecnologia e sociedade, necessário à educação de todas as pessoas, já que para a educação em engenharia, essa perspectiva vem acrescida de um desafio maior – o de formar o profissional que vai desenvolver e implementar tecnologias. Desse modo, utilizei um recorte das visões tradicionais e das novas visões acerca da tecnologia e suas relações com a ciência, da concepção de tecnociência, da filosofia da tecnologia e da visão de sustentabilidade. A partir daí, apresento as vertentes relacionadas com a regulação de tecnologias como: Avaliação de Tecnologias - AT - (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003; SANMARTÍN; HRONSZKY, 1994; SMITS, 1990; entre outros); e caracterizo outro modelo de regulação de Tecnologias, como a Avaliação Construtiva de Tecnologias - ACT – (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003; GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CEREZO; LUJÁN, 1996; SCHOT, 1992; SCHOT; RIP, 1997); além de concepções relacionadas a modelos alternativos de regulação de tecnologias, que serão utilizadas na organização do conhecimento, como: Engenharia Verde – (ANASTAS; ZIMMERMAN, 2003); Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – (MANZINI; VEZZOLI, 2005); e, Princípios para o Design Sustentável (BRUNETTI, 2005). No último item, - A construção do conceito educativo de AIT - procuro sintetizar os elementos mais significativos destas vertentes, que podem ser aproveitados no ambiente educativo como fio condutor de uma atividade pedagógica de AIT.

O Capítulo 3 - Caminhos e Portais da Pesquisa - descrevo as opções metodológicas do estudo; os procedimentos utilizados para seleção do público-alvo e obtenção de dados; a caracterização do instrumento de pesquisa e das amostras estudadas. Apresento os parâmetros de análise e os principais resultados encontrados.

No Capítulo 4 - Proposições e Encaminhamentos - utilizo o olhar freiriano para mostrar que os resultados da investigação empírica denotam uma determinada consciência sobre o problema investigado. Associo isso ao que Goldman<sup>5</sup> (apud FREIRE, 1987) denomina

---

<sup>5</sup> GOLDMAN, L. **The human sciences and philosophy**. Londres: The Chancer Press, 1969, 118 p.

Consciência Real Efetiva e o quanto está próxima ou distante daquilo que as DCN's estão propondo.

Nessa linha de raciocínio, tomei por hipótese que a Avaliação de Impacto Tecnológico é o “inédito viável” (FREIRE, 1987) que precisa ser percebido por alunos e professores da engenharia. Apresento em que nível está a percepção de alunos e professores sobre Avaliação de Impacto Tecnológico, que consciência detêm sobre o tema, quão próximos ou distantes se encontram dessa realidade, bem como as repercussões dos resultados para a Formação Inicial e Continuada do professor engenheiro e para a prática pedagógica em engenharia.

Ao me reportar à educação científica e tecnológica como cenário para o aprendizado da AIT – parto da apresentação sumária dos principais resultados e abordo as possibilidades de enfrentamento, para transformar a AIT em um conceito educativo, passível de ser vivenciado na prática pedagógica, de modo a tornar as escolas de engenharia, protagonistas do aprendizado da avaliação de impacto tecnológico.

Nas Considerações Finais, expressei a importância de um processo educativo que possibilite a transformação do conceito de AIT em uma realidade educativa, contribuindo assim para um processo formativo crítico, não só de alunos, mas que envolve também a formação de professores, numa trajetória de construção de valores humanos, de responsabilidade e de reflexividade. Apresento as implicações para a prática pedagógica, formação inicial e continuada do professor-engenheiro, as limitações do estudo e sugestões para futuras pesquisas.

---

### CENÁRIOS: CRISE, CONTRADIÇÕES E NECESSIDADES

*“A crise [sócio] ambiental alimenta questionamentos epistemológicos e desacomoda os modos já aprendidos de pensar da racionalidade moderna, ao expor a insuficiência de saberes e reivindica novas aproximações”.*

Maria Isabel C. de. Carvalho

Grande parte da reflexão recente sobre a tecnologia está centrada nos objetivos supostamente conflitivos do crescimento econômico e da proteção do ambiente (PACEY, 1990), porém subjacente a essa problemática, estão as crenças, os valores e visões fragmentadas (NÚÑEZ, 1999; MANASSERO; VÁZQUEZ; ACEVEDO, J., 2001; EDWARDS *et al.*, 2002) que, normalmente, passam despercebidas, mas que determinam as ações e, invariavelmente, acabam por inviabilizar o esforço pelo desenvolvimento de tecnologias mais amigáveis em termos sociais e ecológicos.

Tendo isso em conta, o eixo de argumentação deste capítulo gira em torno dos cenários da atualidade (entorno social, político, cultural, ambiental) - suas crises, contradições e necessidades, com o objetivo de traçar quadros de referência e de aprofundamento teórico para a problematização dos conflitos que se estabelecem para a educação em engenharia, frente às demandas impostas pelo forte apelo dado à inovação, pela emergência ambiental e pela necessidade de desenvolvimento de uma percepção crítica do desenvolvimento tecnológico.

#### 1.1 CRISE

A divulgação dos Relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC - sigla do inglês (2007) colocou em pauta no cenário global a necessária discussão sobre a crise planetária e, indiretamente, sobre o modelo de desenvolvimento que tem orientado os comportamentos e ações que levam aos desequilíbrios socioambientais.

Apesar das críticas que recebe, em função do sensacionalismo imposto pela mídia e dos questionamentos sobre a veracidade dos dados apresentados (ESSEX; MCKITRICK; ANDERSEN, 2007; HULME, 2007; IGLESIAS, 2007) a discussão sobre a crise socioambiental tornou-se imprescindível, diante das inegáveis evidências de que a situação do mundo requisita ações emergenciais, não só pela vulnerabilidade ante os impactos ambientais crescentes, mas também, pela exclusão social.

Utilizando-se da síntese elaborada por Luzzi (2005, p. 398), destacam-se alguns dos fatores que têm contribuído com a crescente tensão socioambiental que marca este início do século XXI, com destaque para três dimensões principais:

a - **A degradação ambiental:** - A civilização em seu conjunto criou tecnologias capazes de manufaturar produtos não degradáveis e tóxicos para o ambiente; - Centenas de milhões de quilos dessas substâncias são produzidas anualmente sem assimilação por nenhum organismo vivo. Somente podem se acumular, e com isso contaminar o solo, as águas, o ar, e, portanto, a cadeia de alimentos: flora, fauna e seres humanos. Esse ecossistema demorou milhões de anos para se formar e a civilização industrial o agrediu no transcurso de apenas dois séculos.

b - **O consumo:** - No final do milênio, a sociedade industrial moderna não somente consome recursos renováveis a uma velocidade maior do que requer o planeta para sua natural reposição, mas, além disso, gera desperdícios em um nível superior ao desejável para sua natural reciclagem.

c - **A pobreza:** - O consumo crescente de recursos naturais não está associado a uma divisão eqüitativa, gerando grande desigualdade. Quase a metade do mundo luta por sua sobrevivência cotidiana. Esta desigualdade está produzindo conflitos armados e grandes deslocamentos de populações de zonas rurais para centros urbanos.

Esses fatores são, na verdade, resultados das práticas interventoras e transformadoras do homem em sua relação com a natureza, que a partir da Revolução Industrial tornaram-se cada vez mais intensas, predatórias (TOZONI-REIS, 2004) e excludentes, e de onde emergem os graves problemas ambientais da atualidade, como: a mudança climática<sup>6</sup> associada ao acúmulo de produtos químicos tóxicos no ambiente que geram contaminação do ar, água e solo; desperdício e escassez, perda da biodiversidade; processo de desertificação, entre outros (DIAMOND, 2006).

Mais do que isso, retrata um movimento de transição societária centrada em uma profunda crise cultural, uma crise denominada por Luzzi (2005, p. 381) como a crise “do ser no mundo”, ou a crise da percepção (LEFF, 2006; CHACON, 2008) que gera uma instabilidade planetária, e que pode ser percebida também, na economia (globalização), nas relações sociais (crise dos valores morais), na política (neoliberalismo), no ambiente (aquecimento global).

---

<sup>6</sup> As mudanças climáticas determinam a grande preocupação ambiental da última década do século passado e da presente década. Segundo a convenção – Quadro das Nações Unidas sobre a mudança climática (adotada em 1992), as Mudanças Climáticas são entendidas como *uma mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana, que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.* [...] A camada de gases que envolve a Terra tem uma função importante na manutenção da vida no planeta, pela retenção de calor que ela naturalmente proporciona. O problema surgido é o aumento dessa retenção pela maior e crescente concentração de gases como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), os clorofluorcarbonos (CFCS) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), os quais causam o efeito estufa em função do aumento da temperatura provocado pela maior retenção na atmosfera, da radiação infravermelha por ela refletida (calor). (ASSUNÇÃO 2000 apud ASSUNÇÃO e MALHEIROS, 2005, p. 148)

Crise prevista por Marcuse<sup>7</sup> apud Habermas (1969, p. 304), quando afirmou que “a ciência em virtude de seu próprio método, e de seus conceitos, projetou e promoveu um universo no qual a dominação da natureza permaneceu vinculada à do homem. Um vínculo que tende a ter efeitos fatais para esse universo como um todo [...]”. Nessa linha de raciocínio, Pacey (1990, p.28), utiliza-se dos comentários de C. S. Lewis, para lembrar que “o poder do homem sobre a natureza resulta ser com freqüência o poder exercido por alguns homens sobre outros com a natureza como seu instrumento”.

Portanto, no centro da crise se encontra a ação humana, determinada pelo modo com que homens e mulheres se relacionam, pensam, interagem entre si e com a natureza e pelas possibilidades criadas pelo universo tecnológico, num mundo em que tem prevalecido o individualismo, os interesses particulares e a busca pelo crescimento material.

Sanmartín (1993) lembra que, até poucas décadas, a idéia predominante era que os recursos do planeta eram ilimitados e, como tal, em condições de fornecer energia, materiais e também absorver a contaminação enquanto os resíduos industriais eram considerados como externalidades.

O problema então, também, está ligado ao fato de que a maioria das pessoas acostumou-se à idéia de uma população limitada num mundo vazio e pleno de recursos, que pode ser explorado indefinidamente e utilizado para exploração de terceiros, quando a atual realidade é determinada por um mundo lotado e com recursos ambientais escassos (WORDWATCH INSTITUTE, 2004).

Nesse sentido, concordo com Leff (2006), quando diz que, mais do que uma crise ambiental, esta é na verdade uma crise civilizatória, que se apresenta agora como um limite no real que ressignifica e reorienta o curso da história: limite do crescimento econômico e populacional; limite dos desequilíbrios ecológicos e das capacidades de sustentação da vida; limite da pobreza e da desigualdade social.

O reconhecimento de que a humanidade vive uma emergência socioambiental (LUZZI, 2005), que pode se agravar caso sejam mantidas as tendências atuais, encaminha também para a necessidade de entendimento da cultura, dos estilos de pensamento, dos valores, dos pressupostos epistemológicos e do conhecimento que configuram o sistema político, econômico e social contemporâneo que necessitam ser revistos, se o que se busca é o seu enfrentamento.

A compreensão de que a crise [sócio] ambiental alimenta questionamentos epistemológicos e desacomoda os modos já aprendidos de pensar da racionalidade moderna (CARVALHO, 2004) pode ser vista na perspectiva de Kuhn (1989), como um período de crise

---

<sup>7</sup> MARCUSE, H. **Reason and revolution**. Boston: Beacon Press, 1969.

paradigmática, caracterizado por anomalias que o paradigma atual já não dá conta de resolver, fato que acena para uma nova revolução social e política.

No entanto, posiciono-me a favor do viés fornecido pela epistemologia comparativa de Fleck<sup>8</sup> (1986) quando este expõe que a produção do conhecimento desenvolve-se numa dinâmica própria, caracterizada por três fases: Instauração, Extensão e Transformação. Conforme as categorias propostas pelo autor, uma **transformação** ocorre quando surgem problemas, conflitos, incoerências, as denominadas **complicações**. A percepção de uma complicação por um grupo (um Coletivo de Pensamento), faz surgir um novo modo de olhar, de agir, Instaurando um novo Estilo de Pensamento - EP. Com o surgimento de um novo EP, este passa a se estender, com o esforço do Coletivo de Pensamento, através da circulação intracoletiva ou intercoletiva de idéias, que promove a disseminação dos fundamentos, práticas ou procedimentos do novo estilo. Até que surjam novas complicações e o ciclo reinicie.

Na concepção que Fleck imprime ao termo ‘Estilo de Pensamento’, a produção do conhecimento ocorre pelas relações sujeito - objeto e são mediadas por Estilos de Pensamentos determinados pelas relações históricas, sociais e culturais; agem como partes interligadas ou elementos interagentes que estruturam o “estado da arte” de um conhecimento. Um determinado conhecimento compartilhado por um grupo constitui o que Fleck denominou Coletivo de Pensamento.

De acordo com Delizoicov *et al.* (2002, p. 3)

A categoria Estilo de Pensamento comporta de modo estruturado uma visão de mundo, um sistema fechado de crenças, um corpo de conhecimentos que, além de elementos teóricos, caracteriza-se por uma linguagem própria e práticas específicas. O estilo de pensamento é determinado psico-sócio-historicamente e sua apropriação pelos indivíduos ocorre no processo de formação, passando a direcionar a observação e constituindo-se no elemento estruturador das conexões entre sujeito e objeto, fazendo a mediação das interações entre eles.

Ou seja, o Estilo de Pensamento - EP em vigor, funciona como um filtro que geralmente impede de ver outras coisas, fornecendo uma visão estilizada da realidade, até que ocorram complicações que levam à busca de soluções, através da interação dos pesquisadores ou *experts* com outros EP's, e ocorra a busca por soluções.

---

<sup>8</sup> Ludwik Fleck (1896 – 1961) Médico polonês, nascido em Lwów, pesquisador das áreas da Microbiologia e Imunologia, que destacou-se também pelo seu interesse na área da Sociologia, Filosofia e História das Ciências. Dentre as suas contribuições destaca-se o livro “A gênese e o desenvolvimento de um fato científico”, publicado primeiramente em alemão em 1935, obra em que Fleck explicita a base de sua epistemologia, que se opõe ao empirismo lógico e à concepção a-histórica da ciência. (SCHÄFER e SCHNELLE, 1986).

A diferença entre Fleck e Kuhn está no fato de que, além de utilizar-se da mediação histórica, ou seja, de critérios temporais para organizar dados da experiência, Fleck utiliza a categoria pensamento coletivo, adequada não apenas aos cientistas, mas também a outros coletivos, fato que facilita a compreensão do papel da interação entre diferentes coletivos e o que ela representa no processo de transformação do estilo de pensamento, como é o caso da Educação Científica e Tecnológica, foco deste estudo.

Ao se colocar em relevo, a importância das circunstâncias sócio-históricas e culturais para a compreensão dos estilos de pensamentos que norteiam a relação homem-natureza, buscou-se fugir de uma abordagem atemporal e essencialista (CARVALHO, 2004), até para que se possa problematizar os diferentes interesses e forças sociais que se organizam em torno da questão ambiental.

### 1.1.1 Cultura, técnica e natureza

Em primeiro lugar, interessa deixar claro que a incursão pelo contexto histórico se resume a pequenos recortes dos fatos mais significativos da evolução tecnocultural humana, apenas na medida de sua possibilidade de ilustrar como a história e a cultura permeiam a relação sociedade e natureza e, por fim, contextualizar algumas de suas prováveis interações. Destaca-se que, apesar da apresentação dos acontecimentos aparecerem no texto em uma ordem aparentemente linear e natural, o encadeamento dos fatos históricos se deu, predominantemente, em um contexto de lutas e conflitos sociais e laborais (MARX, 1985).

A historicidade concreta da técnica, segundo Vieira Pinto (2005, p. 285), indica “a via da pesquisa de suas relações com as possibilidades e os interesses de produção humana, necessariamente social. É a sociedade que graças à cultura acumulada, inventa, na pessoa de seus sábios, as técnicas possíveis a cada momento e as aplica. Constitui-se portanto, em receptáculo da tecnologia”.

O autor justifica que as diferentes formações sociais, na seqüência histórica, refletem-se nas técnicas que manejam. Sem que isso queira dizer “que a técnica por si mesma passe a desempenhar a função de motor do processo histórico”. Quem assim pensa, não compreende subsistir entre dois aspectos consecutivos uma correlação dialética de implicação recíproca. Ou seja, de um lado a técnica funciona como fator de transformação social, como observado nas modificações ocorridas no regime de trabalho humano com a introdução de novas máquinas e formas de energia. De outro lado, o progresso da técnica e as criações originais, se dão unicamente pelo curso que os homens imprimem a sua história, em razão das necessidades das

lutas travadas para resolver contradições com a natureza e o âmbito social, a fim de atender às necessidades de convivência, [conveniência] e de produção de bens materiais.

Foi assim que segundo Pacey (1990) o desenvolvimento da máquina a vapor, por exemplo, teve sua adoção no continente europeu de forma lenta e vacilante. Enquanto na Grã Bretanha viu-se refletido o êxito de novas formas de organizar a indústria e a liberdade dos proprietários de minas e fábricas para conseguir seus fins sem muitos freios sociais ou políticos.

Considerando-se o panorama esboçado, Carvalho (2004) explica que é possível identificar pelo menos dois tipos de temporalidade histórica que afetam a concepção de ambiente: - o tempo de curta duração, que engloba a contemporaneidade, desenhado em um horizonte histórico recente, que afeta a coletividade mais proximamente, porque diz respeito ao presente; e - o tempo mais longo, no qual a experiência da contemporaneidade pode ser vista como parte de uma história social mais abrangente, que a antecede, e que de diferentes maneiras pode influenciar os modos de compreensão vigentes.

À guisa de exemplo, esclarece que o fenômeno ambiental, enquanto problemática social é um acontecimento recente, contemporâneo, da segunda metade do século XX, que emergiu na década de 70 e de forma crescente vem se impondo como preocupação em várias partes do mundo. Enquanto, o panorama histórico mais longo permite perceber os modos pelos quais os grupos sociais pensaram e manejaram suas relações com a natureza, constituindo o que chama de tradição das relações com a natureza. Ou seja, é da articulação das camadas do tempo de curta e longa duração relativas às compreensões das relações entre sociedade, técnica e natureza, que emergem as raízes do ideário ambiental de nossa civilização.

A conquista da posição vertical pode servir de ilustração para o primeiro critério de humanização que liga os homens com seus ancestrais e que permitiu a definição de um segundo elemento: - a liberação das mãos para a locomoção e para o manuseio de utensílios, as transformações da face e a expansão da caixa craniana que somadas ao papel integrador que o cérebro desempenhou, constituem um fator determinante para o novo perfil de coletor-caçador, que levou ao desenvolvimento de ferramentas rudimentares – as primeiras ferramentas técnicas, para retirar alimentos da natureza “hostil” e sobreviver (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA; 2003; MACHADO, 2006).

Visto desse prisma, paralelo à evolução biológica do homem, foi ocorrendo a sua evolução cultural que, conforme os autores indicam, consistiu inicialmente na diversificação e multiplicação dos instrumentos e atos técnicos para a adaptação a qualquer entorno. Sendo que a ferramenta se destaca como o equivalente do esqueleto para os paleontólogos, ou seja: um

testemunho das relações entre os seres estudados e o meio ambiente, como aludido por Machado (2006).

Contudo, para Munford (1932 apud Machado, 2006) foi a linguagem, a primeira no tempo e em importância, de todas as tecnologias. Graças ao seu cérebro, o homem desenvolveu, ao mesmo tempo, dispositivos técnicos, como o arco e a flecha, que não são cópias servis da natureza, demonstrando o primado das capacidades intelectuais humanas.

O advento da agricultura trouxe mudanças significativas. As comunidades nômades que viviam da caça e da coleta passaram a sobreviver do cultivo da terra, formaram comunidades pequenas e coesas, com relativa autonomia a partir de experiências socionaturais (clima, terra, relação social, medicamentos naturais) que possibilitavam a manutenção de uma interdependência entre fatores materiais e espirituais, e com prioridade da comunidade sobre o indivíduo. Em função disso, no mundo antigo e medieval prevaleceu uma visão orgânica de mundo, como um modo correlato de situar-se num Cosmos ordenado e determinado (LENOBLE<sup>9</sup> 1969 apud PELIZZOLI, 2002).

Os avanços propiciaram o domínio das técnicas de irrigação, e a invenção do arado se destaca entre outras que contribuíram para o desenvolvimento das primeiras civilizações. A tecnologia de irrigação gerou excedentes alimentares e riqueza pela possibilidade de comercialização desses excedentes, principiando a expansão do modelo urbano e mercantil, como exposto sinteticamente por Duarte<sup>10</sup> (1986 apud Tozoni-Reis, 2004).

A partir do século XV, a crença de que o progresso humano era medido por sua capacidade de dominar e submeter o mundo natural causou uma mudança cultural, que se contrapunha ao padrão medieval, na medida em que este passou a ser considerado menos desenvolvido, inculto, e adquiriu um sentido negativo (CARVALHO, 2004).

Bacon e Descartes, no final do século XVI e início do XVII, contribuíram para que essa visão de mundo se expandisse, ao atribuir às pesquisas científicas a função de proporcionar o conhecimento da fonte inesgotável de recursos. Acreditavam que o saber e a verdade lhes daria condições de possuir e dominar a natureza (PELICIONI, M.; 2005). De tal forma, que a idéia de civilidade e cultura, foi se estabelecendo associada ao cultivo do polimento, aperfeiçoamento, progresso, razão e demarcou, historicamente, o território humano civilizado contra a natureza selvagem.

Assim, ao romper com os moldes dos pensamentos precedentes, a Revolução Científica, proporcionou um maior distanciamento do homem em relação à natureza (AIRAS, 1996), o qual se firmou com os resultados da Revolução Industrial, simbolizada pela produção de bens em

---

<sup>9</sup> LENOBLE, R. **História da idéia da natureza**. Lisboa: Edições 70, 1969.

<sup>10</sup> DUARTE, R. A. P. **Marx e a natureza em o capital**. São Paulo, Loyola, 1986.

série, e pelo predomínio do trabalho coletivo sobre o individual. Mais do que a substituição da força física do homem pela energia das máquinas, a nova organização do trabalho se sobressai.

Segundo Saviani (1994), ao mesmo tempo em que ocorreu o aumento maciço da produção de bens de consumo, - anteriormente a produção era exclusivamente artesanal, ocorreu a mudança do eixo do processo produtivo do campo para a cidade, da agricultura para a indústria, constituindo um novo modo de produção – o capitalista.

Cenário esse descrito por Carvalho (2004), quando diz que no final do século XVIII, a Grã-Bretanha liderava a produção de carvão – principal combustível da Revolução Industrial, produzia o equivalente a 90% da produção mundial, cerca de 10 milhões de toneladas e gerava enorme quantidade de resíduos (nevoeiro e fumaça – *smog* inglês, entre outros), que tornavam um inferno, a vida no ambiente fabril e nas cidades que haviam crescido desordenadamente.

A autora revela que a classe operária amontoava-se em cortiços, submetidos a longas jornadas de trabalho, sem coleta de lixo ou quaisquer tipos de saneamento, tornando-se vítimas da propagação de epidemias. Sendo que, a insalubridade, pobreza e desconforto desencadearam mais tarde a rebelião das massas. Já naquela época, ficava evidente que as ações do homem estavam gerando transformações não desejadas na natureza e para a própria sociedade (TAYRA, 2004).

Corroborando essa idéia Munford<sup>11</sup> (1934 apud BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003) assim como os seres humanos foram tratados com brutalidade, a natureza também sofreu uma degradação importante, mas a sociedade da época viu-se contagiada por uma espécie de febre de exploração motivada pelas jazidas de carvão. O modo de exploração das minas se tornou modelo de outras formas subordinadas da indústria e inclusive da agricultura.

A exploração desordenada trouxe danos às estruturas e à civilização, enquanto os resultados psicológicos do capitalismo carbonífero – a moral rebaixada, a esperança de conseguir algo sem dar nada em troca, o desprezo por um modo equilibrado de produção e consumo - resultaram em uma sistemática destruição do ambiente. Era uma sociedade inclinada à realização de benefícios, antes que à produção do necessário para a vida.

Contudo, essa experiência urbana, marcada por inóspitas condições ambientais, impulsionou o surgimento de um sentimento estético e moral de valorização da natureza selvagem. Passou-se, então, a uma maior valorização e idealização da natureza, puxada inicialmente pela classe burguesa, que se generalizou mais tarde na esfera pública, marcando os costumes de uma época (século XVIII e XIX), como: o hábito de cultivar um jardim; criar animais domésticos; piqueniques e passeios no campo; idas ao campo nos finais de semana. Essa nova

---

<sup>11</sup> MUNFORD, L. *Técnica y civilización*. Madri, Alianza, 1982.

visão materializou-se nas críticas às distorções da vida nas cidades; às intervenções humanas na natureza; à apropriação utilitária dos recursos naturais; à violência contra animais e plantas, entre outras. Contexto que permitiu que as práticas naturalistas emergissem em busca de maior conhecimento acerca dos fenômenos naturais e constituíssem uma transformação cultural importante, que chega até nossos dias como uma das raízes de longa duração do ambientalismo contemporâneo (CARVALHO 2004, p. 100-101).

Paralelo a isso, de acordo com Pelizzoli (2002), um grande aparato matemático começa a ser construído, ligado à física, à engenharia e depois à química. Sob a bandeira do rigor científico se inferem leis para imitar, alterar, manipular e transformar as várias formas da “matéria” naquilo que pode servir e enriquecer materialmente o ser humano. Impera a metáfora do conhecimento do mundo como uma máquina, do mercantilismo e do materialismo físico, compondo os ideais do reducionismo mecanicista.

Nessa perspectiva, o século XX serviu de berço para avanços qualitativos e quantitativos em inúmeras áreas do sistema social humano; na economia a hegemonia do capitalismo consolidou-se, fortalecido pelos avanços da industrialização e da automação, que gerou a segunda Revolução Industrial, ao dar início à substituição da mão de obra humana por autômatos. Aumentam também os contrastes da industrialização, modernização e automação com o desemprego, pobreza e miséria.

A terceira revolução surge com os avanços da informática, e os avanços na área científica se aceleram ainda mais, satélites e naves espaciais permitem incursões pelo cosmos, enquanto a engenharia genética e a biotecnologia rompem as barreiras do núcleo para modificar a “vida” (SANMARTÍN, 1994). A ampliação dos mercados, a rápida obsolescência dos produtos exige uma produção formidável e o desenvolvimento de altas tecnologias, desviando as atenções da exclusão social crescente.

Desse conjunto de variáveis e transformações socioculturais, prevaleceu a visão da supremacia humana sobre a natureza, concebida como fornecedora de insumos, favorável ao desenvolvimento da racionalidade técnica e caminho para a emancipação, progresso e bem-estar social.

Porém, se por um lado o balanço histórico revela que em meio a rupturas e discontinuidades, o desenvolvimento científico e tecnológico possibilitou a melhoria do nível de vida para milhões de pessoas, que passaram a desfrutar de moradias com água, aquecimento e eletricidade, transporte para o trabalho, tempo para recreação, prática de esportes, férias e outras atividades (LUZZI, 2005). Por outro lado, não se traduziu, necessariamente, em melhorias e bem estar para a maioria como se acreditava, ao contrário, os investimentos com a produção de

aparatos bélicos, as guerras, as ações genocidas, o desemprego, a poluição e a deteriorização do ambiente (LINSINGEN, 1999), foram gerando um clima de insatisfação crescente ante as desigualdades e a voracidade com que os recursos naturais não renováveis foram sendo consumidos.

Fato que levou a fortes questionamentos no início dos anos 60, como no caso da publicação *Silent Spring* de Raquel Carson (1962), que utiliza o cenário da primavera sem pássaros, para denunciar os efeitos nocivos que a indústria química vinha causando para a saúde humana e para o ambiente.

Desde então, a crescente degradação ambiental tem orientado o debate entre representantes políticos, ambientalistas, chefes de estados, órgãos governamentais, que se enfrentam nos terrenos do consenso e do dissenso, e abrem espaço à crítica e ao questionamento de crenças e concepções subjacentes às ações que orientam a manutenção do sistema dominante, determinado por uma racionalidade técnica excludente e predatória.

Diante dos diferentes impactos da tecnologia, emerge, no decorrer da segunda metade do século XX, a idéia de risco, associada à ciência e à tecnologia. A tecnologia nuclear, aplicada civil e militarmente na época da guerra fria, só fez reforçar os temores. A ciência e a tecnologia, já não são consideradas, apenas como fonte de oportunidades, mas também de riscos e incertezas, nem sempre quantificáveis. Delinea-se a suspeita de que, talvez, a ciência e a tecnologia já não sejam o melhor meio pensável para aperfeiçoar a natureza inacabada, já que também podem tornar-se o instrumento de sua própria destruição (SANMARTÍN, 1994).

Resulta, assim, sondar esse cenário de onde emergem as contradições que estão levando ao despertar para uma necessidade de construção de visões mais apropriadas da problemática socioambiental, visando ao seu enfrentamento.

## 1.2 CONTRADIÇÕES

Basta um breve olhar para os caminhos percorridos pelos seres humanos nas últimas décadas para se concluir que ao mesmo tempo em que o avanço do conhecimento e do desenvolvimento tecnológico contribuiu de forma significativa para a melhoria das condições e da elevação da expectativa de vida; contraditoriamente gerou, também, crescentes problemas e riscos que acabam por comprometer o bem estar, conseguido às custas dos mesmos avanços.

Esse cenário não deixa dúvidas de que até aqui, a maioria dos empreendimentos da tecnociência e seus correspondentes, como: o perfil dado às tecnologias, o modelo de sociedade de consumo, as relações de poder, entre outros, não foram objeto de questionamento sobre os danos que poderiam causar. Além de que, como apontado por Casagrande Jr. (2004), seus

inegáveis avanços não conseguiram reduzir o alto preço que os sistemas naturais vêm pagando, de modo que desenvolver e preservar tornou-se um dos maiores paradoxos com o qual a humanidade tem de conviver.

No eixo das contradições que se estabelecem entre a necessidade de desenvolver e ao mesmo tempo preservar os recursos que sustentam o atual modelo de desenvolvimento, encontram-se condicionantes culturais, sociais, políticos e econômicos, que vêm direcionando os rumos da ciência, da tecnologia e tratando a problemática ambiental de forma insuficiente, como apresentado a seguir.

### 1.2.1 Tecnologia, desenvolvimento e ambiente

O crescente desenvolvimento da ciência e da tecnologia acarretou uma maior oferta de bens e serviços, e resultou em um significativo aumento de utilização de recursos, maior consumo e maior quantidade de resíduos. Estabeleceu-se, assim, uma equação cujo resultado foi o aumento da poluição e a deterioração progressiva dos ecossistemas com empobrecimento da flora e da fauna, entre outras questões ambientais.

Acidentes e enfermidades relacionados com os resíduos e produtos tecnológicos; acrescidos dos efeitos indesejados do processo de ampliação de mercados e da globalização da economia tem agravado as situações de pobreza em grupos menos favorecidos, assim como as diferenças entre as Nações do Norte e as Nações do Sul, (ECHEVERRÍA; GONZÁLEZ GARCÍA, 2003).

O confronto das desigualdades põe, às claras, as dificuldades de convivência e sobrevivência diante do consumismo, desperdício, fome, desemprego, violência, corrupção, ... Questão corroborada por Bifanni<sup>12</sup> (1997 apud Luzzi, 2005), quando comenta que a sociedade rica explora ao máximo a natureza para satisfazer necessidades luxuosas e supérfluas, enquanto os mais necessitados a deterioram para prover-se com o mínimo requerido para a subsistência.

Conforme os dados apresentados por Ravallion, (2008), o número de pessoas que sobrevive com menos de 1,25 dólares por dia supera a margem de 1,4 bilhões, isso significa que, praticamente, um em cada quatro habitantes do mundo em desenvolvimento se encontra abaixo da linha de pobreza. Esses números, no entanto, podem ser bem maiores, pois segundo os dados apresentados, as altas dos alimentos e do preço do petróleo, a partir de 2005, não foram consideradas, fato que, certamente, faria com que o índice de pobreza aumentasse.

Um comparativo dessa desigualdade é apresentado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD (2006), em seu Relatório de Desenvolvimento Humano –

---

<sup>12</sup> BIFANI, P. **Meio ambiente e desenvolvimento**. México: Universidad de Guadalajara, 1997.

RDH, cujos dados avaliam que os 500 indivíduos mais ricos do mundo detêm o equivalente ao rendimento de 416 milhões de pessoas mais pobres, ou ainda, que os 10% mais ricos vivem quase todos em países de rendimento elevado, somando 54% do rendimento mundial.

Portanto não é de se estranhar que os dados do mesmo relatório, versão 2007-2008 apontem que enquanto apenas 13% da população do planeta vivem nas nações economicamente mais desenvolvidas, são estas as nações responsáveis por mais da metade da emissão dos gases de efeito estufa.

O PNUD (2006), em seu RDH (2007-2008), adverte que as desigualdades entre ricos e pobres tendem a aumentar com a mudança do clima, pois, como informado por Guerra (2007), os maiores poluidores são os mais aptos a enfrentar as conseqüências do aquecimento global, pelo fato de possuírem muito mais recursos para aplicar em defesas contra enchentes, sistemas de armazenamento de água e em modificações na agricultura, enquanto aos mais pobres resta a opção de deslocar-se para ambientes menos inóspitos ou sujeitar-se às intempéries.

É assim, que o modelo de desenvolvimento da sociedade atual, além de impactar fortemente o ambiente, tem trazido inúmeros problemas para a vida de grande número de habitantes do planeta, quer seja pela escassez de recursos como água e alimento; quer seja pelas catástrofes naturais ou pelas doenças causadas pela contaminação com substâncias químicas e radiações, que acontecem, muitas vezes, sem o conhecimento das comunidades envolvidas (MELMAN, 2002).

Mas, como se relacionam as conquistas da tecnociência com o desenvolvimento humano? No pensamento de Luzzi (2005), o consumo é o meio essencial para que isso ocorra, porém não em relações tão diretas. O consumo contribui para o desenvolvimento humano quando enriquece a vida das pessoas sem afetar negativamente o bem-estar do outro. Com frequência esse vínculo é rompido e, quando isso ocorre, as pautas e tendências do consumo são hostis ao desenvolvimento humano. Dito de outra forma, o consumo atual vai contra a base ambiental de recursos, aumenta as desigualdades e está acelerando a dinâmica do nexo: consumo - pobreza - desigualdade - meio ambiente.

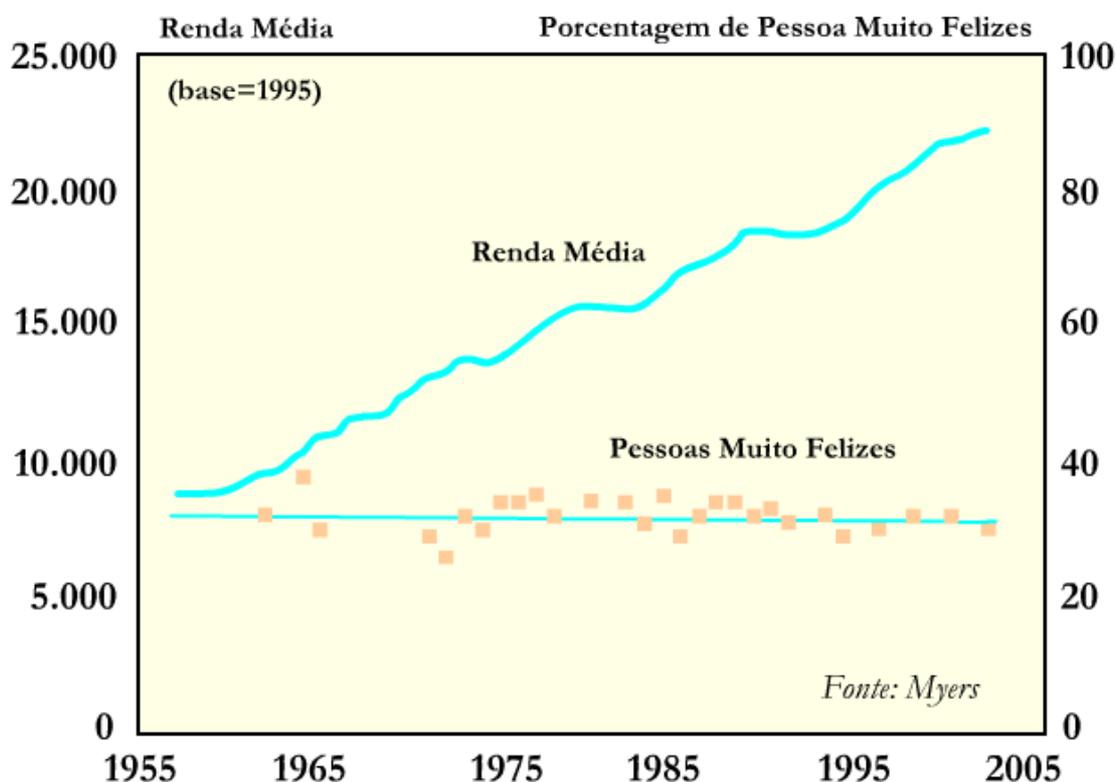
Para o autor, é evidente que pobreza e meio ambiente estão presos em uma espiral descendente. A degradação de recursos do passado aprofunda a pobreza hoje, enquanto a pobreza da atualidade dificulta, em muito, a resolução dos problemas de base, tais como: a proteção da biodiversidade, os recursos agrícolas, o desflorestamento, a prevenção à desertificação, a luta contra a erosão e reposição dos nutrientes do solo, entre outros. É assim, que os pobres se vêem obrigados a esgotar os recursos naturais para sobreviver; empobrecendo ainda mais.

Há de se lembrar, no entanto, que o apetite global por bens e serviços é movido por um conjunto de influências, em grande parte, independentes, que vão desde avanços tecnológicos e energia barata até novas estruturas comerciais, meios poderosos de comunicação, crescimento populacional e até mesmo necessidades sociais dos seres humanos. Esses motivadores díspares – alguns heranças naturais, outros acidentes da história e outras inovações humanas – interagiram para impulsionar a produção e a demanda em níveis recordes. No processo, criaram um sistema econômico de abundância sem precedentes e impacto ambiental e social sem paralelo (WORDWATCH INSTITUTE, 2004).

Desse modo, o poder de consumo é colocado como um dos parâmetros para medir o nível de desenvolvimento das populações e está ligado à idéia de maior bem-estar e conforto. Essa visão, no entanto, cai desmistificada pelos dados apresentados pelo WWI na publicação “O Estado do Mundo 2004”. Primeiro relaciona uma variedade de definições do conceito de bem-estar, que tendem a se aglutinar em torno de vários temas, como: • Base de sobrevivência, incluindo alimento, abrigo e segurança; • Boa saúde, em termos pessoais e de um meio ambiente robusto; • Boas relações sociais, inclusive uma vida de coesão social e uma estrutura de apoio social; • Segurança, tanto em termos pessoais quanto de posses pessoais, e • Liberdade, o que inclui a capacidade de atingir o potencial de desenvolvimento.

Em resumo, esclarece que o termo denota essencialmente uma alta qualidade de vida, na qual as atividades diárias desenvolvem-se de forma mais planejada, com menos estresse. Sociedades centradas no bem-estar envolvem maior interação com a família, amigos e vizinhos, uma experiência mais direta com a natureza e mais dedicação à procura de realização e expressão criativa do que acumulação de bens. Estas enfatizam estilos de vida que evitam abuso da própria saúde, do próximo ou do mundo natural. Ou seja, geram um sentido mais profundo de satisfação com a vida do que as pessoas têm atualmente Mas, quais são os fatores que promovem uma vida gratificante?

De acordo com o relatório supracitado, nos últimos anos, estudos dos parâmetros de satisfação de vida têm, em geral, confirmado o velho adágio que diz que dinheiro não traz felicidade – pelos menos para pessoas já afluentes. Essa desconexão entre dinheiro e felicidade nos países ricos é, possivelmente, mais bem ilustrada quando o crescimento da renda nos países industrializados é comparado com os níveis de felicidade. Nos Estados Unidos, por exemplo, a renda média individual mais que dobrou entre 1957 e 2002, embora a parcela de pessoas descrevendo-se como “muito felizes” no mesmo período tenha permanecido estática (Figura 1.).



**Figura 1.** Renda Média e Felicidade nos Estados Unidos, 1957-2002  
 Fonte: WORDWATCH INSTITUTE (2004)

Segundo o WWI, não há surpresa em se verificar a diferença entre a relação - riqueza e satisfação pessoal nos países pobres. Nestes, renda e bem-estar estão bem ligados, provavelmente, porque mais do que a renda individual é usada para atender às necessidades básicas. Constatações da World Values Survey<sup>13</sup> (2002 apud WORDWATCH INSTITUTE, 2004), numa série de pesquisas, em mais de 65 países, sobre vida gratificante, realizada entre 1990 e 2000, demonstraram que renda e felicidade tendem a caminhar juntas até mais ou menos US\$ 13.000<sup>14</sup> de renda anual por pessoa. Além desse nível, renda adicional parece gerar apenas melhoria modesta na felicidade autodeclarada.

Os resultados desses diferentes estudos indicam que pessoas felizes tendem a ter relações solidárias fortes, senso de controle sobre suas vidas, boa saúde e trabalho compensador. Porém, esses fatores estão cada vez mais sob estresse nas sociedades industrializadas, de ritmo

<sup>13</sup> World Values Survey (WVS). **The worlds most comprehensive investigation of political and sociocultural change**, 2002. Disponível em: <http://www.worldvaluessurvey.org> Acesso em: 24 jul. 2005.

<sup>14</sup> Para uma análise mais coerente, considerar o câmbio do dólar americano na época da publicação (2002). Sendo que no primeiro semestre de 2002, a cotação média foi de R\$ 2,44. Com o início do processo eleitoral, a cotação disparou até alcançar R\$ 3,81, em outubro de 2002. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Dieese), maio, 2005. Disponível em: [http://www.dieese.org.br/esp/cambio/notatecnica03\\_cambio.pdf](http://www.dieese.org.br/esp/cambio/notatecnica03_cambio.pdf)

acelerado, também denominadas sociedades de consumo, nas quais as pessoas, com muita frequência, tentam usar o consumo como um substituto para as fontes genuínas de felicidade.

Segundo Buarque (1993) dois vetores se conjugam e criam as bases ideológicas da chamada sociedade de consumo e que a seu turno, vão impactar diretamente o meio ambiente. O primeiro vetor corresponde à visão otimista da história e na crença da capacidade infinita de inovação tecnológica, que permitiria uma dinâmica sem limites para o processo de transformação da natureza em bens e serviços. O segundo vetor corresponde ao consumismo extremado, que o capitalismo conseguiu disseminar na consciência da humanidade e que se plasma na busca acelerada e esquizofrênica por novos produtos, sendo esta a própria razão de ser da atividade econômica e a razão do processo civilizatório.

Para o autor, os dois vetores são os responsáveis básicos pela ideologia do crescimento ilimitado, uma vez que a macroeconomia se orienta relegando os impactos sobre o meio ambiente, tanto no que se refere à depredação dos recursos, quanto à poluição.

Na base dessa visão otimista de crescimento ilimitado, está a crença de que se uma tecnologia causa um determinado problema, outra tecnologia será desenvolvida para resolvê-lo. Posição essa, que por sua vez, fortalece a idéia de que, se um determinado uso industrial causar problemas, em conjunto esses problemas serão mínimos, comparando-os com seus inegáveis e enormes benefícios, lembrando que o crescimento industrial é o fundamento do progresso social. (SANMARTÍN, 1993)

No bojo dessas concepções, encontram-se a arraigada crença de que a tecnologia poderá resolver todos os problemas. Porém, de acordo com o autor, estudos como o de Meadows *et al.*<sup>15</sup> (1972) comprovam que nem sempre isso ocorre:

A tecnologia pode aliviar os sintomas de um problema sem afetar suas causas fundamentais, A fé na tecnologia, como solução última a todos os problemas, pode distrair nossa atenção do problema de base - o problema do crescimento em um sistema finito - e impedir que emprendamos uma ação efetiva para resolvê-lo.

Baseado nos informes Limites do Crescimento (1972), Sanmartín (1993) explica que a economia industrial cresce teoricamente - “exponencialmente”, e isso significa que entidades a ela relacionadas podem crescer do mesmo modo. Ou seja, o crescimento exponencial do capital industrial traz consigo o crescimento exponencial de recursos energéticos e materiais usados e da contaminação causada. Assim, o crescimento exponencial possui um perfil que faz com que seu impacto seja dificilmente percebido, a não ser quando já resta pouco tempo para contê-lo.

---

<sup>15</sup> MEADOWS, D. H; *et al.* **The limits to growth**. New York: Universe Books, 1972.

Meadows<sup>16</sup> *et al.* (1992 apud Sanmartín,1993) ilustra adequadamente o significado dessa idéia quando trata do crescimento exponencial de uma planta que cresce em um reservatório. No exemplo a planta duplica seu tamanho a cada dia. Se lhe fosse permitido cresceria sem limitações, cobriria completamente o reservatório no prazo de trinta dias, extinguindo qualquer outra forma de vida existente na água. Durante um bom período de tempo, a planta parece pequena, por isso ninguém se preocupa com ela, até que cobre a metade do reservatório. Em que dia isso sucederá? – Como o crescimento é exponencial, a planta foi duplicando sua quantidade a cada dia, 2 vezes no primeiro dia, quatro no segundo, 16 no terceiro, 256 no quarto dia, e assim sucessivamente, até que no 29º dia cobre a metade do reservatório. O que significa que resta apenas um dia para se tentar salvar o tanque. Sendo que no 25º dia a planta cobre somente 1/32 do tanque; no 21º somente 1/512. Durante a maior parte do mês, ainda que se duplicando de forma permanente, a planta não sugeria conseqüências.

Essa analogia pretende esclarecer, que o crescimento exponencial somado à falta de atenção, pode propiciar que se siga em frente inadvertidamente, sem que se percebam as graves conseqüências que pode acarretar. Isso, em parte, justifica a inoperância em se tomar ações corretivas e preventivas para reverter o processo de degradação ambiental e humana. No entanto, a complexidade dessa problemática decorre da soma de diferentes fatores - culturais, políticos, econômicos, e de sua interação.

Realidade que pode ser percebida, claramente, na ênfase dada ao desenvolvimento de tecnologias, cujos interesses norteadores estão voltados para o crescimento e desenvolvimento das nações, em um mundo que vive um quadro agudo de degradação socioambiental, tratada na maioria das vezes, como um problema marginal.

#### 1.2.1.1 A Crescente Importância da Tecnologia

No cenário global e local, delinea-se o mais novo paradigma do crescimento das nações, centrado no desenvolvimento tecnológico, na capacidade de produção e incorporação de inovações, o qual transforma a tecnologia em vedete na corrida pelo desenvolvimento econômico (AROCENA; SUTZ, 2003; INSTITUTO EUVALDO LODI, 2006; JOINT CENTRE FOR BIOETHICS, 2005; MACHADO, 2006; REIS, 2004;; SHYMIZU, 2006).

A tecnologia é considerada, cada vez mais, o ingrediente determinante da competitividade internacional das empresas e da prosperidade das nações. De modo que inovar tornou-se o discurso dominante das empresas e do desenvolvimento nacional. Para competir em

---

<sup>16</sup> MEADOWS, D. H; *et al.* **Mas allá de los límites del crecimiento**. Madrid: El País, Aguilar, 1992.

mercados, nos quais produtos e processos têm ciclos cada vez mais curtos, tornou-se imprescindível incrementar continuamente a própria capacidade de gerar, difundir e utilizar inovações tecnológicas (INSTITUTO EUVALDO LODI, 2006).

No prefácio do documento: *Ciência, Tecnologia, Engenharia e Inovação para o Desenvolvimento: uma visão para as Américas no século XXI*, Insulza (2005) coloca como fundamental que tanto os países grandes e pequenos como ricos e pobres recorram à ciência, à tecnologia e à inovação como elementos substantivos de suas estratégias de desenvolvimento, redução da pobreza e construção da Sociedade do Conhecimento.

O *status* dado à inovação técnico-produtiva é justificado por Santos (2004), como resultado da supervalorização dos potenciais criadores para fazer frente à concorrência global. Intimamente ligada ao processo do conhecimento, assume o papel do componente mais importante na área dos negócios; enquanto países em desenvolvimento como o Brasil, buscam mecanismos para adequar suas agendas às demandas do desenvolvimento tecnológico, cedendo à emergência da Sociedade Capitalista do Conhecimento.

Este panorama também é compatível com a abordagem feita por Arocena e Sutz (2003, p. 140) sobre a revolução tecnológica da informação, que se entrelaça com a reestruturação do capitalismo, para dar lugar a uma nova economia global; de maneira desigual, mas forte, afeta a todos os setores sociais e todas as áreas do planeta. Trata-se de uma revolução tecnológica que tem multiplicado a intensidade e a diversidade do papel do conhecimento.

Acrescentam ainda, que “cada vez mais, a produção de bens e serviços depende fundamentalmente da produção da ciência, da tecnologia, da inovação e da educação superior”. Entretanto, a crescente especialização combinada com as demandas cada vez mais rápidas e maior interação com muitos agentes externos, não tem deixado espaço suficiente para a reflexão crítica, constituindo-se em múltiplas barreiras que impedem o perceber mais além das contradições, caracterizando uma forma limitada de identificar a realidade que ultrapassa os limites da consciência ingênua, para identificar-se com um processo de **alienação**, que Winner (1987), trata como “sonambulismo tecnológico”.

Lewis Mumford<sup>17</sup> no livro *O mito da máquina* (*The myth of the machine*), comentado por Alonso (1996), vincula o processo de alienação com o processo de desumanização. Afirma que o deslocamento do orgânico pelo mecânico, conduz a uma sociedade nihilista<sup>18</sup> e sem metas, enganada por promessas que não chegam a frutificar. O ideal de uma vida sem dificuldades

---

<sup>17</sup> MUMFORD, L. **The myth of the machine**. New York: Harcourt, Brace & World, 1970. v.2.

<sup>18</sup> Nihilista deriva de nihilismo e significa uma perda de ideal pelo desaparecimento de uma referência desejável e mobilizadora, que se revela por uma atitude meramente contemplativa do mundo, pelo desalento, alienação. Significa também a aceitação do jogo dos contrários de que o mundo é composto, para o qual não se vislumbra uma solução satisfatória (ABBAGNANO, 1990).

materiais se troca por um enstimesmamento cada vez maior nos processos mecânicos e também em uma crescente tensão social como ocorria com a ameaça da guerra nuclear ou problemas urbanísticos e laborais. Apesar disso, segundo Mumford, toda esta situação obedece à própria decisão humana, e do mesmo modo que se escolheu continuar por este caminho, decisão contrária poderá ser tomada.

Esse quadro me reporta a Ruben Alves (2005, p. 73-77) quando baseado na metáfora do sociólogo C. Wright Mills, compara a humanidade com uma grande família, que cansada de estar presa na grande teia que é a vida na cidade, resolve mudar de vida e **navegar!** Um barco, o mar, o céu, o vento, a liberdade, enfim. Assim, trocaram tudo que tinham por um barco, grande, suficientemente forte para atravessar mares e sobreviver a tempestades.

Como a ciência da navegação é precisa, exigiu a aquisição de saberes, sobre números, desenvolvimento de equipamentos e aparelhos. Foram à escola e aprenderam a exímia arte de navegar, e foram se especializando cada vez mais, desenvolvendo novos remos e navegando cada vez mais rápido, em velocidade cada vez maior, rumo ao progresso, sem se importar com o destino, a que porto se dirigir, pois não foram preparados para pensar na direção que deveriam tomar, visto que a missão primordial era navegar cada vez mais rápido.

A esse respeito, o autor (Rubem Alves) faz referência a Mannheim, sociólogo da década de 20, que, já naquela época, diagnosticou como deficiência de nossa civilização a falta de consciência sobre a direção a tomar. Dizia que as perguntas feitas são aquelas determinadas pelo pragmatismo da tecnologia e pelo objetivismo da ciência, pois o que importa é produzir o objeto e saber como ele funciona, sem uma preocupação com o todo. É desse modo, que segundo Alves (2005, p.77) “as florestas são destruídas, os rios se transformam em esgotos de fezes e veneno, o ar se enche de gases, os campos se cobrem de lixo [...]”. Enquanto, as escolas ensinam a precisa ciência da navegação, sem que os estudantes sejam levados a questionar para onde seu barco está navegando.

A “ciência da navegação”, a meu ver, pode ser aqui relacionada com a forma como o desenvolvimento tecnocientífico vem sendo gerenciado. A palavra de ordem é inovar, inovar cada vez mais. Incrementar novas descobertas, criar necessidades de consumo, desenvolver produtos cada vez menos duráveis, movimentar mercados, gerar competitividade e lucros, sem questionar os limites socioambientais, ou aonde isso vai levar.

As ausências de questionamento sobre as opções tecnológicas e suas aplicações, desembocam na referência que Mitcham (1989), faz da falta de percepção de que os piores problemas ambientais são causados, justamente, pela disponibilidade e uso democráticos da tecnologia, como sucede com a contaminação que produzem os automóveis, os produtos

químicos agrícolas e os aerossóis, sem mencionar a crescente carga de depósitos e de dejetos do consumo cotidiano das pessoas.

Essa observação amplia os limites, para um olhar diferenciado sobre os condicionantes dos conflitos sócio-científicos e suas repercussões no ambiente e na sociedade.

#### 1.2.1.2 Problemas Sócio-Científicos e Repercussões Socioambientais

As transformações sociais causadas pela velocidade com que têm sido gerados novos conhecimentos, concretizam-se através da introdução no mercado de novos produtos que, ao serem absorvidos pela coletividade, interferem e modificam as complexas relações sociais, assim como provocam constantes efeitos ambientais.

Essa complexidade está expressa também, no perfil da tecnologia, como bem observa Buarque (1993) sobre o fato de que cada padrão tecnológico tem suas características poluentes e depredadoras. Como no mundo moderno tem sido o padrão tecnológico que define o padrão de consumo, no centro do problema ecológico está o problema da opção tecnológica.

Além disso, o caráter sistêmico da tecnologia permite-lhe que mude de proporções quando se considera outras variáveis como a quantidade de usuários e a utilização que lhe é dada. Nesse sentido, Kiperstok (1999) define que a problemática ambiental é sustentada por três pilares: o crescimento populacional, crescimento do consumo per capita e o impacto ambiental de cada produto consumido, sendo que este último leva não só ao questionamento sobre o perfil das tecnologias desenvolvidas e assimiladas, mas também, sobre as concepções que fundamentam seu desenho e à utilização que lhe é dada.

Contudo, como afirma Todt (2002, p. 42), mais importante do que isso é considerar “que a inovação emerge de um processo social muito complexo – cujos elementos fundamentais são **as escolhas ou decisões humanas**”<sup>19</sup> (tradução e grifos meus). Por isso é preciso lembrar também, que as repercussões socioambientais da tecnologia resultam da pouca atenção dada ao caráter social da tecnologia, ao processo de seu desenho e desenvolvimento. Portanto, somente uma visão sistêmica permitirá compreender os efeitos socioambientais, tanto das novas tecnologias, como de outras que já estejam em uso há bastante tempo.

No exemplo que segue, Todt (2002) se refere ao automóvel para esclarecer a complexidade da tecnologia e as implicações de suas multidimensões. Recomenda observar uma tecnologia como um automóvel, não como um fato técnico isolado (o carro como um produto ou um objeto de demanda), mas como um sistema sócio-técnico.

---

<sup>19</sup> Tradução de: “La innovación surge de un proceso social muy complejo cuyo elemento fundamental son elecciones o decisiones humanas”.

Como produto técnico, o automóvel está absolutamente controlado – como conjunto ou em suas partes – no entanto, a mobilidade individual massiva que o carro permite como processo social – não está nem controlada nem compreendida no todo. De modo que, os efeitos socioambientais são tanto resultados desse conceito de mobilidade como do produto técnico em si o ‘automóvel’. Por isso, como elemento de um sistema sócio-técnico, o automóvel revela a impossibilidade de prever e controlar todos os seus efeitos e inter-relações em todos os seus âmbitos.

Um exemplo concreto disso, está expresso por Geraque (2006) quando anuncia que a evolução tecnológica e as políticas nacionais de programas de controle da poluição do ar para veículos automotores trouxeram progressos significativos como a redução na emissão de 98% de monóxido de carbono em comparação com os anos 80, graças à retirada do chumbo tetraetila da gasolina - aditivo altamente tóxico, e à redução do teor de enxofre nos combustíveis atuais para menos de 0,5%. No entanto, adverte para o fato de que o avanço do conhecimento nas áreas da engenharia e ciências ambientais, apesar de excepcionais, não seriam suficientes para reduzir os impactos ambientais.

Dados recentes sobre uma piora significativa da qualidade do ar na Grande São Paulo, comprovam a afirmação de Geraque, pois como relatado por Credendio e Balazina (2008), o ciclo de declínio da poluição que vinha sendo atingido desde 2002 foi rompido. Em comparação com 2006, as medições da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), indicaram um aumento em 54% do número de vezes em que o ar ficou com qualidade inadequada ou má em 2007. Além da piora, a poluição da região metropolitana avançou para o interior e litoral do Estado e atingiu locais a uma distância superior a 600 quilômetros.

Segundo os autores, a Cetesb considera que estão esgotados os mecanismos que vinham sendo adotados para controlar a poluição, como as providências técnicas que tornaram os automóveis menos poluentes e a adoção do rodízio de veículos. Acrescentam que a queda da qualidade do ar coincide com a retomada da economia no país, que impulsionou o consumo de combustíveis e a venda de automóveis.

É assim que os crescentes conflitos sociais e as repercussões socioambientais se refletem na crise ambiental instalada e requisitam maior compreensão sobre a relação mútua entre ciência, tecnologias, sociedade, além da necessidade de gerenciar de forma mais eficaz o desenvolvimento de novos produtos, sistemas ou serviços.

Em relação a isso, Todt (2002, p.1) corrobora dizendo que:

“[...] os problemas ambientais são mais sociopolíticos do que puramente técnico científicos, o que significa que as soluções não podem basear-se

exclusivamente em mudanças tecnológicas ou procedimentos científicos. As respostas aos problemas estabelecidos pelo desenvolvimento tecnológico deverão passar pela forma com que se desenvolve a tecnologia (incluindo os processos nos quais a mesma se gera)<sup>20</sup>. (tradução minha)

Para o autor em tela, conceitos como a incerteza, os limites do conhecimento científico, o caráter aberto do desenvolvimento tecnológico se erguem em bases para um manejo da tecnologia que se sustenta em uma avaliação da qual devem tomar parte todos os afetados. Tanto a persistência da incerteza como os limites da ciência indicam a impossibilidade de se predizer os possíveis efeitos (positivos e negativos) de uma tecnologia, especialmente em longo prazo e em grande escala. Contudo, também, demonstram a necessidade de uma gestão e avaliação continuada e mais participativa da tecnologia, em resposta à crescente pressão social.

Seguindo essa linha de pensamento, Pacey (1990, p.25) adverte que “todos os problemas sócio-técnicos tem um componente social. Abrigar a esperança de uma solução técnica para cada um deles que não inclua medidas culturais e sociais é mover-se em um terreno ilusório”.

Pacey coloca como exemplo disso, a aplicação de tratamento químico de águas para tratar a contaminação de um rio, descrita como uma “reparação técnica” (e não como um “ajuste tecnológico”), pois representa o intento por solucionar um problema recorrendo exclusivamente à técnica e ignorando as mudanças possíveis da prática que evitaria, em primeiro lugar, o deságüe de contaminantes no rio. **A idéia preponderante aqui é prevenir e não consertar.**

Eis a grande questão – habituou-se a realizar reparações técnicas, - não que elas não sejam necessárias e importantes, como na abordagem feita por Geraque (2006) sobre a melhora da qualidade do ar em São Paulo, que ocorreu com a redução do chumbo na gasolina. Todavia essas ações não conseguiram driblar o problema da poluição que voltou a atingir altos índices porque não ocorreram ações paralelas para mudar as práticas sociais que estão por detrás da cultura do transporte urbano nas metrópoles.

Por detrás desta problemática, encontra-se a interpretação dada ao automóvel, que segundo Winner (2001), é visto quase que, exclusivamente, como um objeto de uso individual. Argumenta que as propagandas na televisão, frequentemente, mostram um reluzente carro novo transitando pelas avenidas como se fosse o único veículo em centenas de quilômetros, inclusive um anúncio recente mostra um carro flutuando no espaço exterior. Discretamente se ignoram os engarrafamentos e problemas de estacionamento decorrentes do crescimento da frota, e os sérios problemas urbanos atuais.

---

<sup>20</sup> Tradução de: “[...] los problemas ambientales son más bien sociopolíticos que puramente científicos-técnicos, lo que significa que las soluciones no pueden basarse exclusivamente en cambios tecnológicos o procedimientos científicos. Las respuestas a los problemas que plantea el desarrollo tecnológico deberán pasar por la forma en la que se gestiona la tecnología (incluyendo los procesos en los que la misma se genera)”.

Nesse caso, como em muitos outros, prestar atenção nas obrigações mais amplas que acompanham as escolhas tecnológicas, tem sido uma tarefa adiada indefinidamente, principalmente, porque as conseqüências sociais coletivas de numerosas inovações tecnológicas e os efeitos ecológicos do emergente estilo de vida intensivo de recursos, não estão sendo devidamente considerados, enquanto o marketing intensivo caminha no sentido contrário, - despertar a atenção dos consumidores sobre os benefícios dos produtos tecnológicos, sem considerar as conseqüências.

Pacey (1990) vem lembrar que muitos profissionais da tecnologia estão conscientes de que os problemas que enfrentam têm implicações sociais [e ambientais], porém não sabem, com certeza, a forma de manejá-los. Considerar unicamente os detalhes técnicos e deixar de lado outros aspectos é, portanto, a opção mais cômoda.

Nesse sentido, vale considerar o raciocínio exposto por Marques (2005, p. 14) sobre o fato de que,

o mito da neutralidade da Ciência é transferido em parte para a engenharia, no momento em que a formação do engenheiro o induz a acreditar que haja e que ele possa prover uma solução puramente técnica para a construção de um artefato (bem ou serviço) que lhe seja solicitado. Assim, ensina-se aos estudantes de Engenharia, explícita ou implicitamente, que ao profissional cabe cuidar da parte “técnica” do artefato tecnológico. Estabelece-se uma divisão entre o “técnico” e o “social” ou “político”, e cabe ao engenheiro tratar daquela parte que se pretende independente das condições sociais locais e que, por isso, como que paira acima ou pelo menos separada delas. No entanto, de modo geral, qualquer projeto de Engenharia envolve tomar decisões. E qualquer decisão, qualquer escolha no projeto de um artefato, privilegia uns e desfavorece outros. Não se pode escapar disso.

O autor utiliza um exemplo bem interessante sobre o processo de tomada de decisões. Refere-se à demonstração, feita pelo ativismo nos Estados Unidos, nas últimas décadas do século passado, de que a ausência de rampas nas ruas e prédios e os botões de controle de elevadores colocados verticalmente discriminavam pessoas em cadeira de rodas. As escolhas e decisões no setor da construção civil, provavelmente em função de cálculos de custos, não eram puramente técnicas, pois tinham efeitos que reforçavam diferenças nas relações de poder entre cidadãos.

Acrescenta ainda que nenhuma decisão pode ser puramente técnica, ou seja, qualquer decisão é também, inseparavelmente política, tem efeitos na distribuição relativa de poder (ou bem-estar) entre as pessoas, mesmo que a relevância dos efeitos políticos possa variar amplamente. Sabe-se, no entanto, que as tomadas de decisão nem sempre ocorrem a partir da consideração desses aspectos, mesmo que sejam relevantes para um coletivo. Emerge então a

“consciência” de que as decisões e argumentações técnico-científicas acontecem sempre sobre quadros de referência, no caso do exemplo acima, as condições de locomoção dos deficientes físicos não entravam nos quadros de referência (nos cálculos) para tomada de decisões relativas à construção civil.

Portanto, deve-se questionar a quem as reparações técnicas irão beneficiar. Será positivo ou negativo para quem? Uma reflexão sobre esta questão é proposta por Buarque (2001), quando comenta que o problema da água contaminada foi resolvido (paliativamente) para os incluídos, com a implantação de um caríssimo sistema de produção e transporte de água engarrafada, distribuída ao longo de todo o território nacional, mas apenas para os que podem comprá-la, ficando os excluídos abandonados à água contaminada.

Tal ação é embasada no argumento de escassez de recursos, condição que justificaria a impossibilidade de construção de sistemas de saneamento, não fossem as evidências de que não faltaram recursos para a industrialização e o transporte de água engarrafada. Segundo dados do autor, no Brasil os ricos e a classe média gastam aproximadamente nove bilhões por ano com a compra de água potável, enquanto com muito menos seria possível assegurar água potável e saneamento em todas as casas do País.

Para Buarque (2001, p. 28) “a absurda lógica de gastar recursos vultosos no transporte de água engarrafada, no lugar de investimentos em sistemas públicos de água potável, é um dos mais fortes exemplos de uma sociedade perversa eticamente e burra tecnicamente por não levar em conta os custos da omissão”.

Em suma, a necessidade de incremento da capacidade tecnológica das nações está em pauta nas suas agendas políticas e econômicas, entretanto a tônica do desenvolvimento sem rumo precisa ser superada, a favor de uma compreensão crítica do fazer tecnológico, dos marcos de valores que o orienta e das implicações que gera.

Integrada a estas questões, está a necessidade de problematização da realidade, de uma forma mais contundente, crítica e reflexiva, de modo a abrir caminhos para ruptura com os padrões de comportamento, que tem levado ao “navegar sem rumo” e que mantém o avanço da degradação.

### 1.3 NECESSIDADES

Da reflexão subsidiada pelas questões apresentadas até aqui, estabelece-se uma compreensão de que se tornou necessário, imprimir na educação em engenharia, conhecimento técnico e competências que estimulem o processo de inovação, não com o sentido apresentado

pela economia da inovação, mas com o entendimento da ciência e da tecnologia como fenômenos humanos produzidos em um contexto social, como destacado por Chércoles (2007), uma vez que engenheiros e tecnólogos serão, também e fortemente, responsáveis na prática do desenho e execução de projetos técnicos, ou seja, educar para que sejam, conscientes das práticas e valores “não técnicos” que se incorporam e transmitem em seu exercício profissional, assim como estarem preparados para reconhecer os riscos e as conseqüências das aplicações da tecnologia.

Portanto, importa que sejam criadas condições para que possam compreender que existem outras maneiras de se ver o mundo e de busca por um processo de enfrentamento da problemática atual. Entretanto, (MORAES, 2003) alerta para que não se use o mesmo pensamento lógico que resultou o problema para saná-lo, quer dizer - não usar a fragmentação para sanar a fragmentação. Nesse sentido, concordo com o autor quando sugere que a educação não seja tratada como solução dos problemas, mas como parte deles.

### **1.3.1 Orientações predominantes para a educação em engenharia**

O contexto de novas orientações para o processo educativo, é assinalado por Hodson<sup>21</sup> (1994 apud Solbes e Vilches, 2004), quando coloca a necessidade de novos objetivos e finalidades para a educação científica, na direção em que os estudantes possam conhecer: a) o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, assim como as influências do desenvolvimento científico e tecnológico; b) os interesses particulares que, normalmente, determinam as decisões sobre ciência e tecnologia; que sejam capazes de desenvolver opiniões e valores próprios, preparem-se para ação, conhecendo como se tomam decisões; oferecendo-lhes oportunidades para que atuem em cada momento a favor de uma nova ordem.

Apesar disso, as práticas em engenharia, normalmente desenvolvem-se no sentido de resolver problemas e desenvolver produtos que se materializem em soluções para necessidades criadas, numa perspectiva técnica e mercadológica com forte apelo ao consumo massivo. Na opinião de Acevedo, J. (2001), essa realidade resulta do enfoque dado à tecnologia, destinado, preferentemente, a formar tecnicamente para a indústria.

Tendência essa que pode ser percebida no seguinte comentário de Colombo (2004), na engenharia civil, e salvo exceções, em outras áreas da educação em engenharia, a orientação

---

<sup>21</sup> HODSON, D. Seeking directions for change: the personalisation and politisation of science education. *Curriculum Studies*, v.2, n.1, p. 71-98, 1994.

predominante, na teoria e na prática, ocorre pelas vias do paradigma mecanicista-positivista<sup>22</sup>, que privilegia os fatores econômicos e técnicos da atividade, em busca da expansão, da quantidade e da dominação. Esse paradigma faz com que se deixe de considerar, na sua integridade e integração, tantos outros fatores de modo a levar ao esquecimento do caráter social da construção (e das tecnologias em geral).

Realidade que também transparece na abordagem de Casagrande Jr. (2004), quando afirma que o estímulo à inovação tecnológica em geral é dissociado da sustentabilidade, focando apenas no aumento da lucratividade.

No entanto, em função dos avanços da mudança climática global e das pressões sociais a favor da equidade social, os cenários que se desenham estão requisitando um modelo de ensino menos reducionista, a fim de proporcionar um entendimento crítico do desenvolvimento tecnológico e de suas decorrências.

A partir desse ponto, contempla-se a vasta rede de relações e de conhecimentos que permeiam a educação em engenharia, e que se constituem em âmbitos de reflexão diferenciados, convergentes ou divergentes, que em conjunto podem contribuir para a construção de um conceito de tecnologia, mais realista e contextualizado.

### 1.3.1.1 O Enfoque Crítico da Tecnologia

O questionamento sobre quais aspectos do conhecimento da tecnologia devem ser contemplados na Educação em Engenharia, remete a Fourez (2003), quando sugere um enfoque que dê condições aos alunos de analisar os efeitos organizacionais de uma tecnologia, e isso implica em considerações sociais, econômicas e culturais que vão muito além de uma aplicação das ciências. Segundo o autor, é a compreensão da implicação do social e, acrescentando-se também, do ambiental na construção das tecnologias que possibilita um estudo crítico das mesmas.

Visto que o objetivo que, normalmente, integra a tecnologia aos currículos escolares, é proporcionar ao aluno o entendimento do seu mundo tecnológico. No entanto, a ideologia dominante entre os professores é que as tecnologias são aplicações das ciências, pois ao compreenderem ciências, os alunos, também, compreenderão as tecnologias.

---

<sup>22</sup> Mecanicista-positivista: Positivismo Lógico: “concepção herdada da natureza da ciência e desenvolvida na Europa de entre guerras dos anos vinte e trinta do século XX por autores como R. Carnap, O. Neurath, H. Reichenbach ou C. Hempel. Manteve sua hegemonia filosófica até os anos sessenta e setenta. Os positivista lógicos, em geral, entendiam a ciência como ‘saber metódico’, ou seja, como um modo de conhecimento caracterizado por certa estrutura lógica (desvelável através da análise filosófica) e por responder a certo método, um método que combinava a avaliação empírica das hipóteses e o raciocínio dedutivo (fatores epistêmicos) (LÓPEZ CERREZO, 2003). Não consta nas referências - somente 1998

A partir daí, a ideia de que a superação dos problemas atuais depende de mais ciência e tecnologia, é aceita amplamente, sem questionamento dos valores e interesses aí implicados, enquanto questões como sustentabilidade e exclusão social ficam reduzidas a um problema tecnológico, passível de ser resolvido com mais conhecimento tecnocientífico, tornando-se uma questão de tempo e perspectiva de desenvolvimento futuro.

É assim que, para uma parcela de atores sociais, a prioridade deve ser a aceleração do desenvolvimento. Pois, como exemplifica Sachs (2002, p.51), a visão que tem prevalecido é a de que “as externalidades negativas produzidas nesse rumo poderão ser neutralizadas posteriormente”. Na perspectiva desse **otimismo epistemológico**, as soluções técnicas sempre poderão ser concebidas para resolver problemas e garantir o progresso material das sociedades humanas. Em oposição, as vozes dos catastrofistas se erguem para reclamar os efeitos caóticos da degradação ambiental, da exclusão social e dos riscos à sobrevivência ‘do e no’ planeta.

Entre as duas visões discordantes, o autor aconselha o paradigma do caminho do meio, a partir de um aproveitamento racional e ecologicamente sustentável da natureza, orientado para as necessidades (em lugar de direcionado pelo mercado), condição que, forçosamente, exigirá o desenvolvimento de habilidades para “transformar os elementos do meio ambiente em recursos sem destruir o capital natureza” (SACHS, 2002, p. 69-70).

Nesse sentido, Bazzo (2002) adverte que a formação do pensamento científico-tecnológico e a apropriação deste conhecimento, calcado estritamente numa concepção empirista-positivista, não servem mais como fundamentação para a prática pedagógica.

Em contribuição, Lisingen *et al.* (1999) identificam na educação em engenharia duas orientações centrais que podem ser denominadas como reprodutivas e transformadoras, embora outras tendências, também, possam ser vislumbradas. As orientações reprodutivas advogam que o processo de formação dos engenheiros deve seguir a tendência das necessidades de mercado – e nesse sentido propõem reformas da grade curricular -, não se preocupando com a crítica ao processo de ensino e nem com a formação crítica dos futuros engenheiros, mas sim com atributos que vão desde o conhecimento científico profundo e especialidades até a criatividade e características comportamentais.

As de orientação transformadora, do mesmo modo que as reprodutivas, preocupam-se com o processo de ensino atrelado ao mercado, **mas socialmente comprometido**, a partir de preocupações que perpassam a técnica e atributos comportamentais, encarando a ciência e a tecnologia como construção social na qual intervêm aspectos tão diferenciados como interesses e necessidades. Tratam da construção crítica do conhecimento científico-tecnológico, contrapondo-se às ideias do determinismo tecnológico e do determinismo social.

No conjunto, os autores trazem à baila, questões fundamentais que devem ser consideradas no processo de aprendizagem para a inovação, e requerem uma mudança não só metodológica, como também conceitual, no sentido de propiciar um conhecimento mais amplo e integrado do processo de inovação e suas repercussões.

A partir dessa argumentação, questiona-se como será possível aliar os conteúdos técnicos a questões importantes, mas diversas? Como a organização disciplinar poderá dar espaço para esse entrelaçamento de conteúdos? Quais as possibilidades de que durante a formação do engenheiro ele possa refletir de forma consistente e crítica sobre esses aspectos?

López Cerezo e Valenti (2005) indicam que o próprio processo ensino aprendizagem em educação tecnológica deve realizar mudanças metodológicas, didáticas e atitudinais de forma que a participação e a inovação sejam levadas à sala de aula. O objetivo é estimular no educando um sentido crítico que, sobre a base de um conhecimento sólido, motive-o e o capacite para implicar-se ativamente como cidadão e como profissional nos assuntos relacionados com a tecnologia.

Esse objetivo vem ao encontro das orientações atuais para o ensino de engenharia, sintetizadas aqui a partir de Mitcham (1989); Sanmartín (1993); Lisingen *et al.* (1999, 2007); Bazzo (2002); Bazzo; Pereira; Lisingen (2006, 2008); Diretrizes Curriculares Nacionais para a Graduação em Engenharia - Brasil (2002); Programa Inova Engenharia – Propostas para a Modernização da Educação em Engenharia - INSTITUTO EUVALDO LODI (2006), entre outros.

#### 1.3.1.2 Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN'S) para a Graduação em Engenharia

De acordo com o relatório do Parecer CNE/CES 1.362/2001 de 12/12/2001 que apresenta as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN'S) para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002, p.1) “o desafio que se apresenta para o ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados”. Para fazer frente a essas exigências, o engenheiro deverá ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, mas de considerar os problemas em sua totalidade, em uma cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões.

Esclarece que o que se pretende é uma formação que prepare tanto para atender às pressões do mercado, quanto para um fazer tecnológico centrado no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. É assim, que a necessidade de ação formativa visando a uma ampla compreensão da complexidade ambiental e dos fenômenos socioambientais ligados aos impactos da tecnologia está contemplada nas DCN's - para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002a, p.1)

que ditam os princípios, fundamentos, condições e procedimentos para a formação de Engenheiros.

Enfatiza-se, o seu Art. 4º item XI – que aborda como um dos objetivos da formação do engenheiro a aquisição de conhecimentos para **avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental**. Recomenda, assim, o desenvolvimento de compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Em relação a esse item, o Parecer CNE/CEB nº 29/2002, Brasil (2002b) faz a seguinte referência:

tornou-se imprescindível estimular a compreensão sobre os impactos, positivos e negativos, gerados pela introdução de novas tecnologias e de sistema de gestão que incorporem as variáveis ambientais. [...] O entendimento dos fenômenos sociais relacionados com os impactos ambientais não pode, portanto, ser entendido como um conjunto de conhecimentos complementares aos conhecimentos tecnológicos do profissional em meio ambiente, mas sim, como componentes indissociáveis da Educação Profissional de Nível Tecnológico. [...] Tão importante quanto a reflexão crítica é o conhecimento e o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de reduzir o consumo de recursos naturais e de ampliar a eco-eficiência nos processos produtivos.

Duas questões importantes emergem dessas colocações e merecem reflexão: a 1ª reforça os argumentos apresentados até aqui, de que se tornou necessário dar condições para que o futuro engenheiro vivencie em seu espaço de aprendizagem, a análise de seus protótipos tecnológicos, a fim de verificar seus impactos e ao identificar problemas, buscar soluções, num exercício que une a teoria e a prática, ao mesmo tempo em que lhe fornece fundamentos para atuar no desenvolvimento tecnológico de base científica.

Nessa perspectiva, apesar de não indicar caminhos, de como implementar essas recomendações, as DCN's oferecem uma abertura significativa à inovação pedagógica, ao propor a elaboração de um Projeto Político Pedagógico (PPP) e o desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso que integrem os conhecimentos adquiridos.

Esses dois requisitos juntos, acabam se transformando em vias de acesso para que uma proposta de Avaliação de Impacto Tecnológico possa ser viabilizada no processo ensino-aprendizagem da engenharia. O projeto político pedagógico é uma construção coletiva e requer a participação de todos os professores; permite a busca por novas metodologias; a resolução de problemas; elaboração de propostas para formação continuada, enfim, é uma construção coletiva.

Enquanto os projetos de conclusão de curso podem, por exemplo, ser utilizados como pano de fundo para um trabalho interdisciplinar, envolvendo alunos e professores em seminários e/ou laboratório para avaliar impactos de seus protótipos tecnológicos. É evidente que isso requer o interesse e esforço dos docentes, no sentido de rever suas práticas e buscar caminhos para torná-la exeqüível.

A 2ª questão refere-se ao paradoxo que se constitui com a recomendação de uma formação que atenda ao mesmo tempo às pressões do mercado e às perspectivas do pretense desenvolvimento sustentável. Paradoxo, porque o perfil de produção e consumo impostos hoje pelo sistema capitalista não permitem o comprometimento do lucro, em prol da melhoria das condições ambientais e sociais, mesmo que isso venha a ocorrer em curto prazo, o que faz da idéia de desenvolvimento sustentável um mito (MONTIBELLER FILHO, 2004), como será apresentado no Capítulo 2.

Ademais, as recomendações supracitadas permitem interpretar que o que se pretende é o desenvolvimento de uma tecnocracia responsável, em que as decisões permanecem nas mãos de poucos, que continuarão decidindo de acordo com seus interesses, ou dos interesses subordinados a uma política, muitas vezes, excludente. A diferença é que isso deverá ocorrer de forma mais criteriosa, de modo que os danos ambientais, assim como, seus efeitos associados à sociedade, cultura, economia, possam ser reduzidos sem que, no entanto, questione-se o que é bom, ou o que é ruim para a coletividade, sem que se questione o modelo de desenvolvimento.

Todavia, importa lembrar que vivemos um momento de crise, que desacomoda os modelos apreendidos e encaminha para um processo de transformação (FLECK, 1986). De um lado, as imposições do modelo de desenvolvimento vigente, de outro as cobranças advindas dos limites ambientais e sociais extrapolados, a requererem novas condutas e novas formas de pensar. No meio, a educação como parte do problema, a atuar como meio de reprodução e manutenção do sistema hegemônico.

Apesar da crítica que essas contradições geram, considero que ao recomendarem a avaliação e a análise dos impactos das atividades da engenharia no ambiente, sociedade, cultura, economia, as DCN's abrem oportunidades para um novo caminho de reflexão, para o exercício de resolução de problemas, análise dos envolvidos, contextualização da realidade e, sobretudo para o desenvolvimento de uma consciência crítica.

Seguindo a mesma linha das DCN's, destacam-se, algumas sugestões apresentadas pelo Programa Inova Engenharia (2006), com tendências e contradições semelhantes às apontadas nas DCN's, embora apresentem possibilidades de avanço, para a formação de engenheiros, como se pode perceber no texto que segue.

### 1.3.1.3 Inova Engenharia

O Programa Inova Engenharia – Propostas para a Modernização da Educação em Engenharia no Brasil, lançado em maio de 2006, pela Confederação Nacional da Indústria - CNI (ABIPTI, 2006), faz parte da estratégia política para promover uma ação de mobilização nacional pela modernização na educação da engenharia brasileira. Vem puxado pelas demandas de crescimento das quais fazem parte o desenvolvimento intensivo de inovação.

Segundo Shimizu (2006), a inovação tecnológica tornou-se prioridade máxima no Brasil, e será fortemente incentivada por políticas públicas, e apoiada financeiramente pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES. A intenção é aumentar a eficiência da estrutura produtiva, incrementar a capacidade de inovação das empresas brasileiras e expandir as exportações.

Um dos argumentos de Monteiro Neto (ABIPTI, 2006) é que

a educação em engenharia representa elemento-chave nesse processo, por se tratar da atividade, por excelência, condutora da inovação nos setores econômicos. O conjunto de propostas apresentadas pelo Inova Engenharia mostra um perfil ideal do engenheiro que o Brasil precisa para impulsionar seu desenvolvimento.

A seu turno, as universidades e instituições de educação científica e tecnológica, como espaços de aprendizado tecnológico, encontram-se comprometidas com a capacitação de recursos humanos para a inovação. Se por um lado, a Lei da Inovação (2005) favorece pesquisas e parcerias entre o setor educativo e produtivo para o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços, como mecanismo para incrementar a produção científica e estimular nos alunos o empreendedorismo e a inovação tecnológica.

Por outro lado, questionam-se as bases em que engenheiros e tecnólogos estão sendo preparados para o desempenho dessa atividade. Se estão sendo levados a refletir sobre as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, sobre as imposições do desenvolvimento científico e tecnológico, sobre as forças e interesses que o regem, e a problematizar as causalidades que levam à degradação ambiental e exclusão social. E sobretudo, se estão sendo preparados para questionar as implicações das atividades da engenharia sobre o meio ambiente e a sociedade.

No item educação em engenharia de que o país precisa (INSTITUTO EUVALDO LODI, 2006, p. 43), são abordadas as seguintes necessidades:

1. integração e contextualização de conhecimentos em engenharia;
2. educação a distância;
3. aprendizagem ao longo da vida (ênfase na educação continuada);
4. mudança cultural do professor;
5. expansão da pesquisa cooperativa e pesquisa em rede;
6. atualização de professores de nível médio: atacar os problemas na raiz e propiciar a formação de um “caldo cultural que garanta uma formação básica sólida, antes da entrada na universidade; e,
7. ação de divulgação e formação junto a alunos do ensino médio, como incentivo para profissionalização nas áreas tecnológicas.

Nessa perspectiva, também, ganham destaque as principais recomendações contidas na proposta para a modernização da educação em engenharia como forma de alcançar as competências e habilidades requeridas pelos engenheiros – INSTITUTO EUVALDO LODI<sup>23</sup> (2006, p 43-52):

1. Mudança do modelo organizacional dos cursos de engenharia, cujo foco tem de deixar de ser o ensino e passar a ser a aprendizagem;
2. Aprendizagem centrada na produção do conhecimento, aluno como elemento ativo e interativo, ou seja, sujeito do processo ensino / aprendizagem e o professor o fornecedor de estímulos e facilidades para a aprendizagem e a pesquisa dos alunos;
3. Substituição das tradicionais aulas expositivas por sistemas mais eficientes e participativos;
4. Desenvolvimento de inovações metodológicas que possibilitem um melhor aprendizado das ciências básicas e informática, buscando a utilização da teoria na solução de problemas reais;
5. Ênfase na aprendizagem *hands-on*, promovendo ao longo de todo o curso projetos que incentivem os alunos de graduação a aplicar conhecimentos teóricos na solução de problemas reais, produzindo inovações;
6. Estímulo à investigação, de modo a fornecer ao estudante ferramentas que permitam o desenvolvimento da pesquisa sistemática e permanente de novos conhecimentos;
7. Exercício da prática de definir problemas, projetar soluções e tomar decisões;
8. Implantação de laboratórios de integração curricular que favoreçam atividades para inter-relação e aplicação dos diversos conteúdos, contextualizando-os com a realidade dos problemas locais atuais e de forma transdisciplinar;
9. Atividades complementares extra-sala de aula que exijam uma visão dos problemas locais para sobre eles aplicar, de forma prática, integrada e interdisciplinar, os conhecimentos teóricos adquiridos, sempre que possível em projetos desenvolvidos em parceria com empresas ou órgãos públicos, que tenham potencial de aplicação;
10. Formação holística - uma exigência da mobilidade, entendida em suas várias dimensões: profissional, social, cultural, tecnológica, metodológica e multidisciplinar. Em última instância, mobilidade está relacionada à flexibilidade mental e, portanto, à inovação. A relação entre o conhecimento holístico, mercados globalizados, economia do conhecimento e desenvolvimento sustentável é intrínseca;

---

<sup>23</sup> Para saber mais consulte:

<http://www.cni.org.br/portal/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A9015D01461113401146A2EEB8A7138>

11. Conjugação entre as chamadas atividades teóricas e práticas habilita o futuro profissional para intervir na realidade, dominando suas nuances por meio de atividades simuladas, como exercícios, trabalhos, estudos de caso, práticas raramente associadas aos conteúdos teóricos dos cursos.

Compreende-se que essas propostas foram forjadas seguindo um padrão de exigências colocadas em cima de um perfil profissional desejado, ou seja, pretende-se formar um engenheiro capaz de enfrentar a competitividade, de desenvolver um potencial inovador e criativo, capaz de interagir e compreender a realidade em suas várias dimensões; antever problemas e encontrar soluções e, assim, estar apto para alavancar a força produtiva, da forma como se julga conveniente para o seu desenvolvimento tecnológico.

A questão que ganha destaque, nesse contexto, diz respeito aos caminhos que poderão ser trilhados no processo de implementação dessas recomendações, que poderão ocorrer de forma descontextualizada e reprodutiva ou no sentido de desenvolver uma consciência crítica. Assim sendo, vai depender da postura dos professores envolvidos, da consciência que possuem de seu papel, no sentido de utilizar essas propostas, não só para desenvolver *know how* técnico, mas também a reflexão, a consciência crítica e a responsabilidade socioambiental ante o desenvolvimento de tecnologias.

No entanto, isso vai requer o comprometimento docente com uma formação que vise também a emancipação humana, além de uma renovação pedagógica, no sentido de desenvolvimento e implementação de novas metodologias educacionais e de novos meios de ensino/aprendizagem que favoreçam a implementação das ações supracitadas, à luz dos estudos CTS.

Nessa perspectiva, Nóvoa (1995, p. 28) alerta que:

As escolas não podem mudar sem o empenhamento dos professores; e estes não podem mudar sem uma transformação das instituições em que trabalham. É assim, que o desenvolvimento profissional dos professores tem de estar articulado com as escolas e os seus projetos

Para o autor, a formação de professores deve ser concebida como um dos componentes de mudança, em conexão estreita com outros setores e áreas de intervenção, e não como uma espécie de condição prévia da mudança. A formação não se faz **antes da mudança, faz-se durante**, produz-se nesse esforço de inovação e de procura dos melhores percursos para a transformação da escola.

Defende-se, portanto, um novo *momentum* educacional que, estrategicamente, abra espaço na formação do engenheiro às possibilidades de mudança e incluam, em sua base, a

dimensão ética, dito de outra forma, uma mudança que abra espaço para transformações como mudanças de valores e renovação das compreensões sobre as interações da ciência e tecnologia.

Aprofundar essas vertentes é um desafio para um novo campo de trabalho – o da modernidade ética. Parafraseando López Cerezo (1998, p. 60), este é um desafio que não vai contra a ciência, mas a favor dela, de uma ciência realista e socialmente comprometida, que não se limita a acumular conhecimento e avançar sempre um passo a mais, sem importar em que direção.

No âmbito destas argumentações, encontra-se a emergência de uma nova ética que possa nortear o fazer tecnológico no mundo contemporâneo, que a seu turno encaminhe para uma reflexão sobre o papel daqueles que irão, com seus atos reais, materializar suas ações em cima de escolhas e opções de novas prioridades e objetivos, vinculados agora a autênticas necessidades sociais.

Contudo, para adentrar à discussão sobre a ética, necessário se faz, em primeiro lugar, entender a posição humana frente ao fazer tecnológico, entender que, na relação homem-artefato tecnológico, é o ser humano quem determina e não pode, ao contrário, deixar-se determinar pela tecnologia. Também, importa compreender que os resultados advindos da tecnologia são diretos e proporcionais à orientação que lhe é dada, em função da complexidade que lhe é inerente.

#### 1.3.1.4 Modernidade Ética

A técnica permitiu aos seres humanos a adaptação e transformação do meio, ao mesmo tempo em que possibilitou a adaptação a novos hábitos e novas formas de olhar o mundo. Entretanto, como sustenta Mumford<sup>24</sup> (1970 apud Mitcham, 1989, p. 54) em o mito da máquina (*El Mito de la Máquina*), ainda que o ser humano esteja concentrado em atividades materiais, não deve ser entendido propriamente como *Homo faber*, mas como *Homo sapiens*, pois não é o fazer senão o pensar, não é o instrumento senão a mente, o que constitui a base da humanidade, pois a essência humana não é o fazer, mas o inventar, o interpretar.

O papel da interpretação na vida humana é valorizado por Mitcham (1989, p.55), que continua a utilizar a voz de Mumford<sup>25</sup> (1950) para destacar a importância desta atividade hermenêutica, como segue:

Se todos os inventos mecânicos dos últimos cinco mil anos fossem apagados de repente, haveria uma catastrófica perda de vida; porém o homem continuaria

<sup>24</sup> MUMFORD, L. **The myth of the machine:** technics and humam development. New York, Harcourt Brace Jovanovich, 1967. Tomo 1.

<sup>25</sup> MUMFORD, L. **Man as interpreter.** New York: Harcourt Brace, 1950.

sendo humano. Ao contrário, se eliminar-se a faculdade de interpretar [...] a terra inteira desapareceria, [...] e o homem se sumiria em um estado mais desvalido e brutal que o de qualquer animal: envolto na paralisia<sup>26</sup>. (tradução minha).

De acordo com Mitcham, esta colocação é uma crítica de Mumford ao que considera uma imagem tecnológico-materialista da humanidade, para quem a tecnologia, em seu sentido reduzido de fabricação e uso de instrumentos, não tem sido o agente principal no desenvolvimento humano, nem sequer o tem sido a respeito do avanço da própria tecnologia. Na verdade, todas as conquistas técnicas humanas são mais para utilizar seus próprios recursos orgânicos com vistas a satisfazer, mais adequadamente, suas demandas e aspirações super-orgânicas, com o propósito de incrementar o abastecimento de alimentos ou controlar a natureza.

Baseado nessas considerações, Mumford distingue dois tipos básicos de tecnologias: a *poli* e a *monotécnica*. A **Poli** ou **Biotechnica** *é a forma primordial de ação, esteve amplamente orientada para a vida, e não no trabalho e no poder. É o tipo de tecnologia que se encontra em harmonia com as polimorfos necessidades e aspirações da vida. Funciona de forma democrática, a fim de realizar uma diversidade de potencialidades humanas.* De modo inverso, a **monotécnica** ou **técnica autoritária** *se baseia na inteligência científica e na produção quantificada, se dirige principalmente para a expansão econômica, plenitude material e superioridade militar. Isto é, para o poder.* (MUMFORD<sup>27</sup> 1970 apud MITCHAM,1989, p. 54).

O autor classifica a tecnologia moderna como um exemplo primário de monotécnica. Esclarece que essa forma autoritária não se originou na Revolução Industrial. Suas origens remontam há cinco mil anos, com o nascimento de uma rígida organização social hierárquica que denominou de “mega-máquina”, da qual são exemplos: os grandes exércitos ou os bandos organizados de trabalho, como os que construíram as Pirâmides e a Muralha da China. Frequentemente, a mega-máquina traz consigo, benefícios materiais extraordinários, porém às expensas de uma limitação das atividades e aspirações humanas, o que a torna desumanizante.

A questão chave, nesse conjunto de idéias baseia-se na crítica que Mumford faz à monotécnica e ao avanço tecnológico irrefletido, que abrem espaço para o domínio da megatécnica e a subordinação do homem à tecnologia – no mesmo sentido utilizado mais tarde por Postman (1994).

Ao distinguir dois tipos de tecnologia, deixa claro que não está simplesmente combatendo a tecnologia, mas evidenciando que há um tipo de tecnologia que está de acordo

<sup>26</sup> Tradução de: “Si todos los inventos mecánicos de los últimos cinco mil años fueran borrados de repente, habría una catastrófica pérdida de vida; pero el hombre continuaría siendo humano. En cambio, si se eliminara la facultad de interpretar [...] la tierra entera desaparecería [...] y el hombre se sumiría en un estado más desvalido y brutal que el de cualquier animal: cercano a la parálisis”.

<sup>27</sup> MUMFORD, L. **El mito de la máquina**. Buenos Aires: Emecé, 1970. v.2

com a natureza humana, enquanto outro não (MITCHAM, 1989). O mais relevante de tudo nessa reflexão, é a relação que o autor traça do animal que se fez humano, não porque dominou o fogo, mas porque possibilitou, por meio de seus símbolos, expressar fraternidade e amor, enriquecer sua vida presente com recordações e impulsos formativos para o futuro, ampliar e intensificar aqueles momentos da vida em que tiveram valor e significação para ele. De modo que a tecnologia há de ser promovida quando contribuir para engrandecer esse aspecto da existência, e não quando restringir a vida humana por estar centrada no poder.

Essa opinião é reforçada por Echeverría e González García (2003, p.16), quando dizem que:

a ciência e a tecnologia são elementos ativos de transformação de nosso mundo, nossas relações e nossos costumes. Porém, não são fatores independentes com uma direção ou fim pré-fixados em seu desenvolvimento. A análise histórica, sociológica e filosófica da mudança técnico-científica assinala o papel crucial da tomada de decisões sobre as linhas de investigação e sobre como implementá-las. Ou seja, a investigação e a inovação não possuem um caminho previamente determinado, são antes de tudo, escolhas sobre valores, decisões humanas que no final acabam por determinar os resultados e produtos conseguidos. Não é esta uma conclusão para pessimismo, mas para uma aposta esperançosa por uma educação científica com especial ênfase na responsabilidade, por um desenvolvimento tecnicocientífico em cujo projeto estejam explícitos os valores que irão guiá-lo, e por uma relação transparente e dialógica dos projetistas e executores dos sistemas de ciência e tecnologia com a cidadania<sup>28</sup>. (tradução minha)

Abordagem que ganha um destaque privilegiado, desde que sustento ser a questão das escolhas e dos valores a elas subjacentes, um dos elementos centrais que norteiam este estudo, e refletem a inteira responsabilidade do ser humano, representado aqui pelo profissional engenheiro. Tomar consciência disso, é a meu ver, um dos caminhos que deverão ser empreendidos na construção de uma nova ordem.

Os problemas e desafios relacionados com a responsabilidade social de engenheiros e tecnólogos; a reorientação das prioridades de investigação para as necessidades reais da população; a atitude ante outras formas de conhecimento não assimiladas pela ciência ocidental; as mudanças na educação científica e os modelos de comunicação da ciência, foram, entre outros,

---

<sup>28</sup> Tradução de: “La ciencia e la tecnología son elementos activos de transformación de nuestro mundo, nuestras relaciones e nuestras costumbres, pero no son factores independientes con una dirección y un fin prefijados en su desarrollo. El análisis histórico, sociológico y filosófico del cambio tecnocientífico señala el papel crucial de la toma de decisiones sobre líneas de investigación, y sobre cómo implementarlas. La investigación y la innovación no tienen un único camino marcada de antemano, sino que más bien son elecciones sobre valores, decisiones humanas al fin y al cabo, las que determinan los resultados y productos conseguidos. No es ésta una conclusión para el pesimismo, sino para una apuesta esperanzadora por una educación científica con especial énfasis en la responsabilidad, por un desarrollo tecnocientífico en cuyo proyecto se hagan explícitos los valores que han de guiá-lo, y por una relación transparente y dialogante de los diseñadores y ejecutores de los sistemas de ciencia y tecnología con la ciudadanía”.

temas centrais discutidos no Congresso Mundial sobre a Ciência, promovido pela UNESCO e pelo Conselho Internacional para a Ciência - ICSU, em Declaração de Budapest (1999); e fazem parte dos documentos finais e diretrizes aprovados no Congresso (LÓPEZ CERREZO, 1998).

De acordo com López Cerezo, a Declaração de Budapest é a materialização de um esforço maior para fazer frente a um dos problemas principais que enfrenta hoje a humanidade: a renegociação das relações entre ciência e sociedade, uma vez que o complexo científico-tecnológico não parece responder às expectativas e necessidades de nosso mundo em mudanças. Trata-se, na opinião do autor, de um problema complexo com dimensões acadêmicas, ético-políticas, econômicas e educativas.

Todavia, diferentes posturas, frente à questão da responsabilidade, podem ser percebidas dentre os engenheiros, como ilustrado por Mitcham (1989, p. 157), quando comenta que “o engenheiro-filósofo Samuel Florman, defende que a responsabilidade básica do engenheiro é simplesmente fazer bem o trabalho técnico”. Enquanto, o posicionamento do engenheiro Stephen Unger, sustenta “que os engenheiros estão comprometidos com o bem estar público e devem incorporar questões morais em seu trabalho ainda que sempre reconhecendo a legitimidade do pluralismo das crenças morais sobre o caráter real de algum tipo de bem estar público”. posicionamento este que recebe o meu apoio por se opor às idéias de de Florman. Unger argumenta que as sociedades de engenheiros profissionais deveriam defender este pluralismo moral patrocinando uma versão engenheiril da liberdade acadêmica, ou seja, a liberdade dos engenheiros para continuar fazendo ou inclusive rechaçar projetos com os quais não estejam de acordo.

Addor e Carvalho (2005) explicam que toda escolha ou decisão técnica vigentes constitui-se num indicador das relações sociais e da cultura técnica vigentes num dado território. Infere-se, portanto, que em cada projeto está implícita uma ideologia, expressa em um modelo técnico, em uma concepção de tecnologia, condição que fortalece a necessidade de discussão sobre as relações entre a ética na engenharia e o exercício da responsabilidade na ciência e tecnologia.

#### *1.3.1.4.1 Ética Profissional na Engenharia*

As sociedades de engenheiros profissionais têm formulado códigos de ética que reafirmam a primacia do bem-estar público, principalmente porque, como afirmam Bazzo e Pereira (2006, p.97):

A engenharia pode modificar o ambiente, os hábitos e a qualidade de vida das pessoas, a sua forma de morar, de se locomover, enfim de alterar inclusive substancialmente o próprio comportamento da sociedade. É assim, que sob o

peso dessa responsabilidade, e preocupado em adotar soluções apropriadas, é que o engenheiro deve ter uma postura profissional coerente e racional, pautada sempre em preceitos éticos bem consistentes.

Dentre as obrigações, deveres e princípios éticos que norteiam a atividade profissional da engenharia no Brasil, pode-se destacar os seguintes itens<sup>29</sup>:

## **2 - Da identidade das profissões e dos profissionais**

**Art. 4º** - As profissões são caracterizadas por seus perfis próprios, pelo saber científico e tecnológico que incorporam, pelas expressões artísticas que utilizam e pelos resultados sociais, econômicos e ambientais do trabalho que realizam.

**Art. 5º** - Os profissionais são os detentores do saber especializado de suas profissões e os sujeitos pró-ativos do desenvolvimento.

**Art. 6º** - O objetivo das profissões e a ação dos profissionais voltam-se para o bem-estar e o desenvolvimento do homem, em seu ambiente e em suas diversas dimensões: como indivíduo, família, comunidade, sociedade, nação e humanidade; nas suas raízes históricas, na geração atual e futura.

## **3 - Dos princípios éticos**

**Art. 8º** - A prática da profissão é fundada nos seguintes princípios éticos aos quais o profissional deve pautar sua conduta:

### **Do objetivo da profissão**

**I** - A profissão é bem social da humanidade e o profissional é o agente capaz de exercê-la, tendo como objetivos maiores a preservação e o desenvolvimento harmônico do ser humano, de seu ambiente e de seus valores;

### **Da natureza da profissão**

**II** - A profissão é bem cultural da humanidade construído permanentemente pelos conhecimentos técnicos e científicos e pela criação artística, manifestando-se pela prática tecnológica, colocado a serviço da melhoria da qualidade de vida do homem;

### **Da honradez da profissão**

**III** - A profissão é alto título de honra e sua prática exige conduta honesta, digna e cidadã;

---

<sup>29</sup> Para conhecer o Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia completo, acessar [www.confea.org.br/publico/media/codigo\\_etica.pdf](http://www.confea.org.br/publico/media/codigo_etica.pdf)

### **Da eficácia profissional**

**IV** - A profissão realiza-se pelo cumprimento responsável e competente dos compromissos profissionais, munindo-se de técnicas adequadas, assegurando os resultados propostos e a qualidade satisfatória nos serviços e produtos e observando a segurança nos seus procedimentos;

### **Da intervenção profissional sobre o meio**

**VI** - A profissão é exercida com base nos preceitos do desenvolvimento sustentável na intervenção sobre os ambientes natural e construído e da incolumidade das pessoas, de seus bens e de seus valores;

## **4 - Dos deveres**

**Art. 9º** - No exercício da profissão são deveres do profissional:

### **I - ante ao ser humano e a seus valores:**

- a. oferecer seu saber para o bem da humanidade;
- b. harmonizar os interesses pessoais aos coletivos;
- c. contribuir para a preservação da incolumidade pública;
- d. divulgar os conhecimentos científicos, artísticos e tecnológicos inerentes à profissão;

### **V - ante ao meio:**

- a. orientar o exercício das atividades profissionais pelos preceitos do desenvolvimento sustentável;
- b. atender, quando da elaboração de projetos, execução de obras ou criação de novos produtos, aos princípios e recomendações de conservação de energia e de minimização dos impactos ambientais;
- c. considerar em todos os planos, projetos e serviços as diretrizes e disposições concernentes à preservação e ao desenvolvimento dos patrimônios sócio-cultural e ambiental.

## **5 - Das condutas vedadas**

**Art. 10** - No exercício da profissão são condutas vedadas ao profissional:

### **I - Ante o ser humano e seus valores**

- a. descumprir voluntária e injustificadamente com os deveres do ofício;
- b. usar de privilégio profissional ou faculdade decorrente de função de forma abusiva, para fins discriminatórios ou para auferir vantagens pessoais;
- c. prestar de má-fé orientação, proposta, prescrição técnica ou qualquer ato profissional que possa resultar em dano às pessoas ou a seus bens patrimoniais;

**V - ante o meio:**

a. prestar de má-fé orientação, proposta, prescrição técnica ou qualquer ato profissional que possa resultar em dano ao ambiente natural, à saúde humana ou ao patrimônio cultural.

**7 - Da infração ética**

**Art. 13** - Constitui-se infração ética todo ato cometido pelo profissional que atente contra os princípios éticos, descumpra os deveres do ofício, pratique condutas expressamente vedadas ou lese direitos reconhecidos de outrem.

**Art.14** - A tipificação da infração ética para efeito de processo disciplinar será estabelecida, a partir das disposições deste Código de Ética Profissional, na forma que a lei determinar.

Outra referência relacionada à ética na engenharia deriva da Associação de Engenheiros Alemães - *Verein Deutscher Ingenieure* (VDI), escolhida por sua tradição na realização de estudos críticos ligados à filosofia e à ética na área da engenharia.

Segundo o Prof Dr. Ing. Hubert Christi (2002), Presidente da VDI, as ciências naturais e a engenharia são forças importantes moldando nosso futuro. Elas exercem influências positivas e negativas em nosso mundo. Nós todos contribuímos para essas mudanças. Os profissionais de engenharia, entretanto, têm uma responsabilidade particular na estruturação desses processos.

Em 1950, a VDI, na Alemanha, apresentou um documento sobre as responsabilidades profissionais específicas dos engenheiros. Recentemente o Quadro Executivo da VDI disponibilizou o novo documento “Fundamentos da Ética na Engenharia”. O compromisso da VDI, nesse caso, é oferecer a todos os engenheiros, como criadores de tecnologia, orientação e apoio à medida que se deparem com responsabilidades profissionais conflitantes.

Esses fundamentos foram propostos pelos “filósofos da VDI” juntamente com representantes de outras disciplinas no Comitê VDI sobre Pessoas e Tecnologia, na expectativa de que as orientações possam fortalecer a consciência e compromisso no trato com questões éticas das profissões de engenharia.

Segundo o documento, os engenheiros deverão reconhecer as ciências naturais e engenharias como poderes importantes na formação da sociedade e da vida humana hoje e amanhã. Portanto, deverão estar conscientes de suas responsabilidades específicas, orientar suas ações profissionais baseadas em fundamentos e critérios de ética e implementá-las na prática.

Os fundamentos sugeridos oferecem uma importante orientação e apoio para engenheiros quando eles se deparam com responsabilidades profissionais conflitantes. A VDI pretende, nesse sentido, contribuir para o aumento da consciência sobre ética na engenharia,

oferecer consultoria para a resolução de conflitos, e auxiliar em todas as controvérsias relacionadas às questões de responsabilidade na engenharia.

Em relação às responsabilidades, as orientações mais importantes dizem respeito às seguintes premissas: \* engenheiros são responsáveis por suas ações profissionais e seus resultados. De acordo com padrões profissionais, eles preenchem suas tarefas à medida que correspondem a suas competências e qualificações; engenheiros executam tarefas e ações carregando responsabilidades individuais e compartilhadas; \* engenheiros são responsáveis pelas suas ações junto à comunidade de engenharia, a instituições políticas e sociais bem como junto a seus empregadores, clientes e usuários de tecnologia; \* engenheiros devem conhecer as leis e regulamentos relevantes de seus países e deverão segui-los, desde que não sejam contrários aos princípios éticos universais, comprometem-se a aplicá-las no seu ambiente profissional; além de tal aplicação investir em suas competências críticas e profissionais, na melhoria e desenvolvimento dessas leis e regulamentos; e, \* engenheiros deverão estar comprometidos em desenvolver tecnologia sensível e soluções técnicas.

Nesse contexto, devem aceitar a responsabilidade por qualidade, confiabilidade e segurança de novos produtos e processos técnicos. Suas responsabilidades incluem documentação técnica, bem como, informações aos clientes sobre o uso apropriado e possíveis perigos no uso indevido de novas soluções técnicas. Inclui, além disso:

- ✓ definição de características técnicas de tais produtos e processos;
- ✓ sugestão de soluções e abordagens técnicas alternativas;
- ✓ consideração das possibilidades de desenvolvimentos tecnológicos não pretendidos e deliberado uso de produtos e processos.

Como resultado, os engenheiros deverão estar conscientes do quanto os sistemas técnicos estão inseridos no contexto social, econômico e ecológico. A tecnologia a ser desenvolvida, deverá corresponder aos critérios e valores nela implícitos, como: a praticabilidade social, econômica e ecológica dos sistemas técnicos; sua contribuição à saúde, desenvolvimento pessoal e bem estar dos cidadãos; seu impacto nas vidas de futuras gerações.

A orientação fundamental no design de novas soluções tecnológicas é manter hoje, e para futuras gerações, as opções de ação em liberdade e responsabilidade, de modo que os Fundamentos de Ética na Engenharia podem então, ser apresentados resumidamente como: \* responsabilidades por suas ações e tarefas profissionais correspondentes às suas competências e qualificações enquanto assumem responsabilidades individuais e compartilhadas; \*comprometimento com o desenvolvimento de sistemas tecnológicos sensíveis e sustentáveis; \* consciência de quanto os sistemas técnicos estão inseridos no contexto social, econômico e

ecológico, e de seu impacto nas vidas de futuras gerações; \*compromisso em reforçar a reflexão crítica sobre tecnologia em escolas, universidades, empresas e instituições profissionais.

É assim, que a discussão ética da tecnologia tem dado origem, a certas categorias éticas – como a **provacidade, seguridade, responsabilidade e risco**, que não eram tão importantes na filosofia moral pré-moderna. No entanto, junto ao surgimento de novos domínios éticos, a tecnologia também tende a encobrir a significação daqueles tipos de ações humanas individuais das quais se tem ocupado tradicionalmente a ética (MITCHAM, 1989)

De acordo com Jonas (1995), a primeira e mais geral condição da responsabilidade é o poder causal: atuar é exercer um impacto no mundo. A segunda, que este atuar está sob controle de um agente; e a terceira, até que ponto, este último pode prever suas conseqüências. E é, nesse sentido, que sob o signo da tecnologia, a ética está ligada, indissolúvelmente, à ação.

Para o autor, o problema apresenta-se por igual, tanto nas diversas áreas da engenharia, como no caso da contaminação ambiental, ou nas tecnologias biomédicas, entre outras, pois são as conseqüências globais que estas implicam a longo prazo, que nem sempre podem ser advertidas em sua totalidade. Sua tese é que os novos tipos e dimensões da ação requerem uma previsão e responsabilidade ética adequadas, que são tão novas como as eventualidades que estas possam encontrar.

Este novo imperativo de responsabilidade exige, segundo Jonas<sup>30</sup> (1995 apud Mitcham, 1989) “um novo tipo de humildade, uma humildade devida não à pequenez de nosso poder, mas à sua excessiva magnitude, que é nossa maior capacidade para atuar que para prever, avaliar e julgar.

Pode-se então, seguir a ponderação de Addor e Carvalho (2005), sobre a importância de se compreender a inovação tecnológica como um conceito ligado à renovação dos valores (e da ética), como aprendizagem dos cidadãos e dos atores sociais, visando a um desenvolvimento humano em equilíbrio com a natureza.

É nesse sentido que Agazzi (1996) propõe uma nova ética para a sociedade, uma ética que possa realizar o controle externo do complexo tecnocientífico. Para tanto, propõe a revalorização dos valores morais presentes nas experiências humanas, como a justiça, a lealdade, a benevolência, a verdade, o respeito, a dignidade e a responsabilidade. E alerta para o fato de que a satisfação de um valor não decorra em prejuízo à satisfação adequada de outros valores, de modo a distanciar-se dos caminhos do utilitarismo.

Para esse intento, o aprendizado tecnológico deve coincidir com as seguintes proposições de Lacey (2008, p. 187)

---

<sup>30</sup> JONAS, H. **El principio de la responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Barcelona: Editorial Herder, 1995.

[...] A tarefa da educação científica,[...] não consiste apenas na formação dos estudantes no conhecimento, nas teorias, nas habilidades, nas metodologias e nas práticas apropriadas à pesquisa, à sua aplicação; nem consiste apenas em ensiná-los a ser competentes para avaliar quais teorias são corretamente aceitas em relação a determinados domínios de fenômenos e para apreender o que a ciência nos diz acerca do mundo em geral. A tarefa da educação científica é também desenvolver a **autoconsciência crítica** sobre o caráter da atividade científica e de suas aplicações e sobre as escolhas com as quais se defrontam seus participantes responsáveis. (grifos meus)

Na opinião de Lacey o desenvolvimento dessa autoconsciência crítica requer impreterivelmente: 1) o estudo do lugar da ciência na sociedade humana e na vida contemporânea; 2) o estudo dos fatores que influenciam a atividade científica, suas escolhas de direções para a pesquisa e a forma e composição de suas comunidades e instituições; 3) o estudo da relação da ciência com o bem-estar humano e a avaliação do valor da ciência com relação a outros valores sociais e humanos significativos. Isto significa também, compreender a sua busca, o conhecimento por ela obtido e as suas aplicações; 4) o exame crítico da interação entre os fatores cognitivos e sociais na atividade científica, de modo a propiciar a devida atenção aos mecanismos por meio dos quais os fatores sociais possam veladamente (e impropriamente) misturar-se a fatores cognitivos na execução de juízos teóricos; 5) alcançar uma percepção do que pode e do que não pode ser adquirido a partir da ciência, e de que isso poderia assumir formas diferentes sob condições sociais diversas que expressem diferentes valores; 6) a avaliação crítica das visões concorrentes sobre essas questões (LACEY, 2008 p. 188).

Estas premissas derivam de uma compreensão sobre o caráter e a forma de entendimento científico, e sugerem a reflexão crítica sobre a realidade, sobre os possíveis caminhos e alternativas metodológicas que possam ao mesmo tempo propiciar a problematização, fortalecer o diálogo e incentivar a aprendizagem tecnológica voltada para a elaboração de projetos e resolução de problemas socioambientais, baseados na ética e valores como a responsabilidade, em primeiro lugar.

Foram assim verificadas, ao longo do texto, as imbricadas relações históricas, culturais, sociais e ambientais com a tecnologia e o modo como se interpõem, determinando na realidade um círculo vicioso de problemas resultantes do *modus operandis* do homem contemporâneo. Percebe-se que a educação guiada por visões reducionistas e em grande parte acríicas e/ou equivocadas, constitui-se em parte integrante dessa problemática. Interessa, portanto, a formação de bases visando à transformação, do círculo vicioso em um círculo virtuoso, em que as atividades desenvolvidas sob o signo da responsabilidade e da avaliação crítica, possam levar realmente ao bem-estar almejado.

E por fim, recorro a Vicente (2005, p. 341) para lembrar que

o impacto da mudança educacional é lento, mas todos os engenheiros precisam saber que é possível desenhar tecnologias que tenham afinidade com a natureza humana. Eles precisam saber que existem métodos sistemáticos para chegar a esse objetivo, e que já se comprovou que esses métodos fazem a diferença. Eles precisam estar conscientes das terríveis conseqüências resultantes de um foco voltado exclusivamente para os detalhes técnicos.

É assim, que a reivindicação por uma mudança educativa abre espaço para a aprendizagem da Avaliação de Impacto Tecnológico – proposta metodológica que será tratada mais a fundo no decorrer do trabalho, a qual entra em confluência com as orientações predominantes para uma educação crítica em engenharia e que certamente possibilitará o exercício de decisões fundamentadas pautada nos valores, na ética e na responsabilidade, por ocasião do desenho de novos aparatos tecnológicos e no desempenho de suas funções.

Feita a contextualização dos cenários da atualidade, abre-se um novo caminho para fundamentar de forma mais coerente os pressupostos deste estudo, que se constituem em base para tratar dos elementos que norteiam o desenho das tecnologias e suas intrincadas relações, assim como passam a ser um motor para a renovação pedagógica, como poderá ser observado no capítulo que segue.

---

### BASES PARA APRENDIZAGEM DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO

*“Para ser abrangente, uma realidade não pode partir de um único olhar”.*  
Marta Pernambuco

A importância crescente que a tecnologia recebe no ideário da atualidade tornou indispensável o estudo da relação ciência, tecnologia e sociedade para todos os cidadãos, (FOUREZ, 1997; ACEVEDO, G., 1998). Para a educação em engenharia, essa perspectiva vem acrescida de um desafio maior – o de formar o profissional que vai desenvolver e implementar tecnologias, visto que serão os principais responsáveis pelo desenho e execução dos projetos tecnológicos (CHÉRCOLES, 2007).

É assim, que neste capítulo optou-se por explorar as bases para o aprendizado da avaliação de impacto tecnológico (AIT), cujo foco é a superação da lógica da aprendizagem que privilegia ações corretivas – correção de problemas e efeitos tecnológicos depois que eles acontecem; para dar lugar a uma formação que encaminhe para ações pró-ativas – prevenção desses efeitos, durante o desenvolvimento de tecnologias, numa perspectiva *ex-ante*<sup>31</sup>.

O entendimento de que, a conformação da tecnologia é um processo de escolha social e, por conseguinte, que o desenvolvimento tecnológico se baseia em escolhas humanas (TODT, 2002), torna indispensável a abordagem de temas que se encontram diretamente conectados com a formação das percepções que mais tarde irão interferir no processo de decisões e opções tecnológicas.

Daí emerge, o campo de estudo CTS, como subsídio para um entendimento mais crítico das principais questões que têm levado às implicações atuais da ciência e da tecnologia, por suas possibilidades em fundamentar o exercício de aprendizagem da AIT e para que os futuros engenheiros estejam mais capacitados para o processo de tomada de decisões.

Na visão de Linsingen (2004), a identificação e problematização dos fundamentos CTS, no campo disciplinar, pressupõe operar sobre uma base “externa” do conhecimento da engenharia e das contradições que afetam o “que” e o “como” fazer da engenharia, com abertura de possibilidades para uma nova forma de abordagem técnica, conceitual e metodológica.

---

<sup>31</sup> A regulação *ex-ante* – diz respeito a uma regulação dinâmica e preventiva que se adapta ao desenvolvimento tecnológico, ao debate social e às demandas dos atores sociais, e que emerge em paralelo à tecnologia (TODT, 2002).

Visto sob essa ótica, pode-se dizer que o enfoque CTS, possui um caráter facilitador para tematização, problematização e transformação das compreensões de ciência, tecnologia, inovação e sustentabilidade, que orientam de forma dominante os processos de formação profissional na educação em engenharia.

Cabe lembrar que, dentre os objetivos da educação científica e tecnológica no marco CTS, encontra-se a contribuição para desmistificar a ciência e a tecnologia, ao tratar de suas relações mútuas com a sociedade e suas inovações tecnológicas (ACEVEDO, J., 2007); para evidenciar o papel das decisões humanas na gestão da tecnologia e sobre a possibilidade de influir no desenvolvimento tecnológico de forma consciente (TODT, 2002).

A partir desses pressupostos, os estudos sociais da ciência e da tecnologia ganham significado especial neste trabalho, uma vez que a aprendizagem da AIT se estabelece a partir da problematização e da dialogicidade com outras esferas (social, cultural, econômica, ambiental) para além do campo das técnicas, em um entrelaçamento contínuo, capaz de dar sentido aos fatos, levar a uma compreensão mais crítica dos mecanismos, valores e interesses sociais que se manifestam no fazer tecnológico, como será apresentado no decorrer deste capítulo.

Parte-se, portanto, de uma breve apresentação do surgimento histórico dos estudos CTS; das perspectivas que abrem para a educação em engenharia, e para o entendimento dos principais significados que a ciência, tecnologia, vêm recebendo; das relações que podem ser estabelecidas entre ambas e de como essas percepções interferem nas escolhas e decisões tecnológicas. Em consonância com essas argumentações, adentra-se ao campo dos significados para melhor entender a dinâmica da Inovação, da Sustentabilidade e do Desenho (*design*) Técnico.

## 2.1 OS ESTUDOS CTS

O campo CTS pode ser compreendido, segundo Bazzo (2002), como uma área de estudos em que a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia tendo em vista suas relações, conseqüências e respostas sociais. Sua emergência soa como resposta às conseqüências nefastas e repercussões da C e T na sociedade e no ambiente, como apresentado a seguir:

A partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi aumentando a percepção de que o desenvolvimento científico e tecnológico não estava conduzindo, automaticamente ao bem-estar social e econômico, como queria fazer crer o modelo linear de desenvolvimento (AULER, 2002). O lançamento do pequeno satélite *Sputnik*, que colocava, a então, União Soviética na vanguarda da ciência e da tecnologia, sinalizava que algo estava falhando (SANMARTÍN *et al.*, 1992).

Daí para frente, os desastres e horrores vinculados ao desenvolvimento técnico-científico como: vazamento de resíduos contaminantes; acidentes nucleares em reatores civis; envenenamentos pela indústria química; contribuíram para desfazer a fé cega, de que a tecnologia poderia, por si só, resolver todos os problemas. Surge então o temor de que as mesmas forças utilizadas para controlar a natureza se voltem contra os seres humanos e acabem por destruí-los, a chamada “Síndrome de Frankenstein” (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA; 2003;).

Desde então, os estudos CTS passam a definir um caráter crítico a respeito da tradicional<sup>32</sup> imagem essencialista da Ciência e da Tecnologia refletindo no âmbito acadêmico e educativo uma nova percepção da ciência e da tecnologia e de suas interações com a sociedade (LÓPEZ CERESO, 1998, 2003).

Segundo Bazzo; Linsingen e Pereira (2003, p. 127) “o aspecto mais inovador deste enfoque se encontra na caracterização social dos fatores responsáveis pela mudança científica”. Nesse sentido, propõem:

Entender a ciência-tecnologia não como um processo ou atividade autônoma que segue uma lógica interna de desenvolvimento em seu funcionamento ótimo (resultante da aplicação de um método cognitivo e um código de conduta), mas sim como um processo ou produto inerentemente social onde os elementos não epistêmicos ou técnicos (por exemplo: valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas, etc) desempenham um papel decisivo na gênese e na consolidação das idéias científicas e dos artefatos tecnológicos.

Considerando suas bases conceituais, o enfoque CTS, não se constitui em um campo de estudos e trabalho homogêneo, mas corresponde a duas grandes tradições: a européia e a norte americana. Devido à diversidade de estilos, perspectiva e âmbito de trabalho (investigação acadêmica de um lado; política e educação de outro), pode-se dizer que constituem elementos complementares de uma visão crítica da ciência e da tecnologia, o chamado “silogismo<sup>33</sup> CTS”, como mostra López Cerezo (1998), a seguir:

---

<sup>32</sup> A concepção tradicional da ciência a caracteriza como um empreendimento independente, objetivo, neutro e baseado em uma racionalidade que não é afetada por condicionantes externos. Essa concepção baseia-se em um processo indutivo, onde as hipóteses derivam de condições empíricas. A visão tradicional da ciência traz em si um caráter de simplificação, sem preocupar-se com a contextualização dos problemas e com a explicação da problemática que os originou, despreza as complexas relações sociais e ambientais, consequentemente origina um conhecimento linear, cuja construção é particular dos cientistas (tecnocrática), e não permite a participação da sociedade na tomada de decisões.

<sup>33</sup> Entende-se por silogismo a dedução formal em que, postas duas proposições, as premissas, delas se tira uma terceira, a conclusão.

- O desenvolvimento tecnocientífico é um processo conformado por fatores culturais, políticos e econômicos, além de epistêmicos. Trata-se de valores e interesses que fazem da CT um processo social. (tradição Européia)
- A mudança científico – tecnológica é um fator determinante que contribui para modelar nossas formas de vida nosso ordenamento institucional. Constitui-se em um assunto público de primeira magnitude. (tradição Norte Americana)
- Compartilhamos um compromisso democrático básico. Por tanto, deveríamos promover a avaliação e controle social do desenvolvimento técnico-científico, o qual significa constituir as bases educativas para uma participação social formada (GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CERREZO; LUJÁN, 1996, p. 227).

A primeira premissa resume os resultados da pesquisa acadêmica na tradição CTS de origem européia, centrada nos estudos dos antecedentes sociais da mudança em C e T. A segunda, mais ativista, com origem nos EUA, está centrada mais nas conseqüências sociais e ambientais da mudança científico-tecnológica e nos problemas éticos reguladores gerados por tais impactos. E a natureza valorativa da terceira premissa justifica o “deveríamos” da conclusão (GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CERREZO; LUJÁN, 1996).

A complementaridade entre as duas tradições é comentada pelos autores, assim como a conseqüência que deriva da mesma, pois se a C e a T constituem um produto social (tradição européia), e se os complexos científico-tecnológicos têm conseqüências sociais de primeira magnitude (tradição americana), então a promoção da avaliação e do controle social do desenvolvimento tecnológico deve ocorrer em função de um compromisso democrático básico.

Assim, para os autores a tradição européia dos estudos CTS, configura-se como uma forma de entender a “contextualização social” dos estudos da ciência ao analisar o modo como a diversidade de fatores sociais influem na mudança científico-tecnológica. São várias as escolas ou programas que podem ser relacionados a essa tradição, entre esses, destaca-se: o Programa Forte, o Programa Empírico do Relativismo EPOR, o SCOT ou construção social da tecnologia, bem como novas extensões do programa forte como os estudos de laboratório, a teoria da rede de atores e os estudos de reflexividade. Em função dos objetivos dessa tese, optou-se por ilustrar essa tradição com o enfoque da construção social da tecnologia.

De acordo com Bazzo; Linsingen e Pereira (2003) O SCOT – *Social Construction of Technology* é um programa de pesquisa inspirado claramente em uma epistemologia evolucionista. Se esta última pretende explicar a configuração de nossas categorias intelectivas sob o referencial da teoria da evolução (mutação + seleção), trata de explicar a sobrevivência e evolução das configurações tecnológicas (SANMARTÍN; ORTÍ, 1992).

Nesse sentido, as tecnologias ou produtos científicos são abordadas, mostrando sua flexibilidade interpretativa e analisando os mecanismos sociais mediante os quais, em

determinado contexto histórico e cultural, fecha-se a tal flexibilidade e se consolidam as formas concretas de tecnologias.

Assim, as tecnologias deixam de ser concebidas como processos autônomos e lineares que só respondem a uma lógica interna de incremento e eficiência, e passam a ser consideradas como processos multidirecionais de variação e seleção dependentes de uma diversidade de agentes sociais.

Um exemplo clássico de construção social de uma tecnologia é o estudo da origem da bicicleta (BIJKER; HUGHES; PINCH, 1987), que de acordo com Bazzo; Linsingen e Pereira, (2003) considera que a configuração de uma tecnologia que teve êxito não é a única possível. O SCOT elabora modelos multidirecionais nos quais visa explicar porque umas variantes sobrevivem e outras perecem. Nessa concepção, o desenvolvimento tecnológico não é um processo linear de acumulação de melhorias, e sim, um processo multidirecional e quase-evolutivo de variação e seleção artificial.

Na tradição norte-americana, o exemplo que se destaca diz respeito à regulação social da ciência, como resposta lógica a uma crescente sensibilização e ativismo social sobre os problemas relacionados com políticas de inovação tecnológica e intervenção ambiental. E se opõe ao argumento da tecnocracia, quer dizer, ao argumento que somente os especialistas tomarão as decisões em ciência e tecnologia.

Seguindo o contexto histórico dos estudos e programas CTS, López Cerezo (1998) esclarece que desde o início, o mesmo se desenvolveu em três grandes direções, que contemplam: - o **campo da investigação** – como alternativa para a reflexão tradicional em filosofia e sociologia da ciência, em busca da promoção de uma nova visão, não essencialista, mas contextualizada da atividade científica; o **campo da política pública** - em defesa da regulação social da ciência e da tecnologia, pela promoção da criação de diversos mecanismos democráticos para facilitar a abertura de processos de tomada de decisões em questões concernentes a políticas científico-tecnológicas; e o **campo da educação** – que tem materializado a nova imagem da C e T através da elaboração em muitos países de programas e de materiais CTS para o ensino secundário e superior.

Na América Latina, a origem dos estudos CTS se deu a partir de meados dos anos 60 - 70 e se configurou como um pensamento latino-americano em política científica e tecnológica, e veio pautado na reflexão da ciência e da tecnologia como uma competência das políticas públicas, sem tomar parte de uma comunidade consciente identificada como CTS (VACCAREZZA, 1998).

Segundo o autor, nas décadas de 70-80 a reflexão CTS derivou mais para a constituição de um campo de conhecimentos do que para a formação de um movimento social. Seus

seguidores – independentemente de suas posições ou perspectivas teóricas – pareciam estar comprometidos em maior ou menor grau, com uma militância crítica da ciência e da tecnologia, enquanto a crítica à dependência cultural da ciência latino-americana pretendia revolucionar a orientação de seu desenvolvimento para os problemas da sociedade local, de modo a assegurar um desenvolvimento tecnológico compatível com as necessidades locais, adquirindo características de movimento de opinião e pressão social.

Posteriormente, o pensamento latino-americano em política científica e tecnológica, passou a ser identificado como “Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade – PLACTS, que encontra em Oscar Varsavsky, Amílcar Herrera, Jorge Sábato, Máximo Halty e Marcel Roche, dentre outros, seus expoentes (LINSINGEN, 2007).

Apesar de existir uma carência fundamental de evolução do campo CTS na região; carência que talvez explique a escassa atenção destinada aos problemas da ciência e da tecnologia ao longo do processo educacional do indivíduo, como identificado por Vaccarezza, na década passada, Linsingen (2007) aponta que em países da América Latina, como Argentina, Colômbia, México, Brasil, Cuba e Chile, embora recente, CTS já está presente na pesquisa, na educação e sobre ciência e tecnologia. De modo que, com o aumento da percepção da pertinência das abordagens CTS na educação, um crescente número de atores de países latino-americanos tem se dedicado a estudar e implementar propostas educacionais em várias instituições. No caso brasileiro podem ser citadas: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC; Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP; Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ; Universidade de Brasília – UnB; e, acrescente-se a Universidade Federal de Santa Maria – UFSM; Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, entre outras.

O documento fundador da Rede Latino-Americana Interuniversitária de Ensino CTS - REDE LIE CTS (2008), justifica o cenário acima ao concluir que, o movimento CTS se iniciou na região a partir do pensamento e da ação de grupos advindos das ciências naturais e das engenharias, e permitiu que se criassem nessas carreiras “ambientes de interlocução” e espaços curriculares para CTS.

Emerge daí um enfoque CTS crítico, que se articula com o PLACTS, cuja especificidade está na colocação do político como uma dimensão fundamental das relações entre ciência, tecnologia e sociedade e na incorporação de aspectos explicativos (sócio-históricos) que permitam uma melhor compreensão da maneira como se construíram historicamente essas relações. O sentido CTS crítico se assemelha com a clássica formulação da teoria crítica: o interesse pela supressão da injustiça social.

Percebe-se com isso a abrangência dos estudos CTS, que não se limitam a uma dada área de atuação, mas buscam mecanismos em contextos diferenciados com o objetivo maior de promover uma compreensão crítica e coerente a respeito da ciência e da tecnologia e de suas relações com a sociedade, de modo a superar concepções ultrapassadas ligadas ao positivismo e contribuir para a participação social<sup>34</sup>, democrática e cidadã nas tomadas de decisões a respeito da ciência e da tecnologia.

Como o foco deste trabalho está centrado na educação em engenharia e em suas imbricações com o desenvolvimento tecnológico e ambiente, passo a tratar da educação numa perspectiva CTS.

### 2.1.1 A educação CTS

No momento em que os efeitos da crise socioambiental ganham espaço nas agendas políticas e na mídia de forma globalizada, questionamentos críticos aos modelos educacionais vigentes se proliferam. A própria prática da educação científica e tecnológica reclama por uma inovação educativa (PREWITT<sup>35</sup>, 1983 apud WAKS, 1996), como citado no Capítulo 1, que apontou também, um cenário de necessidades no qual se reivindica uma mudança educativa.

Requisitam-se assim, novos modelos de ensino que possam privilegiar uma seleção de conteúdos que levem em conta a relevância de temas sociais e estratégias educacionais, orientadas para o desenvolvimento de capacidades ligadas à participação pública, à responsabilidade e educação em valores, de forma a colocar os aspectos axiológicos no mesmo nível de importância dos aspectos conceituais.

Essa renovação educativa é tratada por López Cerezo (1998) como um elemento chave para a mudança da imagem da ciência e da tecnologia que pode ocorrer tanto no emprego de conteúdos curriculares, como em metodologias e técnicas didáticas.

Segundo o autor, no âmbito do ensino superior, os programas CTS oferecem um grau específico ou complemento curricular tanto para estudantes da área tecnológica como para estudantes das ciências naturais. No caso das engenharias, a idéia é proporcionar uma formação humanística básica com o objetivo de desenvolver nos estudantes uma sensibilidade crítica acerca dos impactos sociais e ambientais derivados das novas tecnologias ou a implantação das já

---

<sup>34</sup> Quando se aborda a formação para a participação social, Linsingen (2004) ressalta que essa perspectiva educacional para a educação em engenharia no Brasil, deve ser analisada com o necessário cuidado, já que implica uma reorientação da estrutura curricular e pedagógica que altera de modo substancial a atual orientação essencialmente técnica que a estrutura e que de forma sistemática exclui da formação de engenheiros a abordagem das imbricações da engenharia com a sociedade, o que justifica a inclusão dos temas CTS na formação tecnológica.

<sup>35</sup> PREWITT, P. Issue investigation and action skills: necessary components of pré-college STS education. **Bulletin of STS**, v.6,n.2/3. p.104-107, 1983.

conhecidas, transmitindo assim uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia, assim como do papel político dos especialistas na sociedade contemporânea.

Importa portanto, oferecer aos futuros engenheiros condições metodológicas para realizar uma aprendizagem significativa, para que possam compreender a complexidade do ambiente, ao mesmo tempo em que avaliam a tecnologia de forma sistêmica, e assim identificar seus limites e poderes. Remete também para o fato de a educação e a tecnologia serem construídas através de um processo dinâmico que vai além da idéia de preparação adequada de recursos humanos para o preenchimento de vagas e aplicação de técnicas e, por conseguinte, requisita interpretação, reflexão crítica e compreensão do ambiente em que o homem se circunscreve.

Nesse sentido, a reflexão-crítica é citada por Bastos (1991) como indispensável para indicar caminhos e horizontes e sugere a busca por conceitos e conteúdos, não somente de formação profissional como qualificação para o trabalho, mas, principalmente ao encontro da totalidade do homem e de sua capacidade de compreensão do mundo técnico, social, cultural e ambiental. A postura crítica é que situará o indivíduo no seu valor pessoal, experimentada na prática e transmitida conscientemente na sua relação com o trabalho.

Em relação à seleção de metodologias e conteúdos, Bazzo; Linsingen e Pereira (2003) recomendam questionar criticamente O quê trabalhar? Por quê? Como? Para Quem? por serem essas perguntas revestidas de caráter fundamental na elaboração de conteúdos programáticos, e por existirem diferenças essenciais entre ensinar e aprender ciência e tecnologia no seu âmbito mais interno, ou discuti-la de forma contextualizada com suas repercussões políticas e sociais. Essa definição de prioridades torna-se, portanto imprescindível neste enfoque.

Winner (2001) por sua vez, sugere que em função da realidade atual marcada pela crise sócioambiental, deve-se questionar primeiramente, - que tipo de mundo estamos construindo? Pois, apesar da relevância das questões anteriores, essa última tornou-se crucial e pode ser a mais importante de todas.

### **2.1.2 Metodologias CTS e o ensino de engenharia**

As metodologias, para se introduzir a perspectiva CTS no ensino de engenharia, são diversas e podem ser caracterizadas como complemento curricular; como disciplinas optativas, ou ainda, como eixo transversal para matérias técnico-científicas; podendo ser ainda, introduzida como disciplina de pós-graduação. No entanto, a literatura cita três tipos de metodologias,

apresentadas por Bazzo; Linsingen e Pereira (2003, p.148) como experiências empregadas mais conhecidas, a saber:

**1- Enxerto CTS.** Trata-se de introduzir, nas disciplinas de ciências, nos currículos temas CTS, especialmente relacionados com aspectos que levem os estudantes a serem mais conscientes das implicações da ciência e da tecnologia. Exemplos dessa linha de trabalho são os projetos: “*Scienc and Technology in Society (SATIS)*” e “*Harvard Project Physics*”, nos Estados Unidos. O projeto SATIS consiste em pequenas unidades CTS, elaboradas por docentes, que desde 1984 publicaram mais de cem dessas unidades, cuja utilidade principal é complementar os cursos de ciências. Alguns títulos são: o uso da radioatividade, a reciclagem do alumínio, a chuva ácida e o tratamento de resíduos sólidos.

**2- Ciência e tecnologia através de CTS.** Ensina-se mediante a estruturação dos conteúdos das disciplinas de cunho científico e tecnológico, a partir de CTS ou com orientação CTS. Essa estruturação pode ser levada a cabo tanto por disciplinas isoladas como através de cursos multidisciplinares, inclusive por linhas de projetos pedagógicos interdisciplinares. Um exemplo do primeiro caso é o programa holandês conhecido como Projeto de Desenvolvimento Curricular em Física (PLON). Trata-se de um conjunto de unidades em que cada uma torna-se foco de estudo de problemas básicos relacionados com os futuros papéis dos estudantes (como consumidor, como cidadão, como profissional); a partir daí seleciona-se e estrutura-se o conhecimento científico e tecnológico necessário para que o estudante esteja capacitado para entender um artefato, tomar uma decisão ou entender um ponto de vista sobre um problema social relacionado, de algum modo, com a ciência e com a tecnologia.

**3- CTS puro.** Significa ensinar CTS onde o conteúdo científico passa a ter um papel subordinado. Em alguns casos, o conteúdo científico é incluído para enriquecer a explicação dos conteúdos CTS em sentido estrito, em outros as referências aos temas científicos ou tecnológicos são apenas mencionadas, porém não são explicadas. O programa mais representativo de CTS puro é o conhecido como *Studies in a Social Context (SISCON)* na escola. Trata-se de uma adaptação para a educação secundária do programa universitário britânico SISCON (ciência no contexto social). Na educação secundária SISCON é um projeto que usa a história da ciência e da sociologia da ciência e também da tecnologia para mostrar como as questões sociais vinculadas à ciência e à tecnologia foram abordadas no passado, ou como se chegou a situações problemáticas no presente.

Como o interesse deste estudo está focado nas possibilidades das metodologias CTS abrirem espaço para a abordagem da AIT nos cursos de engenharia, privilegia-se aquelas

metodologias com maior capacidade de integração, que geram condições de comunicação entre as disciplinas, favorecendo uma orientação transdisciplinar da dimensão socioambiental.

Assim, no conjunto das descrições, enfatiza-se a adequação do enxerto CTS para abordar a AIT, no curso de engenharia. Nesse sentido, Osorio (2002) descreve como característica marcante dessa metodologia, a possibilidade de levar a reflexões mais amplas sobre os objetos e processos técnicos em sua inserção social, a partir de problemas técnico-científicos relevantes.

Segundo o autor, o enxerto CTS oportuniza o estudo de casos fictícios ou reais, que determinam o desenvolvimento de controvérsias CTS, sendo que uma base epistemológica para essa didática pode ser a metodologia de origem espanhola, conhecida como Avaliação Construtiva de Tecnologias, que toma a vez da tradicional avaliação por Custo/Benefício, em que um projeto acontece se os benefícios forem maiores que os custos, sem levar em consideração outras perspectivas, a não ser a do lucro imediato. Na avaliação construtiva de tecnologias, trata-se de forma mais ampla os interesses dos atores sociais afetados, analisa-se os diferentes efeitos e impactos da tecnologia em estudo, suas conseqüências e possíveis alternativas.

Os alunos, por sua vez, mostram-se motivados a participar desse tipo de proposta, pois a atividade promove a discussão de valores controversos dentro da sociedade e da realidade onde estão inseridos, dinamizando a aula e levando os alunos a refletirem, confrontarem dados, identificarem impactos, benefícios ou interesses escusos, abrindo ao debate, simulando discussões públicas, permitindo a evolução para o posicionamento crítico e em acréscimo à tomada de decisões. Esse tipo de atividade se constitui em um exemplo claro de avaliação construtiva da tecnologia, em função de seu caráter avaliativo e prospectivo.

À guisa de exemplo, sugere-se essa metodologia para tratar de uma unidade curricular ligada à inovação tecnológica. Normalmente, durante o desenvolvimento curricular relacionado ao processo de inovação tecnológica, os alunos recebem base teórica a respeito da gestão da tecnologia voltada para o desenvolvimento da criatividade, visando à solução de problemas tecnológicos e desenvolvimento de produtos. Porém, nenhuma fundamentação é dada, no sentido de levar o aluno a refletir sobre as implicações dessas inovações, que por mais inofensivas que pareçam, poderão estar gerando implicações de várias ordens.

Ainda pode-se relacionar à abordagem CTS algumas atividades didáticas citadas por Bazzo; Linsingen e Pereira (2003), como:

**1-Articulação monográfica:** articula unidades de estudo que envolvem casos familiares aos estudantes com temas CTS;

**2-Seminários participativos:** propõem trabalhos em grupo, em que se aprende a debater e formular opiniões argumentadas sobre temas ou problemas CTS;

**3-Ensaio crítico:** Os estudantes elaboram textos curtos estabelecendo posicionamentos críticos e analíticos sobre temas relacionados à ciência, tecnologia e sociedade;

**4-Ciência ao vivo:** baseia-se em visitas a laboratórios, complexos industriais,..., visando à construção de relações com a atividade científica.

Como o CTS requer a construção coletiva dos temas de estudos e oportuniza o trabalho em grupo, outras metodologias oportunas podem ser utilizadas, pois a discussão coletiva e o consenso levam a uma construção criativa, abrindo espaço para diversificações didático-metodológicas e dão novo contorno ao ensino, ao adaptar-se às necessidades temáticas que as diferentes disciplinas requerem, sem desvincular-se do contexto histórico e da realidade a que estão circunscritas.

É em confluência com esse enfoque, que os pressupostos freirianos serão destacados mais à frente, no Capítulo 4 – tendo como eixo norteador os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV, 2001; 2002a; 2008) para a determinação de temas relevantes para a engenharia que em consonância com questões ligadas aos aspectos didáticos a que as metodologias CTS estão circunscritas, como as que se referem à preparação dos professores e propiciam bases teóricas para a aplicação prática do enfoque CTS, como sugerido por Bazzo; Linsingen e Pereira (2003) quando diz que é importante entender que o objetivo geral do professor é a promoção de uma atitude criativa, crítica e ilustrada, na perspectiva de construir coletivamente a aula e em geral os espaços de aprendizagem. Em tal "construção coletiva" trata-se, mais que manejar informações, de articular conhecimentos, argumentos e contra-argumentos, baseados em problemas compartilhados, nesse caso relacionados com as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico.

A questão que surge, diante dessas orientações, diz respeito à formação de professores e professoras, como estarão preparados para tal desempenho?

#### 2.1.2.1 Implicações para a Formação de Professores

A necessidade de uma formação adequada dos professores é um dos fatores fundamentais para se alcançar um ensino que leve à compreensão da C e da T como parte importante da formação científico-tecnológica cidadã (MANASSERO; ACEVEDO, J., 2001).

No entanto, se os professores possuem crenças CTS inadequadas, parece óbvia a necessidade de uma formação específica na educação CTS. Alonso, Acevedo, J. e Manassero

(1998) e os resultados do estudo em questão colocam em evidência a debilidade da preparação dos professores nesse campo, sugerindo severamente a implicação mais direta de sua formação nos aspectos básicos: formação específica em temas CTS e preparação pedagógica para educar em atitudes e valores.

Segundo os autores, essas questões tem sido tratadas em trabalhos anteriores (ACEVEDO, J. 2006; VÁSQUEZ, ACEVEDO, J.; MANASSERO, 2002; ACEVEDO, J.; MANASSERO; VAZQUEZ, 2002; VÁSQUEZ *et al.*, 2001), dos quais se pode sintetizar as seguintes propostas:

\* Os conteúdos CTS devem contribuir a uma aprendizagem mais autêntica em C e T, necessária para formar cidadãos interessados na C e T. Portanto devem estar presentes em todos os níveis do sistema educativo, ainda que adaptados às idades, capacidades e especialidades de estudo dos alunos;

\* Alguns conteúdos importantes para a formação CTS dos professores são os seguintes: natureza da ciência e da tecnologia, epistemologia da ciência, características dos cientistas, engenheiros e tecnólogos, controle social da C e da T; análise de risco, comunicação da C e da T na sociedade da informação e cultura científica e tecnológica, etc.

\* A formação docente nesses temas tem que se apoiar expressamente em uma cultura científica e tecnológica contextualizada, aberta também a outros saberes como a história, filosofia e sociologia da ciência, que constituem boa parte dos fundamentos CTS;

\* Devem propor objetivos relativamente modestos porém eficazes. Não se trata, pois de formar historiadores, filósofos ou sociólogos da C, mas de ajudar a compreender melhor como funciona a C e a T no mundo atual, suas grandezas e misérias, suas possibilidades e limitações;

\* A formação deve ser sempre explícita, oportunizando condições suficientes para refletir sobre essas questões, porque um tratamento exclusivamente implícito dos diversos conteúdos não permite conseguir a preparação adequada.

\* Há que se evitar cair no doutrinamento, isto é, na adesão de uma posição epistemológica particular. Pelo contrário, deve-se mostrar diversas perspectivas para chegar a melhor compreendê-las, valorizar-lhes criticamente;

\* É imprescindível, assegurar a transferência da formação recebida para a aula, pois, adquiri-la não garantirá sua prática.

Porém, como citado por Furió<sup>36</sup> (1994 apud Auler 2002), do mesmo modo como ocorre com os alunos, os conhecimentos prévios dos professores podem servir de obstáculo à

---

<sup>36</sup> FURIÓ, M. C. J. Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n.2, p.188-199, 1994.

construção de conhecimentos científicos, em função de suas concepções prévias, idéias e atitudes a respeito da ciência e [da tecnologia] e de seu ensino.

Cabe nesse caso, lembrar que é necessário preocupar-se em realizar uma contextualização dos conhecimentos provenientes da cultura elaborada (nesse caso específico, a cultura da ciência e da tecnologia) integrando-os à realidade do educando. Nesse sentido, Auler (1998, p. 3) comenta que o enfoque CTS “permite compreender problemas relacionados ao contexto do aluno” [seja ele discente ou docente] de modo que “a aprendizagem é ‘facilitada’ porque o conteúdo está situado no contexto de questões familiares e relacionado com experiências extra-escolares dos alunos”.

O autor destaca, também, que a educação precisa ter como objetivo primeiro a conscientização, isto é, que, antes de tudo, provoque uma atitude crítica de reflexão que comprometa a ação.

Desse modo, importa oferecer aos docentes, oportunidade de renovar-se, rever seus conceitos, reavaliar seus métodos, refletir sobre suas concepções, em busca de uma prática docente crítica-reflexiva, de forma a tornar os alunos, não um depósito de conhecimentos estanques, mas sujeitos da própria aprendizagem, capazes de intervir no mundo, pois segundo Freire (1996, p.43):

A prática docente crítica, implicante do pensar certo, envolve o movimento dinâmico, dialético, entre o fazer e o pensar sobre o fazer. O saber que a prática docente espontânea ou quase espontânea, ‘desarmada’, indiscutivelmente produz é um saber ingênuo, um saber de experiência feito, a que falta a rigorosidade metódica que caracteriza a curiosidade epistemológica do sujeito.

E por fim, como foi evidenciado por Manassero; Vázquez; Acevedo, J. (2001), a relação entre as concepções dos professores sobre CTS e as práticas de aula são muito complexas e estão mediadas por múltiplas variáveis, como: a pressão para acabar o programa, os princípios organizativos e de direção de classe, a motivação e a capacidade dos estudantes, as limitações estruturais, a experiência dos professores, sua insegurança e incômodo frente aos temas CTS e a falta de recurso para ensiná-los e avaliá-los (HOFSTEIN; AIKENHEAD; RIQRITS <sup>37</sup> 1988 apud MANASSERO; VÁZQUEZ e ACEVEDO, J., 2001).

Apesar disso, alguns caminhos estão disponíveis, para que professores e professoras possam ir se habituando, pesquisando e capacitando sobre questões CTS. Destaca-se aqui, algumas entre várias dessas opções como o trabalho realizado pela Organização dos Estados

<sup>37</sup> HOFSTEIN, A. AIKENHEAD, G.; RIQRITS K. Discussions over STS at the fourth IOSTE Symposium. *International Journal of Science Education*, v.10 n.4, p. 357-366, 1988.

Iberoamericanos - OEI<sup>38</sup> –, que disponibiliza uma literatura extensa e diversificada tanto na área de educação CTS, como nas suas interações com ambiente, inovação, gênero, entre outros. Permite também acesso a revistas eletrônicas, sala de leitura, com apresentação de artigos, resenhas e monográficos ligados ao campo CTS, possui ainda um campus virtual, cuja plataforma interativa permite a realização de cursos a distância.

No caso brasileiro, destaco as ações do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET<sup>39</sup>) do Centro Tecnológico – CTC da UFSC - núcleo formado por indivíduos que se propõem a desenvolver estudos, pesquisas e reflexões que possam colaborar com um melhor entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e a educação tecnológica.

O NEPET é coordenado atualmente pelo Prof. Dr. Walter Antônio Bazzo da Engenharia Mecânica, CTC – UFSC e busca agregar pessoas interessadas em refletir questões que possibilitem repensar os processos de ensino, de aprendizagem e, de forma mais ampla, de educação tecnológica.

Dentre seus objetivos gerais estão:

1. Propiciar um fórum permanente de debates acerca de questões relacionadas à educação tecnológica;
2. Elaborar e divulgar materiais didáticos e de pesquisa;
3. Manter intercâmbios entre pesquisadores, pensadores e professores de áreas afins com a tecnologia;
4. Ministrando cursos de formação de professores de engenharia;
5. Incentivar a participação de professores de engenharia em eventos na área de ensino.

Suas áreas de interesse são:

1. Educação Tecnológica: aspectos de ordem técnica, cognitiva, instrucional ou metodológica, relacionados com a educação tecnológica, em seus diversos níveis de abrangência, com ênfase especial para o ensino universitário.
2. Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS: implicações sociais da ciência e da tecnologia na educação, com ênfase nos aspectos que incidem mais diretamente na disseminação e no aproveitamento desses saberes de forma mais igualitária entre os indivíduos.
3. História da Ciência e da Tecnologia: não só recuperação da historiografia dos acontecimentos científicos e tecnológicos mas, acima de tudo, afirmação da história das idéias

---

<sup>38</sup> Para maiores informações sobre a OEI, consulte a página: [www.campus-oei.org](http://www.campus-oei.org)

<sup>39</sup> Para saber mais sobre o NEPET consulte <http://srv.emc.ufsc.br/nepet/>

como fator importante para um aprendizado mais transformador, visando a uma participação social mais consciente.

4. Metodologia Científico-Tecnológica: discussão crítica dos métodos de trabalho dos estudantes da área tecnológica, seus procedimentos de trabalho e suas possíveis implicações na aprendizagem.

5. Epistemologia da Tecnologia: reflexões a respeito da constituição do conhecimento e das implicações destas perspectivas epistemológicas na aprendizagem e na atuação profissional perante a sociedade.

Somando-se a isso, Bazzo, Pereira e Linsingen (2003c) explicitam a criação e implantação de uma disciplina com abordagens CTS para os cursos de graduação em engenharia. Sendo que essa proposta surge como resposta às várias transformações exigidas nas formas de pensar e de agir no ensino tecnológico, tendo como motivação as mudanças radicais ocorridas na sociedade, na ciência e na tecnologia nas últimas décadas.

A disciplina denominada Tecnologia e Desenvolvimento inicialmente foi optativa, mas a partir de 2003, com a grade nova, passou a ser ofertada como disciplina eletiva e um dos resultados qualitativos mais evidentes dessa iniciativa podem ser percebidos em mais de duas dezenas de artigos científicos apresentados em eventos da área como o Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE<sup>40</sup>.

Bazzo; Linsingen e Pereira (2003b) explicitam que se tornou fundamental contextualizar os saberes técnicos ensinados, buscando ampliar uma visão social e humanística da técnica. Apresentam um referencial para abordagens didáticas CTS, um programa disciplinar básico, contemplando ementa, conteúdo geral, procedimentos didáticos, sistema de avaliação, bibliografia recomendada e os objetivos que se propõem para uma disciplina com esses enfoques. Comentários e sugestões relativos à ação do professor e quanto às formas de participação dos alunos.

---

<sup>40</sup> A título de exemplos cita-se:

1- SCHAPPO, C. W.; ROSSI, L.; BAZZO, W. A. Transporte hidroviário brasileiro; um problema para o ensino de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 36., 2008, São Paulo. [Anais...] São Paulo: ABENGE, 2008. quais páginas?

2-FRANKE, G., ARENHART, F.A., BAZZO, W.A., PEREIRA, L.T.V. Efeito estufa e o aquecimento global: uma análise voltada ao ensino de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2004, Brasília. [Anais...]. Brasília, São Paulo: UnB; ABENGE, 2004.

3-RODRIGUES, A.A., PÖTTKER, G., PEREIRA, L.T.V., BAZZO, W.A. A problemática da água no contexto da educação tecnológica: uma visão dos estudantes de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2004, Brasília. [Anais...]. Brasília, São Paulo: UnB; ABENGE, 2004.

4-MELO NETO, F.F., MADRUGA, G., BAZZO, W.A., PEREIRA, L.T.V. A guerra, a tecnologia e os engenheiros: repensando o modelo de desenvolvimento tecnológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31., 2003, Rio de Janeiro. [Anais...] Rio de Janeiro: COBENGE, 2003. v. 1. p. 01-10.

Assim, os docentes interessados podem buscar informações e caminhos para um aprofundamento teórico na área, bem como confirmar os resultados alcançados em inúmeras experiências que podem demonstrar as inegáveis contribuições do enfoque CTS.

### 2.1.3 Contribuições do enfoque CTS

Inicialmente serão apresentadas contribuições gerais, que a inserção do enfoque CTS pode proporcionar aos cursos de engenharia, como: a superação da abordagem estritamente disciplinar e conteudista; a flexibilização dos conteúdos curriculares, que permite um enfoque mais atualizado das disciplinas técnico-científicas; maior motivação e interesse por parte dos alunos em estudar e buscar fundamentos ligados à ciência e à tecnologia e a contextualizá-los com os problemas atuais do setor produtivo; renovação pedagógica, já que os professores envolvidos deverão estar preparados e adequadamente dispostos para fornecer ambiente favorável ao estudo CTS. A mudança docente desencadeará também um processo de maior efetividade na prática discente, maior capacidade reflexiva e, por conseguinte, um novo proceder, desejável ao perfil do engenheiro cidadão.

Nessa perspectiva, pode-se relacionar **ganhos organizacionais**, em decorrência de um novo proceder pedagógico, que exige flexibilização curricular, planejamento, atualização científica, entre outros, resultando em aumento da qualidade das aulas e do corpo docente. **Ganhos cognitivos**, decorrentes da aprendizagem significativa que se instala a partir da busca por soluções de problemas, interação com outras disciplinas de áreas distintas do saber, favorecendo o pensamento complexo, prospecção e proposições de soluções alternativas. **Ganhos comportamentais**, promovidos pela avaliação construtiva da tecnologia em seu contexto social, estimulada por simulações reais ou fictícias, estudos de caso que ultrapassam os limites da sala de aula e colaboram para a formação de visões de mundo globalizantes e determinam decisões mais conscientes e responsáveis.

Acevedo, J. (2002) corrobora com essas afirmações ao dizer que a perspectiva CTS permite ir além do mero conhecimento acadêmico da ciência e da tecnologia, dando espaço aos problemas sociais relacionados com o científico e o tecnológico, contribuindo assim, para a construção de atitudes, valores e normas de conduta e para a formação de cidadãos com base para atuar, responsabilmente, na sociedade.

Da confluência das contribuições acima enumeradas, emerge um espaço educativo positivo e sutil, caracterizado pela possibilidade da ação-reflexão-ação e da intervenção, espaço este apropriado à abordagem ambiental, que se efetiva a partir da conexão com outras esferas

(social, política, econômica, histórica e cultural). Decorre então, que metodologias CTS oportunizam o desenvolvimento de percepções mais complexas da realidade e visões de mundo mais integradas, adequadas ao entendimento de como as questões ambientais se inserem, interagem e derivam de modelos tecnocientíficos.

Alguns resultados do estudo apresentado por Carletto (1999), confirmam que alunos envolvidos com atividades integradoras, empenhados no exercício da reflexão crítica, da problematização e do levantamento de soluções, que em conjunto exigem a conexão com várias áreas do conhecimento, desenvolvem mais facilmente uma autonomia intelectual, força reivindicatória e legitimação para interferir nos espaços públicos. Sabe-se que esta é uma conquista gradativa, que se concretizará na medida em que se estabelecerem relações entre os conteúdos curriculares e problemas de causa e efeito vinculados ao sistema social humano, o que qualifica o enfoque CTS como via segura de acesso para abordagem da AIT na educação profissional e tecnológica.

Tendo isso em conta, passo a abordar a partir desse ponto, as relações que se estabelecem entre a educação em engenharia e as concepções ligadas à C e à T, que de forma direta ou indireta participam do elenco de saberes necessários ao desenvolvimento de novas tecnologias.

## 2.2 ELEMENTOS PARA UMA VISÃO CRÍTICA DE TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Para Sanmartín e Hronszky (1994, p. 33) os estudos das relações entre C&T “se constituem em âmbitos de reflexão diferenciados, mas convergentes, que em conjunto podem contribuir para a construção de um conceito de [ciência e] de tecnologia, mais realista e contextualizado”.

Visto dessa perspectiva, percebe-se que o trabalho de problematização e contextualização de seus significados, além de estimular, como aconselhado por Acevedo, J. et al. (2005), a reflexão de professores e alunos sobre os impactos que as C e T exercem na sociedade, oportunizará que se avance no sentido de desmistificar as utopias ligadas ao desenvolvimento tecnológico.

Nesse sentido, em confluência com os trabalhos apresentados por Acevedo, J. et al. (2005, Acevedo, J. (2007) e Auler (2002), a respeito das crenças sobre a tecnologia e suas interações com a ciência e a sociedade, buscou-se fundamentos que possam levar a uma

compreensão mais crítica acerca da C&T e relacionar as visões distorcidas com suas influências no processo de tomada de decisões no desenvolvimento de artefatos tecnológicos.

### 2.2.1 As relações entre ciência e tecnologia

Parafraseando Maiztegui *et al.* (2002), creio ser necessário proceder a uma reflexão em torno do papel da tecnologia, uma vez que seria incongruente seguir insistindo na incorporação das relações CTS, como dimensão básica da Educação Científica, sem que se tenha apresentado quais são as relações ciência (C) – tecnologia (T). Isso leva a crer que C e T são concebidas como algo claro, que não precisa maior atenção. Porém, é válido suspeitar, que o que se aceita como obvio, pode se constituir em um obstáculo fundamental para uma adequada compreensão dos campos implicados (ACEVEDO, J. 2005; GONZÁLEZ *et al.*, 2002; MANASSERO; VÁZQUEZ; ACEVEDO, J., 2001), neste caso a Educação Científica e Tecnológica.

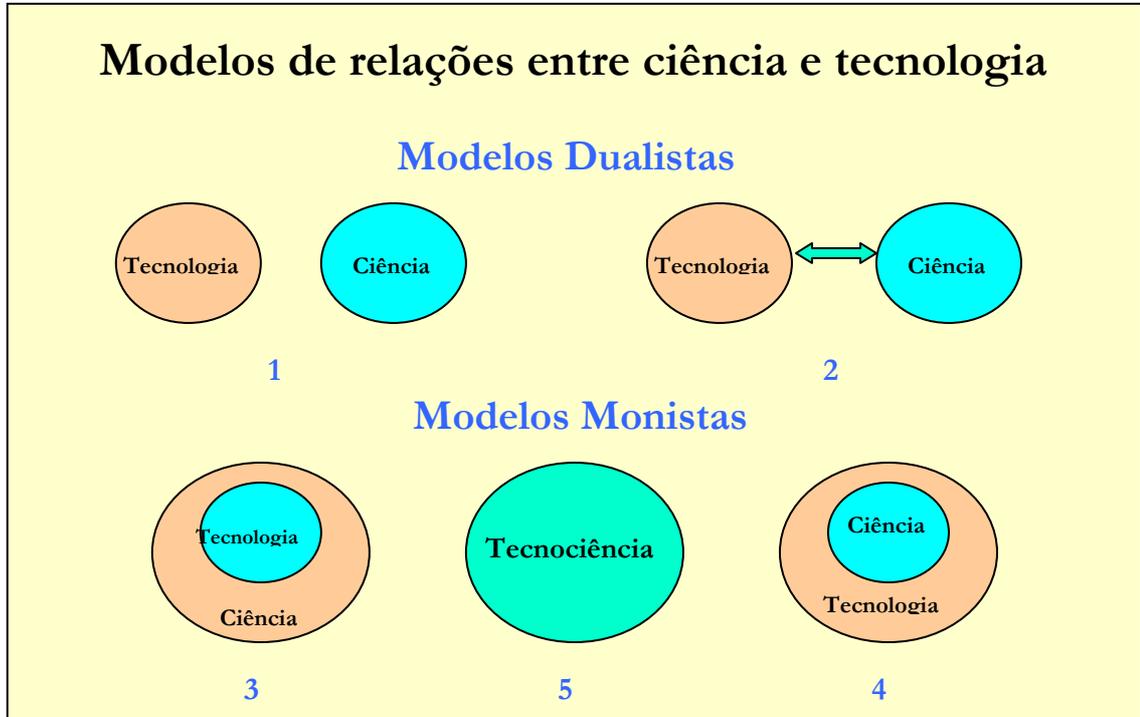
É comum encontrarmos na literatura, a afirmação de que a percepção dominante de tecnologia, a coloca como ciência aplicada. Isso também pode ser percebido, nas análises de textos escolares realizadas por Solbes e Vilches (1998) em escolas espanholas, que costumam limitar o tratamento da tecnologia, pela simples inclusão de algumas aplicações de conhecimentos científicos (SOLBES e VILCHES, 1998).

Maiztegui *et al.* justificam o predomínio dessa visão, baseados no fato de que, tradicionalmente, a tecnologia tem sido compreendida como uma atividade de menor status que a ciência ‘pura’ (ACEVEDO, J., 2006; GONZÁLEZ GARCÍA, LÓPEZ CERESO; LUJÁN, 1996; CAJAS, 1999), pois até bem pouco tempo, seu estudo era dirigido, quase que exclusivamente, à educação profissional, cujos estudantes procediam de classes sociais menos favorecidas e com menor rendimento escolar. Situação que corresponde ao predomínio social do trabalho intelectual sobre as atividades manuais relacionadas às técnicas (MEDINA, 1989).

Em continuidade, esclarece que, por muito tempo, ocorreu desenvolvimento técnico sem relação com a ciência, cujas estratégias e construtos apresentam uma gênese recente na história da humanidade, situada entre meados do século XVI e finais do século XVIII. Isso permite começar a romper com a idéia comum da tecnologia como subproduto da ciência, como aplicação do conhecimento científico.

Diante desse quadro, torna-se interessante identificar como se dão as relações presentes entre C e T. Para tanto, recorre-se a Acevedo, J. (2006) que utiliza cinco modelos propostos por

Niiniluoto<sup>41</sup> (1997) (Figura 2) para apresentar as complexas relações ontológicas e causais, presentes entre ciência e tecnologia, como caracterizado na figura 2.



**Figura 2** Modelos de Relações entre Ciência e Tecnologia  
 Fonte: Niiniluoto (1997 apud Acevedo, J., 2006)

Segundo Acevedo, J. (2006) os dois primeiros modelos são dualistas, porque aceitam a independência ontológica entre a ciência e a tecnologia, porém o primeiro deles defende (1) a independência causal (não há interação entre ciência e tecnologia ou, se houver, é fraca). Acevedo, J. (2006) contextualiza dizendo que, na antiga Grécia clássica, a maioria dos filósofos da natureza se ocupavam de uma ciência teórica (*episteme*) sem uma técnica empírica (*techne*) - Arquimedes foi uma brilhante exceção, - C e T eram, pois, ontológica e causalmente independentes. Nesse sentido, pode-se dizer que na Antiguidade, os artefatos tecnológicos eram desenvolvidos sem o apoio do conhecimento científico, mas por um processo de ensaio-erro, embalado pela criatividade humana.

O segundo modelo defendido pelo autor (2) representa uma relação causal entre C e T (em geral privilegiando mais a que vai na direção da ciência para a tecnologia). Ainda que a ciência e a tecnologia sejam entidades independentes, as conexões entre ambas – defendida na

<sup>41</sup> NIINILUOTO, I. **Ciencia frente a tecnologia: ¿diferencia o identidad?** Local: Arbor, 1997. p.285-299

tese desse modelo – sofreu um rápido aumento desde o século XIX (SÁNCHEZ-RON<sup>42</sup>, 2004; ZIMAN<sup>43</sup>, 1976 apud ACEVEDO, J., 2006). Entretanto, há certa tendência a mostrar tal interação com um viés exagerado favorável ao sentido que vai da C para a T em detrimento do oposto.

Os outros três modelos defendem pontos de vistas monistas, como: (3) a tecnologia se subordina à ciência e pode reduzir-se a ela; trata-se de uma percepção de superioridade ontológica da ciência sobre a tecnologia e que provem da concepção padrão da filosofia positivista, que considera a tecnologia como ciência aplicada (visão idealista da tecnologia).

A afirmação de que a T não é mais que a aplicação da C, equivale a proclamar que o desenvolvimento tecnológico depende hierarquicamente da investigação científica, isto é, que o conhecimento prático se subordina ao teórico (SANMARTÍN, 1992). Esta forma de entender a relação da T com a C deriva de um modelo de investigação e desenvolvimento (I+D) que tem dominado as políticas públicas de C e T, durante grande parte do século XX (GARCÍA-PALACIOS *et al.*, 2001). Essa tese entra em sério conflito com o fato histórico de que a T como ação transformadora, é muitíssimo mais antiga que a C (GARDNER, 1997; IHDE, 1979, 1983). A habilidade técnica sempre representou uma grande vantagem na evolução humana, enquanto a capacidade da C teve menos importância.

Em (4), a ciência se subordina à tecnologia e pode reduzir-se a ela; ou seja, apresenta-se com uma dependência ontológica da tecnologia (imagem instrumental da ciência ou ainda, como uma forma intensificada de tecnologia);

E, em (5) a ciência e a tecnologia são a mesma coisa (tecnociência pós-moderna), isto é, não se diferenciam ontologicamente, já que há identidade entre ambas. Posto que o nascimento e desenvolvimento da T e da C estão excessivamente distanciados no tempo, a identidade ontológica entre ambas é impossível em suas origens. Porém há uma tese que sustenta que a intensificação das relações entre C e T através dos tempos tem conduzido a sua fusão denominada por tecnociência na contemporaneidade (NIINILUOTO, 1997). Este termo pos-moderno foi introduzido por Latour (1997, p. 29) para seu uso na metodologia dos estudos sociais sobre C e T, e hoje se encontra muito difundido em outros âmbitos.

De maneira geral, pode-se dizer que a tecnociência (o complexo sistema científico-tecnológico) designa o conjunto de atividades de investigação, desenvolvimento e inovação

---

<sup>42</sup> SÁNCHEZ-RON, J.M. Imagen pública e intereses privados. In: RUBIA VILA, F. J.; FUENTES, I. ; CASADO, S. (Coords.): **Percepción social de la ciencia**, Madrid: Academia Europea de Ciencias y Artes/UNED Ediciones. 2004. p.97-113

Disponível em: [http://www.academia-europea.org/pdf/percepcion\\_social\\_de\\_la\\_ciencia.pdf](http://www.academia-europea.org/pdf/percepcion_social_de_la_ciencia.pdf)

<sup>43</sup> ZIMAN, ZIMAN, J. The force of knowledge: the scientific dimension of society. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. La fuerza del conocimiento: la dimensión científica de la sociedad. Madrid: Alianza, 1976.

(I+D+I) em que a C e a T estão profundamente imbricadas e se reforçam entre si para conseguir benefícios mútuos, tanto em seus procedimentos como em seus resultados.

Um exemplo do tratamento conjunto da C e T é citado por Linsingen (2004) quando faz referência à rede de atores de Latour e Callon, segundo a qual:

a ciência não consiste em pura teoria, nem a tecnologia em pura aplicação, senão que ambas, fundidas no termo tecnociência (como algo vivo e distinto de nossa percepção oficial sobre elas (C e T), consistem de redes de cujos nós também fazem parte todo tipo de instrumentos relevantes. Os produtos da atividade científica, as teorias, não podem portanto, continuar sendo separados dos instrumentos que participarão de sua elaboração (GONZÁLEZ GARCIA; LÓPEZ CERREZO; LUJÁN *et al.*, 1996, p. 87).

Quando se aplicam estes modelos para analisar como têm ocorrido as relações entre C e T, fica fácil perceber que as relações têm mudado e se reproduzido com diferentes graus de intensidade (Acevedo, J. *et al.*, 2003; Solbes e Vilches, 2004), influenciando nas percepções de cada época.

### 2.2.2 Reflexões sobre a tecnologia, inovação e sustentabilidade

Estando a tecnologia no centro das atividades desenvolvidas pela engenharia, e o engenheiro sendo formado para desenvolver novas tecnologias, importa abrir espaço para uma discussão mais ampla sobre a abordagem da tecnologia na educação em engenharia.

Segundo INSTITUTO EUVALDO LODI (2006) engenharia e tecnologia são dois conceitos indissociáveis, o que justifica a necessidade de se prestar muito mais atenção à tecnologia na educação científica e tecnológica (CAJAS, 1999; MAIZTEGUI *et al.*, 2002; ACEVEDO, J. *et al.*, 2005), do que tem sido feito até hoje.

Segundo Pacey (1990, p. 279) “a maior importância, para a conformação da tecnologia futura é a sugestão de que o conceito mesmo de tecnologia tem que ser revisado”. Para o autor, engenheiros e tecnólogos deverão ser educados para que concebam seus trabalhos de maneira diferente e entendam a tecnologia de maneira distinta. Algumas pessoas têm reconhecido o problema e já circulam algumas idéias pertinentes, geralmente sob a bandeira da tecnologia adequada. Porém a discussão tem sido, em sua maior parte, incoerente e até retórica, porque para superar essa etapa e começar a explorar novos estilos de tecnologia ocidental, necessita-se avançar fundo no questionamento das idéias sobre a tecnologia. Como por exemplo: trata-se basicamente de fazer coisas? De ocupar-se na administração dos processos naturais de crescimento e declínio nos quais estamos implicados? Posto que é indispensável na engenharia, o

equilíbrio entre a construção e a manutenção, como na medicina entre a cura e a prevenção. Onde deverá fixar-se o ponto de equilíbrio? Como deverá ser utilizado o conceito de prática tecnológica, com suas idéias de interação das inovações técnicas e organizativas?

Este é um ponto que deveria ser óbvio, na opinião de López Cerezo e Valenti (2005), uma vez que a educação tecnológica de hoje deve ser compatível com a realidade da tecnologia do mundo atual. Por isso, consideram que é muito importante que se trabalhe no plano educativo, no sentido de transmitir uma imagem condizente da natureza da tecnologia. Visão da qual compartilho e que me guia neste trabalho.

Os autores chamam a atenção para o fato de que à moda de Wiebe Bijker ou Thomas Hughes, numerosas vozes da literatura especializada estão a reclamar uma compreensão não reducionista da natureza da tecnologia. Portanto, esta não pode seguir sendo entendida de um modo intelectualista ou artefactual, ou seja, unicamente como um corpo de conhecimento científico aplicado ou como uma coleção de artefatos e processos técnicos.

De modo que, para López Cerezo e Valenti (2005),

a tecnologia não é uma coleção de idéias ou de máquinas sujeitas a uma evolução própria, que se expresse nos termos objetivos do incremento da eficiência. Toda tecnologia é o que é em virtude de um contexto social determinado, um contexto que inclui produtores, usuários, afetados, interessados, etc. É nesse contexto que se define o eficiente e o ineficiente em virtude de objetivos, que em última instância, respondem a valores não técnicos [!]. (tradução minha)<sup>44</sup>

Segundo os autores, alguns exemplos tornam-se oportunos, como é o caso das bombas manuais de água que não dependem apenas das características técnicas do artefato para funcionar bem ou mal, mas também do uso que se faça da mesma num determinado contexto social, como assinalado por Pacey (1990) em sua obra *La Cultura de la tecnologia*.

Nesse caso, uma grande quantidade de bombas falharam, nos anos 60 em aldeias da Índia, quase um terço das 150 mil instaladas, devido não só a defeitos estruturais dos artefatos, mas principalmente à omissão das condições locais de uso por parte dos responsáveis técnicos do projeto. Além de ser um problema de engenharia, o desenvolvimento e instalação de um artefato é um problema cultural e administrativo. Na opinião de López Cerezo e Valenti (2005) essa desconsideração dos aspectos não técnicos dos artefatos tecnológicos é o que tem levado ao

<sup>44</sup> Traduzido de: La tecnología no es una colección de ideas o de máquinas sujetas a una evolución propia, que se exprese en los términos objetivos del incremento de eficiencia. Toda tecnología es lo que es en virtud de un contexto social definitorio, un contexto que incluye productores, usuarios, afectados, interesado, etc. Es en ese contexto donde se define lo eficiente o ineficiente en virtud de unos objetivos que, en última instancia, responden a valores no técnicos.

fracasso de numerosos projetos de transferência de tecnologias. Como no caso da intenção de controlar a natalidade em Bangladesh através da doação e distribuição de DIU<sup>45</sup>, quando só se conseguiu controlar a natalidade à custa de acabar com a vida de muitas mulheres que os usaram sem uma cultura sanitária apropriada.

Estes dois exemplos são suficientes para ilustrar a importância da dimensão social da tecnologia que requer maior atenção na organização curricular do seu ensino e aos objetivos inter-relacionados com a educação tecnológica e que definem o novo papel da tecnologia na sociedade atual.

Corroborando a questão, pode-se contar com Fourez (2003, p.10) quando diz que “a construção de uma tecnologia implica em considerações sociais, econômicas e culturais que vai muito além de uma aplicação das ciências”. Explica que é a compreensão das implicações sociais, na construção de tecnologias que torna possível um estudo crítico das mesmas. E, defende que a formação para a negociação com as tecnologias vai tornar os alunos capazes de analisar seus efeitos organizacionais.

Para Acevedo, J. (2001) há que se levar em conta que os conceitos que se tenham de tecnologia condicionam as finalidades e objetivos de seu ensino, orientando desta maneira o próprio desenho do currículo. Coloca que existem duas formas de entender a tecnologia. A aceção mais comum, e ao mesmo tempo mais restrita conceitualmente é a que se baseia somente nos aspectos mais ligados à engenharia, isto é, nas capacidades e destrezas para realizar as tarefas produtivas e nos artefatos elaborados. Enquanto um significado mais amplo da tecnologia, que permita situá-la em seu contexto social, supõe levar em contas as questões sociotecnológicas (ACEVEDO, G.; 1998), derivadas de suas dimensões organizativas e culturais (PACEY, 1990).

De acordo com Chércoles (2007), novos caminhos de reflexão se abrem frente à tecnologia, e pretendem integrar aspectos organizativos, práticos, valorativos, para juntos superar a idéia de ciência aplicada. O autor afirma que o entendimento de tecnologia como ciência aplicada é uma concepção mitificada, que denomina de concepção padrão da tecnologia, fortemente afiançada, mas que deve ser substituída por uma mais complexa e mais ajustada à realidade contemporânea.

Enquanto para González García, López Cerezo e Luján (1996 apud Chércoles, 2007), existem, em geral, duas imagens de tecnologia convencionalmente aceitas tanto em nível popular como em âmbitos técnicos: a **imagem cognitiva ou intelectual**, para quem as tecnologias são

---

<sup>45</sup> DIU – dispositivo intra-uterino.

ciências aplicadas à resolução de problemas práticos e a imagem, segundo a qual, as tecnologias se identificam com os artefatos que geram, **imagem instrumental ou artefactual**.

Esta forma descontextualizada de entender a tecnologia, na compreensão dos autores, é que permite mantê-la distanciada de avaliação e de crítica: se as teorias científicas são valorativamente neutras não têm sentido exigir responsabilidade de sua aplicação na forma de tecnologias. Igualmente neutros serão os artefatos se a tecnologia for reduzida a isso, chegando à já conhecida crença de que a tecnologia não é boa nem má, mas que simplesmente gera produtos que podem ser usados ou não adequadamente.

Pode-se então citar aqui algumas das questões tratadas por Auler (2002, p. 78) a respeito da não neutralidade da CT, analisada a partir de quatro dimensões independentes, a saber:

1. O direcionamento dado à atividade científico-tecnológica (processo) resulta de decisões políticas;
2. A apropriação do conhecimento científico-tecnológico (produto) não ocorre de forma eqüitativa. É o sistema político que define sua utilização;
3. O conhecimento científico produzido (produto) não é resultado apenas dos tradicionais fatores epistêmicos: lógica + experiência; e,
4. O aparato ou produto tecnológico incorpora, materializa interesses, desejos de sociedades ou de grupos sociais hegemônicos.

Bernal<sup>46</sup> (1969 apud Auler 2002) justifica que as direções dadas aos problemas que são objetos de investigação se encontram relacionadas basicamente com os interesses da classe dominante, de modo a propiciar a conjectura de que se os problemas, interesses e necessidades de outros segmentos sociais fossem objeto de investigação, outras trajetórias de inovação seriam ativas, podendo resultar em diferentes configurações sociais.

Isso pode ser medido também, pelo direcionamento intencional dado pelas empresas de fomento e instituições de pesquisa em seus editais, com privilégio de verbas para determinadas áreas, enquanto outras ficam em descoberto, direcionando assim o desenvolvimento de pesquisa em áreas pré-definidas. Esse direcionamento decorre hoje, em grande parte da prospecção tecnológica realizada por equipes de especialistas, contratadas pelo governo que estudam quais seriam as tecnologias mais adequadas, receptivas e necessárias para o desenvolvimento dos países nos próximos anos (HAVAS, 2005), atividade esta vinculada à tecnocracia.

É assim, que segundo Todt (2002), na visão da tecnologia neutra, esta se desenvolve segundo um processo mais ou menos linear, de forma mais ou menos autônoma com respeito à sociedade, sempre para uma maior eficiência. As decisões resultam da aplicação estrita da racionalidade técnica, seguindo critérios como a maior eficiência. A compreensão destes processos é acessível somente a especialistas, que possuem suficiente conhecimento especializado

<sup>46</sup> BERNAL, J. D. **Ciência na História**. Lisboa: Livros Horizonte, 1969. v.7

para tomar as decisões e, que passam a gerenciar a tecnologia com base em decisões racionais. Para o autor, a visão da tecnologia neutra e a gestão tecnocrática levam a resultados conflitivos e criam atores sociais que tentam impor-se sobre outros.

Na opinião de Gordillo e Galbarte (2002), a concepção de neutralidade da C e da T é capaz de resumir ou envolver todos os outros temas relacionados às opiniões à respeito da atividade científica e tecnológica. Uma aproximação dessa idéia pode ser encontrada em Auler (2002), quando afirma que as construções historicamente realizadas sobre a atividade científico-tecnológica originam o que denominou de mitos. Destaca em seu trabalho três dessas construções: superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da C e da T e o determinismo tecnológico. De acordo com o autor, esses mitos podem ser entendidos como manifestações originadas direta ou indiretamente, da concepção de neutralidade da CT, fortalecida pelo modelo linear de desenvolvimento.

No que diz respeito ao determinismo tecnológico, apesar de não se poder negar que a tecnologia condiciona o tipo de sociedade que se tem e contribui para configurar as formas específicas da vida moderna, isso não significa que a mudança de nossas formas de vida está irreversivelmente determinada pela lógica inevitável do desenvolvimento tecnológico. Para González Garcia, López Cerezo e Luján (1996) isso seria coisificar a tecnologia, descontextualizá-la e ignorar as redes de interesses e intervenções sociais que definem por esta ou aquela tecnologia.

A crítica mais evidente, que se pode fazer a esses tipos de mitos ligados à compreensão do que seja tecnologia, é colocada pelos autores, como uma estreita concepção do que realmente é a tecnologia. No entanto, se a tecnologia for entendida não só como resultado, mas também como processo que inclui fatores sociais, psicológicos, econômicos, políticos e ambientais, em que os valores e interesses humanos estão sempre presentes, a tese de uma tecnologia autônoma perde sua base.

### **2.2.3 Inovação tecnológica**

Somando-se à contextualização sobre inovação tecnológica realizada no Capítulo 1, considerarei pertinente, acrescentar essa breve reflexão, que expõe a ótica economicista em confluência com os pensamentos contemporâneos de Winner (2001) e da Teoria Crítica da Inovação (FEENBERG, 1991; DAGNINO, 2004 e DAGNINO, 2008)

De acordo com Winner (2001, p. 202) a palavra Inovação deriva do latim *innovare* - renovar – “Inovar” significa começar ou introduzir algo novo, por isso na atualidade, se concebe

àqueles que desenvolvem tecnologias a denominação de “inovadores”. E identifica-se o rápido crescimento das empresas de alta tecnologia como uma consequência do fato de que estão “inovando” e de que o mercado responde positivamente aos novos bens e serviços que essas empresas oferecem.

O autor coloca que os acadêmicos das áreas empresariais e engenharias estudam agora “o processo de inovação” seguindo os passos que vão desde a investigação e ao desenvolvimento, até o marketing dos produtos acabados, documentando as dimensões econômica, social, cultural e organizativa da gênese de novas idéias.

Segue dizendo que na Europa, América do Norte e no resto do mundo existe na atualidade uma crença entusiasta de que centrar-se na inovação é o caminho face à prosperidade, especialmente se compartilha a aposta pela tecnologia da informação e da biotecnologia. Há muitas fórmulas que se propõem em explicar como fazer para que tudo isso suceda. Porém o propósito é sempre o mesmo: fazer algo novo.

A crença implícita aí, na suposição de Winner é que a ação inovadora está destinada a ser boa. O mundo necessita de novas tecnologias. Se há mais e mais descobrimentos, mais novos produtos, mais e mais remédios, então talvez se possa dizer – que o mundo tem melhorado. Porém, a experiência do século passado diz que nem todas as coisas permanecem iguais. Uma avaliação honesta deve reconhecer que o avanço tecnológico e o crescimento econômico têm levado a sérios custos ambientais, enquanto a civilização moderna tem colocado em risco a base da vida neste planeta.

A questão da formação para a inovação, também é tratada por Arocena e Sutz (2003), quando dizem que a formação sistemática de pessoas com capacidade para orientar processos de inovação foi e segue um aporte fundamental das universidades frente à mudança técnica; não são poucos os que afirmam que isto constitui o fator mais importante de todos os que incidem no processo – relações diretas, nas equipes de investigação, em que universitários assumem responsabilidades na solução de problemas de interesse industrial ou social.

Os sistemas de inovação passam a ser teorizados e de acordo com Edquist e Hommen<sup>47</sup> (1998, apud Arocena e Sutz, 2003), essa teoria aborda uma representação de seus aspectos mais relevantes. Ao colocar no centro da atenção os processos de aprendizagem, vincula a inovação com a produção do conhecimento novo, adota uma perspectiva holística e interdisciplinar, pois

---

<sup>47</sup> EDQUIST, C; HOMMEN, I. **Government technology procurement and innovation theory**. Department of technology and Social Change, Linköping: Linköping University, 1998. (Informe Final do Projeto “Public Technology Procurement as a Policy Instrument” – Program Targeted Socio-Economic Research, da União Européia 1988.)

procura abarcar o conjunto mais amplo possível de determinantes da inovação e inclui aspectos que se referem não só ao econômico senão também ao político e ao cultural.

É assim, que sob uma ótica econômica, segundo os autores, uma inovação se consubstancia em um novo processo de produção setorial ou sistêmico, produzindo ganhos extraordinários de produtividade e de penetração de mercado. No caso de inovação de produto, os inovadores se apropriam de uma espécie de renda de monopólio, derivada da sua originalidade. Assim, tanto a inovação de processo quanto de produto geram ganhos monetários aos seus proprietários e esta é a razão mais básica para a busca permanente de inovações. Sem que se reflita sobre os seus evidentes impactos, apesar das tantas vozes que se levantam a favor do desenvolvimento de tecnologias menos impactantes.

Em oposição a essa lógica, vem ganhando espaço a interpretação proporcionada pela Teoria da Inovação, que segundo Dagnino (2008), desde meados de 1980 emerge como uma crítica e ao mesmo tempo como alternativa à cadeia linear da inovação (pesquisa básica, desenvolvimento tecnológico, econômico e social), e ao modelo normativo-institucional da Política Científica e Tecnológica (PCT) a ela associado que, à falta de um nome mais adequado, tem-se denominado: “Modelo Institucional Ofertista Linear”.

Por estar fundamentada numa visão instrumental e determinista de C&T, essa interpretação é incapaz de fazer com que uma maior sensibilidade sobre possíveis conseqüências sociais e ambientais negativas de C&T seja incorporada ao processo de concepção de tecnologias. O autor acrescenta ainda, que por estar baseada numa orientação da PCT para a “inovação e competitividade” através de uma maior vinculação do ensino e da pesquisa levada a cabo em instituições públicas aos interesses das empresas, tende a dificultar a participação de outros atores sociais no processo decisório da PCT e a limitar a regulação pública da mudança científico-tecnológica (DAGNINO, 2004).

Nesse sentido, a Teoria Crítica da Tecnologia, proposta por Feenberg (1991) constitui um importante marco contemporâneo crítico da neutralidade e do determinismo, parte da idéia de que a tecnologia não implica simplesmente no controle racional da natureza, mas que seu desenvolvimento e seu impacto são intrinsecamente sociais. E que, a idéia comumente aceita de que a eficiência é o único critério válido de desenvolvimento tecnológico deve ser abandonada (DAGNINO, 2008).

De acordo com o autor, a proposta de Feenberg parte da não aceitação do falso dilema que marca o debate atual sobre a relação CTS, ao argumentar que a questão mais importante não é a tecnologia, nem o progresso em si mesmos, mas a variedade de possíveis tecnologias e caminhos de progresso entre os quais devemos escolher.

Seus argumentos centrais estão focados no questionamento ao determinismo e à percepção de que o avanço tecnológico sempre e em qualquer lugar conduz ao mesmo resultado, e na afirmação de que a tecnologia incorpora valores de uma civilização industrial particular, especialmente, os valores das elites, que buscam sua hegemonia por meio do controle da técnica. Segundo Dagnino (2008, p. 2009) “Seria essa postura crítica – uma maneira de pensar diferente da racionalidade tecnológica dominante, capaz de refletir sobre o contexto mais amplo da tecnologia – uma condição para conceber uma outra civilização industrial possível, baseada em outros valores”.

O autor esclarece que ao fugir dos determinismos – tecnológico, histórico, econômico ou cultural – e tratar da construção social da tecnologia baseando-se em Lukács e na Escola de Frankfurt, Feenberg (1991, p.22) procura “conceber novas vias de reconstrução da base tecnológica das sociedades modernas, buscando uma maior liberdade do homem”. Reconhece a dificuldade em realizar essa tarefa, mas coloca a análise da construção social da tecnologia como condição *sine qua non* para a democratização das relações sociais de produção e da própria sociedade.

Contudo, se C&T continuar a ser pensada como um fim no âmbito de um sistema em que o que realmente importa é o funcionamento dos instrumentos que geram o lucro e não o resultado concreto – o seu produto - o homem continuará aprisionado pela lógica funcional, permanecendo como mais uma peça desse sistema (DAGNINO, 2008).

Para Dagnino (2004), a teoria crítica entra em um quadro de referências em que combina as percepções da tecnologia como humanamente controlada e como portadora de valores. Reconhece as conseqüências catastróficas do desenvolvimento tecnológico, mas ainda assim, vê na tecnologia uma promessa de liberdade. O problema não estaria na tecnologia como tal, mas no fracasso humano, até o momento, em criar instituições apropriadas ao exercício do controle humano sobre ela.

Desse modo, a tecnologia existente “emolduraria” não apenas um estilo de vida, mas estilos diversos, cada qual refletindo diferentes escolhas de *design* e diferentes extensões de mediação tecnológica. À guisa de esclarecimento, os autores explicam que, embora todos os quadros tenham molduras, não é por isso que estão no museu. As molduras são suportes para os quadros que delimitam. A eficiência emolduraria então qualquer tecnologia, mas não determinaria os valores compreendidos dentro da moldura.

Essa percepção abre espaço para os valores significativos implícitos em uma tecnologia, cuja feitura não deve estar determinada, somente pela eficiência, mas pela capacidade de reprojeto da tecnologia que poderá ser desenvolvida. Portanto, os pressupostos da teoria

crítica da tecnologia acenam para a possibilidade de pensar essas escolhas e de submetê-las a controles mais democráticos (DAGNINO, 2004).

A questão, que emerge dessas colocações, é o quanto vai ser possível a partir do processo pujante de inovação produzir uma melhora nas condições sociais e ambientais do planeta, desde que o principal motor que move o processo inovador continua sendo o lucro e o mercado. Assim sendo, o que é possível fazer, numa primeira abordagem, é modificar as percepções e favorecer a tomada de consciência de que a educação científica tem de contribuir para pensar [criticamente a tecnologia e] o futuro, dimensão até aqui esquecida (HICKS; HOLDEN, 1995).

Winner (1994) coloca uma questão polêmica nesse sentido. Para ele, é com a conscientização de boa parte das pessoas, de que a tecnologia não poderá dar conta de todos os problemas, que cairá por terra a visão linear de progresso. Contudo, alerta que outra idéia está surgindo para ocupar o seu lugar. Justamente a idéia de inovação, livre de qualquer bagagem metafísica, desconectada da idéia de necessidade histórica, independente de qualquer grande ideal sobre o contínuo desenvolvimento humano.

Uma idéia que vai se definindo de modo crescente, na forma como as comunidades que desenvolvem alta tecnologia concebem seus projetos em conexão com o desenvolvimento do conhecimento científico e o avanço técnico, em cuja mentalidade, as melhoras prometidas estão levemente conectadas com as necessidades, mas o grande foco está no “novo”, destituído de qualquer outro valor.

Essa perspectiva, abre espaço para a abordagem do desenvolvimento sustentável, como apresentado na sequência.

#### **2.2.4 Desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade?**

O termo Desenvolvimento Sustentável amplamente divulgado e assimilado a partir da publicação do relatório Nosso Futuro Comum (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991) carrega em seu espectro, interpretações que vão desde a conciliação do crescimento econômico com a variável ambiental – favorável ao sistema capitalista; até uma visão mais radical, em defesa da integridade ecológica, igualdade, justiça social e preservação da diversidade cultural – favorável ao desenvolvimento de práticas sociais sustentáveis (HERCULANO, 1992).

Percebe-se, a partir de sua gênese, que o termo tem promovido o debate entre diferentes grupos sociais, que defendem suas interpretações de acordo com os seus interesses. É nessa

perspectiva que desenvolvimento sustentável é considerado um termo multidimensional e requer um maior entendimento, não só de sua origem, mas principalmente das dimensões que seu significado comporta.

#### 2.2.4.1 A Gênese

A tensão ocasionada pela percepção de que o desenvolvimento econômico tornou-se insustentável desencadeou um movimento gradativo de busca por uma nova ordem, caracterizada por discussões, estudos, encontros e conferências de âmbito mundial. Segundo Sachs (1993, p.30), foi dos relatórios e declarações advindos de reuniões preparatórias e de cúpula, como: Relatório Founex, Declaração de Estocolmo (1972), e da Declaração de Cocoyoc (1974) que emergiu a mensagem sobre a necessidade de implementação de estratégias ambientalmente adequadas, de modo a assegurar um desenvolvimento socioeconômico eqüitativo, ou **eco-desenvolvimento** – expressão que foi mais tarde rebatizada pelos pesquisadores anglo-saxões como **desenvolvimento sustentável**.

A Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD, composta por 21 países membros da ONU e presidida pela Senhora Gro Brundtland – Primeira Ministra da Noruega, pesquisou durante cinco anos (1983/87) a situação de degradação ambiental e econômica do planeta e produziu o relatório intitulado *Nosso Futuro Comum* (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991), também conhecido como Relatório Brundtland, que serviu de fundamentação para elaboração das propostas políticas debatidas na Rio-92 e trouxe à tona o conceito de desenvolvimento sustentável (HERCULANO, 1992).

Mais especificamente, o item dois do referido Relatório trata a questão do desenvolvimento sustentável, desde sua conceituação, alertando que “ao se definirem os objetivos do desenvolvimento econômico e social, é preciso levar em conta sua sustentabilidade, em todos os países”. De acordo com Herculano (1992, p.11), nos termos do relatório:

“Desenvolvimento Sustentável” é definido como aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras também atenderem às suas” (p.9); é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação de investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras” (p.10); é um “desenvolvimento que mantém as opções futuras” (p.46); é uma “correção, uma retomada do crescimento, alterando a qualidade do desenvolvimento” (p.53), a fim de torná-lo “menos intensivo de matéria-prima e mais eqüitativo em seu impacto”.(p.56).

Assim, foi traçado o perfil do desenvolvimento sustentável, como um tipo de desenvolvimento capaz de fazer o que lhe é próprio, crescer, mas sem esgotar os recursos naturais, de modo ainda, a garantir que as gerações futuras possam deles desfrutar. Dá um novo tônus ao modelo de desenvolvimento, que deve ser reorientado, para ganhar, também, em qualidade, na medida em que for capaz de preservar os recursos do ambiente.

O Relatório Brundtland considera que os produtos industrializados são a base material do padrão de vida contemporânea e por isso, sua produção necessita de coerente adequação à legislação e normas ambientais. Sugere planejamento e avaliação no desenvolvimento de produtos de modo a excluir ou minimizar a geração de resíduos, bem como a internalização dos custos ambientais de sua produção, de forma a minimizar riscos e contribuir para a preservação dos recursos.

Destaca que a poluição “é uma forma de desperdício e um sintoma de ineficiência de produção industrial”. Há que se buscar, pois, maior eficiência nos processos industriais e nesse sentido, a busca pelo desenvolvimento industrial sustentável obrigatoriamente trará mudanças significativas em termos de qualidade para o processo produtivo.

Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável emergiu como alternativa para superação da crise ambiental instalada, alternativa essa carregada de complexidade, pois a questão ambiental está atrelada às questões econômicas, sociais e culturais. Essa complexidade está expressa nas cinco dimensões da sustentabilidade, apresentada por Sachs (1993), a saber: social, econômica, ecológica, espacial e cultural. Sendo que cada uma dessas dimensões está assentada em contradições que abrem espaço para um acirrado debate.

Do lado da economia, por exemplo, entra em baila a questão da produção e do consumo, cada vez mais exacerbado, em função da manutenção do capitalismo selvagem, competitivo e excludente. Condições que levam as empresas a empenharem-se por uma produção formidável, por inovações muitas vezes desnecessárias, com o objetivo de seduzirem o consumidor e manterem-se competitivas. Esse perfil se não for bem administrado, acaba por intensificar o uso de recursos e a produzir mais resíduos, degradação e desigualdades.

#### 2.2.4.2 A Polêmica do Desenvolvimento Sustentável

Como apresentado até aqui, o termo Desenvolvimento Sustentável foi construído histórica e socialmente em função da necessidade de reorientação das ações humanas em relação à exploração dos recursos ambientais, no sentido de garantir a sobrevivência ‘do e no’ planeta. Apesar disso, percebe-se que não há um consenso sobre o termo, as idéias que as pessoas

apresentam não são homogêneas, variam de acordo com sua forma de ver e interpretar o mundo, sempre de acordo com seu foco de interesse.

Estudos como o de Guimarães e Tomazello (2004) confirmam essa realidade ao demonstrarem que as idéias que os indivíduos possuem sobre sustentabilidade podem variar, pois são orientadas por posições políticas e ideológicas. O fato é confirmado por Montibeller Filho (2004, p. 282), quando explica que “diferentes apropriações do conceito de desenvolvimento sustentável são feitas na sociedade, por diversos grupos de interesse, cada qual considerando apenas a dimensão mais conveniente para si”. O autor aponta como exemplo o segmento empresarial que faz uma apropriação mercadológica do conceito e limita sua atuação às questões relacionadas ao ambiente físico. Já na perspectiva ambientalista, o termo sugere um redirecionamento para a produção e o consumo, a construção de uma nova ética do comportamento humano e equidade social.

Parte dessa problemática é reafirmada por Guimarães e Tomazello (2004), quando citam Luffiego e Rabadán (2000) que se referem à ambigüidade da noção de sustentabilidade, pois ao mesmo tempo em que se aceita a existência de limites aos modos de vida que não são compatíveis com os princípios da ecologia, mantém-se a crença no crescimento econômico.

Nesse sentido, desenvolvimento sustentável se configura como uma contradição, como explicitado por Herculano (1992), que polemiza ao afirmar que sustentabilidade é um termo do vocabulário ecológico e diz respeito à tendência dos ecossistemas à estabilidade, ao equilíbrio dinâmico, ao funcionamento baseado na interdependência. Por outro lado, desenvolvimento diz respeito a crescimento, expansão, desigualdade e prende o debate ao campo restrito da economia, reafirma sua hegemonia num momento em que o mais importante é reduzi-la àquilo que ela tão-somente é, um mero instrumental, que dever estar subordinado às questões éticas mais substantivas.

Reafirmando essas idéias, Leff (2001, p.7) ainda, acrescenta que “o discurso do desenvolvimento sustentável, expressa um campo conflitivo, conformado por estratégias que correspondem a visões e interesses diferenciados. Suas propostas vão desde um neoliberalismo econômico ambiental, até a construção de uma nova racionalidade produtiva”. A necessidade de se construir uma outra racionalidade social é indicada pelo autor para que a ruptura com os atuais modelos societários, oriente novos valores e saberes, novos modos de produção sustentada em bases ecológica, significações culturais e novas formas de organização democrática.

Bifani (1998, p. 33) a seu turno, ressalta o dinamismo do termo ao afirmar: “O conceito de desenvolvimento sustentável não se refere a um estado estável, fixo, de harmonia, mas a

situações de mudanças: enfatiza o caráter dinâmico de desenvolvimento e reconhece a existência de conflitos e desequilíbrios que são em si mesmos reflexos de situações mutáveis, dinâmicas”.

Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável estaria a abrigar um leque de alternativas, adaptações e transformações que podem ser realizadas a partir do momento em que mudanças conceituais e culturais forem capazes de estabelecer um novo padrão de comportamento, consciência, ação e consumo e quem sabe, um novo modelo de vida.

Entretanto, para Herculano (1992, p. 30):

O desenvolvimento sustentável é desglamorizado e desmistificado como sendo apenas aquilo que é: **um conjunto de mecanismos de ajustamento que resgata a funcionalidade da sociedade capitalista**: nova contabilização dos processos produtivos, incorporando externalidades; novos indicadores de desenvolvimento, que incorporem o bem-estar humano e proteção ambiental; reciclagem industrial; controle de emissões; parcimônia no manejo dos recursos naturais; estímulo à produção de conhecimento ambiental e a programas de monitoramento; controle demográfico, entre outros. [...]. É um desenvolvimento suportável, medianamente bom, medianamente ruim, que dá para levar, que não resgata o ser humano da sua alienação diante de um sistema de produção formidável. Visto realisticamente, é um primeiro passo, no sentido de que talvez comecemos a escapar do insustentável, insuportável e sofrível.[...]. (Grifos meus)

Essa afirmação tenta evidenciar que o desenvolvimento sustentável foi proposto para garantir a sobrevivência do modelo capitalista, que necessita dos recursos da natureza para dar continuidade a seu padrão de produção. Por trás dessas idéias encontra-se o rechaço ao modelo desigual e excludente de uma economia que privilegia o livre mercado, desconsidera os custos ambientais e sociais da produção e faz prevalecer a dominação humana e da natureza. Esse panorama leva ao questionamento das limitações inerentes à efetivação do desenvolvimento sustentável, considerando-se o modelo econômico atual.

A esse respeito, o estudo de Montibeller Filho (2004) analisa o potencial que as vertentes da economia que incorporam a variável ambiental possuem para viabilizar o desenvolvimento sustentável, aponta argumentos significativos que reafirmam a necessidade de compreensão das nossas próprias ações e do quanto é fundamental a participação política para que se imponham regras e limites às ações do poder econômico em relação ao meio ambiente (inclusive o social) de forma a amenizar os seus impactos.

O estudo supracitado conclui que os condicionantes inerentes ao modo capitalista de produção e consumo levam-no a não poder passivamente permitir a colocação de entraves sociais que venham prejudicar significativamente o lucro; que os ganhos ambientais individualizados se perdem pela necessidade de intensificação da produção; esse mesmo aumento de produção limita

as possibilidades de redução do consumo de energia, mesmo se for levada em conta a otimização de sua utilização; os mais poderosos no mercado continuarão obrigando os fracos a vender barato seus produtos, mantendo o mecanismo das trocas desiguais, que desvalorizam os custos ambientais e sociais implícitos em seus produtos; entre outras questões.

Enfim, os resultados indicam a impossibilidade de que o mundo capitalista venha a atingir o desenvolvimento sustentável, com suas dimensões básicas de equidades intrageracional (garantia de qualidade de vida a todos), intergeracional (garantia de recursos para as próximas gerações) e equidade internacional (de todos os indivíduos independente de sua localização geográfica).

Todavia, segundo Vilches *et al.* (2006) é preciso entender que o conceito de sustentabilidade é um conceito absolutamente novo que supõe a compreensão da totalidade dos problemas interconectados e que a humanidade deve fazer frente. Por isso, não se deve olhar o desenvolvimento e o meio ambiente como contraditórios (o primeiro agredindo o segundo e este limitando o primeiro), mas de reconhecer que estão estreitamente vinculados, que a economia e o ambiente não podem ser tratados separadamente.

De acordo com a visão dos autores, esta seria mais uma revolução, depois da copernicana que unificou o céu e a terra. Depois da teoria da evolução, que estabeleceu uma ponte entre a espécie humana e o restante dos seres vivos, agora está se assistindo a um movimento que levará à integração ambiente-desenvolvimento (VILCHES; GIL, 2003).

A transição que se dirige para a sustentabilidade será portanto, um grande e articulado processo de inovação social, cultural e tecnológica (MANZINI; VEZZOLI, 2005). Essa perspectiva, no entanto, põe em discussão o atual modelo de desenvolvimento. Segundo os autores, nos próximos decênios, deveremos ser capazes de passar de uma sociedade em que o bem-estar e a saúde econômica, que hoje são medidos em termos de crescimento da produção e do consumo de matéria prima, para uma sociedade em que seja possível viver melhor consumindo muito menos e desenvolver uma economia reduzindo a criação de produtos materiais.

Nesse sentido, um esforço pela superação das visões ingênuas que mantém os padrões de comportamento vigentes deverá ser sentido em toda a sociedade e vivenciado no processo educativo.

### 2.2.4.3 A Sustentabilidade Como Objetivo

Na opinião de Manzini e Vezzoli (2005), a sustentabilidade ambiental é um objetivo a ser atingido e não, como hoje muitas vezes é entendido, uma direção a ser seguida, visto que nem tudo que apresenta algumas melhorias em temas ambientais pode ser considerado realmente sustentável.

Para ser sustentável, cada nova proposta deve responder aos seguintes requisitos gerais: \* basear-se, fundamentalmente, em recursos renováveis (garantindo ao mesmo tempo a renovação); \*otimizar o emprego dos recursos não renováveis (compreendidos como o ar, a água e o território); \*não acumular lixo que o ecossistema não seja capaz de renaturalizar (isto é, fazer retornar às substâncias minerais originais e, não menos importante, às suas concentrações originais); \*agir de modo com que cada indivíduo, e cada comunidade das sociedades “ricas”, permaneçam nos limites de seu espaço ambiental e, que cada indivíduo e comunidade das sociedades “pobres” possam efetivamente gozar do espaço ambiental ao qual, potencialmente, tem direito (HOLMBERG, 1995 apud MANZINI; VEZZOLI, 2005).

Os autores argumentam ainda, que o controle do impacto provocado no ambiente pelas atividades humanas são dependentes de três variáveis fundamentais: a população; a procura do bem estar humano e a ecoeficiência das tecnologias aplicadas, ou seja, a maneira como o metabolismo do sistema produtivo é capaz de transformar recursos ambientais em bem-estar humano.

Saber disso, é um caminho que deverá ser buscado, construído, vivenciado nas organizações humanas. É difícil prever como esta passagem de um estado para outro poderá acontecer, ou quanto tempo levará para que se efetive na sociedade humana. Mas, parafraseando Manzini e Vezzoli (2005), é certo que se ocorrer, ocorrerá pelas vias da descontinuidade que atingirá todas as dimensões do sistema: física, econômica e institucional; ética, estética e cultural.

## 2.3 O DESIGN COMO TEMA

A problemática atual ligada à dicotomia desenvolvimento e sustentabilidade, promove uma tendência à gestão mais integrada da tecnologia com o processo de inovação na qual o *design*, a avaliação de tecnologias, a regulação *ex-ante* e até mesmo a participação social passam a integrar-se (TODT, 2002).

O *design* é uma atividade cognitiva e prática, de caráter projetivo, orientada para solução de um problema concreto e debilmente estruturado,<sup>48</sup> que deve ser resolvido em condições definidas e com recursos determinados. Tem como finalidade particular criar um produto material para uma necessidade humana definida e um objeto de estudo que lhe é próprio, a inter-relação homem-produto-entorno (ACEVEDO, G.; 1998).

No contexto da educação em tecnologia, o *design* técnico (desenho) recebe uma atribuição de alto valor cognitivo, principalmente por ser uma atividade humana na transformação de seu entorno. No entanto, ao se proceder a uma abordagem do *design*, é comum encontrar concepções que o reduzem ao esboço, desenho ou gráfico de um objeto a produzir em atividades específicas como a moda, a indústria, ou a arte, que são extremamente limitadas. (GOEL; PIROLI<sup>49</sup> 1992 apud ACEVEDO, G.; 1998).

Ao se abordar a temática do *design*, Acevedo, G. (1998, p.138) recomenda levar em conta três pontos de vista sobre sua concepção: a) o ***design* como campo de estudo de caráter interdisciplinar**, dada a diversidade dos problemas sobre os quais se trabalha, referentes à modelação e compreensão do entorno artificial; por esta razão requer o apoio de distintas disciplinas; b) o ***design* como resultado do processo**, como o objeto desenhado que cumpre um propósito definido e levado à realidade para realizar uma função determinada. O *design* é um instrumento que serve para algo; c) o ***design* como ação do sujeito** ou sujeitos *designers*, como processo de construção do conhecimento, geração de idéias e impulsionador da criatividade humana.

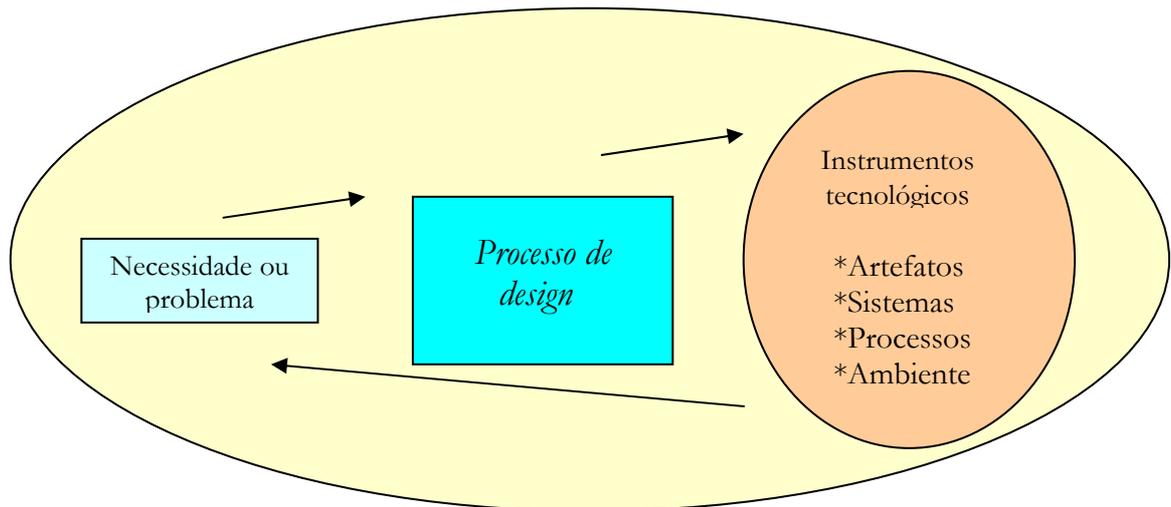
É assim que, para o autor a atividade de *design* envolve no ato criativo, a prefiguração dos objetos, a previsão da realidade possível, fatores que, por sua vez, não teriam sentido sem uma gênese vital, as necessidades e requerimentos individuais e sociais, motor que tem movimentado, desde suas origens, a ação criativa da humanidade. Quando essas necessidades têm sua solução na construção de um artefato, a configuração de um sistema, a concepção de um processo ou a conformação de um ambiente determinado, pode assumir-se como *designs*.

O ato do *design* pode ser assim representado:

---

<sup>48</sup> Acevedo, G. (1998) faz distinção entre os problemas estruturados e os debilmente estruturados. Os primeiros estão totalmente formulados, são assumidos em geral através de processos algorítmicos e possuem quase sempre uma resposta possível (problemas de matemática, física, química); os segundos requerem processos de solução eurística, com ciclos recorrentes que regressam inclusive à formulação do problema e possuem distintas soluções, umas melhores do que as outras em virtude do contexto do problema.

<sup>49</sup> GOEL, V.; PIROLI, P. Structure of design problems spaces. **Cognitive Science**, p. 395-429, 1992.



**Figura 3** - O Ato de *Design*  
 Fonte: Acevedo, G. (1998, p. 138)

Portanto, *design* é construir conhecimento, é um conjunto de escolhas, fatos, princípios, conceitos, normas, valores, habilidades, destrezas, informações e competências presentes no entorno, nos objetos e, supostamente, nas pessoas.

### 2.3.1 O processo de tomada de decisões no *design* e a questão da AIT

Todt (2002) parte do pressuposto de que a questão crucial do conflito social em torno do desenvolvimento tecnológico é o funcionamento do processo de tomada de decisões, que pode ser analisado sob duas óticas-chave, quer dizer, desde o processo de *design* e desde o processo de regulação. O argumento principal é que o atual processo de desenho técnico está desapegado de muitos valores e demandas da sociedade, o que promove conflito social.

Segundo o autor, a constituição (física, organizativa, de uso, etc.) da tecnologia não se limita ao *design*, por ser um processo complexo, em que interfere, a regulação, a legislação, o debate social, a comercialização, a utilização e outros. Todos estes processos estão sujeitos à interação de diferentes atores sociais.

A conformação de uma tecnologia pode ser então, entendida como um metaprocessos de *design*, ou seja, uma sucessão de processos de decisão em diferentes níveis, em que se entrelaçam o *design*, a regulação, o debate social, as demandas da sociedade civil e de outros projetos. Desse modo, para Todt (2002, p. 42), “O desenvolvimento da tecnologia pode ser visto como uma sucessão de escolhas sociais, cada uma delas influenciando nas seguintes”.

Afirma que a escolha de uma tecnologia significa, também, a escolha de um modo de vida e de um modelo de desenvolvimento e coloca a escolha social como a base das decisões

sobre a tecnologia. Portanto, a inovação surge de um processo social muito complexo, cujo elemento fundamental são as escolhas ou decisões humanas. Os principais parâmetros e propriedades definidoras de uma tecnologia ou de um sistema técnico dependem em maior ou menor medida de decisões em que o componente sócio-psicológico é, ao menos, tão importante quanto o componente técnico-econômico.

Diante dos pressupostos lançados por Todt, percebe-se que as decisões ligadas ao *design* por ocasião do desenvolvimento de uma tecnologia, seja ela produto, serviço ou processo, são dependentes diretas das escolhas que, por sua vez, são definidas pela forma com que se percebe as situações (visões de mundo). Tendo isso claro, a dúvida que surge é como essa questão está sendo tratada junto aos fazedores de tecnologias, (engenheiros, tecnólogos, pesquisadores)? Que clareza possuem disso seus docentes?

Percebe-se que apesar de toda a crítica existente ao modelo hegemônico e aos impactos da tecnologia, tradicionalmente os sistemas educativos continuam se impondo de uma forma passiva, descritiva, reprodutiva de conhecer, mediada pela aquisição de informações. Apesar disso, Bazzo (1998, p.114), alerta para o fato que:

as avaliações da ciência e da tecnologia e de suas repercussões na sociedade precisam seguramente tomar rumos mais claros e intensos nas atividades didáticas. Estes debates e discussões têm se tornado permanente na grande maioria das instituições de ensino no mundo todo, realçando a sua pertinência e reforçando a necessidade de seguir o mesmo caminho nas escolas que trabalham a ciência e a tecnologia no Brasil. E não se trata de avaliar apenas os possíveis impactos que a ciência e a tecnologia causam e causarão na vida de todos nós, mas sim, e principalmente, descobrir o irreversível a que tais usos nos conduzirão.

É assim que me utilizo deste quadro para problematizar a questão da AIT, cujo conceito educativo será aqui apresentado a partir dos fundamentos significativos da Avaliação de Tecnologias (AT) e Avaliação Construtiva de Tecnologias (ACT), como apresentado a seguir.

## 2.4 FUNDAMENTOS PARA AIT

A idéia de se avaliar o impacto das tecnologias não é nova, surgiu como resposta às discussões e debates que levantaram questionamentos contra o desenvolvimento tecnológico e seus efeitos ambientais, no decorrer dos anos 60.

Foram, justamente, os significativos índices de impactos tecnológicos negativos sobre as diferentes esferas do sistema social humano, que aceleraram o processo de institucionalização da

Avaliação de Tecnologias (AT) que se deu a partir da criação da *Environmental Protection Agency* - EPA e do *Office of Technology Assessment* - OTA no final dos anos 60 e início dos anos 70 (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA 2003; LÓPEZ CEREZO, 1998).

Essas iniciativas pioneiras foram desenvolvidas nos EUA e mais tarde em outros países da Europa, com o objetivo de antecipar, regular e corrigir os impactos ambientais negativos de novos produtos científico-tecnológicos, e ocorriam mediante contrato de pesquisa com instituições externas. Relatórios, estudos e testemunhos eram enviados pela OTA ao Congresso, que fundamentado na informação, tratava de identificar e influir nas opções políticas.

A necessidade de avaliação de tecnologias por agências ou equipes governamentais ou não, constituídas por especialistas, está devidamente justificada por Rocha Neto (2004, p. 208) quando afirma que:

O mundo vem sofrendo impactos sociais e [ambientais] relevantes decorrentes da introdução de inovações tecnológicas, que impõem a necessidade de avaliações para antecipação de seus efeitos sobre a humanidade, bem como sobre a vida das pessoas e das nações. A antecipação dos rumos e dos impactos do progresso técnico torna-se fundamental para compreender as mudanças em curso, escolher adequadamente os temas estratégicos de investigação, qualificar pessoal segundo os padrões emergentes do mercado de trabalho e adaptar a sociedade às inovações tecnológicas.

Busca-se assim, nos fundamentos da **Avaliação de Tecnologias – AT** – (SMITS, 1990; SANMARTÍN; HRONSZKY, 1994; BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003; TODT, 2002), entre outros, e nos aspectos significativos da **Avaliação Construtiva de Tecnologias – ACT** (SCHOT, 1992; SANMARTÍN; ORTÍ, 1992; SCHOT; RIP, 1997; GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CEREZO; LUJÁN, 1996), a identificação de sintonias e possibilidades que permitam a abertura de caminhos para fundamentar uma proposta de AIT para a educação em engenharia.

#### 2.4.1 Avaliação de Tecnologias (AT)

O primeiro intento a favor da superação dos problemas decorrentes do processo de *design* e da abertura a novas questões no processo de decisão durante o desenvolvimento de tecnologias, ocorreu a partir de 1970 e se constituiu na Avaliação de Tecnologias (TODT, 2002).

A AT é entendida, de acordo com Bazzo; Linsingen e Pereira (2003), como um conjunto de métodos para analisar os diversos impactos da aplicação de tecnologias, identificando inclusive os grupos sociais afetados e estudando o efeito de possíveis tecnologias alternativas. Seu objetivo último consiste em tratar de reduzir os efeitos negativos da tecnologia, otimizando seus efeitos positivos e contribuindo para a sua aceitação pública (SANMARTÍN; ORTÍ, 1992; SHRADER-FRECHETTE, 1985; WESTRUM, 1991).

Todt (2002) acrescenta que o enfoque da AT é, por definição, sistêmico. Suas aplicações se ocupam de sistemas, complexos sociotécnicos (em vez de tecnologias ou produtos isolados). Porém, a AT pode ser aplicada tanto nas distintas fases do desenvolvimento de uma tecnologia como em sua utilização, e, ainda, a todos os níveis (sistemas complexos, subsistemas, componentes). Além disso, sempre há que se considerar que o objeto de análise deverá incluir também o conjunto de todas suas inter-relações (SANMARTÍN; HRONSZKY, 1994).

Os principais objetivos da AT são descritos e explicitados por Todt (2002, p. 63), da seguinte forma:

1. A análise e a avaliação dos **possíveis efeitos** da introdução de uma nova tecnologia. Este se refere, especialmente, aos efeitos secundários e terciários, não intencionados e a longo prazo. Presta especial atenção à complexidade dos efeitos de uma tecnologia, incluindo os efeitos simbióticos entre diferentes tecnologias ou sistemas técnicos.
2. A análise dos **conflitos sociais** que uma tecnologia poderia gerar, o que inclui a análise da mútua influência entre o desenvolvimento e a utilização de uma tecnologia, por um lado, e as relações de poder, estruturas de valores, objetivos sociais de diferentes setores da sociedade, etc., por outro.
3. O desenvolvimento de **propostas para melhorar a tecnologia** em questão e sua aplicação: existe uma variedade de opções, que vão desde a decisão de não desenvolver esta tecnologia, a busca de soluções alternativas técnicas (por exemplo, uma diferente concepção do sistema) ou não técnicas (por exemplo, soluções organizacionais), até a introdução de mecanismos de regulação (estatais ou voluntários).

Uma aproximação desses objetivos é apresentada por González Garcia, López Cerezo e Luján (1996), quando cita as seguintes fases: 1- **Identificação de impactos**: estudo da interação entre tecnologias e contextos sociais, cujo foco é distinguir impactos diretos e indiretos; 2- **Análise de impactos**: determina a probabilidade, severidade e tempo de difusão dos impactos identificados, grupos afetados e sua resposta provável, bem como, a magnitude previsível dos impactos indiretos. Existem diversos tipos de análise: custo-benefício, modelos de simulação, métodos *delphi* de sondagem de opinião especializada, etc.; 3- **Valoração de impactos**: procura determinar a aceitabilidade dos impactos analisados à luz de valores dados; e, 4- **Análise de gestão**: fase que fornece assessoramento para a tomada de decisões em política científico-tecnológica. É assim, que para o autor o modelo clássico de AT está centrado na regulação dos produtos da atividade tecnológica.

Nesse sentido, Todt acrescenta que a AT possui uma vocação *ex-ante* e no momento de sua introdução oportuniza uma revolução no manejo da tecnologia. Até o momento quase sempre as novas tecnologias haviam sido elaboradas pelo método ensaio - e - erro, deixando-as desenvolver-se sem controles, planificação ou debates. Isso implicava, por suposto, que os efeitos negativos, principalmente ambientais, que surgiam durante a fase de sua aplicação, teriam de ser

aceitos tanto como o custo de suas repercussões posteriores, por exemplo, através da regulação *ex-post*, ou seja, acarretavam um trabalho de correção e ou mitigação dos efeitos.

Em função dos objetivos deste trabalho, interessa evidenciar a regulação *ex-ante*, sobretudo por esta permitir a regulação desde antes do início da projeção de uma tecnologia. Todt, explica que esse controle se efetua a partir da incerteza sobre os seus possíveis efeitos, assim como sobre quais e de que maneira seria o marco regulador adequado em cada momento. A base normativa dessa classe de regulação está focada claramente na prevenção de possíveis efeitos prejudiciais (prevenção que se identifica com o princípio da precaução) ou ainda, em conseguir certos efeitos desejáveis.

Somando-se a esses pressupostos, Kranakis<sup>50</sup> (1988, p. 290 apud SCHOT,1992) destaca que a função de controle da AT incorpora, dois outros importantes objetivos: o primeiro é configurar o caráter e a direção do desenvolvimento tecnológico, e o segundo é intentar configurar as formas e os contextos em que se utilizam as tecnologias. É assim que, segundo o autor, é conferido à AT uma função de alerta, por meio da provisão de informações sobre os possíveis efeitos adversos de uma tecnologia dada, de modo a oferecer à sociedade a possibilidade de refletir e adotar medidas apropriadas. Assim como, apoiar as políticas estratégicas do governo em tecnologia, abrindo o debate entre organizações e grupos sociais acerca de possíveis impactos.

Contudo, esse modelo de avaliação passou a receber severas críticas por seu caráter economicista (baseado, quase que exclusivamente, na análise custo-benefício). Seu uso habitual como instrumento político, acabou por consolidar uma visão estritamente tecnocrática da AT, pois os procedimentos desse tipo de avaliação acabavam nas mãos de especialistas e dificultavam a intervenção social nos estudos. Ademais, o enfoque considerado demasiadamente analítico, centrado na quantificação em termos de custo-benefícios, deixava à margem questões de valores. Resumindo, a AT passou a ser vista como um instrumento para justificar decisões políticas já tomadas (GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CERREZO; LUJÁN, 1996).

Além disso, algumas limitações se manifestaram na prática e a pretensão de avaliar impactos, acabou por ser qualificada como determinista, principalmente porque, na opinião de Winner (1987) o modelo tende a considerar a transformação tecnológica como “causa e tudo o que se segue como “efeito” ou “impacto”, enquanto resta ao investigador identificar, observar e explicar seus efeitos. Este enfoque supõe que as causas têm sido produzidas ou se produziram no curso normal dos fatos.

---

<sup>50</sup> KRANAKIS, E. Technology, assessment and the study of history. **Science, Technology & Human Values**, v.13, n.?, p299-307, 1988.

No entanto, Winner indica que outra visão de desenvolvimento tecnológico começa a ser observada, a qual transcende os defeitos empíricos e morais dos modelos causa-efeito, pois se inicia com o reconhecimento de que na medida em que as tecnologias são construídas e postas em uso, já estão produzindo alterações significativas nos padrões da atividade humana e de suas instituições, criando novos mundos e não há nada de secundário neste fenômeno. De fato, segundo o autor, este é o ganho mais importante de qualquer tecnologia nova.

Por sua vez, essas críticas levaram a novos enfoques de regulação e avaliação, como a chamada Avaliação Construtiva de Tecnologias, considerada uma proposta diferenciada de AT, por ir mais além das questões tradicionais e renovar-se no processo de geração ou “construção” das tecnologias limpas (adequadas ao meio ambiente), como exposto a seguir.

#### 2.4.2 Avaliação Construtiva de Tecnologias (ACT)

A ACT é, na verdade, um modelo antecipatório, orientado interdisciplinarmente que se ocupa, também, em identificar a diversidade de valores e interesses presentes no desenvolvimento da tecnologia analisada (SCHOT, 1992; SANMARTÍN; ORTÍ, 1992). Caracteriza uma clara melhoria da avaliação clássica, derivada da aplicação dos resultados de pesquisa CTS da década de 70 e dos anos 80, quando teve resultados significativos na aplicação em projetos sobre tecnologias limpas, entre outros (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

Supõe uma aposta a favor da regulação democrática da inovação tecnológica, implicando na conveniência de uma aprendizagem social, em que as instituições educacionais, passam a desempenhar o papel de laboratórios para uma avaliação que considera os atores envolvidos (*stakeholders*), mesmo que por simulações, para identificar implicações sociais de diversas ordens, desmistificando, inclusive, concepções errôneas sobre a ciência e a tecnologia como a neutralidade, determinismo, tecnofilia, tecnofobia.

Para Schot (1997, p. 205-206) “a ACT se baseia na idéia de que o desenvolvimento tecnológico consiste em um processo de escolhas constantes: escolha sobre a forma, a função e o uso da tecnologia, o que implica que o desenvolvimento tecnológico, pode até certo ponto ser orientado”. O autor justifica essa afirmação em função das referências encontradas em grande número de estudos provenientes dos campos da sociologia e da história da tecnologia, que mostram como o desenvolvimento tecnológico não é resultado de uma lógica interna, mas de um conjunto de fatores sociais, econômicos, políticos e técnicos.

Portanto, a ACT apresenta um caráter participativo, cujo foco central está no processo de geração ou ‘construção’ de tecnologias. Trata-se, em geral de refletir no processo avaliativo a

diversidade de valores e interesses presentes na percepção de um problema técnico e no projeto de linha de ação, esse enfoque teve uma notável consolidação institucional na Organização Holandesa de Avaliação de Tecnologias - NOTA, fundada em 1987, onde o modelo foi aplicado com êxito em projetos sobre tecnologias limpas, telecomunicações, biotecnologias e outros (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

A base teórica da ACT, explicitada por Callon<sup>51</sup> (1995 apud BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003) diz que: 1. o desenvolvimento tecnológico resulta de um grande número de decisões tomadas por atores heterogêneos. Os atores mais óbvios são os cientistas e engenheiros diretamente envolvidos, ainda que, também de um modo crescente, esses atores incluam os usuários reais ou potenciais, os empresários e o mundo financeiro, e todos os níveis do governo. O atores negociam as opções técnicas e, em alguns casos (depois talvez de uma longa série de aproximações sucessivas) alcançam compromissos mutuamente satisfatórios; 2. as opções tecnológicas não podem ser reduzidas à sua dimensão estritamente técnica. As tecnologias têm um caráter, inerentemente, social. Disso se deduz que a valoração das opções tecnológicas deve ser um tema de debate político; 3. as decisões tecnológicas produzem situações irreversíveis, que resultam no desaparecimento gradual das margens de escolha disponíveis. À medida que transcorre o tempo, as escolhas adotadas estão, cada vez, mais predeterminadas pelas decisões tomadas anteriormente.

Conforme indicado por Bazzo; Linsingen e Pereira (2003), a ACT abre espaço para a regulação democrática da inovação tecnológica e isso implica a conveniência de uma aprendizagem social, desde que a participação pública dos atores sociais envolvidos em um desenvolvimento tecnológico pressupõe alguns hábitos sobre análise de tecnologias que podem e devem ser adquiridos nas instituições educacionais.

É nessa perspectiva que para os autores, as instituições educacionais podem atuar como ante-sala e fazer o papel de laboratório da participação social efetiva e podem tratar de casos reais e/ou simular processos de avaliação de tecnologias socialmente contextualizadas. Para o caso de simulações deve-se considerar que: \* nos espaços educacionais é viável e desejável a simulação do diálogo entre os atores envolvidos; \* a avaliação simulada de tecnologias permite que esta possa se estabelecer como um processo contínuo; \* a conexão entre as tecnologias existentes e as novas pode ser analisada educacionalmente para expor publicamente as implicações do entrenchamento tecnológico; \* a aprendizagem da avaliação tecnológica através de simulações educativas dispõe aos cidadãos os instrumentos para identificar e antecipar as conseqüências sociais, culturais, ambientais e políticas das inovações tecnológicas reais.

---

<sup>51</sup> CALLON, M. Technological conception and apoption network: lessons for the CTA practitioner. In: RIP, A.; MISA, T. J.; SCHOT, J. (Eds.). **Managing technology in society**. Londres: Pinter. 1995.

Tendo isso em conta, os autores colocam como óbvio que o melhor cenário para a aprendizagem social, no que diz respeito às conseqüências das tecnologias, deve ser o educacional, porque é o seu controle antes que tal participação já não seja possível.

Essas suposições são corroboradas por Osorio (2002), quando diz que a ACT e, aqui acrescento a avaliação de impacto tecnológico com caráter participativo, podem se constituir em oportunidades de aprendizagem social e [tecnológica] nas atividades didáticas, visando o exercício da democracia. O que requer, segundo o autor, o desenvolvimento de alguns hábitos centrados na análise de tecnologias. Assinala que isso é, cada vez mais, possível para a educação dos países latino-americanos, na medida em que a transversalidade no currículo se converte em uma tendência educativa, pois permite reunir temáticas da educação ambiental e sustentabilidade, da educação em tecnologia e da cultura democrática, da avaliação ética, entre outros.

É assim que, da confluência dos critérios mais significativos dessas concepções, emerge uma proposta de Avaliação de Impacto Tecnológico para a educação de engenheiros e tecnólogos. Foi essa perspectiva que fez emergir a AIT, como conceito-chave deste estudo, em função de suas possibilidades, de estudos antecipativos de impactos socioambientais durante o aprendizado tecnológico.

## 2.5 A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO EDUCATIVO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO

A AIT aqui proposta, é um conceito pedagógico e metodológico de avaliação prévia de tecnologias que se constrói nos imperativos do aprendizado tecnológico, ultrapassa a idéia de formação para uma tecnocracia responsável, para se fortalecer nas perspectivas do desenvolvimento de visões mais críticas e de níveis de consciência mais elevados, que possam encaminhar para inovações socialmente mais justas e ambientalmente mais amigáveis.

Longe de almejar predizer o futuro, a AIT baseia-se, inicialmente, no estudo *ex-ante* de uma dada tecnologia, ou seja, permite que se proceda a regulação da tecnologia desde os primeiros passos de sua projeção. É um exercício para ser vivenciado em conjunto com as atividades projetuais que envolvem o desenvolvimento de produtos, processos e/ou sistemas na formação de engenheiros e tecnólogos.

Trata-se de colocar em prática a máxima “prevenir e não consertar”, exercício esse que vem ao encontro das recomendações das DCN, no tocante à necessidade de dar aos futuros engenheiros a oportunidade de aprenderem a avaliar os efeitos decorrentes das atividades da engenharia; como também satisfaz a necessidade de integração de disciplinas e conteúdos

estudados, além de propiciar uma visão crítica das relações presentes entre ciência, tecnologia e sociedade.

Pretende portanto, fornecer caminhos para que o futuro engenheiro vivencie em seu espaço de aprendizagem, a análise de seus protótipos tecnológicos, a fim de verificar seus impactos e ao identificar problemas, buscar soluções num exercício que una a teoria e prática, ação e reflexão fornecendo-lhe fundamentos para atuar ética e responsavelmente no desenvolvimento tecnológico de base científica.

Durante o desenvolvimento curricular relacionado ao processo de uma inovação tecnológica, normalmente os alunos recebem base teórica a respeito da gestão da tecnologia voltada para o desenvolvimento da criatividade, visando à solução de problemas tecnológicos e desenvolvimento de produtos.

De acordo com Back *et al.* (2008), o desenvolvimento de produto é um conceito amplo e compreende os aspectos de planejamento e projeto, ao longo de todas as atividades da seqüência do processo de fabricação, plano de distribuição e de manutenção até o descarte ou desativação do mesmo. Entende-se, portanto, o desenvolvimento de produto como todo o processo de transformação de informações necessárias para a identificação da demanda, da produção e do uso do produto.

Segundo os autores, dentre os principais desafios do planejamento de produtos estão a definição de idéias de produtos, em função das várias alternativas possíveis. Essa definição deve ocorrer baseada em informações consistentes, sugerindo assim, o uso de metodologias e métodos de apoio para reduzir as incertezas no processo de planejamento. Nesse contexto, o desenvolvimento de produtos é a fase que subsidia a tomada de decisões e, por isso, faz-se necessário que seja acompanhado de uma Avaliação de Impacto Tecnológico.

No ponto de vista de Back *et al.* (2008, p. 194), a AIT deve ser vista como parte do processo de planejamento do produto, de forma a promover o estudo sistemático dos efeitos da introdução, extensão ou modificação de uma tecnologia em outras tecnologias e na sociedade.

A seqüência que os autores recomendam é a mesma indicada por González García, López Cerezo e Luján (1996) e Todt (2002) e referem-se à identificação, avaliação e análise de impactos, sugerem ainda, a utilização de métodos como *brainstorming*, *checklists* ou diagramas/árvores. Além de ferramentas de análise como o Método Delphi, Análise Multicritério, Avaliação de Ciclo de Vida – AVC, entre outros, que poderão atuar nas diferentes etapas do processo de desenvolvimento. Essa possibilidade dá à AIT um perfil de significativa flexibilidade, permitindo a utilização da metodologia mais adequada ao protótipo estudado.

Todavia, Solbes e Vilches (2004) salientam que, se a intenção é que os estudantes sejam capazes de valorar, tomar decisões em torno das questões ligadas ao desenvolvimento de tecnologias, é pertinente que antes desenvolvam a capacidade de compreender a ciência, tecnologia e suas interações com a sociedade e o meio. Nesse sentido é preciso que se eduquem os futuros cidadãos e, se o interesse for formar cientistas responsáveis, será necessário, entre outras coisas, que os estudantes:

- a) tenham uma visão adequada de quais são os problemas que enfrenta hoje a humanidade, suas causas e as possíveis medidas a adotar;
- b) compreendam o papel da ciência e da tecnologia na solução de problemas;
- c) sejam conscientes da influência da sociedade e dos interesses particulares nos objetivos da ciência e da tecnologia;
- d) sejam capazes de realizar avaliações sobre determinados desenvolvimentos científicos e tecnológicos, em particular, seus riscos e seus impactos tanto sociais como ambientais;
- e) Compreendam a importância da investigação científica sem limitações, assim como, a necessidade de controle social que evite a aplicação apressada de tecnologias que não foram suficientemente testadas («princípio de precaução»).

Aos critérios técnicos, Vilches e Gil-Pérez (2003) acrescentam outro de natureza ética, como dar prioridade a tecnologias orientadas para a satisfação de necessidades básicas que contribuam para a redução das desigualdades, comprovando, assim, a importância dos estudos CTS, visto que poderão dar os subsídios necessários à aprendizagem das questões acima elencadas. Além disso a natureza sistêmica e interdisciplinar da AIT, permite que alguns métodos ou princípios ligados à regulação de tecnologias, possam servir de guia para a sua execução, dentre eles estão: princípios da avaliação ética, princípios da engenharia verde e desenvolvimento de produtos sustentáveis, ou ainda pode-se proceder a uma adaptação de duas ou mais propostas de modo a torná-las compatíveis às necessidades, como exposto a seguir.

### 2.5.1 Avaliação ética

A análise das implicações éticas, e acrescente-se socioambientais, da tecnologia deve considerar não só o uso que lhe pode ser dado, mas também, levar em consideração que estas tecnologias se originam das intenções dos agentes que integram os sistemas técnicos, em suas finalidades, desejos e valores, assim como dos resultados que de fato obtiveram, considerando-se inclusive os resultados não intencionais (OLIVÉ, 2003).

Segundo o autor, disso deriva a necessidade de que ao avaliar os sistemas técnicos, responda-se a pergunta: Tecnologia para quê e para quem? Ou seja, é preciso abrir espaço para discutir os fins e valores em função dos quais se gera, desenvolve-se e se aplica um sistema técnico<sup>52</sup>.

Considerando-se essa perspectiva, Olivé (2003) recomenda que a avaliação da tecnologia deve se realizar na perspectiva de duas dimensões: uma que diz respeito à avaliação interna dos sistemas técnicos, que se concentra em torno do conceito de eficiência, e de outros conceitos próximos como: factibilidade, eficácia e fiabilidade; e de uma segunda dimensão, referente a uma avaliação externa que vai analisar o impacto da tecnologia na sociedade, no ambiente e na cultura, como exposto abaixo:

#### 2.5.1.1 Avaliação Interna dos Sistemas Técnicos

A avaliação interna está diretamente relacionada com a eficiência técnica que, por sua vez, refere-se à adequação dos meios aos fins propostos. Quer dizer, refere-se à escolha dos meios mais adequados para a obtenção de certos fins, porém não envolve a discussão da adequação ou da correlação dos fins em questão.

Além disso, Olivé (2003) esclarece que uma técnica pode ser considerada mais eficiente que outra se pretende obter os mesmos resultados e pode ser feita a um custo menor, ou se ao mesmo custo se consegue mais e melhores resultados. Ainda que a avaliação do custo não deva entender-se unicamente em um sentido econômico. Pode referir-se, por exemplo, ao gasto de energia, natural ou humana, ao tempo necessário para realizar alguma tarefa, etc.

Outros conceitos relacionados com a eficiência e que se aplicam na avaliação interna dos sistemas técnicos são, por exemplo, a factibilidade de um sistema – possibilidade de realizar-se lógica e materialmente; a eficácia – possibilidade de se atingir realmente os fins que se propõe alcançar, ou a fiabilidade – que a eficiência seja estável.

#### 2.5.1.2 Avaliação Externa

A avaliação externa de um projeto tecnológico analisa desde onde se aplicarão as técnicas até as possíveis conseqüências de sua aplicação. Como exemplo, o autor cita a planta de uma usina nuclear, utilizada para produzir energia elétrica. Do ponto de vista de uma avaliação

---

<sup>52</sup> Sistema Técnico: complexo formado por agentes que atuam intencionalmente para alcançar eficientemente fins específicos que consideram valiosos, para o qual transformam objetos concretos, colocando em jogo crenças e valores (OLIVÉ, 2003).

interna poder-se-ia calcular o custo econômico de construir e operar a planta. Com esta informação poder-se-ia fazer uma comparação com outras técnicas para produzir a mesma quantidade de energia durante o mesmo período.

Porém, ao considerar-se um contexto mais amplo, deve-se levar em conta as conseqüências no sistema econômico da inversão de recursos na construção e operação da planta, as conseqüências ambientais de sua construção e operação, o impacto social e cultural na forma de vida dos habitantes do entorno onde se opere a planta, os riscos implicados na construção e operação, os benefícios que trará, etc.

Seguindo esse ponto de vista, a questão fundamental são os seres humanos e a satisfação de suas necessidades e de seus desejos legítimos. Em suma, a avaliação externa de um projeto tecnológico deve levar em conta os seguintes aspectos:

- seu custo intrínseco e a disponibilidade de recursos;
- suas possíveis conseqüências na estrutura social e cultural, assim como, no entorno natural e, por conseguinte, o custo social e ambiental que pode ter sua realização e operação;
- o tipo de necessidades que pode satisfazer e a prioridade que a sociedade, em questão, atribui a estas para sua satisfação.

O desenvolvimento tecnológico depende de decisões humanas que se realizam à luz de concepções – as mais das vezes implícitas – sobre a natureza humana, os desejos e necessidades das pessoas, assim como, das maneiras de se conquistar uma vida boa e feliz. É assim, que o DT pode favorecer a realização de interesses gerais autênticos das comunidades humanas, por exemplo, obter energia limpa para uma população, ou pode ir contra eles e promover interesses particulares de certos grupos (por exemplo, a ambição de uma única empresa), ou somente de certas nações (interesses das nações industrializadas à frente dos interesses das nações pobres), (OLIVÉ, 2003, p. 196).

### **2.5.2 Engenharia verde**

Outros fundamentos de interesse para esse estudo são os Princípios da Engenharia Verde, propostos por Anastas e Zimmerman (2003), que apresentam 12 critérios para cientistas e engenheiros utilizarem quando desenvolvem novos materiais, produtos, processos e sistemas, para que sejam benignos à saúde humana e ao meio ambiente. Um projeto baseado nesses princípios, vai além da linha de qualidade da engenharia e especificações de segurança ao considerar fatores ambientais, econômicos e sociais. São eles:

Princípio 1: Assegurar que toda entrada e saída de matérias-primas e energia ofereçam o menor risco possível;

Princípio 2: É melhor prevenir a formação de resíduos do que tratá-los e limpá-los depois de formados;

Princípio 3: Operações de separação e purificação devem ser desenvolvidas para minimizar o consumo de energia e uso dos materiais;

Princípio 4: Produtos, processos e sistemas devem ser desenvolvidos para atingir o máximo de eficiência de tempo, massa, energia e espaço.

Princípio 5: Produtos, processos e sistemas devem ser puxados para a saída (*output pulled*) em vez de empurrados na entrada (*input pushed*), mediante uso de energia e materiais;

Princípio 6: Entropia e complexidade embutidas devem ser vistas como um investimento quando se escolhe o desenho para reciclagem, reuso ou disposição benéfica;

Princípio 7: A meta do projeto deve ser a durabilidade e não a imortalidade;

Princípio 8: Projetar soluções desnecessárias de capacidade ou volume deve ser considerado uma falha;

Princípio 9: A diversidade material em produtos multicomponentes deve ser minimizada para valorizar a conservação e promover a desmontagem;

Princípio 10: Desenvolvimento de produtos, processos e sistemas devem incluir integração e interconectividade com energia disponível e fluxo de materiais;

Princípio 11: Produtos, processos e sistemas devem ser desenvolvidos para terem desempenho em uma “pós vida” comercial futura;

Princípio 12: A entrada de materiais e energia devem ser renováveis em vez de esgotáveis.

Para os autores, os 12 princípios da Engenharia Verde apresentam uma estrutura para criar e avaliar os elementos relevantes do projeto para minimizar impactos ambientais negativos. Engenheiros podem usar esses princípios como guias para ajudar a assegurar que projetos para produtos, processos ou sistemas tenham os componentes fundamentais, condições e circunstâncias necessárias para serem sustentáveis.

Na visão de Brunetti (2005), esses princípios oferecem também uma base de preceitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, em que cada princípio, dificilmente, pode ser otimizado de uma única vez, especialmente quando se deve considerar que todos eles são interdependentes. Estes são casos de sinergia em que os resultados da aplicação de um princípio

avançam para outros. Em muitos casos, deve-se considerar que uma coleção de princípios será necessária para otimizar a solução do sistema.

Entretanto a autora alerta para o fato de que na proposta de Anastas e Zimmerman, não se percebe uma preocupação com a eficiência social e cultural dos produtos, questão esta abordada por Manzini e Vezzoli (2005) quando explicitam os fundamentos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, como exposto a seguir.

### 2.5.3 Desenvolvimento de produtos sustentáveis

Na opinião de Manzini e Vezzoli (2005), a extensão da problemática ambiental e a transversalidade dos temas são tão complexas, que existe a possibilidade concreta de intercalar o termo ecologia com o termo *design* em suas diversas articulações.

Comentam que a conscientização acerca da problemática ambiental - e das atividades daí derivadas - seguiu um percurso que vai do tratamento da poluição (as políticas *end-of-pipe* que tendem a neutralizar os efeitos ambientais negativos gerados pelas atividades produtivas), à interferência nos processos produtivos que geram tal poluição (o tema das tecnologias limpas), ao redesenho dos produtos num processo que se faz necessário (o tema dos produtos limpos). Enfim, a conscientização acerca do problema ambiental levou à discussão e à reorientação de novos comportamentos sociais, isto é, da procura por produtos e serviços que motivem a existência de tais processos e, conseqüentemente, desses produtos (o tema do consumo limpo).

Para os autores está implícito que tal progresso trouxe uma transformação na natureza das variáveis hoje em jogo: se o primeiro nível (aqueles das tecnologias limpas) põe em campo questões de âmbito técnico, os níveis sucessivos (produtos limpos e consumo limpo) ampliam progressivamente o papel das questões sociais e culturais. De fato, o desenvolvimento de produtos limpos pode requerer tecnologias limpas, mas certamente, requer uma nova capacidade de *design* (é possível chegar a produtos limpos mesmo sem muitas sofisticções tecnológicas). E, de maneira semelhante, porém mais acentuada ainda, a busca da promoção do consumo e de comportamento limpos exige novos produtos, mas pode também direcionar a orientação das escolhas para um novo *mix* de produtos e serviços que, para serem aceitos, dependem de uma mudança na cultura e no comportamento dos usuários. Nesse âmbito, portanto, propor soluções que apresentem uma alta qualidade ambiental não pode prescindir do quanto, e como, elas sejam social e culturalmente aceitáveis. (Construção de um caldo cultural)

Desse modo, Manzini e Vezzoli (2005) propõem diversos níveis de possibilidades de intervenção na linha de desenvolvimento de produtos, como:

\* **Redesign Ambiental de Produtos Existentes** - considera o ciclo de vida de um produto em análise. Trata-se de melhorar a sua eficiência global em termos de consumo de matéria e energia, além de facilitar a reciclagem de seus materiais e a reutilização dos seus componentes. Este primeiro nível de interferência comporta, portanto, escolhas de caráter prevalentemente técnico e não requer mudanças reais nos estilos de vida e de consumo. (Ex; trabalho Fernando)

\***Projetos de Novos Produtos ou Serviços** - considera como certa, a necessidade de uma boa prestação de serviço e de uso dos produtos. Trata-se de individualizar aqueles que oferecem os serviços ecologicamente mais favoráveis em relação aos demais. Portanto este segundo nível de intervenção requer que as novas propostas sejam reconhecidas como válidas e socialmente aceitas. Atuando neste nível, a inovação técnico-produtiva pode ser mais facilmente direcionada à busca de uma qualidade ambiental, do que através do *redesign* dos produtos existentes.

\* **O Projeto de Novos Produtos-Serviços Intrinsecamente Sustentáveis** - Considerando a demanda - de produtos e de prestação de serviços - como potencialmente variável. Trata-se então de ser oferecida uma nova maneira (mais sustentável), que busque a obtenção de resultados socialmente apreciados e, ao mesmo tempo, radicalmente favoráveis ao meio ambiente. Este terceiro nível de interferência requer, portanto, que o novo *mix* de produtos e serviços propostos (novo produto-serviço) sejam socialmente apreciáveis de modo a superar a inércia cultural e comportamental dos consumidores.

Assim, tal escolha projetual, para ser eficaz, deve ser colocada em um âmbito estratégico de decisão das empresas, ou seja, o projetista e a empresa [ou universidade] que buscam promover esses conceitos devem aceitar o risco de investir em um produto cujo mercado ainda está sujeito a verificações mas, de igual forma, deve ser considerado, pois, em caso de sucesso, vão ter a possibilidade de abrir um mercado novo e diferente de tudo que existia.

Por outro lado, esse modo de agir vem a ser o único que pode levar a soluções verdadeiramente coerentes com a perspectiva de sustentabilidade. E, portanto, somente agindo dessa forma se poderá referir à possibilidade de um **design para a sustentabilidade ou auto-sustentável**.

\* **Proposta de Novos Cenários que Correspondam a “Estilos de Vida Sustentáveis”** - trata-se, no caso, de desenvolver atividades no plano cultural que tendam a promover novos critérios de qualidade e, em prospectiva, modificar a própria estrutura de busca de resultados. Este quarto nível de interferência só pode emergir de dinâmicas complexas de

inovações socioculturais, nas quais os projetistas possam ter um papel (importante, porém limitado) de busca, interpretação, repositição e estímulo de idéias socialmente produtivas.

Nesse caso, não se trata somente de aplicar novas possibilidades tecnológicas ou produtivas específicas, mas de promover novos critérios de qualidade que sejam ao mesmo tempo sustentáveis para o ambiente, socialmente aceitáveis e culturalmente atraentes (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

Na visão dos autores, até o momento, o encontro entre o *design* industrial e o tema ambiental tem focalizado e praticado principalmente os primeiros dois níveis de interferência inicialmente apontados (o *redesign* ambiental e o projeto de novos produtos em substituição àqueles existentes). Esta atividade foi, e ainda, é útil e necessária para a questão ecológica. Porém, hoje sabemos que seu papel isolado não é mais suficiente, pois, para atingir a sustentabilidade ambiental, não é suficiente melhorar o que antes já existia, mas sim, pensar em produtos, serviços e comportamentos diversos dos conhecidos até hoje. Ou seja, é necessário operar também em níveis mais altos, com outros aspectos a serem considerados (o projeto de novos produtos-serviços intrinsecamente sustentáveis e a proposta de novos cenários que correspondam a estilos de vida sustentáveis).

Para se referir a esse gênero de atividades, os autores propõem o *design* para a sustentabilidade (tradução do termo em inglês – *Design for Sustainability*), para eles, propor o desenvolvimento do *design* para a sustentabilidade, significa promover a capacidade do sistema produtivo de responder à procura social de bem-estar utilizando uma quantidade de recursos ambientais drasticamente inferior aos níveis atualmente praticados. Isto requer gerir de maneira coordenada todos os instrumentos de que se possa dispor (produtos, serviços e comunicações) e dar unidade e clareza às próprias propostas. Em definitivo, o *design* para a sustentabilidade pode ser reconhecido como uma espécie de *design* estratégico, ou seja, um projeto de estratégias aplicadas por empresas que se impuserem seriamente à prospectiva da sustentabilidade ambiental.

Por outro lado, para ser verdadeiramente reconhecido como tal, o *design* para sustentabilidade deve aprofundar suas propostas na constante **avaliação comparada das implicações ambientais**, nas diferentes soluções técnica, econômica e socialmente aceitáveis e deve considerar, ainda, durante a concepção de produtos e serviços, todas as condicionantes que o determinem por todo o seu ciclo de vida. [...] (pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte) buscando, assim, minimizar todos os efeitos negativos possíveis

Na seqüência à moda de Anastas e Zimmerman (2003), os autores dão indicações de ações para minimização de impactos, assim como utilizam exemplos dessas reduções em

produtos já desenvolvidos, em confluência apresentam uma base teórica que justifica cada um dos itens sugeridos.

Além disso, Manzini e Vezzoli (2005) propõem a integração no processo de desenvolvimento dos produtos. De modo, que o *Life Cycle Design* aparece como critério para integrar os requisitos ambientais no processo de projeto/desenvolvimento de produtos.

Explicam que a referência ao ciclo de vida diz respeito aos aspectos de integração depois que já foram definidas as estratégias de desenvolvimento do produto, incluindo as ambientalmente orientadas, ou seja, uma vez definida a estratégia (sustentável) de um novo produto, aquilo que foi projetado deverá adotar uma abordagem que considere o ciclo de vida.

Da confluência da proposta de Manzini e Vezzoli que contempla a sustentabilidade e da abrangência dos 12 princípios da engenharia verde de Anastas e Zimmerman, Brunetti (2005) elabora uma proposta que intenta integrar os interesses humanos com os fluxos, ciclos e padrões da natureza, cujo finalidade é unir a realidade projectual às possibilidades de redução de riscos ambientais durante todo o ciclo de vida dos produtos e processos, baseando-se na adoção de um conjunto específico de princípios práticos de projeto, aos quais denominou “**os 12 princípios do *Design* sustentável**”, que além de basear-se nos trabalhos dos autores supracitados, também procura atender os diversos objetivos socioambientais estabelecidos pela agenda 21, global e brasileira, proposta que apresento a seguir:

#### 2.5.3.1 Os 12 Princípios do *Design* Sustentável (BRUNETTI, 2005)

**Princípio 1:** Toda entrada e saída de matérias-primas e energias devem oferecer menos risco quanto possível.

As causas e efeitos negativos podem se manifestar em todas as fases de uma produção, (extração dos recursos, na produção dos materiais utilizados, na fase de transformação da matéria prima em produto), durante o uso pelo consumidor e na sua disposição final. Por isso, o *designer* deve avaliar previamente a natureza dos materiais que está empregando em seus projetos. Embora as conseqüências das substâncias perigosas (toxicológicas ou físicas) para o planeta possam ser minimizadas, elas poderão exigir um significativo investimento de recursos de tempo, capital, material, e energia para que sua disposição seja segura.

**Princípio 2:** Os produtos, processos e sistemas devem ser desenhados para otimizar matérias-primas, energia, espaço, eficiência. Ao criar um produto, o engenheiro deve concentrar-se no uso da menor quantidade possível de materiais, energias e processos, gerando uma

construção racionalizada, para poupar recursos naturais e facilitar o transporte, acondicionamento e estocagem. Pelas soluções adotadas, este princípio se propõe reduzir as possibilidades de uso inadequado, acidentes e dispêndios físicos excessivos ao usuário e ao operário.

**Nível 1 : redução de materiais** - redução de peso; redução de volume; redução de tintas e recobrimentos.

**Nível 2 : otimização de processos de produção** - redução de etapas de processos de produção; redução do consumo e uso racional de energia; redução de geração de refulos/resíduos; promoção da segurança dos operários.

**Nível 3: uso racional do produto** - assegurar o baixo consumo energético durante o uso do produto; assegurar o uso racional e redução de insumos durante a aplicação do produto; prevenir desperdícios através de *design* funcional; promover segurança do usuário.

**Princípio 3:** Otimizar o tempo de vida do produto. Decisões de fim de vida do produto devem ser baseadas no material e energia investidos; na complexidade de produção e nos impactos produzidos. Esta estratégia deve resultar em um *design* que seja durável o suficiente para resistir a condições de deterioração antecipadas (obsolescência prematura e subsequente disposição). A tendência para o *design* como uma solução eterna e global também deve ser repensada, para se evitar gastos com recursos não necessários. As pessoas se cansam, mesmo dos objetos bem projetados e feitos com eficiência.

**Princípio 4:** Reunir necessidades, minimizar excessos. Quanto mais flexível for um produto, mais longa será sua vida útil, e menor, portanto, será a possibilidade de ele cair em desuso e vir a ser descartado. Considerar a tendência de espaços multiuso, onde os multifuncionais vão acabar substituindo os monofuncionais, o que sugere, em última instância, a possibilidade de se sobrepor funções em um mesmo elemento constituinte do espaço, seja ele componente construtivo, equipamento ou peça. Esta flexibilidade pode ser potencializada pela modularidade. Entretanto, os custos com material e energia para produção de um *superdesign*, com capacidades e emprego inúteis, podem ser altos. *Designs* com capacidades inúteis ou utilidades supérfluas têm por meta, somente, incrementar as vendas de bens a um público já saturado. Dependendo das funções, ou conveniências, que se pretende englobar, devem ser aplicados conceitos diferentes.

**Princípio 5:** Conjuguar práticas de produção *just-in-time* com a comercialização via eletrônica para reduzir desperdícios. Para evitar desperdícios com produção, embalagem,

transporte e estoque de produtos produzidos além da demanda efetiva, o *designer* de produtos deve estar atento para adequar seu *design* às técnicas exigidas no processo de produção *just-in-time*.

O *Just-in-time* é uma filosofia de produção que objetiva produzir os itens solicitados, na qualidade, quantidades e no tempo em que são solicitados. Este processo se completa, quando o comércio organiza modelos de compras por catálogo ou exposição de produtos em loja virtual. Dessa forma, as embalagens desenhadas podem se restringir mais à funcionalidade e segurança, do que à estética comercial, uma vez que o produto não mais estará competindo em prateleiras, ao lado de concorrentes.

**Princípio 6:** Minimizar as embalagens, sem menosprezar a sua importância na conservação dos produtos. O principal aspecto da sociedade moderna, relativo ao lixo, está voltado para uma cultura comportamental em que o produto é exageradamente embalado, e neste aspecto, torna-se quase um produto em si, perdendo sua característica de acessório de proteção ao produto, para se transformar em referência de *status*. Para uma embalagem adequar-se ao Desenvolvimento Sustentável, seu planejamento envolve compatibilidade na redução do consumo de materiais e energia, que esteja apta a enfrentar as adversidades do transporte, armazenagem e conservação. Deve também, informar o consumidor sobre as qualidades e o impacto ambiental do produto que está adquirindo, para facilitar os processos de reciclagem, reutilização, recuperação ou destinação segura em aterro sanitário. É fundamental que a embalagem contenha informações sobre a destinação final do produto que contém e dela própria.

**Princípio 7:** Valorizar o material reciclado utilizando as habilidades criativas e estéticas (materiais reprocessados).

O *designer* consciente da necessidade de implementar conceitos e procedimentos para minimizar todos os efeitos nocivos ao meio ambiente pode adotar seus conhecimentos estéticos na prática projetual sustentável, agregando valores além daqueles já reconhecidos como de 2ª. linha, comumente associados aos produtos produzidos com materiais reciclados (sacos de lixo, cerdas para vassouras, etc), quebrando barreiras para o consumo de reciclados. É bom lembrar que, mesmo que muitos *designers* conheçam e incentivem o uso de materiais recicláveis em projetos, muitos poucos falam em utilizar os materiais já reciclados.

Entretanto, exige-se intervenção dos setores de engenharia para testar as resistências dos materiais reciclados. Ou, em caso de empresas de pequeno porte, pode exigir a visita de uma consultoria inicial.

A criação de produtos de cunho social ao mesmo tempo em que viabiliza a melhoria de qualidade de vida de grupos com necessidades especiais, também promove a redução dos desperdícios gerados dentro das indústrias e diminui o volume de lixo que seria encaminhado para aterros sanitários. Outrossim, o lixo reciclável cria condições para a existência de pequenas fábricas, originadas de cooperativas de catadores e associações de pequeno porte.

**Princípio 8:** Promover o aproveitamento de lixo e sobras de produção utilizando as habilidades criativas e estéticas (materiais não reprocessados).

O *designer/engenheiro* pode utilizar seu potencial criativo para projetar produtos aproveitando resíduos de indústrias para atender pequenos nichos de mercados., neste caso a idéia é que o resíduo de uma atividade possa servir de matéria prima para outra.

Com isso surge a possibilidade de criação de produtos de cunho social na medida em que pode promover a redução dos desperdícios gerados dentro das indústrias e diminuir o volume de lixo que seria encaminhado para aterros sanitários. Outrossim, o lixo reciclável cria condições para a existência de pequenas fábricas, originadas de cooperativas de catadores e associações de pequeno porte.

**Princípio 9:** Produtos devem ser desenhados prevendo sua fácil desmontagem.

Limitações econômicas e técnicas na separação de materiais e componentes estão entre os grandes obstáculos para recuperação, reciclagem, e a reutilização (3R's), além do consumo excessivo de energia e tempo em reprocessamento. Decisões de *design* em estágios antecipados podem facilitar a desmontagem dos produtos tornando-os viáveis para usos posteriores.

Esta estratégia é conhecida por *Design for Disassembly* (DfD), que significa o desenvolvimento de produtos cuja premissa básica é facilitar a desmontagem, sem comprometimento do produto, visando à posterior viabilidade da remanufatura, o reaproveitamento de componentes e a reciclagem de materiais, principalmente os perigosos.

**Princípio 10:** Cooperar com a pequena indústria por meio da valorização de culturas regionais e utilização de tecnologias apropriadas.

O papel do *designer/engenheiro*, principalmente nas atividades voluntárias, pode surgir com a participação em projetos para pequenas empresas localizadas em regiões de difícil desenvolvimento econômico e social. O *designer* pode oferecer uma base estética, ergonômica e de racionalidade para a criação e viabilização de produtos para indústrias, sem descaracterizar o processo artesanal das culturas e tradições locais.

Para um desenvolvimento pleno, o *designer*/engenheiro precisa trabalhar com uma equipe interdisciplinar com visão transdisciplinar, pois será necessário o auxílio de profissionais de diversas outras áreas (econômica, social, educacional, engenharias – de produção e ambiental, principalmente –, e outras específicas, conforme cada caso). Esta estrutura possibilita uma abordagem integral para fatos concretos de uma dada cultura material, não para transformá-la, mas para contribuir dinamicamente e criativamente na sua revitalização.

**Princípio 11:** O *designer*/engenheiro pode propor alternativas para reduzir o consumo explorando novos estilos de vida para as sociedades.

A maneira mais fácil de poupar recursos naturais, energia e reduzir o desperdício, ainda é produzir menos, através de uma economia de serviços, substituindo os produtos. Na economia sustentável, as empresas não vivem mais da produção e venda de objetos físicos, mas dos seus resultados – não automóveis, mas, mobilidade; não máquinas de lavar roupa, mas limpeza e manutenção do vestuário.

É necessário que o *designer*/engenheiro compreenda que sistemas também são produtos. Nessa condição, ele volta a ser um solucionador de problemas, e não simplesmente um criador de produtos materiais. Substituir um produto material por uma solução, que atenda a(s) mesma(s) necessidade(s), exige uma grande capacidade criativa, e pode muito bem fazer parte integrante das atividades de um *designer*. Quanto mais os serviços que os consumidores desejam puderem ser prestados pela eficiência, tanto maior há de ser o entusiasmo com que esses consumidores se mostrarão dispostos a pagar pelos serviços.

**Princípio 12:** O *designer*/engenheiro ético utiliza seu potencial para criar uma sociedade mais humana e um meio ambiente mais íntegro.

A ética busca a excelência, implica trabalhar de forma virtuosa; mas, a ética está diretamente ligada a liberdade de escolha. Seria uma visão reducionista compreendê-la como um conjunto de regras e proibições frias e abstratas. Assim, um código de ética para o *designer* deve corresponder a um exercício de autoconhecimento, que envolve a busca de seus verdadeiros valores, princípios, crenças, objetivos, expectativas, papel e razão de ser desse profissional na sociedade.

O momento em que vivemos é marcado por mudanças dos padrões de produção e consumo, e, neste novo cenário, o respeito ao ambiente passa a ser um dos aspectos necessários para uma postura ética. Além disso, o produto precisa agradar a muitos envolvidos, além do consumidor final. O *designer*/engenheiro precisa estar comprometido com os públicos

estratégicos, os *stakeholders*, que são os públicos com os quais a empresa interage e que desempenham importante papel para ela. Isso exige do profissional que trabalha com o desenvolvimento de tecnologias, produtos ou serviços, um novo estatuto de valores, além da reavaliação de seus conceitos sobre a qualidade de suas criações.

### **Atitudes para uma postura ética**

#### **Para uma ética global**

- Assumir suas responsabilidades com todos aqueles que são impactados por suas atividades;
- Adotar o Princípio da Prevenção - “É mais barato prevenir do que consertar”;
- Adotar o Princípio da Precaução - “Melhor seguro do que arrependido”;
- Cuidado pelo futuro, temor e respeito diante da natureza.

#### **Para uma ética social**

- Não aceitar o trabalho infantil ou forçado, discriminação, e promover a saúde e segurança dos trabalhadores;
- Engajamento em ações que busquem o progresso e o bem-estar social da comunidade do entorno onde sua empresa está instalada;
- Estimular o compromisso social e ambiental da empresa com organizações não governamentais (ONGs), e promover a disseminação deste compromisso entre os públicos estratégicos;
- Identificar formas inovadoras e eficazes de atuar com segmentos carentes.

#### **Para uma ética das relações produtivas e econômicas**

- Optar pelos recursos do *Marketing Verde*;
- Estimular fornecedores e parceiros comerciais a adotar práticas de gestão moralmente positivas;
- Colaborar para a passagem de uma indústria, que destrói o meio ambiente para uma indústria que promove os verdadeiros interesses e necessidades das pessoas em harmonia com a natureza;
- Atenção às chamadas "relações de consumo", que implicam um equilíbrio de direitos e deveres para os consumidores e as organizações (desejos, necessidades, aspirações, expectativas e objetivos de cada uma das partes envolvidas);

- Manter canais de comunicação com seus diversos públicos estratégicos, comunicando os princípios e valores que norteiam suas atividades.

### **Para uma ética cultural**

- Não esquecer a diversidade cultural, apesar da globalização do mundo;
- Evitar apropriar-se de padrões e costumes idênticos (globalizados) no que tange à marca, moda e mídia, e estilo de vida;
- Respeitar a identidade cultural e as necessidades e particularidades da comunidade na qual atua;
- Valorizar a diversidade de saberes antigos, das culturas diversas, das religiões e filosofias distintas – novas e milenares – pois elas formam a base dos chamados *saberes sustentáveis*;
- Buscar as tecnologias apropriadas para um *design* adequado ao nosso país (equilíbrio entre produção artesanal, artística e industrial).

### **Ética pela estética**

- O belo exige tanto de nossos sentimentos quanto de nossa razão para a sua apreciação;
- Promover a beleza na concordância total entre forma e função;
- Buscar a harmonia das proporções.

### **Enriquecimento da vida espiritual**

- Interação de respeito para com todas as formas de vida;
- Superar o individualismo que danifica a integridade da criação em prol de interesses privados (privilegiar valores mais subjetivos, como honestidade, respeito, transparência, sobre produtividade, lucros ou sucesso pessoal);
- Reavaliar os conceitos de civilização antropocêntrica e capitalista em sua raiz;
- Abertura aos pensamentos diversos. Não haverá sobrevivência da sociedade humana sem liberdade de pensamento, de consciência e de religião.

Assim, compartilho da visão de Brunetti (2005) sobre as possibilidades desses princípios na contribuição para a formação de valores e ampliação do repertório reflexivo, crítico e cultural

do profissional *designer*/engenheiro, preparando-o para conceber e desenhar a produção de uma realidade sustentável. É então, na somatória dessas propostas que a utilização de um guia para AIT se torna viável.

As questões acima relacionadas caracterizam uma concepção de AIT, e constituem em critérios para se proceder a uma análise interna e externa de produtos, serviços e/ou sistemas técnicos criteriosa, durante todas as fases do seu desenvolvimento, que pode ser pensada até mesmo na perspectiva de reprojeto (FEENBERG, 1991). Por ser um modelo aberto, outros elementos de análise e princípios poderão ser acrescentados, de acordo com o que vai ser avaliado, de modo a fornecer bases para a elaboração de guias adequados ao que estará sendo avaliado (produto, serviço, processo), de forma a não se esgotar em si mesmo, mas ao contrário, abrir portas para questionamentos, reflexões, para busca de soluções de problemas e para a tomada de decisões fundamentadas.

Mas, qual o espaço da AIT na educação em engenharia? Qual a compreensão de alunos e docentes sobre AIT e como isso pode ser inter-relacionado com tecnologia, sociedade e natureza? Que ações educativas estão sendo realizadas nesse sentido, durante a formação de engenheiros e tecnólogos? As respostas a estas e outras questões são o tema do 3º capítulo que trata dos caminhos e dos resultados da pesquisa, como apresentado a seguir.

### CAMINHOS E PORTAIS DE PESQUISA

*“É impossível mudar a realidade sem conhecê-la”*  
Pelicioni e Philippi Jr.

O entendimento de que a Avaliação de Impacto Tecnológico (AIT) deve fazer parte da formação de engenheiros e tecnólogos, como campo de estudo e reflexão crítica, foi problematizado na contextualização dos Cenários apresentados no Capítulo 1; preocupação também presente nas DCN's, cujas recomendações interagem amplamente com os estudos CTS como discutido no Capítulo 2; para juntamente com questões significativas de diferentes abordagens de avaliação de tecnologias fundamentar e caracterizar uma concepção de AIT.

Os objetivos desta fase do estudo foram: investigar as compreensões dominantes de alunos e professores a respeito das interações CTS; verificar como se configuram as compreensões, as opções conceituais e metodológicas oriundas de práticas docentes ligadas à problemática socioambiental e ao exercício de avaliação de impacto tecnológico na formação de engenheiros; - verificar o nível de sintonia das concepções e atitudes dos professores relativas à AIT com as recomendações que emanam das DCN's e caracterizar no processo de formação de engenheiros elementos que estimulam ou impedem a problematização ambiental e o exercício de avaliação de impacto tecnológico.

Na revisão de literatura, desenvolvida nos Capítulos anteriores, foi possível perceber a forma como as questões socioambientais e suas repercussões estão interligadas com o processo de desenvolvimento tecnicocientífico e o quanto as compreensões que se tem a respeito das relações CTS (Ciência, Tecnologia, Sociedade), interferem nas tomadas de decisões e na problematização de questões ligadas à inovação e seus impactos, estejam elas permeando o processo educativo, o desenvolvimento de novas tecnologias ou os movimentos sociais.

Dito de outro modo, independentemente do papel que se desempenhe em uma sociedade - professor, aluno, pesquisador, político, ou de um cidadão comum – as decisões estão sendo tomadas de acordo com determinadas crenças e valores (MORAES, 2003), sem que muitas vezes se tenha consciência disso, de tal forma que o tratamento dessas questões começa a reclamar um espaço mais significativo na educação científica e tecnológica.

As evidências de que os diferentes aspectos das relações entre ciência, tecnologia, sociedade, [ambiente e inovação] têm recebido uma escassa atenção na educação científica, ou

não está ocorrendo de forma adequada, é apontada no resultado de diversos estudos. Assim como, acenam para o fato que as orientações predominantes na educação científica e tecnológica enfatizam o modelo linear de desenvolvimento e a tecnologia como ciência aplicada, (ACEVEDO, G.; 1998; CAJAS, 1999; FOUREZ, 2003; LÓPEZ CERESO, 1998 MAIZTEGUI *et al.*, 2002, entre outros).

De forma complementar, pode-se contar com os resultados de diversas pesquisas internacionais que investigaram as crenças, atitudes e valores que professores e alunos de nível médio e superior apresentam sobre as interações CTS (ACEVEDO, J. *et al.* 2001, 2003, 2005, 2006; AIKENHEAD; FLEMING; RYAN, 1987; AIKENHEAD; RYAN, 1989, 1992; MANASSERO *et al.*, 2007; MANASSERO; VÁZQUEZ; ACEVEDO, J., 2001; OSORIO, 2002; RUBBA e HARKNESS, 1993; SOLBES; VILCHES, 2004; VÁZQUEZ; MANASSERO, 1997) e nacional (AULER, 2002) as quais, verificaram que as crenças de professores a respeito das interações entre ciência e tecnologia e suas implicações são em grande parte inadequadas, ligadas a visões ingênuas, a mitos e/ou confusões conceituais.

Emerge daí, segundo proposição de Acevedo, J. *et al.* (2005, p.372), a “necessidade de se conectar os conhecimentos científicos com o contexto tecnológico e seus correspondentes desenvolvimentos e inovações para dar assim entrada no ensino de ciências [e na educação tecnológica] ao esquecido papel da tecnologia”.

Todavia, para poder incorporar de um modo mais eficaz essa temática na educação científica e tecnológica, parece ser necessário fazer um levantamento, das crenças e atitudes, que orientam os professores em suas práticas sobre tecnologia e suas relações com a sociedade.

Manassero, Vázquez e Acevedo, J., (2001) compartilham dessa posição ao defender que o estudo das crenças dos professores é muito útil, principalmente quando se leva em conta “que somente se pode ensinar aquilo que se entende”, de modo que, se o que se pretende é desenvolver nos alunos uma compreensão mais adequada sobre a natureza da ciência, por exemplo, o professor necessita ter alcançado previamente esse objetivo.

No entanto, o sentido de “entender” aqui empregado, não deve ser confundido com ‘desconhecer’, o que se aproximaria da idéia de déficit cognitivo, como explicitado por Rosa (2000), pois diz respeito ao nível de consciência que o professor detém sobre um determinado tema ou questão. Nesse caso o professor conhece, mas seu nível de consciência não permite que entenda determinado conteúdo como parte necessária à formação de seus alunos, o que justificaria a pouca atenção dada a esse conteúdo no contexto de sua disciplina, ou mesmo do currículo.

Por sua vez, estudos comparativos colocaram em descoberto semelhanças e aproximações das crenças, atitudes e opiniões sobre a ciência e a tecnologia entre professores e alunos, que segundo Manassero e Vázquez (1998) são indicativos de que o sistema educativo pode estar atuando como mecanismo reprodutor em um círculo vicioso: os estudantes adquirem na escola a visão de seus professores, que por sua vez a obtiveram dos seus.

Em relação à sustentabilidade, a problemática não é diferente. Inicia-se com a questão do sentido do termo desenvolvimento sustentável, que é polissêmico, ou seja, pode ser interpretado de diferentes maneiras, como visto no Capítulo 2 e trafega pelo caminho do dissenso, quando recebe críticas como as de Herculano (1992) sobre as possibilidades de que as propostas do desenvolvimento sustentável possam servir aos interesses e à manutenção do sistema capitalista.

Por um lado, Crespo (2003) e Edwards *et al.* (2002) denunciam a forma fragmentada e descontextualizada com que os temas ambientais são tratados no âmbito educacional, formal ou informal. Demonstram que as pessoas, de maneira geral, incluindo os professores, apresentam uma percepção fragmentária da problemática ambiental. Condição que, entre outras limitações, dificulta a construção de uma compreensão crítica a respeito do desenvolvimento de tecnologias e seus impactos, ao mesmo tempo em que inibe a efetivação de propostas educacionais transformadoras.

Por outro lado, a crença que mais ciência e mais tecnologia conduzem automaticamente a mais riqueza e bem-estar social, característica do modelo linear de desenvolvimento é muito freqüente nos meios acadêmicos (BAZZO, LINSINGEN, PEREIRA, 2003, p. 120), e contribui significativamente para a manutenção de um discurso escolar conservador. A perspectiva salvacionista, implícita nesse modelo linear, justificaria, imagina-se, a circularidade da idéia de que a superação dos problemas ambientais provocados pelos avanços tecnocientíficos depende de mais ciência e tecnologia, de tal modo que a questão da sustentabilidade pode ser reduzida a um problema tecnológico, passível de ser resolvido com mais conhecimento tecnocientífico, tornando-se uma questão de tempo e perspectiva de desenvolvimento futuro.

Já os estudos de Auler (2002) sobre as concepções de ciência e tecnologia de professores de ciências, apontam para uma compreensão confusa e ambígua da não neutralidade da Ciência e Tecnologia (CT). Compreensão esta que parece favorecer uma certa imobilidade frente a problemas emergentes do desenvolvimento científico e tecnológico, ao mesmo tempo que vivifica as crenças ligadas à visão salvacionista da CT, ao determinismo tecnológico e ao modelo de decisões tecnocráticas.

Essas pesquisas indicam a inadequação de um sistema de ensino incapaz, até então, de trabalhar de forma satisfatória as contradições e fragmentações que se tem anunciado. Na perspectiva pedagógica freiriana (1987), esse sistema educacional não consegue propiciar aos estudantes uma satisfatória apropriação de conhecimento que permita desenvolver um entendimento crítico da realidade, para nela atuar e transformá-la.

Acevedo, J. et al. (2003), também, faz referência às comparações qualitativas entre resultados obtidos com professores de países como: Canadá, EEUU, Israel, Espanha e confirma que a crença mais freqüente sobre tecnologia, é a da tecnologia como ciência aplicada. Essa percepção não é diferente no Brasil, como exposto por Auler (2002) e Bazzo, Linsingen e Pereira (2003), fato que contribui para que o desenvolvimento da capacidade de avaliação das implicações socioambientais decorrentes das atividades da engenharia, seja superficial ou inexistente, apesar das recomendações das DCN's (2002) sugerirem o contrário, como exposto no Capítulo 1.

Foi assim, que durante a construção dos fundamentos dessa pesquisa, as relações CTS e suas interações com a inovação e sustentabilidade emergiram como questões-chave, juntamente com as recomendações das DCN's na busca das compreensões dos sujeitos da investigação - professores e alunos de engenharia, sobretudo porque se constituem em parte indissolúvel da rede de relações que integra as áreas do conhecimento que poderão subsidiar os estudos de AIT.

### 3.1 OPÇÃO METODOLÓGICA

Considerando o escopo da pesquisa, buscou-se uma metodologia que propiciasse a superação dos limites superficiais da realidade sócio-cultural, reconhecesse sua dinâmica e sua potencialidade para mudanças e permitisse ainda a co-participação, para ir mais fundo na percepção dos sujeitos. Optou-se, então, por uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa, visto que a mesma permite trabalhar com a interpretação, com o significado que os sujeitos dão à sua ação e com as questões subjetivas (percepções, processos de conscientização, compreensão do contexto cultural). Segundo Moreira (1996, p. 30):

O termo *interpretativo* se refere a toda uma família de abordagens e é muito útil por três razões básicas: a) é mais inclusivo do que outros termos (por exemplo, etnografia, estudo de caso); b) evita a conotação de definir estas abordagens como essencialmente não quantitativas (uma conotação que é sugerida pelo termo qualitativo), uma vez que alguns tipos de quantificação podem ser utilizadas no estudo; e c) ele aponta para características-chaves de semelhanças familiares entre as várias abordagens - o interesse central de todas as pesquisas neste paradigma é o significado humano da vida social e a sua elucidação e exposição para o pesquisador.

Entende-se que a abordagem interpretativa trabalha com dados qualitativos e parte de uma epistemologia subjetiva, enfatizando os significados que as ações dos sujeitos requerem. Contudo, no decorrer do estudo, buscou-se um distanciamento da interpretação ingênua de que a realidade se baseia apenas nos significados das ações dos indivíduos, para considerar também as relações com as condições externas (materiais, econômicas, culturais e sociais) que interferem nas percepções do sujeito.

Portanto, a referida abordagem subsidiou a pesquisa, na medida em que permitiu evidenciar as percepções, as crenças e atitudes que alunos e professores tinham do fato estudado, sem deixar de relacionar os padrões sócio-culturais que estavam impregnados nos sujeitos, influenciando suas interpretações e suas ações. Impostos ou formados socialmente no dia-a-dia, esses padrões possibilitaram o aprofundamento das reflexões acerca da temática pesquisada.

Em relação à técnica utilizada para a coleta de dados, a escolha foi pela entrevista semi-estruturada, por permitir um contato maior entre o entrevistado e o entrevistador, além de facilitar o esclarecimento e o aprofundamento de questões ligadas aos interesses da pesquisa. Sobre esse tipo de entrevista, Triviños (2008, p. 147) esclarece que:

Entrevista semi-estruturada é aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante. Desta maneira, o informante, seguindo espontaneamente a linha de seu pensamento e de suas experiências dentro do foco principal colocado pelo investigador, começa a participar na elaboração do conteúdo da pesquisa.

Estando definida a metodologia a ser utilizada, parti para a definição do universo a ser pesquisado.

### 3.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

Desde o princípio do desenvolvimento desta pesquisa, o meu objeto de estudo esteve focado em professores e alunos da engenharia, mas aqui não caberia uma escolha aleatória, não poderia focar em qualquer professor e qualquer aluno, justamente porque o meu interesse estava voltado para certos professores da área tecnológica, mais especificamente aqueles que ministrassem disciplinas com maior potencial para trabalhar com a AIT. O mesmo ocorria em relação aos alunos, desejava conhecer o perfil do engenheiro que está sendo formado e as potencialidades que estão sendo desenvolvidas para tratar da problemática sócioambiental, de modo que a escolha deu-se de modo intencional.

Elegi os cursos de Engenharia Mecânica, ofertados em duas Universidades, a saber: a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Curitiba.

A opção por investigar o curso de Engenharia Mecânica dessas universidades se deu no caso da UFSC, pelo reconhecimento de sua excelência em nível nacional, servindo, portanto de referência a outras Universidades; no caso da UTFPR em função de ser esta a primeira Universidade Tecnológica do Brasil que apresenta também uma tradição qualitativa na graduação em Engenharia Mecânica.

A UTFPR<sup>32</sup> possui uma história um pouco diferente das outras universidades. A Instituição não foi criada e, sim, transformada a partir do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (Cefet-PR). Como a origem deste centro foi a Escola de Aprendizes Artífices, fundada em 1909, a UTFPR herdou uma longa e expressiva trajetória na educação profissional.

Possui onze campi no Estado do Paraná (Apucarana, Campo Mourão, Cornélio Procopio, Curitiba, Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Londrina, Medianeira, Pato Branco, Ponta Grossa e Toledo), e cada Campus mantém cursos planejados de acordo com a necessidade da região onde está situado. Boa parte deles oferta cursos Técnicos, de Engenharia e de Tecnologia, a maioria destes reconhecidos pelo Ministério da Educação com conceito A.

Dentre os campi da UTFPR, o Campus Curitiba é o que oferta o Curso de Engenharia Mecânica há mais tempo e possui uma turma de alunos formandos a cada semestre. A mesma realidade não se repete no Campus Ponta Grossa, desde que o referido curso teve início em 2007 e oferta agora o 4º período/fase, não contando portanto, com alunos formandos. Desse modo, na UTFPR a coleta de dados ocorreu no Campus Curitiba.

Se por um lado, o meu envolvimento como docente da UTFPR Campus Ponta Grossa fortaleceu essa escolha, pois foram das atividades desenvolvidas nessa instituição que emergiu o problema norteador desta pesquisa e é para lá que pretendo retornar com contribuições. Por outro lado, considere interessante obter dados de mais de uma instituição formadora de engenheiros, condição que poderia contribuir para análises e considerações mais abrangentes na medida em que não se trataria de um caso, eventualmente, singular. Além disso, poderia contar com uma opção maior de sujeitos para entrevistar.

Por que a Engenharia Mecânica, e não outra Engenharia? Primeiro, por este ser o curso de engenharia comum às duas Universidades selecionadas. Segundo, porque apresenta um perfil

---

<sup>32</sup> Para maiores informações a respeito da história da UTFPR consultar [www.utfpr.edu.br](http://www.utfpr.edu.br)

de egresso com campo de atuação bastante vasto, sendo mais indicada a área da indústria nos ramos têxtil, metalúrgico, siderúrgico, automobilístico, petrolífero, dentre outras..

O curso de Engenharia Mecânica<sup>33</sup> permite ao diplomado desenvolver atividades em: engenharia do produto; processos de manufatura; projeto de ferramental; método, análise, planejamento e desenvolvimento de manufatura; arranjo físico de equipamentos; planejamento; programação, manutenção e expedição de produtos; controle de qualidade; manutenção de máquinas e instalações mecânicas; assistência técnica; auditoria; fiscalização; análise e elaboração de projetos industriais, entre outras.

Essas atividades, integradas ao contexto da problemática socioambiental, reclamam uma formação calcada na consciência crítica, postura pró-ativa, responsável e preocupada com a prevenção de riscos sociais e ambientais, condição que possibilitou uma investigação pertinente aos objetivos propostos neste estudo.

Assim, após consulta às grades curriculares dos cursos em foco, as disciplinas que mais se adequaram ao potencial para trabalhar com a AIT, foram: Metodologia de Projeto, Tecnologia e Desenvolvimento, Tecnologia de Materiais e Desenvolvimento de Produtos. Ao definir as disciplinas, definiu-se automaticamente os professores com perfil para participar do estudo.

Quanto aos alunos, o critério para participar da amostra foi que estivessem no final do curso, isto é, alunos formandos, cursando o último período/fase. A opção por esse grupo decorreu do fato de que alunos formandos já cursaram, praticamente, todas as disciplinas, já tiveram oportunidade de vivenciar estágios e/ou intercâmbios, além de possuírem, provavelmente, um nível maior de maturidade, para responder a respeito da formação que receberam, tecer comentários construtivos ao curso, metodologias empregadas, assim como apontar lacunas e sugestões.

Com os sujeitos da pesquisa definidos, o próximo passo foi elaborar o protocolo de coleta de dados.

### 3.3 ELABORAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE PESQUISA

A tarefa de desenvolver o protocolo de entrevistas, nem sempre é uma missão fácil, considerando-se que é preciso elaborar as questões de modo que se articulem com o problema da pesquisa, os objetivos, os pontos relevantes da fundamentação teórica, o perfil dos pesquisados e com as categorias definidas ao longo do texto, tendo em vista os dados que se pretende encontrar.

---

<sup>33</sup> Para saber mais detalhes sobre os Cursos de Engenharia Mecânica consultar: [www.emc.ufsc.br](http://www.emc.ufsc.br) e [www.utfpr.edu.br](http://www.utfpr.edu.br)

De forma a contemplar essa necessária articulação, iniciei o desenvolvimento do protocolo de entrevistas com a elaboração de cinco situações retiradas do texto da própria tese, utilizadas na forma de citações, fragmentos de textos ou notícias. Cada situação foi composta de dois, no máximo três fragmentos, que apesar de tratarem de contextos próximos, em algumas das situações, constituíram-se em panoramas contraditórios. A intenção foi problematizar algumas questões-chave da entrevista, além de proporcionar aos entrevistados um momento de reflexão inicial.

Como a amostra foi formada por dois grupos de sujeitos, professores e alunos, dois instrumentos foram desenvolvidos sendo que somente a situação 5 foi exclusiva para cada grupo. As outras quatro apresentaram pequenas diferenças no rol de perguntas, em função da necessidade de adequação às particularidades de cada grupo, mantendo contudo, a mesma abordagem e objetivos.

Assim, os instrumentos da pesquisa (Apêndices A e B) contaram com cinco situações, que orientaram o desenvolvimento de perguntas correlatas à situação proposta. Após uma explicação inicial de como seria a metodologia da entrevista, as situações foram sendo entregues aos professores e alunos para leitura e análise. Iniciava a entrevista com a situação 1, que era apresentada ao professor/aluno, aguardava a leitura, deixando o entrevistado a vontade para dispor do tempo que precisasse. A primeira pergunta em todas as situações dizia respeito ao pensar do professor sobre a problemática exposta. Perguntas do tipo: Que análise você faz sobre essas questões? O que você pensa sobre esses temas? Qual a sua opinião sobre o assunto? Sem saber quais seriam as perguntas que viriam na seqüência, os entrevistados começavam a manifestar suas percepções sobre os fatos investigados, mostrando, já nessa pergunta inicial, seu modo de perceber o assunto. Na seqüência, as perguntas se encadeavam e muitas vezes, foram respondidas antes mesmo que fossem perguntadas, aparecendo nas respostas como argumentos, exemplos ou posições dos pesquisados. Esgotadas as perguntas relacionadas àquela situação, passava-se para a situação seguinte e o processo se repetia.

A seguir, apresento as situações que serviram de base para o instrumento e os objetivos das questões propostas.

Para verificar o pensar de professores e alunos sobre as demandas do desenvolvimento técnico-científico e do meio ambiente, foi proposta a **Situação 1** que apresentou aos entrevistados os seguintes cenários:

## **A- MODERNIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**

[...]engenheiros e tecnólogos são personagens-chave no processo de transformar conhecimento em inovação e atores imprescindíveis na implementação dessas inovações nos sistemas produtivos, lembrando que as empresas que mais crescem no mundo hoje têm na engenharia e na inovação seus pilares de sustentação.

Quadro 1: Situação 1A do instrumento de pesquisa  
Fonte: Instituto Euvaldo Lodi (2006, p.33)

## **B- 4º RELATÓRIO DO IPCC – FRAGMENTOS**

EUROPA - O 4º Relatório do IPCC mostra que é urgente agir para reduzir as emissões de gases do efeito estufa. "A boa notícia é que uma ampla redução das emissões é técnica e financeiramente viável", disse o comissário de Meio Ambiente da UE, Stavros Dimas.

VALÊNCIA, Espanha, (AFP) -. Os especialistas pedem, por exemplo: mais eficiência no uso da energia em prédios, casas, nos automóveis, defendendo as variedades técnicas solar ou nuclear e a utilização de tecnologias consideradas mais limpas.

Quadro 2: Situação 1B do instrumento de pesquisa  
Fonte: Os principais (2007); UE elogia (2007)

O objetivo dessa Situação foi verificar o que professores e futuros engenheiros pensam sobre as demandas do desenvolvimento tecnológico. Como se posicionam em torno da responsabilidade do engenheiro. Que consciência detém sobre a necessidade de desenvolvimento de tecnologias sustentáveis.

A **Situação 2** apresentou os seguintes fragmentos:

## **A- PREFÁCIO 2ª EDIÇÃO - CIENCIA, TECNOLOGÍA, INGENIERÍA E INOVACIÓN PARA EL DESARROLLO: UNA VISIÓN PARA LAS AMÉRICAS EN EL SIGLO XXI.**

O desenvolvimento e a manutenção de uma capacidade nacional em ciência e tecnologia permitirão a nossos países serem mais que simples consumidores de exportações tecnológicas de outras nações e facilitarão melhorar a situação e o bem-estar econômico e social de nossos cidadãos.

Quadro 3: Situação 2A do instrumento de pesquisa  
Fonte: Insulza (2005)

## **B- BANHO GELADO EM DOENTE - TRATANDO AS CONSEQÜÊNCIAS COMO CAUSAS**

[...] O grande problema do ser humano neste globalizado e poluído século 21 é continuar acreditando que a tecnologia e a ciência irão nos salvar e redimir. Como bem comentou Jared Diamond em seu livro “Colapso”, quando o automóvel apareceu, as pessoas saudaram a invenção como extremamente benéfica, pois iria retirar os excrementos de mulas e cavalos das cidades. Realmente, os excrementos saíram para a entrada do efeito estufa...

Quadro 4: Situação 2B do instrumento de pesquisa  
Fonte: Valle (2007)

Problematiza a compreensão e o papel da ciência e da tecnologia, - o item “A” sinaliza que a intensificação do desenvolvimento tecnológico levará a um maior desenvolvimento econômico, que trará melhores condições, bem-estar econômico e social, enquanto o item B – questiona as possibilidades da ciência e da tecnologia resolver todos os nossos problemas.

A intenção com esses cenários foi identificar a percepção que professores e alunos possuíam sobre o papel da ciência e da tecnologia. Que preparação os professores receberam para tratar dessas questões. Qual a abordagem dada nos cursos de engenharia; metodologia utilizada; receptividade dos alunos.

Com o interesse em verificar se professores e alunos fazem relações entre desenvolvimento e perdas ambientais; em que nível se encontra a possibilidade de avaliar impactos da inovação; que perspectiva predomina no processo de desenvolvimento de produto; percepções de sustentabilidade e de inovação, foi proposta a **Situação 3**, que abordou os danos causados pela ação humana, indica que o caminho para a redução dos impactos poderá ser a busca por sustentabilidade.

## **A – DESENVOLVIMENTO SEM DANOS**

No primeiro encontro promovido na América Latina pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) foram discutidas as principais conclusões, e conseqüências para o Brasil e para o mundo. Na ocasião destacou-se a importância de que países em desenvolvimento, como o Brasil, não copiem ou não repitam o modelo de desenvolvimento adotado pelos mais ricos, responsáveis por mais de 80% dos gases emitidos na atmosfera e considerados causadores do aquecimento global. Dentre as recomendações para os países em desenvolvimento, como o Brasil, o melhor caminho para resolver o problema ambiental é criar uma estratégia de desenvolvimento sustentável.

Quadro 5: Situação 3A do instrumento de pesquisa  
Fonte: Agência Fapesp (2007)

## B- INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

De acordo com Buarque (1993) cada padrão tecnológico tem suas características poluentes e depredadoras. Como no mundo moderno tem sido o padrão tecnológico que define o padrão de consumo, no centro do problema ecológico está o problema da opção tecnológica.

Quadro 6: Situação 3B do instrumento de pesquisa  
Fonte: Buarque (1993)

A **Situação 4** abordou as questões ligadas às possibilidades de avaliação das repercussões do desenvolvimento tecnológico por alunos e professores e introduz o tema – avaliação de tecnologias.

## A- REPERCUSSÕES DO DESENVOLVIMENTO TECNOCIENTÍFICO

Estudos realizados por Solbes e Vilches (2004), alertam para o fato de que a maior parte dos estudantes de ensino médio e superior, não são capazes de avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnocientífico, suas implicações socioambientais, culturais, econômicas, ..., nem mesmo os interesses por detrás das diferentes posições em relação aos possíveis problemas que geram e as perspectivas que abrem. Acrescentam ainda, que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos.

Quadro 7: Situação 4A do instrumento de pesquisa  
Fonte: Solbes e Vilches (2004)

## B- AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS

A avaliação de tecnologias objetiva descobrir e analisar todos os seus efeitos desejados e especialmente os não desejados (incluindo aí seu conjunto de inter-relações). O interesse é evitar os efeitos não desejados desde o princípio, em vez de ter que repará-los depois de sua aparição.

Quadro 8: Situação 4B do instrumento de pesquisa  
Fonte: Todt (2002)

Nessa situação, pretendeu-se identificar a posição dos entrevistados quanto à avaliação das repercussões do desenvolvimento técnico científico, se alunos e professores percebem lacunas em sua formação sobre o estudo da tecnologia e quais percepções possuem de avaliação de tecnologias.

Com a **situação 5**, pretendi verificar se as recomendações são conhecidas. Qual o nível de sintonia dos professores. Aplicação dessa temática em sala de aula e metodologias utilizadas. Para os professores, apenas apresenta o art. 4º item XI que recomenda para a formação do engenheiro, o desenvolvimento da compreensão dos processos tecnológicos, em suas causas e efeitos e a avaliação de seus impactos. E para os alunos essa situação tratou do que o parecer

CNE/CES 1.362/2001 recomenda em relação à formação do engenheiro e ilustra alguns princípios para o desenvolvimento sustentável.

### Alunos

#### A-PARECER DCN'S PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

“o desafio que se apresenta para o ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados”. Para fazer frente a essas exigências, o engenheiro deverá ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, mas de considerar os problemas em sua totalidade, em uma cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões. O que se pretende é uma formação que prepare tanto para atender às pressões do mercado, quanto para um fazer tecnológico centrado no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis.

Quadro 9: Situação 5A do instrumento de pesquisa  
Fonte: Brasil (2002a)

#### B- Segundo Daly (1997) é preciso que as tecnologias cumpram o que ele chama “**princípios óbvios para o desenvolvimento sustentado**”:

- \* As taxas de recolha não devem ultrapassar as de regeneração (ou, para o caso de recursos não renováveis, de criação de substitutos renováveis).
- \* As taxas de emissão de resíduos devem ser inferiores às capacidades de assimilação dos ecossistemas para os quais se emitem esses resíduos.

Quadro 10: Situação 5B do instrumento de pesquisa  
Fonte: Gil-Pérez, *et al.* (2003)

### Docentes

#### DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA (DCN's)

Art. 4º item XI – aborda como um dos objetivos da formação do engenheiro a aquisição de conhecimentos para *avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental*.

Recomenda, assim, o desenvolvimento de compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Quadro 11: Situação 5C do instrumento de pesquisa  
Fonte: Brasil (2002a)

Com o instrumento pronto e o projeto de pesquisa aprovado pelo colegiado, o mesmo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da UFSC tendo recebido parecer favorável.

### 3.4 ESTUDO PILOTO

Posteriormente aos contatos preliminares, realizou-se um estudo piloto, com a intenção de detectar possíveis falhas no protocolo e como garantia de que o mesmo permitiria atingir os objetivos pretendidos. Para o estudo piloto foram mantidos os critérios estipulados para a seleção de alunos e professores. Participaram desse estudo dois professores e dois alunos.

As impressões obtidas no estudo piloto, permitiram verificar que os participantes demonstraram interesse pela metodologia utilizada e ao serem questionados sobre como se sentiram diante da proposta de leitura das situações, foram unânimes em dizer que os pequenos textos, foram facilitadores da entrevista, sem serem cansativos. As entrevistas piloto duraram em média 50 minutos, sendo que a margem menor ficou para os alunos.

As entrevistas transcritas foram enviadas para os respectivos entrevistados, para que fizessem a validação dos dados, momento em que o entrevistado pode corrigir alguma distorção ocorrida ou até mudar alguma posição. Nesse caso, apenas um dos professores entrevistados procedeu um acréscimo a um posicionamento, sendo que os outros três envolvidos enviaram apenas o seu de acordo.

De posse dos textos validados, iniciei o processo de análise do material, cujos dados demonstraram a viabilidade de atender aos objetivos propostos. Os resultados foram submetidos à Banca de Qualificação, momento em que o instrumento recebeu duas sugestões de melhoria, como explicitado a seguir.

A primeira sugestão referiu-se às questões introdutórias de cada situação que solicitava a opinião do entrevistado sobre os itens A e B, ou melhor, perguntava diretamente – Qual a sua opinião sobre estes assuntos? Foi então considerado que a mesma pergunta deveria ser feita para os dois itens em separando, conseguindo-se, dessa maneira, explorar de forma mais exaustiva as percepções dos entrevistados sobre os cenários propostos.

A segunda contribuição sugeriu a exclusão da segunda citação do item “b” da “situação 3”, pois a mesma partia de uma afirmação que poderia induzir determinada resposta. Considerando-se a validade e coerência dos argumentos e as possibilidades de melhoria no instrumento, as duas sugestões foram acatadas e as alterações sugeridas foram realizadas, como pode ser observado nos Apêndices C e D.

### 3.5 LEVANTAMENTO DOS DADOS

A primeira ação desenvolvida foi o contato com os coordenadores dos cursos das duas Instituições, momento em que foi apresentado os objetivos da pesquisa, as justificativas para a escolha do curso e do público-alvo. Solicitou-se então a autorização para proceder a pesquisa e alguns esclarecimentos sobre as grades curriculares, o que ocorreu prontamente.

O contato com professores foi realizado inicialmente por meio eletrônico, a partir de endereços disponibilizados no site dos cursos. Foram contatados, todos os professores das disciplinas já nominadas, perfazendo um total de 15 professores. Nesse primeiro momento tive o cuidado de me identificar, apresentar os objetivos da minha pesquisa, justificar a escolha do público alvo, a relação com as disciplinas que ministravam e formalizar o convite para participação. Na mesma oportunidade, expliquei que a entrevista seria gravada, com duração de 50 minutos em média e garanti que as identidades seriam resguardadas.

A maioria deu seu retorno em curto prazo, a partir do qual ocorreu um acerto de datas, horários e local mais apropriado para a realização da entrevista. Dois professores, um de cada instituição, comunicaram que estavam no exterior e, portanto, impedidos de participar, um terceiro respondeu que não teria tempo para realizar a entrevista e outros não responderam, apesar das tentativas feitas por novas mensagens, telefonemas ou visitas ao departamento.

O contato com os alunos da UFSC ocorreu a partir do auxílio da coordenação do curso, que encaminhou uma mensagem minha, via e-mail, para todos os formandos do primeiro semestre de 2008. O teor dessa mensagem foi muito próximo da mensagem enviada aos professores; no caso da UTFPR, o contato inicial foi na própria Universidade em espaço cedido por um professor no início de sua aula.

Todavia, apesar de serem formandos, muitos desses alunos não permaneciam na universidade, alguns estavam envolvidos em estágios/trabalhos em outras cidades, e até mesmo no exterior, outros não chegaram a responder as mensagens enviadas. Os alunos que responderam, serviram de ponte para novos contatos, indicando nome e telefone de colegas que sabiam estar mais disponíveis, de modo que a amostra se fez com 10 alunos participantes, cinco de cada universidade.

Foi assim que a delimitação do tamanho da amostra foi ocorrendo inicialmente por acessibilidade, ou seja, trabalhei com os sujeitos a quem fui tendo acesso, sendo que esse tipo de amostra é perfeitamente aplicável aos estudos qualitativos (GIL, 1994).

Corroborando essa afirmação e dando fundamento às escolhas realizadas, Triviños (2008, p. 132) destaca que na pesquisa qualitativa, a amostra pode ser “definida intencionalmente

considerando uma série de condições (sujeitos que sejam essenciais, segundo o ponto de vista do investigador, para o esclarecimento do assunto em foco, facilidade para se encontrar com as pessoas [acessibilidade], tempo dos indivíduos para as entrevistas,).”

Mas, é importante considerar, que a questão da acessibilidade não foi o único elemento a atuar na definição do tamanho da amostra, pois a saturação dos dados foi um fator preponderante para indicar o momento de encerrar a coleta de dados. Conforme exposto por Bogdan e Biklem (1994, p. 96): “[...] os investigadores qualitativos aferem a altura em que terminaram o estudo, quando atingem aquilo que o estudo designa por ‘saturação dos dados’, o ponto de recolha de dados a partir do qual a aquisição da informação se torna redundante”. Dito de outra forma, as posições começam a se repetir e permanecendo todas iguais, mais entrevistas não melhorariam necessariamente a qualidade, ou levariam a uma compreensão mais detalhada. Sinal que é tempo de parar (BAUER e GASKELL, 2002).

Ademais, quando se trata do número de entrevistas, Bauer e Gaskell (2002, p. 71) afirmam que “[...] há um limite máximo ao número de entrevistas que é necessário fazer, e possível de analisar. Para cada pesquisador, este limite é algo entre 15 e 25 entrevistas individuais.”. Ou seja, os autores indicam que se deve ter cuidado com o número de entrevistas em função das condições que um pesquisador terá para trabalhar com um grande volume de dados. Desse modo, o tamanho da amostra foi delimitado por acessibilidade, pela saturação dos dados e pela quantidade de dados que já havia recolhido.

É importante também esclarecer, que não obstante os ajustes finos realizados no instrumento, as diferenças surgidas não inviabilizaram, absolutamente, o uso dos dados recolhidos por ocasião do piloto, o que possibilitou considerar as quatro entrevistas iniciais no total da amostra. Por fim, os dados foram coletados a partir de 19 entrevistas realizadas com 9 professores (4 da UTFPR e 5 da UFSC) e 10 alunos (5 da UTFPR e 5 da UFSC).

### 3.6 PERFIL DA AMOSTRA

Em relação ao perfil dos participantes, apresento os dados retirados de um levantamento demográfico feito com os participantes do estudo no início das entrevistas (Apêndices E e F), os quais permitem afirmar que todos os professores possuem pós-graduação, um em nível de mestrado, seis de doutorado e dois de pós-doutorado.

A amostra constituída por professores foi predominantemente masculina, contando com apenas uma professora, condição que reflete a pequena representação feminina nesse curso,

como já havia sido evidenciado no estudo realizado por Cabral (2006), que concluiu ser a área da engenharia a mais masculina de todo Sistema de Ciência e Tecnologia.

Em relação à idade, sete dos participantes apresentavam entre 41 - 50 anos, um entre 31 - 40 anos e outro com 51 ou mais anos. No que diz respeito ao tempo de serviço, quatro possuem entre 11 e 15 anos de dedicação para cinco participantes com 16 anos ou mais de serviço.

Foram entrevistados professores que trabalham com as seguintes disciplinas Tecnologia de Materiais (dois da UFSC e um da UTFPR); Metodologia de Projetos (dois da UFSC e um da UTFPR); Tecnologia e Desenvolvimento (um da UFSC) e Desenvolvimento de Produtos (dois da UTFPR).

Esclareço que a disciplina Tecnologia e Desenvolvimento não é ofertada na grade do curso pesquisado da UTFPR Campus Curitiba, assim como, a disciplina Desenvolvimento de Produtos, não faz parte da grade curricular dos alunos entrevistados (formandos 1º sem/ 2008), entretanto é ofertada na grade nova do mesmo curso cuja primeira turma está, no momento, cursando a 6ª fase. Apesar dessa diferença, optou-se por incluir essas disciplinas na pesquisa pelo potencial que as mesmas detêm para tratar e/ou dar subsídios para o trabalho com a AIT. Considerei que essas ausências poderiam confirmar o papel estimado das disciplinas, e/ou indicar se trouxeram ou não diferenciais para a formação dos engenheiros pesquisados.

Os participantes estão caracterizados nos quadros que seguem:

**TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO PROFESSORES ENTREVISTADOS**

| FORMAÇÃO<br>NÍVEL     | SEXO |      | IDADE |       |         |
|-----------------------|------|------|-------|-------|---------|
|                       | FEM  | MASC | 31-40 | 41-50 | 51 ou + |
| <b>Especialização</b> | -    | -    | -     | -     | -       |
| <b>Mestrado</b>       | 1    | 1    | -     | -     | 1       |
| <b>Doutorado</b>      | 6    | 5    | 1     | 4     | 1       |
| <b>Pós-Doutorado</b>  | 2    | 2    | -     | 1     | 1       |
| <b>Total</b>          | 9    | 9    |       | 9     |         |

Fonte: Elaborado pela autora.

**TABELA 1A – CARACTERIZAÇÃO PROFESSORES ENTREVISTADOS**

| DOCÊNCIA                     |   | TEMPO DE EXPERIÊNCIA |            | INSTITUIÇÃO |       |
|------------------------------|---|----------------------|------------|-------------|-------|
| Disciplina                   |   | 11-15                | 16 ou mais | UFSC        | UTFPR |
| Tecnologia de Materiais      | 3 | 1                    | 2          | 2           | 1     |
| Metodologia de Projetos      | 3 | 1                    | 2          | 2           | 1     |
| Tecnologia e Desenvolvimento | 1 | -                    | 1          | 1           | -     |
| Desenvolvimento de Produtos  | 2 | 1                    | 1          | -           | 2     |
| <b>Total</b>                 | 9 | 9                    |            | 9           |       |

Fonte: Elaborado pela autora.

**TABELA 2 – CARACTERIZAÇÃO ALUNOS ENTREVISTADOS**

| UNIVERSIDADE |      | SEXO |      | IDADE |
|--------------|------|------|------|-------|
| UTFPR        | UFSC | FEM  | MASC | 22-25 |
| 5            | 5    | 2    | 8    | 10    |
| <b>Total</b> | 10   | 10   |      | 10    |

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados referentes aos alunos mostra um grupo homogêneo, em que todos os 10 participantes apresentam idade entre 22 e 25 anos. Novamente a presença masculina é preponderante, 8 homens para 2 mulheres, destes cinco são da UTFPR e cinco da UFSC e todos são alunos formandos da turma 1 semestre/2008.

Os alunos serão denominados, de forma fictícia como Matheus, Sarah, Giovani, Bruno, Lucas, Juliano, Raul, Igor, Fernando e Rafaella; e os nove professores, serão tratados por Caio, Jonas, Luís Felipe, Jaime, Clara, Augusto, Tobias, Eduardo e Daniel. Justifico ainda, que em função do compromisso assumido em resguardar a identidade dos envolvidos, tomou-se a decisão de não identificar as Universidades durante o relato dos resultados, de modo que as mesmas serão referenciadas como Universidade A e Universidade B.

### 3.7 PARÂMETROS E ANÁLISE

Os parâmetros utilizados para a interpretação e análise de dados começaram a ser formulados, em um período anterior à coleta de dados, quando foram definidas 5 categorias a serem investigadas, baseadas na fundamentação teórica, nos objetivos a atingir e nos dados que pretendia levantar. Receberam os seguintes títulos: Desenvolvimento Tecnológico, Engenharia e (IN) sustentabilidade; O papel do estudo CTS na formação do engenheiro; Desenvolvimento de produtos e prevenção de perdas ambientais; As possibilidades de avaliação de impacto tecnológico; As recomendações das DCN's e a construção de tecnologias sustentáveis (Apêndice F).

Após o trabalho de campo, os dados analisados foram classificados a partir dos aspectos comuns contidos nas informações, ou das posições divergentes que se destacavam. Estabeleceu-se, então, a partir desses dados concretos, retirados dos depoimentos que retrataram as vivências e estilos de pensamento (FLECK, 1986), dos sujeitos da pesquisa, a possibilidade de reelaboração de novas categorias, agora mais específicas, como sugerido por Cruz (1994). Foi então da comparação das categorias gerais, definidas *a priori*, com as categorias específicas resultantes do trabalho de campo, que se buscou a interpretação, análise dos dados e elaboração das categorias que ora apresento.

### 3.8 RESULTADOS

As cinco categorias estabelecidas no processo de análise assim se configuram:

1. Panorama inicial
  - No império do consumo e do lucro: interesses econômicos em primeiro lugar
  - Implicações; a delicada e necessária questão da responsabilidade
2. A emergência de um novo estilo de pensamento
3. Percepções sobre a ciência e a tecnologia
  - Nos caminhos do determinismo tecnológico
  - Os equívocos da visão salvacionistas da C e da T
  - A idéia de neutralidade
4. AIT: um conceito a ser construído
  - AIT: Lacunas e impedimentos
5. Estudos das interações CTS e a formação de engenheiros

### 3.8.1 Panorama inicial

As demandas do desenvolvimento científico e tecnológico e da crise ambiental são realidades presentes no contexto nacional e global. Se por um lado, a necessidade de aumentar o potencial inovador dos países, criada pelo atual modelo de desenvolvimento, coloca engenheiros, tecnólogos e pesquisadores em um papel de destaque, por serem eles que estarão desenvolvendo e manipulando tecnologias, por outro lado, a crise desencadeada pelo aquecimento global e crescente degradação ambiental, não deixa dúvida que se tornou fundamental empreender ações para reduzir a degradação e os níveis de poluentes.

Emerge assim, a dicotomia desenvolvimento e preservação ambiental, como um desafio para a educação em engenharia, que apresentada aos participantes no contexto da situação 1, permitiu traçar uma visão inicial das percepções que professores e alunos apresentam sobre a articulação das questões, que envolvem o desenvolvimento de tecnologias e a preservação ambiental.

O que pretendi verificar neste momento inicial foram as percepções que professores e alunos possuem sobre esta temática, que relações estabelecem entre elas tendo a engenharia como pano de fundo e se os cenários apresentados traziam alguma implicação para as atividades que exercem ou podem exercer.

De um modo geral as posições de professores e alunos quanto à pressão por desenvolvimento de tecnologias (processo de inovação), além de serem próximas, em muito se assemelham ao discurso impresso pela mídia (INSULZA, 2005; FORMIGA, 2006; SHIMIZU, 2006). O professor Caio, por exemplo, inicia a sua fala dizendo que [...] sob o ponto de vista do desenvolvimento econômico a questão da inovação é de fundamental importância para a economia do país. [...] desde que, países que cresceram economicamente são os que optaram por desenvolver produtos com inovação”.

Posição que, remete a Campanário (2002), quando explica que as forças econômicas abrem espaço à inovação, por esta produzir ganhos extraordinários de produtividade e de penetração de mercado. A criatividade dos inovadores se transforma em uma espécie de renda, gerando ganhos aos seus proprietários, e estimulando a busca permanente por inovações, questão também aludida no Capítulo 1, por Santos (2004).

Essa realidade, ao mesmo tempo em que gera pressão, contribui para o fortalecimento do *status quo* do engenheiro, como agente indispensável para a concretização do desenvolvimento de tecnologias de ponta. Por isso, é natural que alunos e professores manifestem a mesma percepção, pois de acordo com Bazzo et al (2008) um coletivo – ou uma comunidade profissional

é constituída por um conjunto de indivíduos que trabalham norteados por paradigmas que servem como orientação para definir, por exemplo, o que é e o que não é um objeto de trabalho dessa comunidade.

Isso está claramente exposto na fala de alunos e professores, como se observa nesse relato do aluno Matheus, que diz acreditar “que os engenheiros são realmente responsáveis pela inovação, pela pesquisa, por descobertas de formas de transformar o conhecimento em tecnologia”. Além de Matheus assumiram posicionamentos próximos Sarah, Juliano, Igor, Lucas, Bruno, Raul e Fernando.

Posição que não se diferencia quando se trata dos professores, como nessa afirmação do Professor Jaime, “como engenheiro acho que a engenharia é extremamente estratégica, porque está muito relacionada com o fazer as coisas, resolver problemas, fazer acontecer, então o papel do engenheiro é fundamental”.

Seguindo um pouco mais a fundo nessa questão, apareceram as manifestações sobre as relações que podem ser estabelecidas entre as temáticas - ambiente e o processo de desenvolvimento de produtos, sistemas ou serviços - quando o foco é a engenharia. As respostas demonstraram que todos entendem que estas demandas trazem implicações para a engenharia, ou seja, determinam novas perspectivas para o trabalho do engenheiro em relação ao desenvolvimento de artefatos tecnológicos, vejamos:

Para Lucas o ponto de interseção entre as duas questões tem a ver com a busca por mais **eficiência**, de tentar fazer as coisas mais limpas, e isso está relacionado com a engenharia, segue dizendo “acho que o engenheiro tenta buscar esse tipo de avanço em todo campo[...] isso está bem focado dentro da minha formação, a busca **de melhor eficiência**, é o que o engenheiro tem que fazer”. (grifos meus)

Bruno, não se distancia da posição de Lucas, comenta:

está havendo uma preocupação maior sobre o meio ambiente conjugado com o desenvolvimento tecnológico na engenharia, pelo menos os professores tentam buscar cada vez mais a **eficiência**. Na aula de refrigeração, por exemplo, estão tentando desenvolver geladeiras cada vez mais eficientes, reduzir o consumo de energia, isto vai ter um retorno monetário, o consumidor economiza e ajuda o meio ambiente. A questão que fica é aliar o ponto de vista econômico com o ponto de vista ambiental e contribuir para melhorar o mundo. (grifo meu)

Várias questões se abrem a partir dessas primeiras falas, e tem a ver com os estilos de pensamento que guiam o coletivo de engenheiros. Pode-se perceber que a palavra eficiência aparece nas duas falas, e isso vai se repetir ao longo da entrevista, pois está bastante interiorizada na concepção dos alunos, como um ponto fundamental na formação do engenheiro, questão também abordada por Acevedo no Capítulo 1.

A esse respeito Bazzo e Pereira (2006), comentam que o trabalho do engenheiro é uma incessante busca pela redução de peso, custo, consumo, ou pelo aumento de produtividade, isso quer dizer que o processo de otimização em engenharia, do qual faz parte a eficiência, pode ser entendido como um procedimento de maximizar ou minimizar variáveis.

Os autores explicam que ao incorporar uma determinada forma de tratar uma certa classe de problemas, uma comunidade profissional, trabalharia traduzindo tudo à sua volta de acordo com as regras definidas e aceitas para confirmá-la. Exemplificam que os engenheiros, para resolver problemas da sociedade, primeiro os traduz para as suas regras de funcionamento interno, para somente depois disso, trabalhá-los.

Essa perspectiva se confirma na seguinte fala do Professor Augusto: “O processo de inovação, a preocupação com a inovação, a necessidade de inovação, se dá independentemente da engenharia”. Esclarece que a palavra engenharia vem de ‘engenho’ e significa processo de transformação. Acrescenta que “o engenheiro pega o requisito do cliente e o transforma em produto, mesmo que esse produto seja uma célula, uma nanotecnologia, mesmo que este produto seja uma informação propriamente dita, é o processo de transformação que envolve o engenheiro”.

Implícito a essa posição do professor, está o fato de que, os profissionais da engenharia seriam os executores de demandas sociais, mas responsáveis apenas pela parte técnica, não lhes cabendo tomar parte no processo decisório, já que estaria desenvolvendo, como indicado por Bazzo et al (2008), um produto pretensamente neutro. Contudo, os autores alertam que a procura por uma solução que forneça o máximo benefício segundo algum critério, não deverá se basear apenas em condicionantes técnicos e/ou econômicos (condicionante mais comumente considerado), mas deverão ser considerados também as questões sociais, políticas, os interesses envolvidos e a quem aquela solução beneficiará.

Esse é um ponto que dá abertura para os seguintes questionamentos: O que cabe ao engenheiro? Apenas projetar a eficiência máxima? Sem uma reflexão maior sobre onde isso vai dar? Alimentar a lógica do modelo linear de inovação, materializar artefatos tecnológicos de acordo com as demandas impostas pela sociedade, em grande parte, oriundas de interesses das classes dominantes, contribuindo sim com a sustentabilidade, mas com a sustentabilidade das empresas e do modelo atual de desenvolvimento? Esse quadro faz lembrar da metáfora de Mills<sup>34</sup> 1956 apud Alves (2005), sobre o “navegar sem rumos” apresentados no Capítulo 1, baseada em realizações sem as devidas reflexões e previsões de onde isso vai levar.

---

<sup>34</sup> Mills, W. C. **The power elite**. London: Oxford Press, 1956.

Pelo contorno das falas apresentadas, é possível supor que uma atenção mais ampla às escolhas tecnológicas está ausente do discurso e da prática desses professores e alunos, até mesmo porque as conseqüências sociais coletivas de numerosas inovações tecnológicas e os efeitos ambientais dela decorrentes estão a comprovar essa lacuna.

De imediato, a argumentação apresentada, remete a Marques (2005), citado no Capítulo 1, quando este se reporta ao processo de tomada de decisões e comenta que durante a formação do engenheiro, este é induzido a acreditar que possa prover uma solução puramente técnica para a construção de um artefato (bem ou serviço) que lhe seja solicitado. Ensina-se aos estudantes de Engenharia, que ao profissional cabe cuidar da parte técnica. Reafirma-se assim, uma divisão entre o técnico e o social ou político, sem que se atenha para o fato de que qualquer projeto de engenharia envolve tomar decisões. E, sobretudo, que estas decisões envolvem valores e interesses.

Contudo, ao mesmo tempo em que a ligação com a parte técnica e com a questão da eficiência aparece muito forte, outros relatos deixaram transparecer que outras percepções começam a germinar no meio acadêmico da engenharia, e que avançam para limites além dos contornos naturais da profissão, como pode ser observado na crítica que Rafaella faz à ausência de inovações sociais nas atividades desenvolvidas. Segundo ela, muito do trabalho é voltado para inovação de produto ou inovação de processo, enquanto o lado social está carente de inovações, ou seja, o engenheiro trabalha muito pouco em benefício da sociedade. E exemplifica, ”digamos que a gente tenha um forte problema aqui na cidade, ligado a saneamento básico, mas existem poucas iniciativas focadas no social, então essa inovação fica mais no campo das ferramentas, processos, produtos e não na solução do problema, solução que iria beneficiar uma boa parcela da sociedade”.

Nesse sentido, a contribuição do professor Tobias confirma a posição da aluna, quando diz:

[...] a engenharia como qualquer profissão é profundamente compartimentalizada. A gente constrói um casulo e passa a agir de maneira como se cada profissão, cada núcleo, cada comunidade profissional tivesse um fim em si mesma. A engenharia se constrói e vive para ela mesma, não para a sociedade, não para a espécie humana, não para a natureza. Então, a hora que eu vou fazer em um curso de engenharia, formação para o trabalho em um processo de fabricação, eu não estou preocupado na extração daquele produto. Então, tudo o que se faz e se fala sobre desenvolvimento industrial sustentável passa a ser uma balela, pois no fundo sempre é uma expropriação. Eu estou tirando da natureza e isso não tem mais volta, não é?

Diante desse argumento questiono, “e o aluno é levado a refletir sobre isso”? E a resposta é: - “Não, não. Na cabeça de professores e alunos a terra continua sendo inesgotável, a

natureza é inesgotável não vai acabar nunca. Então se trata simplesmente de a gente fazer implantar um bom processo de reciclagem, pronto e já salvamos a humanidade, como se isso fosse resolver [...]”.

Giovani, também aborda essa problemática ao comentar que tem muitas coisas que são desenvolvidas agora e que são frutos de uma visão anterior de que os recursos estavam aí para serem gastos. Uma visão, meio da época da revolução industrial, onde tudo poderia estar disponível, não importando quanto se gastasse. Então, agora que os recursos estão escassos, uma saída simplista é ligar inovação com ciência energética, por exemplo, é o que está sendo feito na verdade. Como vai se conseguir essa eficiência? Seria inovando, buscando outros processos, criando novos equipamentos, usando materiais diferentes e/ou reaproveitando materiais, mas até que ponto isso vai resolver?

De acordo com o professor Tobias, otimizar a utilização de recursos é um paliativo, poderá resolver por um curto espaço de tempo, mas vai continuar degradando do mesmo jeito, só vai estar garantindo mais gerações para frente, é uma situação muito delicada. A visão do professor é bastante lúcida em relação à realidade dos limites alcançados, pois como anunciado por Meadows et al (2007) os limites ambientais existentes restringem a pegada ecológica<sup>35</sup> da atividade humana.

Segundo os autores, os limites ultrapassados (o denominado *Overshot*) qualquer que seja a escala, do plano pessoal ao planetário, apresenta três causas que podem ser revertidas, se tomadas as medidas corretas. Primeiro ocorre o crescimento, aceleração e mudança rápida. Segundo, há uma forma de limite, barreira, além da qual o sistema não poderá seguir com segurança. Terceiro, há um atraso ou engano nas percepções e nas respostas que tentam manter o sistema dentro de seus limites. Essas três causas podem ter solução, no entanto requer o desenvolvimento de percepções mais críticas e de análise como garantia para a tomada de decisões viáveis. O problema é que estas escolhas não estão se realizando, as pessoas não estão conseguindo ter percepção da necessidade dessas mudanças, pelo menos não no ritmo necessário.

Essa linha de pensamento, de que muitas pessoas não conseguem ter uma visão crítica dos fatos atuais é apontada por Giovani, quando aborda a questão de existir um contexto reclamando por inovações em cima da engenharia. Considera muito leviana a idéia de que só a inovação faria com que a economia fluísse ou se desenvolvesse, pois a técnica e a tecnologia fazem parte da vida humana, sempre estiveram conosco, não faz sentido sem estar referenciada ao homem. Na opinião do aluno, apesar disso, muitos engenheiros vêem isso com orgulho, eles nem percebem que a inovação sempre existiu. A questão é que desde a década de 70/80 houve

---

<sup>35</sup> Pegada Ecológica Humana – impacto ambiental total da humanidade sobre a base de recursos globais e sobre o ecossistema (MEADOWS et al, 2007)

um grande avanço em relação ao “novo”: o novo ganhou valor e passou a alavancar as coisas, e isso está muito presente hoje.

A questão do progresso pujante da inovação foi tratada no Capítulo 2 quando Winner (1994) questiona o quanto é possível por meio do processo inovador a produção de uma melhora qualitativa nas condições sociais e ambientais do planeta, desde que o principal motor que move esse processo continua sendo o lucro e o mercado. Nessa problemática se assenta a real necessidade de conscientização das pessoas sobre a tecnologia.

A pergunta que fica é: como os participantes da pesquisa percebem as questões que envolvem consumo, lucro e mercado?

### 3.8.1.1 No Império do Consumo e do Lucro: Interesses Econômicos em Primeiro Lugar

Raul foi o primeiro a abordar a questão do mercado e do lucro, nas relações que traçou sobre as implicações que as demandas do desenvolvimento tecnológico e dos limites ambientais acarretam para a engenharia. Em sua opinião, um dos elos entre estas duas demandas, necessita ser quebrado e se refere ao consumo, comenta que de um lado a busca por mais inovações ou novas tecnologias tem um propósito maior, que é seduzir o consumidor, aumentar o consumo e manter o sistema capitalista, gerar lucro; enquanto para o meio ambiente os hábitos de consumo excessivo somados ao alto índice populacional acabam por trazer impactos de diferentes ordens ao meio físico, desde maior exploração de recursos até o lixo ou resíduo que esses produtos geram.

A problemática levantada por Raul é bastante pertinente, pois toca no ponto nevrálgico do atual modelo de desenvolvimento, o incentivo ao consumo. Visa exclusivamente o lucro, que por sua vez depende do processo intenso de inovação, com a intenção de criar um fluxo de necessidades – muitas vezes artificiais, para manter um fluxo de renda e assim garantir o funcionamento e a manutenção do sistema.

Essa questão é bem ilustrada por Leonard (2008) em seu documentário “A história das coisas” em que tenta pôr à mostra a lógica linear da inovação e do apelo desenfreado ao consumo, principalmente por que seus impactos tornaram-se incompatíveis com as possibilidades finitas de nosso planeta, entre outras constatações. A autora explica que esse ímpeto para o consumo é produzido, ou seja, não acontece espontaneamente, é planejado. Segundo Leonard após a Segunda Guerra Mundial estudou-se um jeito de impulsionar a economia produtiva e o analista de vendas Lebox, articulou a solução que viria a se tornar a norma de todo o sistema, Lebox afirmou:

a nossa enorme economia produtiva exige que façamos do consumo a nossa forma de vida, e tornemos a compra e o uso de bens em rituais, que procuremos a nossa satisfação espiritual, a satisfação do nosso ego no consumo, precisamos que as coisas sejam consumidas, destruídas, substituídas e descartadas a um ritmo cada vez maior.

Estava então criada a estratégia certa, baseada no novo, que passou a criar demandas, impulsionar a economia, gerar riquezas para uma minoria e apresentar efeitos colaterais nefastos, para o ambiente, para as sociedades, para a cultura. Nesse fluxo de acontecimentos a engenharia faz parte da engrenagem que tem dado sobrevida a esse modelo de desenvolvimento, que privilegia os interesses do mercado. Daí derivam outras questões, definidas por essa mesma lógica, como nesse exemplo exposto pela professora Clara quando diz:

[...] hoje existe muita verba para projetos em eficiência energética, biocombustíveis, gases estufa, são as temáticas do momento, é uma demanda mesmo, mas se você quiser pesquisar outras tecnologias que sejam alternativas e de interesse social, aí pode ficar mais difícil conseguir verba, também tem a questão da viabilidade de mercado, qual o retorno financeiro disso, e coisas assim.

Esse condicionante aparece na fala de Juliano, quando comenta que os alunos são bombardeados pela idéia de que “o foco está na viabilidade econômica, não adianta ser bom para o ambiente e não ser viável economicamente. Isso é muito frisado”. Enquanto o argumento apresentado por Igor demonstra que essa questão foi bem assimilada, como mostra o relato que segue:

eu acho que não é tão fácil de se aplicar essa idéia de tecnologias adequadas ao ambiente, é claro que na medida do possível tem que se adotar, mas eu acho que em muitos casos não é economicamente viável. Então como a gente vive, querendo ou não, em um mundo capitalista? No fundo ainda o que determina uma escolha ou outra é a idéia econômica.

A posição de Igor e dos professores que repassam essa idéia aos alunos, não surpreende, desde que, nenhuma vertente econômica atual está preparada para abrir mão do lucro em função de lucros ambientais, como exposto nos resultados dos estudos realizados por Montibeller Filho (2004), Capítulo 2. Mas há quem pense de outro modo, e encare as coisas com uma postura diferente, como é o caso do Professor Eduardo, que dá o seguinte depoimento:

É claro que na metodologia de projeto, nas fases de extensão de problemas, pode-se levar em conta requisitos ambientais, sociais na hora de conceber, na solução de problemas. Pensando nisso, lembro que às vezes fico chateado com os alunos, na discussão que tenho com eles, sempre aparece custo, custo não

tem jeito. O pessoal dá destaque, custo, custo... Basta ser mais crítico para desenvolver algo de baixo custo que ao mesmo tempo atenda às outras necessidades, com atributos que sejam de baixo custo. Eu nem entro muito em questões econômicas dentro disso, entra como um atributo também. O pessoal já vem dizendo assim: ‘não adianta, professor, quando chegar na empresa o que vai valer é o custo’. Tudo bem, mas temos que argumentar ... como engenheiros nosso papel é buscar soluções de forma criativa, propor alternativas que tenham menor custo ainda e isto deve ser um dos fundamentos do projeto.

Em relação aos financiamentos para pesquisa, o professor pondera, “se os editais não estão privilegiando verbas para a área de nossos projetos, devemos procurar recursos por outros meios, pelo meio que temos, como centro tecnológico, fundações, ou a própria universidade, não dá para ficar limitado”. Acrescenta ainda, que participa de projetos de pesquisa com outros grupos, que recebem recursos, mas muitas das pesquisas de que participa no momento não tem financiamento, aliás nenhum, isso gera desconforto, porém não é impedimento. Enfim, na perspectiva do professor Eduardo, tudo é uma questão de postura, de enfrentamento.

Lucas traz à tona, que hoje em dia tem muitos incentivos para países como o nosso fazer mecanismos de desenvolvimento limpo. Existe a questão dos créditos de carbono e de incentivos financeiros para a gente decidir sobre o desenvolvimento sustentável, e em função desses incentivos as empresas acabam aderindo, não porque estejam conscientes dessa necessidade, mas porque de repente, torna-se uma oportunidade de negócios. A gente vê e ouve muita propaganda de bancos e empresas aliando o seu nome aos serviços sustentáveis, isso é mero marketing.

Para o professor Jaime as coisas estão muito claras, não dá para escamotear, somente os mais ingênuos se deixam levar, e afirma, “o desenvolvimento econômico desenvolveu e se apóia na sociedade de consumo, isto é uma evidência, que tem que ser comentada, criticada em sala de aula. Agora, este padrão não é um padrão viável no médio e longo prazo, saída até pode ter, mas para isso o mundo vai ter que mudar o próprio padrão de consumo”.

Essa questão apresentada pelo professor, é central na discussão que envolve os impactos dos artefatos no ambiente e necessitam, urgentemente, ser problematizadas por aqueles que estão envolvidos com o processo de desenvolvimento tecnológico, para que ao se conscientizarem dessa realidade, busquem novas diretrizes, ou até mesmo o reprojeto de tecnologias proposto por (FEENBERG, 2001) e comentado no Capítulo 2. O importante é que os engenheiros, tecnólogos ou pesquisadores estejam cientes dos caminhos que estão percorrendo, até mesmo para se colocarem numa posição de enfrentamento e buscar soluções alternativas.

O relacionamento com o segmento empresarial permitiu aos alunos o desenvolvimento de algumas percepções a esse respeito, no entendimento de Rafaella, por exemplo,

muita coisa começou a ser conciliada em função do erro alheio, aquele que afeta o bolso, as multas, - alguém foi penalizado por um tipo de poluição e isso gerou um prejuízo enorme. As empresas passam a considerar aquilo como um risco. Quer dizer, “isso não posso fazer senão vou ter prejuízo”. Então isso passou à gestão de risco, ou seja, “não mexa no meu bolso”. Agora, com o aquecimento global está surgindo uma nova noção de risco ambiental, a de que o prejuízo não vai afetar somente o bolso, mas a própria sobrevivência. No entanto, o que prevalece mesmo é o lucro. O que a gente ouve muito é, “você cuidem com isso aqui, senão vai para o ‘pau’”, esse ir para o ‘pau’, significa ir para a justiça ou ser responsabilizado por isso. O alerta se refere à responsabilidade técnica do engenheiro e aos riscos de punição muito mais do que para ativar uma consciência ambiental.

O relato apresentado pela aluna, expõe a forma como muitas empresas se comportam frente ao que deveria ser um compromisso ético em relação à sociedade e ao meio, assim como a ausência de um nível mais apurado de conscientização leva a uma prevenção estilizada, ou seja, “estou tomando essa atitude, deixando de usar esse insumo apenas para não ser penalizado, e não porque entenda que aquele processo é nocivo e causaria danos significativos a outrem”.

A aluna, ainda aborda a questão que nem sempre é possível fazer as coisas como se deseja, pois acima de tudo estão os interesses econômicos. Afirma que as decisões vêm de cima para baixo. São diretrizes que decorrem de decisões de cúpula, e nesse sentido assevera, “a gente é meio que teleguiado”.

Ao usar o termo “teleguiado” Rafaella deixa claro que tem consciência de que as atividades que realiza estão sob o jugo das decisões tecnocráticas. Pacey (1990) explica que o modelo de decisões tecnocráticas retira dos sujeitos a possibilidade de decisões que envolvem a tecnologia, caminha na contramão da democracia e estabelece fortes vínculos com a passividade.

Seguindo esse contexto, Giovani explica:

é aquela coisa, “eu te dou a liberdade de fazer o que quer, desde que você faça o que eu quero”. Podemos perceber isso no currículo que temos aqui. O departamento de Engenharia Mecânica é bastante direcionado, voltado para as ciências térmicas, a parte de energia e as outras questões, vamos dizer, manufatura, projeto estrutural, mecanismos, a própria parte na relação dos engenheiros com a sociedade, vai para a periferia. É bastante direcionado, as ofertas vêm conforme as demandas, os financiamentos de projetos. Só o que interessa tem verba e espaço.

Percebe-se nesses depoimentos, que os alunos têm noção das forças do mercado e das pressões sofridas na própria academia, identificam os interesses favoráveis ao lucro, bem como têm consciência de que, as pesquisas e os financiamentos seguem tendências estipuladas por decisões tecnocráticas que estão fora, muitas vezes, de seus objetivos e que acabam sendo seguidas em função dos interesses em se manter envolvidos com a pesquisa, por exemplo.

Outra questão que impõe limitações a uma tecnologia menos impactante é bem ilustrada por Sarah, que diz ter feito um estágio em uma empresa que não levava em consideração determinados danos, não só para o ambiente, mas também para os próprios funcionários. Comenta que foi até à chefia e propôs uma mudança que resolveria o problema, mas que esta não foi aceita, porque a empresa não estava disposta a aplicar dinheiro na correção do problema, nas palavras de Sarah, “a saúde das pessoas e uma menor poluição não tinha importância alguma para eles”, conta que permaneceu apenas dois meses na empresa.

Mas nem sempre é fácil abrir mão de uma oportunidade de trabalho, ou de uma bolsa de pesquisa, pois aí entram outras questões, como a necessidade de verbas para moradia, alimentação, vestimentas e aquisição de materiais de estudo, como é o caso de Fernando, que comentou sobre seu desejo de realizar um projeto na empresa, mas que acabou direcionado para outra área e apesar da decepção, não abandonou o estágio, pois dependia da verba para se manter. Segundo o aluno, “foi difícil aceitar que não poderia trabalhar naquele projeto específico, mas os dirigentes da empresa não tiveram consciência de que os lucros viriam em médio prazo, então indeferiram a proposta”. E Fernando justifica, “é muito difícil você abrir mão de uma oportunidade de emprego em que você está bem remunerado, mesmo quando a ideologia do lugar não bate com a sua, porque no final você ainda necessita daquele dinheiro no final do mês”.

Para Rafaella, o caso foi diferente, de acordo com sua narrativa esteve estagiando em uma multinacional, tinha um salário como estagiária de R\$ 1.500,00 pelo envolvimento com o projeto e aquele trabalho ia gerar um milhão e meio para a indústria e continua dizendo:

Aí comecei a pensar, “que legal, eu estou gerando riqueza”, até que comecei a pensar, para quem? Por quê? Essa é a minha contribuição? E isso foi me inquietando, aí comecei a estudar e encontrei a ONG, com quem estagio até hoje na área social, vejo mais contribuição como engenheira no trabalho agora do que tinha antes, para o desenvolvimento social e ambiental, depois que tive essa visão de fora. Eu tenho uma inquietação sobre qual é o meu papel como engenheira. Qual é a minha contribuição? Então estou fazendo um estágio junto a uma ONG que trabalha na área social. Meus colegas não vêem com bons olhos o estágio na área de gestão, meio que marginalizam, para eles o ideal e o mais correto é buscar a área técnica.

Estes dois relatos ilustram escolhas opostas. No primeiro caso, uma situação bem mais comum do que possa parecer, representa a força das necessidades materiais, que empurra para a aceitação de uma situação contrária à vontade do sujeito, que acuado, deixa de buscar alternativas e acaba cedendo às pressões econômicas. Outra mostra o caso singular, cuja opção resulta da reflexão, e de uma visão mais crítica do seu papel no mundo. Essas inflexões também são abordadas pelo professor Luis Felipe que diz:

Eu entendo que a gente, hoje, passa por experiências de ter que fazer escolhas em que as questões são contraditórias, mas envolvem interesses, muitas vezes interesses financeiros. Então a gente começa a questionar isso daí, “o quanto determinadas opções trarão benefício e qualidade”? É necessário começar a pensar todo o desenvolvimento tecnológico, desde o ponto de vista de escolhas pessoais, como os projetos em que você se envolve, a oportunidade de melhor remuneração em um emprego que se distancia dos seus valores como: a aquisição de um determinado modelo de carro, o tipo de alimento que você consome. Entre outras coisas, se é interessante ou se vale a pena que se cubra um santo e se descubra outro, quer dizer, que beneficie alguns e prejudique outros.

Implícita à questão levantada pelo professor Luís Felipe está a questão da responsabilidade ética e dos valores (JONAS, 1995; LACEY, 2008), questões abordadas no Capítulo 1 e 2 e que fazem parte do enfrentamento que a sociedade tecnológica necessita realizar no sentido de transcender à lógica do lucro imediato e do mercado em primeiro lugar. E nesse sentido, o professor Tobias pondera, “a gente tem que compreender a coisa de maneira muito diferente. Aprender os olhares da sociedade, o que está na mídia, o que está nas conversas sociais, e como é que a engenharia pode fazer para dialogar e poder fazer frente a essas formas de visão”.

No entanto, quando solicitados a falar sobre a responsabilidade para com as questões ambientais, não pareceu ser este um assunto confortável para alguns participantes, como Sarah, que entre reticências, manifestou que é papel do engenheiro trabalhar com projetos novos, buscando mais eficiência energética, por exemplo. Mas, em tom de reclamação colocou, “fica tudo para o engenheiro?”. Justificou sua fala dizendo, “... toda a sociedade tem que colaborar, porque engenheiros e pesquisadores têm a obrigação da pesquisa, de trabalhar em cima das evoluções, só que eles não têm que ter toda a obrigação, eu acho que todo mundo tem que colaborar um pouquinho”.

Algumas considerações podem ser levantadas da postura que Sarah assume diante da eminente responsabilidade que a modernidade coloca para os engenheiros. Primeiro, anuncia que a responsabilidade não é só do engenheiro, inicia e termina essa fala afirmando isso.

O que os outros participantes da pesquisa pensam sobre essa questão?

### 3.8.1.2 Implicações: a Delicada Questão da Responsabilidade

As atividades da engenharia podem, de acordo com Bazzo e Pereira (2006) modificar o ambiente, os hábitos e a qualidade de vida das pessoas, de modo que recaia sobre o engenheiro essa responsabilidade que o convoque a preocupar-se em adotar soluções apropriadas,

desenvolver uma postura profissional coerente, pautada sempre em preceitos éticos bem consistentes, como citado no Capítulo 1.

Todavia na interpretação de Sarah, a responsabilidade referente aos efeitos da tecnologia não cabe diretamente ao engenheiro, “porque engenheiros e pesquisadores têm a obrigação da pesquisa, de trabalhar em cima das evoluções, só que eles não têm que ter toda essa obrigação”. Trata-se de uma visão internalista da engenharia. O engenheiro é formado para buscar soluções técnicas para problemas eminentemente técnicos, sem que se incluam aí, os aspectos não-técnicos. Nesse sentido, pode-se interpretar que a entrevistada quer dizer que seu papel como engenheira é encontrar soluções e que caberia aos outros o papel de controlar os efeitos da tecnologia.

Ao que parece, essa nova demanda ligada à vertente ambiental, à emergência de desenvolvimento de tecnologias menos impactantes, e com menor consumo de recursos não renováveis, pode representar uma cobrança muito pesada aos novos engenheiros, não só por ser mais recente, mas também pelo fato de que é possível que não se sintam devidamente preparados para este enfrentamento, ou seja, não tenham conseguido desenvolver competências durante sua formação, que lhes dê suporte para desempenhar a contento essa tarefa, fato que torna compreensível a reclamação de Sarah.

É assim, que no entender da aluna os cenários apresentados implicam em responsabilidade, mas ela enfatiza que “isso é um processo, que vem evoluindo, não vai dar para mudar da noite para o dia”, e acrescenta “a gente vai mudando junto, ninguém está caindo de cabeça, tem que acostumar a trabalhar nessa perspectiva”.

Porém, é bom lembrar que no código de ética do engenheiro, o item 4 que diz respeito aos deveres perante o meio, e recomenda que o profissional deverá não só orientar o exercício das atividades profissionais pelos preceitos da sustentabilidade, como também atender, quando da elaboração de projetos, execução de obras ou criação de novos produtos, aos princípios e recomendações de conservação de energia e de minimização dos impactos ambientais.

O problema é que o termo sustentabilidade, apesar de utilizado com frequência no cotidiano, nas conversas informais, no meio acadêmico, na mídia, não está nem compreendido, nem assimilado em sua real concepção, cai portanto vitimado por interpretações conceituais inconsistentes, e acaba servindo de palco para críticas e questionamentos de onde sai rotulado na maioria das vezes como uma utopia, como será apresentado mais a frente, ainda neste Capítulo. Daí deriva, certa paralisia, que impede o avanço para outros patamares de ação, que venham a considerar o outro e suas necessidades, que ultrapasse o individualismo e a competição para estabelecer-se na equidade e justiça.

Nesse sentido, o Professor Jonas reafirma a concepção que coloca a responsabilidade como valor ético, segundo suas palavras:

a ética tem origem lá na antiguidade, implica em responsabilidade, compromisso com o próximo e, obviamente, esse próximo se expande para a natureza. Então a idéia de você ter um mundo como um sistema integrado, requer que se tenha responsabilidade, no sentido de que temos que desenvolver ações no sentido de preservar o equilíbrio e respeitar os limites ambientais. Então a questão ambiental pode ser interpretada como um fio que está fazendo essa ligação, mesmo que existam as pessoas céticas.

Na verdade esta questão é bem mais séria do que parece, pois envolve o aprendizado para a tomada de decisões responsáveis e solicita uma reorientação das prioridades de ensino no sentido de oportunizar aos engenheiros pensar, questionar e refletir sobre isso, desde que o processo de tomada de decisões no desenvolvimento de produtos envolvam valores e decisões humanas que acabem por determinar os resultados e o perfil dos produtos desenvolvidos (ECHEVERRÍA e GONZÁLES GARCIA, 2003).

Destaco que o questionamento de Sarah foi um posicionamento isolado na amostra, e que os outros participantes se mostraram cientes que cabe ao engenheiro essa responsabilidade. Como neste caso em que Matheus assume que o engenheiro deve ser responsável pelos produtos que desenvolve. O aluno aproveita para defender as atitudes tomadas até aqui, dizendo, “até hoje eu ainda não vi, pelas informações que recebi na universidade, um engenheiro achar bonito estar poluindo a natureza”. Explica que “antigamente o engenheiro não estava pensando nas conseqüências das chaminés das fábricas, tudo o que queria era produzir um produto para a indústria”.

Essa abordagem de Matheus, nada mais é do que a evidência da técnica não refletida, novamente vem à tona o dramático navegar sem rumos, os profissionais na área não têm consciência de que dependendo de suas opções na definição de um projeto, aquele produto poderá causar danos. Nesse sentido, a atenção se volta para um conjunto de fatores que não podem ser desconsiderados, quando se trata de prever implicações diretas ou indiretas no ambiente. Fato que evidencia ainda mais, a tarefa da educação.

Como é o caso do professor Jonas, que é enfático ao dizer:

o engenheiro é um dos agentes da sociedade que causa grande impacto no ambiente físico e talvez seja aquele que possui menor consciência disso. Portanto, é muito importante trabalhar com a formação humanística desse pessoal, contribuir para que a noção de responsabilidade fique bem sedimentada e os profissionais passem a agir de forma mais consciente.

Embora tenha afirmado que a responsabilidade do engenheiro é algo fundamental para a prevenção de problemas ambientais, Bruno reclama da incoerência presente na realidade atual, “hoje em dia as pessoas reclamam da poluição; que vai faltar energia; não aceitam construir mais uma hidrelétrica porque já viram que tem um impacto grande, mas não abrem mão do seu consumo”. Colocadas em pauta, essas contradições remontam à reflexão realizada no Capítulo 1, em que foi enfatizado o hábito arraigado de se perceber a natureza como utilitária e fornecedora de recursos ilimitados, o que dá idéia de que apesar dos problemas que hoje enfrentamos, podemos continuar consumindo em padrões até maiores que os anteriores.

Parece importante considerar esse aspecto, uma vez que o papel do engenheiro é apenas parte da engrenagem que poderá levar à mudança dos padrões de comportamento que tem ocasionado o alto nível de degradação ambiental, por isso, a necessidade, de que todas as pessoas possam receber uma educação que contemple os estudos CTS, como apontado por (ACEVEDO, 1998; FOUREZ, 1997; BAZZO et al, 2008) no Capítulo 2. Além disso, é bom lembrar, de Bernal, (1969), assim como de Todt (2002), quando alertam para o fato de que a ciência e seus resultados, devem ser alvo de preocupação de toda a sociedade e não apenas de cientistas e políticos.

Não dá para esquecer também, o alerta feito por Linsingen (2004), quando citou Prewitt<sup>36</sup> (1983) que deve-se tomar cuidado ao abordar a formação para a participação social, pois isso requer uma reorientação curricular e pedagógica até agora não conquistada no Brasil. No caso específico da Educação em Engenharia, isso exigiria uma mudança significativa da orientação dada hoje na maioria das Universidades brasileiras – predominantemente técnica e distante das relações socioambientais, (Bazzo, 1998; Brunetti, 2006; Colombo, 2002).

Talvez a possibilidade de mudança não esteja tão distante, já que com a criação da Rede Latino-americana Interuniversitária de Ensino CTS emerge como proposta de trabalho, colocar em discussão as dimensões de um projeto pedagógico de CTS crítico nas Universidades Latinoamericanas (REDE LIE CTS, 2008).

Enfim, entender que o engenheiro deve ser responsável pelo desenvolvimento de tecnologias adequadas não deve soar apenas como um argumento defensivo, mas acenar para uma nova postura social, uma responsabilidade compartilhada, que só será possível acontecer, se o processo educativo conseguir desmistificar a cultura do consumo, incentivada pelo marketing e pela crença na infalibilidade da tecnologia. (BUARQUE, 1993).

Na verdade, os fatos aqui abordados são partes integrantes do momento de transição por que passa a humanidade, momento que desacomoda os modos de pensar vigentes, em que o

---

<sup>36</sup> PREWITT, P. Issue investigation and action skills: necessary components of pré-college STS education. **Bulletin of STS**, v.6, n.2/3, p.104-107, 1983.

modelo de comportamento antigo já não serve mais, não se encaixa nas necessidades atuais e, ao gerar insatisfação e contradições, abre espaço para a construção de um novo proceder (FLECK, 1986; CARVALHO, 2004). Essa percepção encaminha para uma nova categoria, como apresentado a seguir.

### 3. 8.2 A emergência de um novo estilo de pensamento

Essa categoria surgiu das manifestações apresentadas por professores e alunos que indicavam a necessidade de mudança de postura para o enfrentamento dos desafios que a sociedade tecnológica vem impondo à formação dos profissionais ligados à área tecnológica em especial, mas que cabe também à formação de todos os cidadãos.

Nesse sentido o professor Luis Felipe contribui dizendo que as questões apresentadas podem ser analisadas e relacionadas de acordo com duas perspectivas; a primeira diz respeito à vida social, pois segundo ele, “ em termos de sociedade todos precisam se readaptar ou aprender a viver numa projeção que pouca gente previa há 50 anos. Hoje, na sociedade de consumo, consome-se muito mais recurso do que se é capaz de reciclar para manter a terra sustentável”. Na visão do professor, tornou-se necessária, “uma reforma estrutural e de pensar, que abranja toda a sociedade e, mais especificamente, a formação do engenheiro” – que se configura como a outra perspectiva a ser analisada - já que considera que, “engenheiros estão muito próximos da problemática ambiental, por estarem lidando com a tecnologia”.

No entanto, coloca que “é muito complexo afirmar que tem que fazer mudança na formação de profissionais, pois isso obriga a começar a mudar a formação de quem forma”. Essa visão também aparece na fala do professor Jonas que diz:

Você vai mudar a cabeça dos engenheiros quando começar a mudar a formação dos estudantes de engenharia, mas para isso você tem que passar pelo professor de engenharia.[...], mas se ele não tiver consciência de que ele tem um papel fundamental nesse processo ele jamais vai mudar ou se empenhar na mudança.

A perspectiva de que a atuação docente, tal como é desenvolvida no Brasil, não possibilita uma alteração significativa do quadro estabelecido, pois os professores e pesquisadores detêm conteúdos e procedimentos didático-pedagógicos pouco suficientes e adequados para viabilizar a desejável formação do engenheiro contemporâneo. Essa questão é tratada por (BAZZO, 1998; BAZZO; NITSCH; TOZZI, 2004, entre outros), que estabelecem eixos direcionadores para a superação das lacunas e distorções da cultura científica e humanística na formação de parcela significativa de professores.

A principal lacuna encontrada é a necessidade de superação de uma formação eminentemente técnica e científica. A alternativa proposta para tal realização seria a inserção de conhecimentos relacionados à epistemologia, à filosofia, à filosofia da ciência e à relação entre ciência, tecnologia e sociedade – na formação do docente que trabalha com a educação tecnológica. Para Bazzo o domínio desses conhecimentos implicará um novo proceder didático-pedagógico, mais sintonizado com a formação do engenheiro cidadão.

De acordo com o autor é preciso que o professor-engenheiro entenda que o pensamento hegemônico e o corpo fechado de idéias, baseados na premissa apenas do treinamento técnico-científico, como guia para a educação tecnológica e, por extensão, para o ensino de engenharia, estão superados.

O que normalmente acontece é que os professores acabam por repetir as práticas que vivenciaram em sua formação, de modo que instintivamente acabam por reproduzir modelos de ensino ultrapassados, descontextualizados e fragmentados. A mudança desse quadro requisita o esforço pela renovação, pela revisão de conceitos, de métodos e práticas, que vêm norteando a ação educativa. Freire (1996) aconselha a refletir sobre as concepções engendradas, em busca de uma prática docente crítica que, se baseada na dialética existente entre o fazer e o pensar sobre o fazer, implicará no pensar certo.

Uma questão-problema é colocada por Luís Felipe, como entrave a essa mudança, segundo ele:

[...] dificilmente o professor-engenheiro, ouviu falar alguma coisa sobre enfoque CTS, problemática ambiental, análise dos efeitos da tecnologia, na sua graduação, alguma preocupação, seja no desenvolvimento de produto ou processo, daí ele ter que ser reciclado conceitualmente para perceber essas necessidades, de estimular a prevenção. Então é muito complicado você só dizer que tem que ser preventivo, sem mudar a formação do teu aluno [...]

Essa constatação é confirmada pelos outros professores, que são unânimes em afirmar que as temáticas ambientais não fizeram parte de sua formação, sendo que dos 9 entrevistados, 3 receberam algum tipo de informação ambiental, por ocasião da pós-graduação, mas comentam que foi algo muito incipiente.

Um exemplo dessa realidade é expresso pelo professor CAIO, quando diz:

quando eu me formei, tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio e depois no superior, isso não era uma preocupação, [...] lembro claramente, que o problema mais comentado era a energia e o petróleo, [...], então uma preocupação maior com impactos ambientais nem estava em pauta. Já durante o doutorado tinha uma porçãozinha pequena, era até um aspecto dentro do meu tema, mas que não foi examinado com profundidade. O que eu tenho feito hoje é um trabalho com os meus orientados de mestrado, quando emergem as questões ambientais durante a etapa do projeto conceitual, esse é o foco.

Acrescenta ainda, que apesar de não ter tido contato maior com a dimensão ambiental na sua formação, as demandas o levaram a ler e buscar aprofundar conhecimentos nesta área em função das suas atividades na disciplina de desenvolvimento de produto e do estreito relacionamento da instituição com as empresas (mecanismos de integração escola-empresa, por meio dos contatos da Gerência de Relações Empresariais – que atende a solicitações de pesquisas, desenvolvimentos de produtos, consórcios de pesquisa)

O professor Caio ainda lembra que “o papel da universidade é oportunizar a formação de um engenheiro para uma melhor compreensão da tecnologia e para a prevenção de impactos ambientais”. Dá o seguinte depoimento:

Se a gente não preparar as pessoas, se a gente não preparar os nossos alunos pra que eles enxerguem o que é inovação e, que nesse processo de inovação, haja uma correlação com o meio ambiente, corre-se o risco de desenvolver um produto, desenvolver uma solução pra um determinado problema e essa solução implicar num impacto ambiental ou prejuízo pra uma determinada comunidade. Então essa conscientização tem que acontecer num ambiente de ensino de engenharia.

Essa realidade, no entanto, constitui-se em um grande desafio, como aponta Luis Felipe, reforça a idéia de que o mais complexo de se aliar a esse discurso de necessidade de mudança, na formação do engenheiro, “é que o aluno tem necessidade de estar em contato com o avanço tecnológico”. Essa é na opinião do professor, uma questão das mais importantes para a formação do aluno - “estar em contato com as tecnologias que estão existindo”. Acena que essa é uma preocupação comum a qualquer curso de engenharia. E, polemiza, “qualquer inovação curricular ocorre no sentido de incorporar tecnologias e recursos tecnológicos existentes, mas nunca uma conscientização sobre os efeitos dessa tecnologia”.

Em relação a isso, Lianza et al (2005, p. 31), comentam que o engenheiro foi historicamente guiado pela técnica, números e precisões supra-humanas. Mas a realidade contemporânea, demanda agora desse profissional, uma visão de sociedade em seu trabalho, uma abordagem **sociotécnica**, (DAGNINO, 2008) que possibilite à engenharia uma visão mais global da sociedade e das relações sociais e ambientais imanentes às suas ações.

Ainda na visão do professor Caio, “as instituições de ensino possuem a obrigação de oportunizar a formação de engenheiros com atitudes mais coerentes em relação ao meio ambiente, pois até a empregabilidade desses engenheiros estará em jogo em função das demandas que a crise ambiental gera para a engenharia”.

Outros participantes manifestam esta necessidade, ora apontando para a pertinência que identificam de uma melhor compreensão das relações entre tecnologia e ambiente, ora como indicativo de necessidade de superação de padrões de comportamento ainda vigentes, mas identificados como padrões que não se encaixam mais nas perspectivas atuais, como se pode observar nos relatos abaixo:

Eu acho que para muitos engenheiros isso ainda não é claro, principalmente para quem já está há muito tempo na profissão. Talvez seja necessária uma mudança de cultura dentro da engenharia, dentro da indústria, dentro da academia, para fazer com que os engenheiros absorvam essa necessidade. Algumas coisas já entram, por exemplo: eu tenho que projetar uma máquina de lavar roupa com baixo consumo de água, quanto menos água ela utilizar e menor for seu consumo energético, melhor ela vai ser. Quer dizer, isso já são requisitos de projeto para ser mais eficiente, porém existem outros requisitos que não são vistos. Os requisitos hoje são basicamente ligados à eficiência. Só que não é só isso, junto com as questões ambientais existem outras questões importantes que envolvem a qualidade de vida das pessoas, teríamos que trabalhar num contexto em que pudéssemos analisar isso antes de colocar os projetos em prática (Rafaella).

Tenho lido muito sobre o desenvolvimento de tecnologias para mitigar os danos. Aí você começa a ver que é mais fácil mudar o foco da ação e começar a pensar em tecnologias que não produzam danos. Já existem empresas e outros segmentos trabalhando nessa perspectiva, são ilhas de excelência, que desenvolvem um rico trabalho de pesquisa e reflexão que estão dando excelentes resultados, como a Weg, por exemplo. Então penso que nós da universidade já tínhamos que estar nos adequando a essa nova realidade. Se questionarmos o perfil do profissional que estamos formando, certamente as respostas nos apontarão novos caminhos. No entanto, no relacionamento com os colegas, percebo que alguns consideram que trazer uma reflexão mais crítica para dentro das atividades didáticas é “perfumaria”, ou melhor, tempo perdido, mas eu vejo que se os alunos são estimulados a pensar sobre como a tecnologia interfere em nossas vidas, como nós estamos definindo que tecnologia vai ser desenvolvida, eles passam a ser mais críticos, a questionar mais. Penso que o caminho é esse, abrir espaço em meio à técnica para formar uma visão mais abrangente do nosso papel na atividade tecnológica, e isso inclui também os professores (professora Clara).

Eu acho que a gente ainda é formado só para atender necessidades, sem pensar nas conseqüências. Existe uma necessidade e você tenta desenvolver alguma coisa pra facilitar um trabalho ou pra responder esse problema, exatamente isso, mas não estamos preparados para analisar questões culturais, econômicas, sociais e ambientais. Você entra em uma empresa multinacional, o seu trabalho vai ser totalmente pontual, por exemplo, você pode estar fabricando uma peça e não saber onde é que ela vai ser usada, você tem apenas que fazer a peça dentro do padrão solicitado. Mas não necessariamente, vão te falar onde é que ela vai ser usada, se ela vai num barco, num avião, se ela vai transportar pessoas pobres ou ricas, se vai transportar minério ou se vai cortar árvores. Então cada vez mais o trabalho tem se tornado desvinculado, cada vez menos a gente tem uma visão global do que está por trás da atividade tecnológica e isso a meu ver tem que mudar. Apesar de saber que não é uma coisa fácil, mas precisávamos aprender a analisar essas questões que envolvem impactos e, digamos assim, a decidir se vale ou não a pena. Acho que teria de ser um trabalho conjunto do

engenheiro com outros profissionais, como o sociólogo talvez porque é muito abrangente pra ser um trabalho de um profissional só, aí sim poderíamos ter condições de avaliar conseqüências. (Igor)

Pelo que eu tenho percebido, estamos sendo chamados a ter uma nova postura profissional, aprender a identificar riscos, que possam trazer prejuízos, e colocar isso em prática. Nesse sentido, a universidade necessita de uma renovação, a gente já vê muita mudança nas empresas, muita informação sobre isso nos congressos e seminários que a gente participa. Mas fora alguns comentários de certos professores e uma ou duas disciplinas, a gente não tem mais nada, nesse ponto acredito que a universidade e os professores precisem se renovar. (Raul)

Apesar da universidade não ter feito mudanças significativas na sua estrutura, muitas críticas, discussões e questionamentos estão trazendo para dentro da universidade uma necessidade de mudanças, novas práticas, talvez novas abordagens, mais interação com outras áreas do conhecimento, e o interessante que essa cobrança por mudança começa a aparecer até mesmo por parte de alguns alunos, que estão mais ligados nos acontecimentos. Não sei como vamos chegar lá, mas sei que vai ter que acontecer, é só uma questão de tempo, então nós, professores, temos que começar a nos reformar agora. (Professor Jaime)

Identifica-se nessas falas um apelo à mudança, uma mudança educacional. Intuitiva ou conscientemente alguns professores e alunos percebem a necessidade de adequações, que possibilite o afastamento do avanço tecnológico irrefletido, que forneça subsídios para que os profissionais possam sentir-se capacitados para enfrentar as contradições presentes na dinâmica social que muitas vezes os levam a perguntas sem respostas, a colidir com seus próprios valores, a realizar atividades sem saber por que e para quê ou para quem?

Essas argumentações se justificam nas reflexões realizadas nos Capítulos 1 e 2, em que se tratou da necessidade de uma educação científica e tecnológica, configurada para propagar o entendimento de que ciência e tecnologia são elementos ativos de transformação, mas não são fatores independentes com direção pré-determinada em seu desenvolvimento, estão na verdade vinculadas à forma como se compreende seus liames, suas conexões e, em função desse entendimento, é que se define seus produtos (ECHEVERRÍA e GONZÁLES GARCIA, 2003).

Seguindo essa linha de pensamento, acrescento essa contribuição do professor Luiz Felipe cujo entendimento indica que, “hoje começa a se questionar todo o desenvolvimento tecnológico, o quanto tem de benefício e qualidade, se vale a pena que se cubra um santo e se descubra outro, quer dizer, que beneficie alguns enquanto prejudique outros”. Acrescenta ainda:

enquanto se mantiver a idéia de recursos ilimitados, muito característica do século XX, o planeta vai ser exaurido, poluído. Hoje começa uma reversão, não dá mais para ser como antes, é preciso passar esse novo entendimento para o senso comum. Para que as pessoas incorporem um pensamento adequado, vai uma geração. Assim como teve gerações que fizeram uma incorporação tecnológica, vai ter uma geração pra conseguir incorporar a idéia de dizer **não**

para certas tecnologias, ao considerar o custo-benefício delas e perceber que não valem a pena.

Diante desse depoimento, pode-se dizer, que a percepção expressa pelo professor. Luis Felipe está mais próxima da visão da tecnologia como prática social que se desenvolve em conjunto com a sociedade e com os diferentes atores sociais, com quem se encontra entrelaçada. Nesse caso, muitas das decisões cruciais são escolhas, predominantemente sociais (como, no caso citado pelo professor, a ponderação realizada a partir da análise custo-benefício de uma dada tecnologia, por exemplo), os cidadãos não só interpretam como são capazes de tomar decisões, (TODT, 2002).

Em síntese, a percepção de alunos e professores sobre a dinâmica que envolve a educação tecnológica e sua rede de interações, das quais fazem parte, não só o desenvolvimento de tecnologias, mas também as contradições que geram, estão levando ao entendimento ou a uma intuição de que se necessita de novos enfoques, não mais pautados nos modelos das práticas tradicionais que têm sido desenvolvidas historicamente.

Entende-se que o salto para essa convergência seria a problematização das crenças referentes às interações CTS, seu estudo e de conteúdos que levem em conta a relevância de temas sociais, o questionamento do modelo de desenvolvimento, a formação em valores e o desenvolvimento de capacidades ligadas à participação democrática e à tomada de decisões fundamentadas.

Surge então a questão: Como os participantes da pesquisa entendem a ciência e a tecnologia?

### **3.8.3 Percepções de Ciência e Tecnologia**

Ao apresentar os dados que tratam das percepções sobre a ciência e a tecnologia, aproveito para elucidar a importância do enfoque CTS para o contexto deste trabalho, seus fundamentos se constituíram na base que norteou a análise da categoria que ora apresento.

#### **3.8.3.1 Nos Caminhos do Determinismo e da Tecnocracia**

As questões utilizadas para evidenciar a compreensão de alunos e professores envolvidos na pesquisa foram problematizadas pela situação 2, quando foram questionados sobre o que pensavam sobre a idéia esboçada no item “A” de que +ciência e + tecnologia poderão trazer + riqueza e + bem-estar social, os posicionamentos do professor Caio e dos alunos Sarah e

Matheus, foram convergentes, todos disseram concordar que o desenvolvimento científico e tecnológico apresenta uma relação linear com maior bem-estar econômico e social. Como pode ser observado neste pronunciamento do Professor Caio:

Entendo que a ciência e a tecnologia são importantes para que o país saia de um patamar de exportador de *commodities*, para um país desenvolvido que exporta tecnologia e que, conseqüentemente, consegue com isso benefícios internos para as pessoas, para os cidadãos em função de uma melhora da economia e tudo mais.

Matheus, por sua vez, já havia feito um comentário semelhante ao responder as questões da situação anterior, que explica a idéia expressa por Caio, utilizando as seguintes palavras:

a gente vende toneladas de minérios de ferro para os países desenvolvidos pra que processem e retornem na forma de chip ou de uma chapa beneficiada, laminada, a um preço muitas e muitas vezes maior; ou seja, se tivéssemos a tecnologia, agregaríamos valor ao produto, não é vendendo a banana que vamos ganhar dinheiro, a questão é vender as coisas da banana.

Essa idéia também é partilhada por Igor, Raul, Juliano, Lucas e Bruno, que diz, “eu acho que quem tem o maior bem-estar mundial são pessoas que estão mais desenvolvidas tecnologicamente”. Do mesmo modo Sarah afirma acreditar que “mais tecnologia, trará benefícios para todo mundo, por isso, o país tem que evoluir”. Supõe que com isso “o país cresce, gera bem-estar econômico e bem-estar social, e vai melhorar pra todo mundo”.

Em meio a essas opiniões, aparece a contradição, nessa manifestação da professora Clara, que diz:

Entendo que mais tecnologia pode trazer mais desenvolvimento e bem-estar para a sociedade, pois se conseguimos desenvolver a nossa própria tecnologia, nossos ganhos serão maiores do que quando apenas exportamos matéria-prima para depois importar produtos beneficiados a um custo muito maior. Também isso gerará mais empregos e mais ganhos financeiros, mas também acho que tem um problema que nem mesmo as nações mais desenvolvidas conseguiram fugir - a questão da desigualdade - os benefícios da tecnologia não são para todos, pode-se perceber isso no acesso ao atendimento de saúde de ponta que não atinge grande parte da população; a própria educação, saneamento básico, alimentação de qualidade, então não dá para dizer que traria mais bem-estar econômico e social para os cidadãos.

Identifica-se aí uma posição dúbia, em que a professora sem perceber, manifesta uma idéia no início da fala e se contradiz no final, primeiro endossa a concepção linear de desenvolvimento, para em seguida admitir que não é bem assim.

No entanto, Pacey (1990) pondera que as pessoas deveriam ter mais consciência de que muitos dos problemas ligados à alimentação e à energia no mundo moderno derivam de uma distribuição desigual e não têm sua origem em limites materiais (tecnológicos). Exemplifica sua afirmação com a problemática ligada ao nível de desnutrição atual e sobre as possibilidades de escassez futura de minerais, alimentos e energia, idéia que disseminada no ideário social, chama atenção para a oferta desses bens, pois em geral intentam ganhar apoio para as políticas e tecnologias que incrementam sua produção.

Porém, o que interessa às pessoas afetadas é o seu consumo de alimentos ou energia, que se perde e se esbanja no desequilíbrio ligado à distribuição desigual e ao desenvolvimento de tecnologias muito caras que privilegiam interesses particulares, em detrimento de necessidades coletivas.

O esclarecimento do autor é uma tentativa de fazer perceber mais além das aparências, que muitas vezes, a verdadeira razão das coisas está escamoteada, em função dos interesses nelas implícitos. Urge, portanto, um olhar mais atento, crítico e questionador da realidade.

As percepções apresentadas não surpreendem, uma vez que estão ligadas à concepção essencialista – triunfalista da tecnologia, que corresponde à visão clássica das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Como apresentado no Capítulo 2, essa visão está, com frequência, presente nos diversos âmbitos do mundo acadêmico e na mídia e reafirmam constantemente a idéia da tecnologia como agente de mudança social por excelência, ou seja, um determinante de desenvolvimento das sociedades (RONDEROS e VALDERRAMA, 2003).

O determinismo tecnológico (SANMÁRTIN, 1990), se sobressai nesses posicionamentos, visto que segundo Pacey (1990 apud Auler, 2002 p. 115), “na concepção do determinismo tecnológico, apresentam-se os avanços tecnológicos como um desenvolvimento que arrasta, atrás de si, a sociedade humana. A evolução social é definida em termos de progresso técnico”. É nessa perspectiva que o desenvolvimento técnico-científico costuma ser postulado como motor da história, sem que se questione os seus efeitos, assumindo assim um caráter autônomo.

Auler (2007) alerta para o fato de que a defesa do determinismo tecnológico consiste numa forma sutil de negar as potencialidades e a relevância da ação humana, exercendo o efeito de um mito paralisante. Na opinião do autor, em função da aceitação passiva da tecnologia e dos “milagres” por ela empreendidos e da adesão ao consumo, a humanidade, como um todo, está perdendo a oportunidade de moldar o futuro. Ou seja, essa visão equivocada acaba por impedir a compreensão da tecnologia como processo social, no qual estão embutidos interesses, na maioria das vezes, de grupos econômicos hegemônicos.

Uma postura que se diferencia das primeiras citadas se manifesta nas opiniões de Giovani, Fernando, Rafaella e dos professores Luis Felipe, Jaime, Eduardo, Jonas e Tobias, que demonstraram possuir percepções mais adequadas, como se pode perceber nesse relato de Giovani, que categoriza como ingênua a visão de que mais tecnologia pode trazer mais bem-estar e progresso, para ele:

É ridículo achar que o bem-estar vai vir só porque tem a tecnologia. A tecnologia evoluiu, evoluiu, evoluiu e quem estava pobre continuou pobre ou ainda ficou mais pobre, e quem estava rico continuou rico ou ainda ficou mais rico, com raras exceções. Isso não muda, achar que porque você pode se comunicar, em um segundo sua vida ficou melhor, é ingênuo demais. As pessoas colocam essas coisas como importantes na vida. O cara vê o outro fazendo alguma coisa e diz, “ah! evoluímos, está mais fácil agora, mas e quem não tem acesso”? Um enorme contingente. Para esses não melhora nada, só piora. O pretense bem-estar não está em todo lugar, ao mesmo tempo em que tem gente usufruindo, tem outros que conseguem apenas sobreviver, gastam todo o seu tempo só para isso, não tem lazer, não tem regalias. Vi isso em um estágio de vivência que fiz, na zona rural, pessoas lavrando a terra com cavalo e arado, com tempo só para trabalhar, para plantar e colher seu alimento, alimentar seus animais, mais nada. Trabalham de sol a sol, o descanso é jogar bola num campinho no domingo à tarde, só. (Giovani)

A análise do professor Luis Felipe complementa o comentário anterior, ao fazer menção da empolgação gerada pela tecnologia, o professor julga que a relação desenvolvimento e bem-estar econômico e social, pode não ocorrer necessariamente. Segundo seu depoimento, “deve sim, ocorrer uma superação dessa fase de empolgação tecnológica, para que se possa começar a ser mais seletivo com todo o processo”. Lembra que, “no início, tudo é muito interessante, você aceita tudo. E depois começa a perceber os reflexos negativos e passa a ser mais seletivo”.

Rafaella, por sua vez, menciona como fator desfavorável à idéia linear de progresso, o desequilíbrio provocado pela oferta intensiva de bens sem uma infra-estrutura planejada para a utilização social daquele artefato tecnológico, gerando assim impactos e comprometendo a possibilidade de que a tecnologia possa acarretar mais bem-estar social. Situação esta também discutida no primeiro Capítulo desta tese. Ela comenta:

Não concordo que todo desenvolvimento econômico venha a se tornar benefício social. Veja o problema de transporte, por exemplo, vende-se o sonho de que todo mundo pode possuir o seu carro, sem se dimensionar outras questões como: espaço, consumo de recursos, poluição atmosférica. Nesse contexto a gente nunca vai projetar uma coisa que não tenha uma parte ruim, quer dizer, algum tipo de impacto.

Essa posição remete a Dagnino (2008, p. 12-13) quando explica que, “o determinismo defende que só existe uma trajetória de desenvolvimento tecnológico e que a tecnologia determina o caráter de todas as outras instituições na sociedade”. Contudo, para o autor o que

está faltando na visão determinista é o impacto da cultura na tecnologia. E esse impacto deve ser mediado por concepções inovativas que reflitam as condições e os estilos de desenvolvimento locais. No entanto, a construção de novas percepções, só pode ocorrer no campo da problematização das contradições (FREIRE, 1987), que permeiam o sistema social humano e suas concepções dominantes.

Nessa linha de interpretação recorro a Auler (2002, 2007), para destacar que a concepção dominante de determinismo tecnológico, de tecnocracia, legitimou a visão do “caminho único” ou possibilidade única em termos de avanço científico e tecnológico, que acaba por fortalecer o caráter autônomo do progresso tecnológico. Como consequência, ocorre um superdimensionamento da tecnocracia em detrimento da democracia. Segundo essa lógica, para cada problema existe uma solução única, ou ótima.

É assim, que as percepções ingênuas se mantêm reinantes, pois se fortalecem no domínio de idéias coletivas que se expandem diante da falta de um entendimento mais crítico, a respeito das atividades e resultados da ciência e da tecnologia, nesta esteira, a massa sem discernimento, dá autoridade às decisões tecnocráticas.

Outra percepção que pode ser identificada entre os pesquisados, a partir das questões propostas pela situação 2, se refere à visão salvacionista da ciência, ligada à idéia de que a tecnologia poderá solucionar todos os problemas, como os problemas ambientais, por exemplo.

### 3.8.3.2 Os Equívocos da Visão Salvacionista

Caminha-se em um terreno movediço quando se aborda as possibilidades de resolução dos problemas que a tecnologia abarca, principalmente pelo fato de que o engenheiro está sendo formado para resolver problemas, utilizando-se das técnicas como visto no início desta análise. Contudo, a percepção que concebe a tecnologia como a solução para todos os problemas foi a que teve apoio mais restrito no grupo, dentre os alunos, apenas Bruno se mostrou plenamente favorável à idéia, como demonstra essa colocação: “Eu acho que o desenvolvimento tecnológico diminui a perda ambiental, acho que a partir do momento que você tem desenvolvimento, focado na solução de problemas ambientais, você vai poder diminuir os impactos. Acho que o desenvolvimento tecnológico seria a melhor forma de você chegar a soluções”.

Matheus ponderou “que, a tecnologia pode ajudar a resolver problemas, mas não sozinha”, quando perguntei o que mais poderia auxiliar nessa resolução, sua resposta foi confusa, e cheia de reticências, demonstrando que não tinha certeza do que falava. Assim se expressou: - “...não sei..., ...segundo eu entendo, ...eu acho que outra coisa que ajuda, é buscar mais eficiência

na hora de desenvolver tecnologias, tipo, um motor que polua menos, ... acho que é isso”. Esse depoimento permite a análise, de que essas questões são pouco refletidas nas atividades desenvolvidas pelos alunos, o que justifica a dificuldade do aluno em encontrar uma resposta consistente, para embasar sua afirmação. É assim que, por falta de embasamento teórico, muitas percepções acabam derivando para o nível do senso comum.

A mesma dificuldade foi percebida na fala de Igor que diz: “eu acho que a tecnologia resolve os nossos problemas sim, mas não qualquer tecnologia e qualquer ciência, eu acho que tem que ser bem planejado, .... é, eu acho que é isso”.

Do mesmo modo, Sarah colocou que as tecnologias “não podem resolver todos os problemas, mas uma boa parte deles, sim”. Lembra que todos desempenham um papel na sociedade e que, dependendo das escolhas e comportamentos, os problemas poderão aumentar ou diminuir. Percebe-se um avanço na resposta da aluna em relação aos outros dois alunos, pois consegue se posicionar e dar argumentos que justificam sua resposta.

Como se pode perceber as respostas dos alunos foram curtas e deixaram entrever a insegurança de quem pisa num terreno desconhecido, sem muito domínio do tema, pois quando solicitados a falar mais, deixaram a desejar na argumentação. No entanto, essa questão é considerada bastante comum, já que estudos vêm demonstrando sérias lacunas e muitos equívocos ligados ao entendimento que se tem de ciência e tecnologia, e isso é válido, não só para alunos, mas também para professores (MANASSERO, et al, 2003; ACEVEDO, 2001).

As posições contrárias ao perfil salvacionista da ciência foram então manifestadas pelo restante da amostra, apesar das respostas continuarem rápidas e sem muita argumentação, como ilustrado a seguir: “acho que vem bem observado, realmente o que é exagero aqui: é pensar que a tecnologia e a ciência irão nos salvar. Podem ajudar se elas forem bem aplicadas, poderia ser usada para acabar com a fome e não acaba” (Raul).

A tecnologia não vai resolver todos os nossos problemas, pode funcionar, pode gerar uma solução potencial, uma solução, mas desde que exista a intenção de usá-la como solução, sabe-se que muitas soluções acabam não sendo aplicadas, porque não é o interesse do governo, do pesquisador, ou da empresa que está envolvida com a pesquisa (Juliano)

A tecnologia não vai poder resolver todos os nossos problemas; penso que a gente perdeu muito da nossa cultura em função das tecnologias e isso a tecnologia não vai poder trazer de volta. Por exemplo: não é só da cultura, mas da convivência social... e esse tipo de perda, não vejo uma tecnologia que vá melhorar essa questão, trazer de volta o que já foi perdido, melhorar a consciência das pessoas. E a tecnologia vai conseguir tratar isso? Não sei, pode ser que sim, pode ser que não. (Rafaella)

O professor Caio, por sua vez, foi enfático ao manifestar sua opinião sobre a visão salvacionista da ciência e da tecnologia: “isso é uma falácia, não vão poder resolver todos os problemas, mitigam alguns daqueles problemas mais evidentes, mas não resolvem tudo, não tem como, não são a redenção de todos os pecados”.

Enquanto para o professor Luis Felipe, a demonstração de que a tecnologia não pode resolver todos os problemas, está nos seus “efeitos colaterais”. Segundo ele, “a ciência tecnológica não foi trabalhada em cima dos seus efeitos colaterais. É igual remédio, se tem efeito colateral, significa que está fazendo mal. A gente não tem a “bula” da tecnologia indicando seus efeitos colaterais. Não há estudos nesse sentido”. Ilustra o seu pensamento com o seguinte exemplo:

[...] provavelmente quem inventou a TV a plasma não se perguntou se tinha algum tipo de efeito colateral, não questionou se iria reciclar seus componentes daqui a dez anos, se tinha algum contaminante, ou se haverá algum programa de resíduos para tratar desse material, quando houver uma montoeira de TV usada e quebrada sendo descartada. E você vai ter que descartar isso daí, qual vai ser o material? Como fazer o descarte disso? Esse é o tipo de reflexão que a gente vai ter que fazer daqui para frente, porque a tecnologia é muito boa quando é nova, mas e daqui a dez anos?

Essa declaração ilustra a lacuna que se estabelece em função do desenvolvimento de tecnologias sem a necessária reflexão e comprometimento ético. Aponta novamente para a metáfora do navegar sem rumos, pois o que interessa é apenas a velocidade que se imprime no desenvolvimento de novos produtos, não importando quais conseqüências ou efeitos colaterais advirão desse processo, como mencionado pelo professor. Esse comportamento é sem dúvida um dos componentes que incrementa a descida para o fosso da degradação, não só ambiental, como também, humana desde que os efeitos associados a uma tecnologia estão a interagir constantemente com outros componentes do sistema social humano.

Cabe também fazer referência à reflexão realizada no capítulo 2 a este respeito que aponta o modo como a tecnologia é tratada nos currículos escolares, acaba influenciando o entendimento que os alunos formam do mundo tecnológico. Então, a idéia de que a superação dos problemas atuais depende de mais ciência e tecnologia é aceita amplamente, sem questionamento dos valores e interesses aí implicados, enquanto questões como sustentabilidade e exclusão social ficam reduzidas a um problema tecnológico, passível de ser resolvido com mais conhecimento tecnocientífico, tornando-se uma questão de tempo e perspectiva de desenvolvimento futuro (SACHS, 2002).

### 3.8.3.3 A idéia de neutralidade

A idéia de neutralidade apareceu de forma ambígua na percepção de professores e alunos. Dentre os que apoiaram essa visão, encontra-se o professor Caio que assumiu uma postura favorável à neutralidade da C e da T, conforme expresso na seguinte fala:

O desenvolvimento de uma tecnologia deve acontecer de forma neutra. O que se deve buscar é o conhecimento e o domínio de uma tecnologia sem uma preocupação direta de como esta será empregada. Sua eventual aplicação com outros fins que não o considerado eticamente correto, decorre de como as pessoas farão uso da mesma.

O professor Daniel também se posicionou como o colega, segundo ele, “a tecnologia é neutra, não dá para imaginar que possa ser responsabilizada pelas ações do homem, quem cria é o homem, ele é responsável por qualquer um de seus efeitos”.

Uma outra posição se destacou no grupo, o depoimento de Bruno, deixando claro que ele não sabia do que estava falando, “eu acho que é positivo o desenvolvimento da ciência e tecnologia. Eu não vejo como neutro, eu vejo como positivo. Eu acho que é a melhor forma de você chegar ao desenvolvimento e a maior qualidade de vida”.

Nesse sentido, López Cerezo (2003) assevera que cabe às instituições de ensino oferecer oportunidades para que os estudantes possam adquirir um conhecimento básico e contextualizado, no sentido de oportunizar o desenvolvimento da capacidade de avaliar e participar de controvérsias.

Esses comentários ilustram visões ligadas à neutralidade da C e da T, pois justificam a aplicação estrita da racionalidade técnica como explicado por Todt (2002) no capítulo 2. Nessa perspectiva, as decisões são tomadas com base em critérios racionais de modo a garantir o máximo de eficiência aos artefatos, sem considerar suas implicações, sejam elas ambientais ou sociais. Visão que retira do pesquisador a responsabilidade por avaliar ou pelo menos, questionar os resultados dos produtos desenvolvidos.

Também se aproximam do resultado encontrado por Auler, quando estudou um grupo de professores de ciências, cujos resultados indicaram uma presença significativa de contradições no pensar individual dos professores sobre a não neutralidade da C e da T.

A idéia de neutralidade parte de um juízo abarcante e potente, de que a ciência e a tecnologia não se relacionam com o contexto onde são geradas. Mais do que isso, que é um objetivo, uma regra da “boa ciência” (DAGNINO, 2008). Para o autor, o ambiente produtivo,

onde a ciência e a tecnologia se materializam, ocorre em separado do contexto social, político e econômico, retirando dos atores sociais a possibilidade de interferir nessa trajetória.

As manifestações dos outros componentes do grupo negaram apoio a essa visão, as respostas continuaram curtas e sem argumentação, mais uma vez dando a idéia de que os estudantes em sua maioria não tinham muita certeza do que estavam falando.

A tecnologia não é neutra, são as pessoas atuando no mundo, você não tem como saber. Essa é uma questão de valores, de que existe uma tradição filosófica de considerar conceitos, idéias que são a parte, não estão no nosso mundo. Isso faz com que deleguemos à tecnologia uma série de coisas, que é uma superestrutura, alguma coisa assim. É uma forma de tirar a responsabilidade de si, ou seja, fala-se do mercado como se não houvesse as pessoas atrás, fala-se de tecnologia como se fosse algo que caminha sozinho, ou de uma pessoa que não se sabe nem onde está, nem quem é, quando na verdade a gente sabe onde está tudo isso. (Giovani)

Diante do exposto, parece claro que as percepções dos entrevistados, salvo exceções, encontram-se em um campo que requer aprofundamento teórico. Entende-se que há necessidade de construção de percepções mais adequadas a respeito da ciência e da tecnologia e do desenvolvimento tecnológico em todos os seus níveis de interação. Desafia as instituições educacionais em geral e mais especificamente às de Educação Tecnológica a desenvolver um trabalho mais coerente, no sentido de superação de concepções ingênuas, pois conforme apontado por Dagnino, (2004), as interpretações ambíguas, ingênuas ou equivocadas da ciência e da tecnologia são incapazes de fazer com que uma maior sensibilidade sobre possíveis conseqüências sociais e ambientais negativas, seja incorporada em seu processo de concepção.

O processo de concepção de tecnologias requisita a sua análise, diante de seus efeitos quase sempre perniciosos para o ambiente e as pessoas, mais do que isso, requer o entendimento da tecnologia em si, em interação com o sistema social humano. Nessa perspectiva, buscou-se conhecer quais as concepções que professores e alunos apresentam a respeito da AIT.

#### **3.8.4 AIT: um conceito a ser construído**

A caracterização e fundamentação realizada acerca da AIT no capítulo 2, diz respeito a uma atividade de aprendizagem de avaliação de uma dada tecnologia, para identificação de causas e efeitos que poderão impactar não apenas o ambiente, como também a sociedade, durante o desenvolvimento de projetos de inovação (fase anterior à produção, gestão e incorporação de tecnologias). É na verdade uma forma de regulação acadêmica da tecnologia realizada durante as atividades ligadas ao desenvolvimento de projetos/produtos tecnológicos.

É de natureza eminentemente interdisciplinar e requer, além da integração de conhecimentos - a reflexão crítica, como caminho viável para o aprofundamento de conceitos, discussões sobre riscos, valores e interesses implicados; busca de soluções para os problemas levantados; e, tomada de decisões fundamentadas no conhecimento científico e na responsabilidade ética. Ponto em que se distancia da idéia de que as soluções para os problemas a enfrentar são de cunho exclusivamente tecnológico.

Carrega em seu bojo padrões e fundamentos teórico-metodológicos que podem favorecer as dinâmicas que envolvem a aprendizagem focada no processo de inovação e no desenvolvimento de produtos, processos ou serviços sustentáveis.

A percepção da AIT se qualifica como um exercício acadêmico, baseado na problematização do fazer tecnológico, cujo fim é desvelar as concepções equivocadas sobre a Ciência e a Tecnologia; abrir espaço para a reflexão acerca das possíveis implicações que as atividades da engenharia podem desencadear e estimular o desenvolvimento de produtos, processos e serviços com um perfil socioambiental adequado que, se bem dirigido, pode encaminhar para o exercício de decisões mais democráticas.

Outra relação que pode ser feita com a AIT, diz respeito às orientações que emanam das DCN's para a graduação em engenharia, no Art. 4º item XI, onde recomendam avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental, de modo a estimular o desenvolvimento da compreensão do processo tecnológico, em suas causas, efeitos e ainda na avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Baseando-se nas premissas acima, focou-se o olhar na concepção que professores e alunos detêm sobre a AIT. Quando argüidos sobre as possibilidades de uma aprendizagem para conciliar desenvolvimento de produtos com prevenção de riscos, todos sem exceção, mostraram-se favoráveis a essa possibilidade, como representado neste comentário da professora Clara:

Concordo plenamente, pois é nisso que se justificam todos os problemas ambientais. Se isso fosse preocupação no curso de engenharia, já teríamos alcançado muitos resultados, pois potencial nós temos, nossos estudantes têm, o que é preciso é estar consciente dessa deficiência e partir para uma responsabilidade maior com os produtos, sistemas e serviços que estão sendo criados.

Pode-se perceber a mesma ênfase neste comentário de Raul:

Concordo. A prevenção de riscos e o desenvolvimento de produtos devem estar intrinsecamente ligados. De novo, eu não vejo como essas duas coisas podem ser separadas, muito menos, a reflexão do impacto da tecnologia no meio ambiente, temos que tomar cuidado quando desenvolver e, principalmente, aplicar tecnologia. Na decisão de aplicar, o que aquilo vai

significar para o meio ambiente. Acho que isso seja possível, isto tem que ser assim, é preciso pensar no desenvolvimento de tecnologia e produto.

Por outro lado, os professores afirmaram desconhecer o artigo 4, das DCN's que recomenda a análise das implicações da tecnologia na educação em engenharia. Dos nove professores participantes da amostra, seis já tiveram um contato mais estreito com as DCN's em função dos cargos de coordenação/chefia que exercem ou exerceram no departamento de engenharia mecânica, ou em função da participação em comissões para revisão da grade curricular/criação de curso.

Destes professores, Luiz Felipe e Jonas disseram ter um conhecimento sobre o assunto que varia de bom a regular. Enquanto Jaime, Eduardo e Clara manifestaram um conhecimento regular; Caio, Augusto, Tobias e Daniel consideraram que seu conhecimento é ruim. E mesmo no caso dos professores que afirmaram conhecer melhor as DCN's, ao ser apresentado o conteúdo do artigo 4, responderam que não haviam prestado atenção a este item, como nesse depoimento do professor Luis Felipe, “a gente desenvolveu nos últimos dois anos, vários cursos de Engenharia e nunca houve iniciativa sobre isso aí, em qualquer dos cursos novos, nunca ninguém discutiu esse 4º item. Para mim, também passou despercebido”.

O que emerge desse contexto, é que os professores não reconhecem a questão da avaliação de tecnologias como algo importante, contrariando suas posições favoráveis a respeito das possibilidades de prevenção dos efeitos da tecnologia, manifestadas anteriormente. As posições que apresentaram na seqüência sobre as suas percepções acerca das AIT, evidenciam essa realidade.

O Professor Luiz Felipe acredita que “a avaliação da tecnologia objetiva descobrir aquilo que é desejado, quem desenvolve tecnologia hoje, quem se preocupa em evitar os efeitos não desejados, principalmente, se está sendo financiado, precisa ter um retorno, quem te paga tem que ter um retorno financeiro, tem 6 meses para avaliar os efeitos disso aí”.

Essa visão está bem aquém da concepção de AIT aqui delineada, o professor está pensando em uma avaliação para contemplar as expectativas de órgãos de fomento/corporações e não para a verificação de possíveis impactos sociais e ambientais, coisas bem diferentes, inclusive é uma visão reducionista, que contempla a tecnocracia.

Recorro então à Bijker (1995) apud Benakouche (1999), para sanear essa idéia. Para o autor “o grande desafio presente em nossa sociedade é justamente desenvolver mecanismos para analisar a tecnologia e a sociedade como uma teia, ou seja, a análise de tecnologias não pode estar alijada dos aspectos sociais, culturais, ambientais.

O professor Caio trata do assunto como a manifestação de uma preocupação, para o professor:

Existe uma preocupação e um tratamento que abrem espaço e oportunidade para tratar de uma possível análise de impacto tecnológico, mas realizado sem uma sistematização e de modo superficial, ou seja, sem o apoio de bases conceituais, na maioria das vezes durante a defesa do projeto, o que significa que no final da disciplina, oferto ao aluno espaço para análise e identificação de possíveis problemas e de uma reflexão crítica acerca das implicações diretas e indiretas da tecnologia, aí o foco é o produto.

Continua dizendo que acredita que estaremos cada vez mais sendo pressionados pra fazer uma análise desses efeitos. Essa análise não é simples, ela não é convencional, não dá pra usar as ferramentas que temos disponíveis até agora, porque muitas dessas ferramentas estão em desenvolvimento. Explica que na sua disciplina, no momento da apresentação do projeto ele chama a atenção do aluno dizendo:

Olha, esse produto aqui usa essa tecnologia, por exemplo, as baterias de duração mais estendida estão usando tal tecnologia, tal tecnologia não agride o meio ambiente ou tal tecnologia tem que fazer isso, né. Com a bateria de celular é a mesma coisa, as empresas estão resgatando baterias de celular, baterias de *notebook*, então só tô pegando bateria porque é o que veio na cabeça, mas a gente poderia usar o exemplo de um determinado óleo que é usado na suspensão: terminou o carro, deixou de ter utilidade na suspensão, vai lá, solta um parafusinho e descarrega o óleo pra que seja depositado adequadamente.

Apesar da idéia que guia a intervenção do professor ter ligação com a percepção de AIT, o momento em que tenta fazer uma abordagem com a intenção de chamar a atenção do aluno para questões ligadas à prevenção, ocorre durante a apresentação do projeto, o que indica ser a fase final da disciplina. E esse “pequeno grande” detalhe, destitui do aluno a oportunidade de problematização em cima de seu protótipo. A reflexão que derivaria desse momento se perde, assim como a possibilidade desse aluno buscar conhecimentos novos, no sentido de solucionar os problemas encontrados.

O tratamento de análise deve permear a fase de projeto para que o aluno possa desenvolver criticidade suficiente a ponto de localizar pontos de intervenção. Nesse sentido, Leiva<sup>37</sup> et al (1996) apud Todt (2002) coloca que “desde um ponto de vista fenomenológico a atividade de design é uma articulação permanente entre duas atividades: a criação e a interpretação”. É essa interpretação que tem que ser trabalhada com o aluno, para que desenvolva, não só bases conceituais técnicas para atuar no sentido da prevenção, mas também a

---

<sup>37</sup> LEIVA, E. COVARRUBIAS, E.; JERARDINO, B. Hacia una ingenaría de la coordinación humana com um enfoque ontológico. In: RODRÍGUEZ, M; FARIAS, M (eds.). Estratégias integradas, Santiago: Universidad de Santiago de Chile, 1996.

compreensão da necessidade de refletir sobre as implicações sociais e ambientais que o produto poderá acarretar.

Os outros professores e alunos se limitaram a respostas curtas do tipo, “é um modo de avaliar se uma tecnologia vai causar algum tipo de prejuízo ambiental” (Lucas), ou “para mim é básico, é você utilizar ferramentas, dizer se um material causa mais dano que outro e isso te dá suporte para escolhas, acho que é esse o objetivo”(Raul). Ou ainda “isso é bastante usado lá fora, para prevenção de falhas, otimização de gastos. Aqui no Brasil eu não sei como está funcionando, sei que tem grupos de pesquisa nos programas da pós e de engenharia simultânea trabalhando com isso, mas não sei ao certo como é”. (Matheus)

A professora Clara, por sua vez, comenta que “este não é um assunto muito tratado no curso, parece que há mais ênfase na pós-graduação, mas na graduação não”. O professor Tobias vai mais longe e denuncia, “infelizmente esta questão não faz parte do universo de preocupações dos professores e, por conseguinte, dificilmente vai estar na dos alunos”.

Após essa declaração procurei sondar essa questão e passei a acrescentar à pergunta sobre AIT, este questionamento:- Você se preocupa com isso? Que importância este tipo de atividade teria para você? E as respostas que vieram confirmaram o pensamento do professor Tobias. Realmente não há uma preocupação maior, professores e alunos estão preocupados em demonstrar competência, em trabalhar nos seus projetos, em dar conta das atividades propostas pelas disciplinas.

Como se pode perceber nessa declaração de Juliano, “sinceramente este não é meu foco de interesse, estou envolvido com um projeto de conservação de energia e não tenho tempo para pensar em muitas outras coisas, até porque tenho que realizar todas as atividades das disciplinas”.

Bruno também manifesta seu desinteresse pelo tema, “eu não sei, nunca pensei nisso dessa forma, acho que porque tenho uma tendência para trabalhar mais com tecnologia de materiais, também aqui nunca se fala sobre isso, não que eu lembre”. O professor Daniel, justifica seu desconhecimento sobre o tema, dizendo, “estamos num momento de revolução, muita coisa nova acontecendo, então não dá para a gente dominar tudo, sou sincero em dizer, que não tive ainda oportunidade de olhar mais a fundo para esta questão”.

Esses depoimentos são representativos e deixam entrever um distanciamento das recomendações das DCN's, percebe-se que em momento algum foi mencionado algum tipo de preocupação com a compreensão do processo tecnológico ou com os problemas sociais que decorrem do desenvolvimento dos diversos tipos de tecnologias. Considera-se então que a AIT é uma dimensão esquecida nos cursos pesquisados.

Aqui transparece a ausência de um ensino focado no desenvolvimento de análise, de juízos críticos e de valor, e que toma parte das culturas democráticas modernas (BAZZO, 2008). Nesse sentido, o enfoque CTS se configura como campo de estudo capaz de promover o entendimento e a prática de uma análise reflexiva das suas interferências na sociedade.

Outra questão de interesse para este estudo, se referiu às disciplinas que poderiam estar oportunizando algum tipo de exercício ligado ou aproximado à concepção de AIT. As respostas que surgiram indicaram uma presença incipiente desse tipo de abordagem. Quatro alunos, já citados em item anterior, comentaram terem tido uma noção sobre AIT na disciplina Tecnologia e Desenvolvimento, cujos comentários já foram apresentados.

Destacaram-se no grupo mais dois alunos, que cursaram a disciplina Desenvolvimento de Produto e Desenvolvimento de Manufatura. Seguem seus depoimentos:

Esta disciplina é mais voltada para a metodologia de desenvolvimento do produto. Por exemplo, começa com uma necessidade, a gente busca suprir a necessidade e vai demonstrando várias soluções e as avalia. Dentro desta avaliação cabe a parte ambiental, “qual o valor que ela vai ter dentro dos requisitos do usuário?”. Vamos dizer que o produto como um todo, por exemplo: eu quero motor que seja mais rápido, mais fácil e menos poluente, qual o peso que cada um desses itens tem? Vamos dizer, menos poluente de zero a dez 10, o mais rápido 9. Nesta disciplina ele tenta focar qual é o método que a gente vai fazer isto. Você vai dizer qual é o peso que vai ter cada um, você é que vai dar a nota, você vai fazer uma avaliação. Por exemplo, para usar este plástico você faz uma avaliação prévia - este aqui vai poluir mais ou menos, vai ser melhor ou pior, vai facilitar o descarte ou o reaproveitamento? Aí neste tipo de metodologia você iria pensar assim: esse plástico aqui vai ter uma eficiência maior, mas ele vai poluir mais, esse outro aqui vai poluir menos, mas vai ter uma eficiência menor. Só que quando eu fiz os requisitos, poluir menos ficou mais importante que ser mais eficiente, então vou pegar este cara aqui. Só porque nesta disciplina o que é focado é qual o método de avaliação, no caso eu vou fazer assim, eu vou dar este valor para poluir menos, vou dar este valor para eficiência, e vou selecionar de acordo com os requisitos, eu crio os critérios. Se eu quiser ignorar a parte ambiental eu estaria fazendo a metodologia do projeto novamente, nesta disciplina não é focado esta parte, é só a metodologia. Quando eu fiz a disciplina eu usei a questão ambiental, essa cultura de não poluir, aos poucos ela vai, já esta entrando na cabeça do pessoal. Na hora que eu vou comprar esse negócio eu não vou querer que ele esteja poluindo. Eu penso no futuro consumidor do meu produto, o consumidor não vai querer isto. Também existe a legislação, e tudo isso junto vai formando a consciência, a gente acaba tendo essa consciência ambiental. (Igor)

Percebe-se no relato de Igor que a experiência de aprendizagem que ele teve, apesar de focada em uma metodologia, permitiu a ele um exercício de avaliação, do qual as partes variáveis incluíram o social. O detalhe é que o aluno diz ter cursado essa disciplina na França durante um estágio que realizou. Vejamos o depoimento de Lucas:

Essa parte pelo menos na matéria que a gente trabalhou, Desenvolvimento de Produtos, sempre se procura analisar. É uma análise de causas e efeitos, isso faz parte da metodologia de um projeto sempre dentro desse efeito da questão ambiental. Você define funções principais de um determinado produto, como essas funções se relacionam entre o produto, o usuário e o ambiente em torno do produto e você desenvolve um produto para atender a todas essas funções e sub-funções, e dentro dessas funções, claro que está respeitar o meio ambiente, equilibrando o melhor possível as coisas cada lado. Então eu acho que em relação ao que o curso oportunizou em relação à análise foi isso, agora quanto o engenheiro é capaz hoje de desenvolver um produto que atenda a todas essas exigências do desenvolvimento sustentável, aí já é outra questão. (Lucas)

Respeitando-se as diferenças de linguagem, parece que os dois modelos se aproximam, contudo dão a entender que as análises realizadas são muito focadas na técnica, no método, e também com liberdade de escolha ao pesquisador, sem uma coerente fundamentação que lhe dê sustentação para fazer escolhas responsáveis, pois cabe a ele criar os requisitos. Isso requer uma formação focada no conhecimento científico, mas subsidiada por fundamentos da ética e dos valores.

Nesse sentido, retomo o pronunciamento de Lacey (2008), quando aborda a questão da tarefa da educação científica estar focada não apenas nas premissas do conhecimento científico, mas, também em desenvolver a autoconsciência crítica sobre o caráter da atividade científica e de suas aplicações e sobre as escolhas com as quais se defrontam seus participantes responsáveis.

Os professores que trabalham especificamente com as disciplinas de desenvolvimento de produtos e projetos manifestaram em suas preocupações, questões que refletem dificuldades ligadas à sistematização de conteúdos/procedimentos novos em suas atividades pedagógicas e em relação à carga horária necessária para esse procedimento. Como se percebe nessa declaração do professor Augusto e do professor Caio respectivamente:

uma coisa é você trabalhar os aspectos técnicos, a outra coisa são as conseqüências desse resultado técnico. Por exemplo, cada vez mais haverá necessidade de novos produtos, mas cada vez mais a sociedade vai cobrar dos engenheiros, dos técnicos, o descarte apropriado destes produtos, então isto vai requerer um conhecimento mais profundo do engenheiro sobre a técnica e, por conseguinte, necessitaríamos de um quantidade maior de horas em nossa disciplina. Sim, uma carga horária maior ajudaria muito, na possibilidade de introdução desse assunto.

Eu não sei, eu acho que em termos de sistematização, talvez formalizando isso dentro de uma planilha de avaliação, sistematizar isso na primeira avaliação, deixar claro para os alunos nos primeiros dias de aula, “nós vamos medir o trabalho”. No final o aluno já estará consciente das métricas para avaliar e vai contemplar desse jeito as avaliações de impacto social, ambiental etc. Só que eu não sei se só isso vai ser suficiente, se vai ser positivo, porque na realidade teria que estar acoplado ao momento em que ele fosse informado do que é isso, pra

que serve, então ter-se formalmente dito, desenhado, dentro do currículo. Na verdade, eu não saberia como fazer isso.

O professor Luis Felipe, também coloca a sistematização em sala de aula como um impedimento, só que sua abordagem é outra. Segundo ele, vai ser preciso investir na preparação do professor, “vamos precisar da prática de ensino, aí você precisa mudar o professor, pois o professor acha que ampliar o seu conteúdo para esse lado ambiental é uma bobagem, vai falar um dia na sala de aula e depois vai dizer “ eu não vou discutir isso”.

Percebe-se então nas falas dos professores envolvidos com disciplinas que apresentam potencial para trabalhar a AIT, que os mesmos, manifestam dúvidas, preocupações e sobretudo resistência, possuem um entendimento de como se dá sua prática e de seus colegas e em função disso, definem que algo não é viável, sem no entanto, pensar em estratégias para renovar suas práticas, o que incluiria a formação continuada.

No entanto, Bazzo (1998) justifica “que os professores-engenheiros acabaram aprendendo a ser docentes - quando isso corre de fato - pela própria experiência, o que em geral se dá como um esforço solitário, sem os benefícios de uma sistematização racional de procedimentos”. Desse modo, torna-se compreensível que o professor não perceba a educação continuada como caminho, principalmente porque as questões ligadas à prática pedagógica não fizeram parte de sua formação inicial.

Considerando-se então que a AIT, não possui um espaço na educação em engenharia, passa-se a verificar quais seriam os impedimentos à sua realização.

#### 3.8.4.1 AIT: Lacunas e Impedimentos

Os relatos que se desenrolaram a partir desse questionamento, mostram muito mais do que limitações para a AIT, evidenciam limitações para qualquer aprendizagem. As opiniões apresentadas foram agrupadas em função do tipo de limitação indicado.

Três professores se reportaram a impedimentos ligados diretamente à AIT. Foi o caso do Professor Eduardo, que considerou como limitação para um trabalho de avaliação de impactos, a carga horária, “eu acho que um impedimento é justamente não ter carga horária suficiente para incluir mais isso. Na disciplina que ministro já é apertado dar conta do conteúdo, então não dá para incluir algo que demandaria muito tempo”.

O professor Caio ao se referir aos tipos de guias ou *check lists* para uma atividade de AIT, afirma que são muito complicados e isso se converte em desistência de aplicação. Para o professor Augusto, uma limitação é, “não ter isso sistematizado no currículo de uma disciplina

formal, ou então ter mais horas na disciplina atual, porque é fácil dizer, acrescenta mais isso, porque está sendo cobrado do perfil final do aluno. Então isso impede”.

Esses depoimentos deixam entrever os problemas que a maioria dos professores da área técnica enfrentam: - incluir em seu planejamento, abordagens mais atualizadas, adequar o currículo e a sua disciplina às exigências de uma formação mais integrada, de modo a viabilizar aos alunos a ampliação de suas visões para além do conteúdo.

Na opinião do professor Daniel, a limitação diz respeito à grande ênfase nas disciplinas técnicas e a pouca relação com outras áreas do conhecimento. Como esta, outras manifestações ocorreram, Sarah, Igor, Matheus e Fernando também pensam assim, como mostra esse comentário de Fernando, “as limitações estão por conta da carga técnica dada ao curso, que é necessária, mas que impede que os professores toquem em assuntos fora de suas matérias pois tem que vencer um conteúdo. Não há espaço para tratar de outros assuntos. Acho também que todos os professores precisariam de aperfeiçoamento para tratar desse tema”.

A identificação de uma ênfase tecnicista em cursos de engenharia se deve à visão de que os cursos devem estar adequados à indústria e ao preparo para trabalhar com tecnologias, isso faz com que se busque um ensino atrelado à técnica com a finalidade de preparar mão-de-obra adequada às necessidades do setor produtivo e para o mercado. Ou seja, o foco está na profissionalização (FERRAZ, 1983)

Essa tendência também favorece um ensino fortemente calcado nos cálculos, leis e teorias que são repassadas aos alunos como modelos a serem seguidos, sem necessidade de uma maior reflexão crítica, portanto devem ser recebidos de forma passiva. Pode-se dizer, que emergem daí as características da educação bancária criticada veemente por Freire (1997) em que o aluno funciona com um depósito de conhecimentos que devem ser memorizados e repetidos nas avaliações.

Os impedimentos derivados dessa concepção de ensino para a efetivação da AIT é que sua implementação requer a problematização, a integração com outros conhecimentos, quando não com outras disciplinas, requer, sobretudo, o diálogo de onde emergirão os caminhos para a reflexão crítica frente à atividade tecnológica e identificação de suas implicações.

O professor Tobias por sua vez faz o seguinte relato:

não existe plano de ensino, trabalho didático pedagógico dentro do curso de engenharia. Alguns cursos de engenharia no Brasil estão começando a se preocupar, mais eu acho que ainda é um discurso muito vazio. Se for pensar no nosso curso especificamente, isso aqui não existe. O que eu devo fazer como professor dentro da sala de aula (este é o pensamento de muita gente), ninguém precisa me dizer o que é importante, como eu devo abordar, o que eu devo

cobrar para ensinar motores, refrigeração, mecanismos. Esse é um mundo totalmente à parte, nós aqui sabemos o que a gente faz, por isso que não existe muita discussão pedagógica aqui dentro. É uma tremenda perda de tempo para muitas pessoas.

O professor Jonas faz referência à estrutura do curso, que somadas às concepções dos professores atuais se constituem em limitações. Essa opinião é compartilhada pelo professor Jaime, que aponta como fator limitante, “a estrutura curricular dos cursos de engenharia. É que ela é baseada no passado, ela é muito arcaica em termos de modelos”.

Na mesma linha de pensamento, aparece a posição de Rafaella, segundo seu depoimento, “é o currículo, a forma como o curso é colocado, que não propicia um despertar crítico, ao contrário, leva a uma especialização cada vez maior, fecha muito na técnica. E não te abre para uma visão genérica, e isso é um impedimento”.

Em meio a essas manifestações um comentário chamou atenção. Quando coloquei a pergunta durante a entrevista, Fernando permaneceu pensativo buscando dentro de si uma justificativa para os impedimentos à realização da aprendizagem de AIT, nas atividades educativas da engenharia. E de forma refletida ponderou:

Agora eu estou lembrando daquela questão da neutralidade da ciência se é pra identificar um motivo maior, que evidencia o porquê isso não foi aprofundado no curso, creio que é porque se acredita na neutralidade da ciência. Quando o professor entra na sala ele se propõe a dar aquele conteúdo que ele julga ser necessário para a formação do engenheiro, mas de certa forma, aquilo vai servir para o aluno fazer com aquele conhecimento o que ele quiser. Quer dizer, se ele vai buscar o mais eficiente ou o que vai dar mais lucro, isso vai ser uma opção moral dele.

Essa contribuição de Fernando abre para uma reflexão muito importante, realizada no capítulo 2, quando foi abordado que a maneira descontextualizada de entender a tecnologia é que distancia a prática tecnológica da avaliação e da crítica. O que se coloca para reflexão é o pressuposto de que se as teorias científicas são valorativamente neutras não tem sentido exigir responsabilidade de sua aplicação na forma de tecnologias. Igualmente neutros serão os artefatos se a tecnologia for reduzida a isso, chegando à já conhecida crença de que a tecnologia não é boa nem má, mas que simplesmente gera produtos que podem ser usados ou não, adequadamente.

Verifica-se que de maneira geral os impedimentos às atividades da AIT, giram em torno, das percepções que os professores possuem e que influenciam suas práticas, assim como do modo como se costuma organizar o currículo e a prática pedagógica na engenharia.

Contudo, essa problemática pode ser minimizada, quiçá resolvida com um trabalho focado na superação de concepções como o tradicionalismo acadêmico e o tecnicismo alinhados

a uma concepção positivista e a inclusão dos estudos das interações CTS na formação de alunos e professores, assunto do próximo item.

### 3.8.5 Estudos CTS e formação de engenheiros

Quando argüidos sobre o espaço que as temáticas ligadas ao estudo da ciência e da tecnologia e suas implicações sociais e ambientais ocuparam em seu processo formativo, os professores foram unânimes em afirmar que essas questões não foram contempladas em sua formação. O professor Caio representa aqui essa unanimidade, explica que não recebeu nenhum tipo de formação a esse respeito, durante sua vida acadêmica. Segundo ele, “isso não era uma preocupação. Já durante o doutorado tinha uma porçãozinha pequena, mas que não foi examinada com profundidade”.

Esclarece, no entanto, que apesar disso, as demandas o levaram a ler e buscar aprofundar conhecimentos na área ambiental, em função das suas atividades na disciplina de Desenvolvimento de Produto e do estreito relacionamento da instituição com as empresas, complementa:

A gente tem que estudar isso, não dá pra gente fingir que não existe, tem que estudar. Para mim esta questão veio puxada pela atividade profissional, não pela formação que me foi passada. Tornou-se uma necessidade profissional, as próprias empresas com as quais eu interajo pedem isso, não tem como dizer eu não sei sobre isso.

A formação do professor Luis Felipe não foi diferente, comenta que essas temáticas não foram abordadas durante as diversas fases de sua formação. Apesar disso, uma situação contribuiu para que suas concepções se tornassem mais críticas, como se constata na fala que segue:

comecei a ler alguma coisa sobre CTS durante a preparação das aulas do Curso de Especialização, em que seria docente, [...] a partir daí comecei a ser mais crítico. Você começa a mudar o discurso, porque você é formador de opinião. A gente forma muito as pessoas, a gente pode provocar muita reflexão, então o discurso tem que mudar. Mas veja, se eu não fosse professor no Curso de Especialização, provavelmente seria muito diferente e seria muito mais intuitivo.

Essas duas experiências trazem contribuições significativas para a reflexão que se deseja fazer aqui. No primeiro caso, apesar de não ter tido oportunidade de aprendizagem sobre o campo CTS, o professor diz estar consciente da emergência das interações dessa temática com a

sua disciplina (Desenvolvimento de Produtos), e busca por seus próprios meios aprofundar conhecimentos que, segundo ele, envolvem principalmente, as questões ambientais. Justifica que o interesse por esta área, decorre de demandas originadas pela relação escola-empresa que mantém, na qual atua como consultor, em determinados momentos.

Caio interpreta que o fato de sua disciplina e sua relação com as empresas estar lhe exigindo aprofundamento teórico na área ambiental, isso lhe possibilita uma base, uma compreensão maior sobre as relações CTS e, por conseguinte, uma transposição desse conhecimento para a sala de aula. Percebe-se, no entanto, que a incorporação desse conhecimento não causou grandes impactos qualitativos em suas aulas, pois segundo o professor, deixa para tratar das questões relacionadas com os impactos da tecnologia em questão, por ocasião da defesa (apresentação do projeto), quando já é final de semestre e a disciplina está finalizando.

Porém, para o professor, essa atitude é um diferencial, pois no momento da apresentação chama a atenção do aluno sobre os elementos utilizados no desenvolvimento dos produtos e os relaciona com seus impactos. Sem desconsiderar a importância dessa ação, chamo atenção para o fato de que o professor não conseguiu perceber que essa temática pode ser trabalhada paralelamente ao desenvolvimento do projeto, o que traria oportunidades ao aluno, para rever elementos de seu protótipo, problematizar, avaliar, buscar alternativas, pesquisar e encontrar caminhos em um trabalho contextualizado com as necessidades de redução de impactos ambientais. Oportunidades de aprendizagem que se perdem, pois serão comentadas somente depois que o produto foi desenvolvido.

Em se tratando dos alunos, Matheus, Sarah, Bruno, Lucas, Juliano e Igor as oportunidades não foram muito diferentes, apesar de a Universidade oferecer pequenas oportunidades para o tratamento de temas ambientais e/ou sociais, estas ocorreram de forma isolada, encarceradas em disciplina específica e optativa, ou seja, sem a garantia de que todos os alunos pudessem receber essa formação.

Matheus, que cursou engenharia na universidade A, teve a oportunidade de cursar uma disciplina optativa, com o foco em meio ambiente e fez o seguinte relato sobre essa experiência, “esses temas [ambientais] foram abordados em uma disciplina de química ambiental”. Segundo o aluno a disciplina se referia exclusivamente à questão ambiental. Comenta que a disciplina tinha alguns assuntos relacionados com poluição e oportunizou a realização de um trabalho propondo uma solução para um problema ambiental. Porém, na opinião de Matheus:

[...] deveria ter sido mais abrangente. Foi só essa disciplina, um período só, agora a gente vê nos noticiários como a questão ambiental tomou

força, então eu acho que a universidade deveria dar mais exemplos. Pelo fato de ser um curso de engenharia, isso é visto um pouco menos. Apesar disso, eu acho que contribuiu para minha formação, mesmo que talvez tenha sido pouco, mais ainda assim, ajudou.

Como Matheus, Igor também cursou a disciplina, mas disse, “não lembro se teve algo assim, que relacionasse os problemas ambientais com a prática em engenharia”. Segundo o aluno, as questões apresentadas tinham uma conotação mais técnica, como composição química dos poluentes, efeitos, tipos de poluição e de impactos. Os outros alunos entrevistados da Universidade A não optaram por cursar essa disciplina.

Sarah, que faz curso na mesma instituição, diz que não recebeu formação sobre essa temática, como demonstra nesse depoimento:

Não. Se foi dado, foi nas matérias optativas mais eu não tive nenhuma. Essas matérias são ofertadas e a gente escolhe as que agradam, que tem mais aptidão pra fazer. Também não tem um rol de opções tão grande, mesmo porque não tem tanto aluno, tem umas matérias de ética, por exemplo, mas não trazem muito pra esse lado, e eu não cursei ética.

Evidentemente esta é uma questão delicada, pois conteúdos fundamentais para a formação humana dos alunos, como a Ética acabam marginalizados e ofertados em disciplinas optativas, enquadrados em um rol de opções que permitem ao aluno a escolha de acordo com um determinado interesse, visando complementar sua formação técnica. Esse quadro encaminha para o questionamento sobre a coerência da oferta de uma disciplina desse teor como optativa, a idéia implícita a essa ação parece se ligar ao fato de a ética ser algo opcional, quer dizer, oferece-se aos alunos a opção de ter ou não fundamentos éticos para exercer sua profissão. Outra interpretação seria a de que os alunos estariam chegando à universidade munidos desses subsídios e, portanto, a disciplina ficaria como opção para aqueles que desejassem se aprofundar nessa temática. Todavia as duas opções demonstram inconsistência diante das necessidades de se formar pessoas com consciência crítica e responsabilidade ética.

Em relação à universidade B, a oportunidade para receber formação sobre o enfoque CTS, se materializou na disciplina que até então era optativa, denominada Tecnologia e Desenvolvimento. Rafaella, Giovani, Fernando e Raul, cursaram essa disciplina e ao longo da entrevista várias vezes se reportaram às reflexões que essa disciplina lhes proporcionou, como exposto a seguir.

A disciplina Tecnologia e Desenvolvimento trata dessas coisas, essa temática é o foco mesmo da disciplina, eram basicamente discussões, alguns vídeos, alguns textos, na realidade provocou sempre reflexão. Aí a gente passa a prestar mais atenção, fica mais crítico, mais ligado nas coisas que estão acontecendo, lembra

disso até na hora de comprar uma garrafa de água de plástico ou qualquer coisa assim. (Fernando)

A disciplina Tecnologia e Desenvolvimento - é um exemplo - 4 créditos - quando cursei era optativa, o pessoal se inscrevia pensando que era fácil de passar, uma forma fácil de conseguir quatro créditos. Iam e depois acabavam gostando, mesmo os alunos bem técnicos diziam gostar da disciplina, porque ela provoca uma mudança na visão da gente. (Rafaella)

Para Raul, o diferencial da disciplina Tecnologia e Desenvolvimento foram as reflexões: “a mudança ali é interna, eles te provocam, você faz reflexão e essa mudança acontece devagar, mas é eficiente”.

Giovani reforça a idéia expressa pelos colegas, de que a disciplina Tecnologia e Desenvolvimento tem um potencial para promover questionamentos, “eu acredito que tenho uma visão mais crítica, sobre estas questões, também porque além da disciplina Tecnologia e Desenvolvimento cursei uma disciplina isolada na Filosofia e penso que todos os futuros engenheiros deveriam cursá-la também, para compreenderem um pouco mais dessas relações”.

O interessante é que Rafaela e Raul também partilham dessa idéia, falam o seguinte, “talvez pudesse ser incluído na formação do engenheiro disciplinas como Sociologia (alguns colegas vão me jogar aqui de cima) e Filosofia, seriam importantes. Entender mais de onde veio a sociedade. Por quê? Para quê? Para quem? (Rafaella)

sinceramente acho que na engenharia somos muito mal treinados para analisar o desenvolvimento tecnológico. Tive contato com outros cursos, principalmente com Filosofia, acho que o engenheiro deveria passar por um curso desses, e o que percebi depois desse envolvimento é que na engenharia nós somos muito mal preparados para fazer essas avaliações, para discernir, o que pode ser bom e ruim, para ter essa avaliação crítica, somos é muito mal treinados. Dizem que o engenheiro pensa muito, mas não é verdade, ele pensa pouco. É imprescindível, precisamos conhecer outras formações. Acontece que eu ouço muitos colegas dizerem que o engenheiro é uma pessoa que passa 5 anos com muita atividade intelectual, ele é capaz de ter um senso crítico, consegue discernir e avaliar as coisas, as pessoas estão completamente enganadas. (Raul)

Além das evidências que se manifestaram na fala dos alunos, outra mais palpável pode ser notada, nas posições que estes alunos foram assumindo ao longo da entrevista. Posições que permitem identificar uma maior clareza em torno das percepções ligadas à Ciência, Tecnologia e suas interações sociais. Resultado que se justifica nos próprios objetivos dos estudos CTS, com destaque ao pretende estimular ou consolidar nos jovens o interesse pelos estudos da ciência e da tecnologia, mostrando com ênfase a necessidade de um juízo crítico e de uma análise reflexiva das suas interferências na sociedade (BAZZO et al, 2008).

O professor Luís Felipe fez menção a um processo de “despertar da consciência crítica”, que no seu caso está ocorrendo em decorrência das reflexões oportunizadas pelos estudos que vem realizando, ligados ao campo CTS. Inclusive, o professor tem a percepção de que não fosse isso, sua postura continuaria a mesma de antes. O interessante é que assim como no caso dos alunos, essa diferença crítica a que o docente faz referência, pode ser percebida em suas falas, desde o início da entrevista.

Essas respostas trazem no seu contexto, algo de muito positivo em relação às perspectivas para a educação em engenharia, pois sugerem que os estudos CTS apresentam um potencial para a promoção da reflexão crítica. Apesar de incentivar que alunos e docentes se empenhem nesse trabalho formativo, (pois como verificado nos dados apresentados, que os entrevistados que não receberam preparo para entender criticamente as questões CTS e problemáticas a elas relacionadas, como as questões socioambientais), eles ainda permanecem com percepções confusas e não conseguem “perceber mais além das contradições” (categoria de Freire).

Fortalece-se assim, a idéia de que os professores necessitam se atualizar, buscar conhecimentos, fazer leituras, desenvolver uma consciência crítica, seja de forma autodidata, seja na formação continuada, não importa, o que importa é o interesse por uma adequação às demandas atuais, pois, como muito bem, comentou Luís Felipe, “somos formadores de opinião”. Vale então, lembrar Manassero et al (2005), quando afirma que o professor só poderá ensinar, aquilo que ele mesmo já tenha aprendido primeiro.

Sem um trabalho arrazoado de desmistificação das contradições, professores e alunos permanecem no nível da consciência ingênua sem conseguir avançar para domínios mais consistentes de entendimento e de análises mais críticas. A gravidade disso, é que as necessidades do campo social e ambiental acabam alijadas do processo formativo, justamente porque seus protagonistas, dentro dessa visão ingênua, não identificam sua legitimidade.

Essa consciência prevalente, manifesta no ambiente acadêmico e na sociedade em geral, a passividade, o conformismo, que também anula no sujeito a ação, a autonomia (LÓPEZ CERESO, 2001), ao mesmo tempo em que as percepções mitificadas (neutralidade, determinismo, tecnocracia), se fortalecem e continuam a autorizar os arroubos do modelo linear de desenvolvimento.

É assim, que a participação democrática continua sendo tolhida das decisões em ciência e tecnologia, favorecendo o contexto individualista, os interesses particulares das cooperações e deixando as necessidades sociais à margem do processo. Portanto, o avanço para uma consciência mais crítica perpassa obrigatoriamente pela educação, pela construção de uma nova

compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Como postulado por Auler, (2002, 2007); Bazzo (1998); Bazzo et al (2008); Linsingen (2002, 2007); entre outros.

Essa realidade está bem representada no depoimento do professor Jonas, quando se refere ao fato que, “o engenheiro é aquele agente na sociedade que tem maior impacto no ambiente físico e talvez seja aquele que possui menor consciência desse impacto”. Questiono o professor sobre a causa disso, e ele responde:

Má formação. Essencialmente má formação. Há um grande desequilíbrio entre a formação técnica e a humana [...]. Ou seja, entendem-se os problemas como problemas essencialmente de engenharia. Então, falta uma formação mais ampla, e isso, as novas diretrizes tentam enfatizar, por exemplo: a disciplina de Tecnologia e Desenvolvimento que era optativa, tornou-se obrigatória.

Continua sua justificativa dizendo que esse é um problema difícil de resolver, tem a ver também com a seleção de professores, e segue dizendo:

os professores que entram na universidade, cada vez mais, são avaliados por sua capacidade técnica. Hoje, a mecânica só contrata professores adjuntos ou doutores. Quanto maior a capacidade técnica melhor, ou seja, o cara vai ser avaliado mais pela produtividade, pelo número de “*papers*” que publicou., e menos sobre sua capacidade de trabalhar em grupo, ter uma visão sistêmica, ou outras habilidades que não são essencialmente técnicas. Isso cria um problema sério porque são formadores de opinião. Se o professor não tem esse conhecimento cria-se um abismo.<sup>38</sup>

O papel do professor como formador de opinião se manifesta na fala dos pesquisados várias vezes, o professor Luiz Felipe já havia abordado essa questão, que agora o professor Jonas traz a baila. Como eles, os alunos também têm uma opinião formada sobre isso: Bruno é o primeiro a manifestar sua idéia “a gente tem, são os professores, a gente coloca nas mãos deles sempre, todos os professores fazem isso, eles vão formando nossa opinião pela visão deles. Porque você queira ou não, principalmente bons professores são um exemplo para você seguir”.

Essa credibilidade concedida às visões do professor, também transparece na fala de Lucas, quando diz que, “a mudança do olhar do aluno, vem como exemplo ‘puxa, tinha um professor que fazia assim’. Ele se preocupava, então é importante. Acaba existindo no professor um modelo, você olha para ele e pensa: eu quero ser como ele, porque marcou ele ter demonstrado essa preocupação, ficou gravado em mim”.

A postura assumida pelo professor em sala de aula é então valorizada, e acaba servindo de espelho para a construção dos alunos de um perfil ideal de profissional. Nesse sentido Bazzo (1998) esclarece que o professor que reproduz essa expectativa refletirá os estereótipos dos

<sup>38</sup> Entendimentos similares a este são encontrados em Bazzo (1998).

alunos acerca do que se julga ser um bom profissional, e com bastante freqüência, ele assim age incutido pelas preferências dos alunos. Para o autor é essa reciprocidade que mantém e alimenta a ‘cultura’ da área.

Então se o aluno busca, além dos conhecimentos técnicos, da formação intelectual e do status que o título irá lhe conferir também um símbolo idealizado de profissional a quem imitar, é nesse modelo de professor que vê materializadas as suas expectativas, fazendo com que o carisma da competência profissional prevaleça sobre a formação didático-pedagógica (BAZZO, 1998).

Em relação à atuação docente, tal como é hoje desenvolvida no Brasil não possibilita uma alteração significativa do quadro estabelecido, pois os professores e pesquisadores detêm conteúdos e procedimentos didático-pedagógicos pouco suficientes e adequados para viabilizar a desejável formação do engenheiro contemporâneo (BAZZO, 1998, p. 12)

Assim, ao se verificar o pensamento dos professores e alunos sobre as relações presentes entre desenvolvimento, ambiente e engenharia, fica evidente que todos se apresentam conscientes de que a crise ambiental gera uma demanda para a engenharia, ligada ao desenvolvimento de tecnologias adequadas social e ambientalmente, demanda essa, que somada ao incentivo à inovação, constituem-se em desafios para a educação em engenharia.

No centro desse desafio, encontram-se os estilos de pensamento (Fleck, 1986) que vêm norteando a formação dos engenheiros, as práticas pedagógicas que orientam o ensino de Engenharia e o questionamento sobre quem forma o formador, ou melhor, como o professor engenheiro está preparado para o enfrentamento dessas questões.

Ao refletir-se sobre este quadro, percebe-se que os dados levantados reforçam o que foi dito no início deste capítulo, de que as orientações predominantes na educação científica e tecnológica, enfatizam o modelo linear de desenvolvimento e a tecnologia como ciência aplicada, (ACEVEDO, 1998; CAJAS, 1999; CERESO, 2001; FOUREZ, 2002; MAIZTEGUI et al, 2002, entre outros). Assim como, revelam a pouca atenção dada ao estudo social da ciência e da tecnologia nos cursos da engenharia, o que dificulta o estudo crítico das mesmas, e, por conseguinte, a análise dos impactos decorrentes das atividades da engenharia.

Além disso, Bazzo (1998) entende que tanto os diferentes condicionantes impostos pelas mudanças científico-tecnológicas, como as conseqüências desta mudança no meio social, deixam claro que os estudos sociais da ciência e da tecnologia não podem estar ausentes das discussões e preocupações cotidianas das escolas de engenharia. Assim como, a formação para o enfrentamento dos problemas socioambientais dependem do desenvolvimento de um nível de consciência crítico a esse respeito, pois como já foi referenciado no capítulo 2, o modo que se

entende a tecnologia é que define a metodologia utilizada e as práticas a serem vivenciadas, sem um questionamento maior sobre possíveis danos ambientais e sociais.

Considero que a inexistência de um tratamento de análise/avaliação dos efeitos da tecnologia decorrentes das atividades da engenharia, também se justifica na asserção do aluno Fernando, sobre o fato de que a visão de neutralidade subjacente à ação dos sujeitos educadores estaria contribuindo para um ensino acrítico.

As manifestações dos professores por ocasião dos questionamentos sobre suas percepções sobre ciência e tecnologia, foram em sua maioria contrárias à visão de neutralidade, mas apesar disso há que se pensar, que muitas das concepções necessitam passar por um período de maturação para que sejam realmente transformadas. E isso pode ser bem entendido a partir dos pressupostos de Freire, que indicam a necessidade de problematização, para que as rupturas aconteçam e se possa avançar para um nível de consciência mais crítico.

O momento atual requisita uma renovação pedagógica a fim de formar o profissional cidadão para atender às necessidades de seu tempo e contribuir realmente para um mundo mais equilibrado e equitativo. Chegou-se então a um ponto em que se pode afirmar que o pensar de professores e alunos refletem um nível de consciência ingênuo, fato que impossibilita ações de intervenção e transformação.

Assim, finalizo esta análise que permitiu, além do confronto dos dados coletados entre professores e alunos, evidenciar em seus depoimentos a necessidade de um processo educativo que privilegie a integração e a abordagem da temática socioambiental. Espera-se que essas falas possam contribuir para ampliar os horizontes da ação educativa. Certamente os dados levantados e interpretados durante as fases deste estudo trazem implicações para o processo educativo e para a formação do profissional-engenheiro, bem como para o desenvolvimento de futuras pesquisas. Essas são as considerações que passamos a relatar no próximo capítulo.

---

### PROPOSIÇÕES E ENCAMINHAMENTOS

*“A teoria em si(...) não transforma o mundo. Pode contribuir para a sua transformação, mas para isso tem que sair de si mesma, e, em primeiro lugar tem que ser assimilada pelos que vão ocasionar, com seus atos reais, efetivos, tal transformação. Entre a teoria e a atividade prática transformadora se insere um trabalho de educação de consciências, de organização dos meios materiais e planos concretos de ação; tudo isso como passagem indispensável para desenvolver ações reais, efetivas”.*

Adolfo Sánchez Vásquez

Os dados apresentados no capítulo anterior ilustram uma atenção insuficiente à questão da avaliação/análise das implicações sociais e ambientais da prática tecnológica realizada na engenharia. Enquanto muitas das concepções dos entrevistados acerca das interações CTS são reafirmadoras do sistema hegemônico, e se encontram vinculadas ao entendimento da tecnologia como ciência aplicada ao determinismo e à neutralidade da ciência e da tecnologia, encontram-se ainda em um nível que pode ser considerado ingênuo.

Ficou claro que não há um espaço definido para o exercício da AIT no curso investigado em ambas as universidades, segundo relatos de parte significativa dos alunos e alunas e de alguns dos professores, os impedimentos para que isso aconteça diz respeito justamente a um ensino com tendências tecnicistas, reprodutivo, fragmentado e com forte ênfase na eficiência.

Resultado este, que é corroborado por Bazzo et al (2008, p. 137) quando comenta que:

como processo histórico, a reprodução de práticas pedagógicas na engenharia, ao mesmo tempo em que opera uma certa regulação, constitui um obstáculo ao próprio processo de compreensão da prática tecnológica e de sua transformação. Daí que a análise crítica dessa prática, no ensino de engenharia, constitui uma necessidade para o (e faz parte do) processo de mudança tecnológica que seja consistente com o seu momento histórico.

Segundo os depoimentos, o espaço de aprendizagem é tomado por questões técnicas embasadas no rigor científico, bastante valorizadas pelos docentes. As possibilidades de integração do conhecimento, em grande parte, são substituídas pelo individualismo dos conteúdos disciplinares; os alunos enaltecem o elevado nível de *know how* técnico recebido, mas reclamam da postura metodológica assumida por muitos professores, em que o professor é o depositário do conhecimento e o aluno é o ouvinte passivo.

Se por um lado o quadro esboçado até aqui, não deixa dúvidas de que a superação do tradicionalismo acadêmico, da fragmentação do conhecimento e do ensino tecnicista, requer novos processos de ensino e aprendizagem, novas propostas curriculares, contextualizadas, interdisciplinares, o que implica também em mudanças na formação do professor-engenheiro.

Por outro lado, questiona-se: Que pressupostos metodológicos poderiam dar conta de promover tão importante transformação e, ao mesmo tempo, estimular a aprendizagem da avaliação de impacto tecnológico (AIT) na formação inicial e continuada do engenheiro e do professor-engenheiro?

Em função das reflexões realizadas nos capítulos 1 e 2 e como mencionado no início do desenvolvimento dessa tese, julgo que os estudos CTS apresentam condições de tornar claras as relações presentes entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, atuando como elemento-chave para desmistificar visões equivocadas e para transmitir uma visão mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia, assim como sobre o papel político daqueles que com seus atos técnicos estarão atuando com a tecnologia. Aliados aos estudos das interações CTS a pedagogia transformadora de Freire, que será abordada neste capítulo, comporta uma proposta metodológica para o desvelamento da realidade, para uma nova leitura do mundo de modo a contribuir para o desenvolvimento de uma consciência mais crítica.

Desse modo o estudo das interações CTS e dos pressupostos freirianos, aliados à aprendizagem da AIT, configuram-se como uma proposta alternativa para a superação das lacunas que foram evidenciadas no capítulo 3, o que me permite agora não só apontar as articulações possíveis entre os dois enfoques e a AIT, como também estabelecer os pontos em que os fundamentos de Freire e do enfoque CTS subsidiam essa proposta.

#### 4.1 A FAVOR DA SUPERAÇÃO DA CONSCIÊNCIA INGÊNUA

Na busca por respostas à questão levantada encontrei a seguinte recomendação de Freire (1987, p. 124) “a preocupação básica dos investigadores deve centrar-se no conhecimento do que Goldman<sup>32</sup> chama de ‘consciência real’ (efetiva) e ‘consciência máxima possível’, justamente porque os pronunciamentos dos educandos, relativos aos temas, refletem seu nível de consciência”.

Segundo GOLDMANN (apud FREIRE, 1987, p.124), o **nível de consciência real ou efetiva**, diz respeito às percepções que os alunos e professores têm sobre uma dada situação, como eles percebem a problemática em foco. Normalmente essas percepções não são

---

<sup>32</sup> GOLDMANN, L. **The humanan sciences and philosphy**. Londres: The Chancer Press, 1969, p. 118

particulares, mas representativas de um pensar coletivo, de uma classe, que tem como suporte as interações realizadas com o meio sociocultural em que alunos e professores convivem.

Corroborando essa idéia, Delizoicov (2008) explica que Freire emprega a categoria “consciência real efetiva” para analisar e interpretar pronunciamentos sobre uma situação, que não se referem somente aos alunos pesquisados, mas que também são representativos do meio sociocultural em que esses alunos estão inseridos e interagem.

O reconhecimento da consciência que se tem de uma situação torna possível a realização de um trabalho educativo para estimular o enfrentamento de contradições, a partir da percepção do ‘**inédito viável**’ que para Freire (1987, p. 124), “é a possibilidade de perceber mais além das **situações-limites**” o que não pode ser apreendido no nível de consciência real ou efetiva, mas se concretiza na ação, cuja viabilidade antes não era percebida. Nessa etapa é que começa a formação da nova percepção e do novo conhecimento, ligado a “consciência máxima possível”.

A situação-limite, é colocada por Vieira Pinto (apud FREIRE,1987, p.104) como o confronto de contradições básicas existentes no âmbito vivencial dos seres humanos, situações concretas que se caracterizam como um problema, que os desafia exigindo uma resposta, a qual poderá ser expressa de forma intelectual ou na forma de uma ação. É assim, que para o autor, embora as ‘situações-limites’ sejam realidades objetivas e estejam provocando necessidades nos indivíduos, se impõe investigar, com eles, a consciência que delas tenham.

Tomando por base esses fundamentos, e os trabalhos realizados por Auler (2002) e Cabral (2006), Delizoicov (2008) e as recomendações das DCN’s, associei os dados empíricos levantados nesta tese a essas duas categorias: Consciência Real Efetiva e Consciência Máxima Possível. A partir dos resultados que emergiram dos dados, foi possível identificar em que nível de consciência os participantes da pesquisa se encontravam, em relação às percepções sobre ciência e tecnologia e sobre a AIT.

Categorizei como Consciência Real efetiva, tratada em alguns momentos como consciência ingênua – aquela que apresentasse:

- \* compreensão equivocada/ambígua da ciência e da tecnologia, como a noção não reflexiva da neutralidade, concepções deterministas e tecnocráticas, e a idéia de que os problemas ambientais poderão ser resolvidos apenas com mais tecnologia;

- \* ausência de questionamento crítico acerca da prática tecnológica e do modelo de desenvolvimento a ela atrelado;

- \* desenvolvimento de artefatos tecnológicos desvinculados da análise de seus efeitos.

Em contrapartida, a Consciência Máxima Possível, tratada em alguns momentos como consciência crítica, foi vinculada com:

\* a compreensão da ciência e da tecnologia como prática social complexa determinada por interesses e valores que levam a uma leitura crítica dos mitos da neutralidade;

\* a capacidade de problematizar e avaliar o fazer tecnológico, o modelo de desenvolvimento e identificar os valores e riscos potenciais implicados;

\* a capacidade de levar em consideração as necessidades ambientais e os interesses da coletividade.

O enquadramento dos dados recolhidos nestas categorias permitiu a construção de um quadro que oferece uma aproximação da posição de professores e alunos em relação à consciência que detém sobre as interações CTS e sobre a AIT.

Em relação à AIT, mesmo demonstrando posição favorável às necessidades de avaliação e análise dos efeitos potenciais durante o desenvolvimento do projeto de artefatos tecnológicos, ou ainda, por ocasião da elaboração de um projeto de protótipo tecnológico, professores e alunos demonstraram concepções muito distantes das inter-relações necessárias a uma avaliação desse porte, também se distanciaram bastante das recomendações que emanam das DCN's, pois em nenhum momento foi cogitada a necessidade de avaliar o processo tecnológico em si e as concepções que o determinam.

Boa parte dos entrevistados demonstra que essa questão não faz parte de seu universo de preocupação indicando que não há neste caso uma consciência desperta para esta necessidade. Como apresentado no capítulo 3, os professores pouco conhecem sobre as DCN's e os dois professores que manifestaram um conhecimento maior, quando questionados sobre o item 4º (situação 5 do protocolo de entrevistas, apêndice C, que trata da necessidade de aquisição de conhecimentos para avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental, assumiram que não haviam dispensado atenção suficiente àquele item, e que o mesmo havia passado despercebido.

Desse modo, todos os pesquisados foram enquadrados no nível de consciência ingênua/real efetiva, no que diz respeito às suas compreensões sobre a AIT. Tendo isso em conta, a aproximação apresentada das compreensões dos alunos e professores sobre as interações CTS e AIT nos quadros que seguem, demonstram um distanciamento da consciência máxima possível por parte da maioria dos pesquisados, considerando-se que estes apresentaram um entendimento menos crítico das interações CTS, enquanto uma percepção mais crítica se constituiria em um terreno fértil para compreensão crítica da AIT.

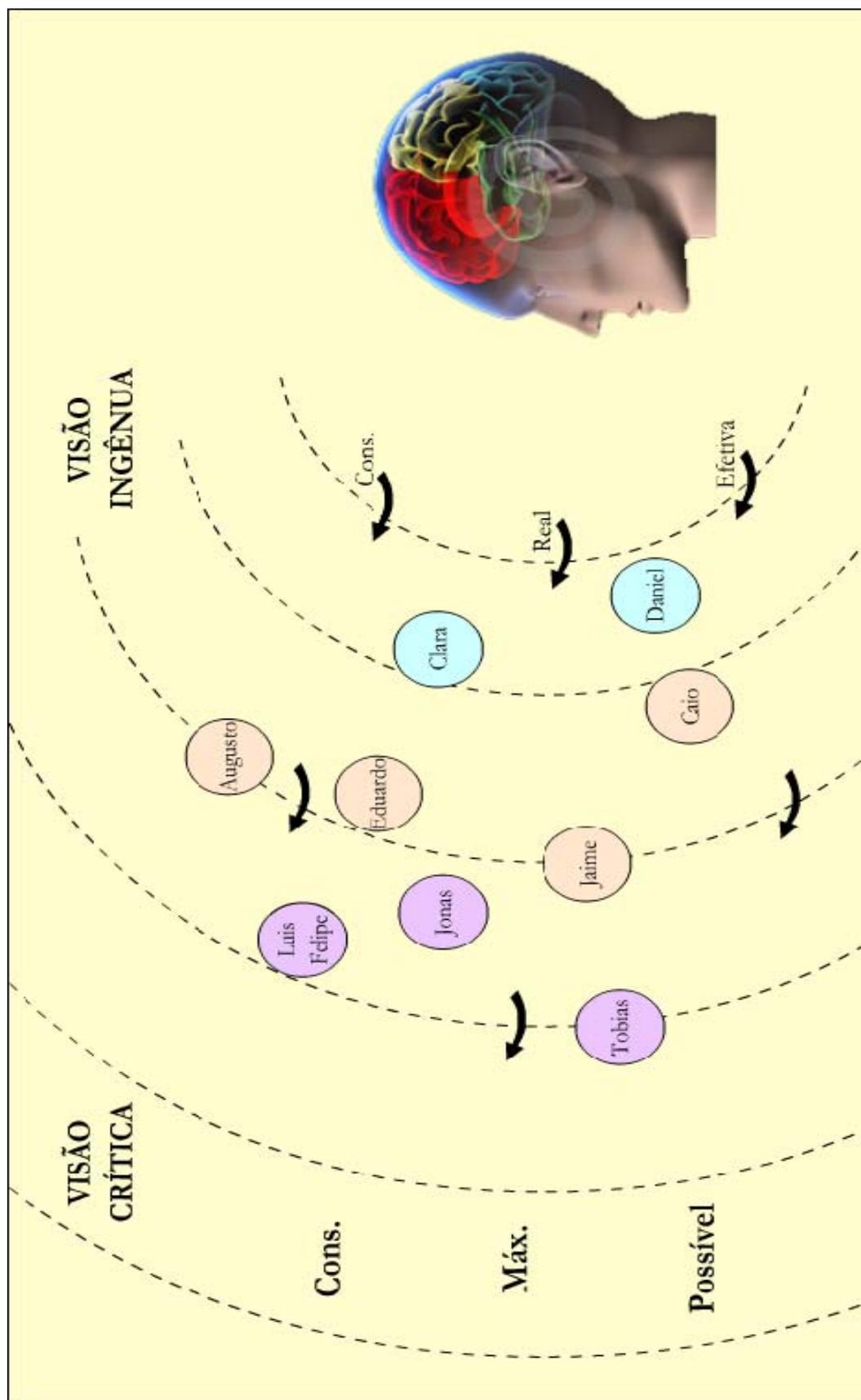


Figura 4: Aproximação – Níveis de consciência da Relação CTS e AIT (Professores)

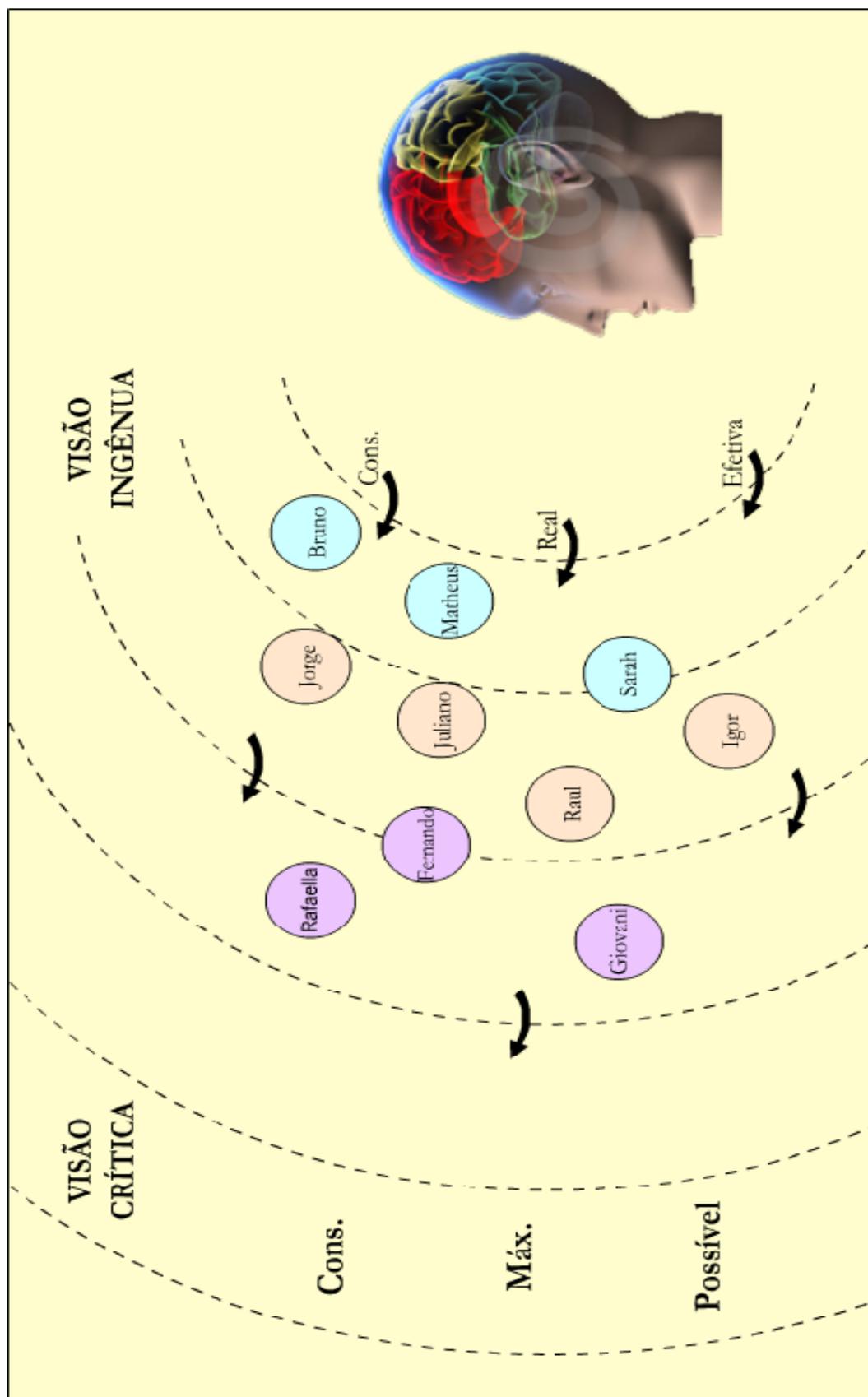


Figura 5: Aproximação – Níveis de consciência da Relação CTS e ATT (Alunos)

Importa evidenciar, que segundo as informações levantadas, o diferencial apresentado pelos alunos e professores que se encontram mais próximos do nível de Consciência Máxima Possível, foi justamente terem cursado as disciplinas optativas com conteúdos CTS e/ou terem tido contato com os estudos da filosofia; em relação aos professores, coincidentemente os mais próximos, foram aqueles que manifestaram possuir leituras sobre o tema (dentro de uma perspectiva de auto-formação).

Mesmo sabendo que essas vivências não foram suficientes para promover um entendimento mais crítico sobre a AIT, esse resultado é bastante animador, principalmente em se tratando que os novos cursos de engenharia ofertados pela universidade A e as grades novas da Universidade B, incluem os estudos sociais da ciência e da tecnologia como matérias obrigatórias.

Assim, o quadro que se formou a partir dos resultados, forneceu maior clareza para o delineamento da proposta que me propus a apresentar, como alternativa para estimular a aprendizagem da AIT na Educação em Engenharia e na formação inicial e continuada do professor-engenheiro, na medida em que expôs a necessidade de problematizar o nível de consciência real efetiva, de modo a encaminhar para uma maior sintonia com as perspectivas ligadas à AIT e, por conseguinte, para o nível de consciência máxima possível.

Considero, então, que um processo de problematização poderá contribuir para a superação do nível de consciência real, de modo a se poder atuar na perspectiva da consciência máxima, como representado no quadro que segue.



Figura 6: Da situação limite à superação  
Fonte: Elaborado pela autora

Nesse contexto, “os impactos e inter-relações decorrentes das atividades da engenharia” se qualificam como uma ‘situação-limite’, que abre para diversificações temáticas, as quais se caracterizam como contradições que necessitam de enfrentamento, ou seja, requer uma nova percepção, capaz de atuar no espaço da conscientização.

As escolas de engenharia podem então, tornarem-se protagonistas do aprendizado da avaliação de impacto tecnológico, ocupando-se em selecionar situações significativas para o aluno, relativas à sua realidade, no caso em questão, os projetos de seus protótipos tecnológicos – oriundos do processo de inovação tecnológica. Viabiliza-se por meio da problematização e do diálogo com a realidade, a busca e a identificação de visões de mundo que norteiam aquela problemática, a identificação de contradições, que em conexão com diferentes áreas do saber, poderão ser trabalhadas a favor de soluções envolvendo questões técnico-científicas, éticas, sociais, históricas, culturais e ambientais. Nesse sentido as perspectivas da educação problematizadora de Freire tem muito a contribuir.

#### 4.2 A PERSPECTIVA EDUCACIONAL DE PAULO FREIRE

O referencial freiriano e o emprego de sua concepção dialógica-problematizadora, foi proposto originalmente para a alfabetização de adultos na educação informal, no entanto, diversas iniciativas de transposição dos pressupostos de Freire para a educação formal, e mais particularmente, para o ensino de ciências foram implementadas. Várias delas tornaram-se objeto de investigação<sup>33</sup> e, apresentam fundamentação sobre investigação temática e o uso da dimensão dialógica organizada em sala de aula pelos três momentos pedagógicos, como em Delizoicov (1981, 2003, 2006) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

A proposta educativa de Freire está pautada na perspectiva de uma educação que desvincula a neutralidade do sujeito em relação ao conhecimento, ou seja, o sujeito é central, construído sócio-historicamente e mediado pelo mundo. É assim, que se opondo à educação, que denomina de bancária, em que o aluno é um receptor passivo de conteúdos depositados pelo professor, Freire (1987) propõe a problematização e o diálogo com a realidade, para melhor entender suas contradições e potencializar sua superação.

Nessa compreensão a educação problematizadora de caráter autenticamente reflexivo, implica um constante ato de desvelamento da realidade, busca a emersão das consciências, de que resulte sua inserção crítica na realidade. Cria o diálogo entre sujeitos e sua realidade, entre educandos e educadores. Nas condições de aprendizagem os educandos vão se transformando

---

<sup>33</sup> Para uma melhor caracterização dos estudos realizados pelos investigadores de educação em ciências (USP, UFSC, UFRN) ver [Menezes \(1996\)](#).

em sujeitos de construção e reconstrução do saber ensinado, ao lado do educador, igualmente sujeito do processo (FREIRE, 1987, p. 80).

O autor propõe então problematizar e dialogar com a realidade para melhor entender suas contradições e potencializar sua superação. A dialogicidade, por sua vez, se apóia na clareza do diálogo que se quer estabelecer. É diretiva na medida em que parte do tema para chegar ao programa. Pergunta em torno do que vai ser dialogado, investiga a realidade local da qual emergem conteúdos significativos a partir dos quais se constituirá o conteúdo programático da educação, pois “a reflexão que propõe é sobre os homens em suas relações com o mundo” (FREIRE, 1997, p. 81).

Para que o diálogo não seja mera troca de idéias, mas uma busca de verdades, a percepção de realidade deve ser investigada. Desse modo, o diálogo começa pela busca do conteúdo a ser trabalhado, busca essa caracterizada pelo que Freire denominou de levantamento de **temas geradores**, ou seja, da escolha e definição dos objetos do conhecimento em torno dos quais ocorrerá o diálogo entre o conhecimento científico do professor e o conhecimento prévio do aluno. Os temas geradores são obtidos por **investigação temática**, que foi idealizada para a educação de adultos e se encontra melhor explicitada no capítulo III de **Pedagogia do Oprimido** (Freire, 1987). Essa dinâmica abrange cinco etapas<sup>34</sup> da educação problematizadora,

---

<sup>34</sup> Etapas da **Investigação Temática** apresentadas resumidamente:

1. A **primeira etapa** denominada de **levantamento preliminar** é caracterizada pelo levantamento das condições da realidade local e dos problemas enfrentados pela comunidade, como: condições de trabalho, moradia, transporte, saúde, saneamento básico, segurança, meio ambiente, entre outros. O levantamento dos dados se dá por meio de conversas informais com alunos, pais, representantes de associações(...), e por meio de dados obtidos de fontes secundárias - registros escritos (censos e estatísticas). Assim, o desvelamento da realidade da comunidade se dá pelo diálogo, que percorrerá com a equipe de investigadores todas as etapas propostas por Freire;
2. A **segunda etapa** se caracteriza pela **análise** e escolha das situações que encerram as contradições (**codificações**). Os dados então levantados passam por análise, em busca de todos os focos temáticos possíveis, de onde se faz as escolhas das contradições presentes na realidade da comunidade, que identificadas serão codificadas e apresentadas na etapa seguinte;
3. Na **terceira etapa** desenvolvem-se os **diálogos descodificadores**: que ocorrem quando os investigadores voltam à comunidade para discussão problematizada das contradições vividas, fruto da experiência cotidiana dos sujeitos, onde podem ser codificadas e obtidas a “cultura primeira” (Snyders, 1988) dos sujeitos sobre situações significativas. As informações, assim obtidas, auxiliam no estabelecimento de categorias de análise com o objetivo de obterem-se os temas, isso tudo é feito nos **círculos de investigação temática**, do qual participam além dos pesquisadores, psicólogos e sociólogos.
4. A **quarta etapa** denominada **redução temática**, se inicia quando os investigadores passam a estudar sistemática e interdisciplinarmente os seus “achados”. Nessa etapa, ocorre a análise da fala dos pesquisados, bem como do posicionamento dos especialistas. A importância dos especialistas é destacada por Freire quando aborda o papel que os mesmos devem desempenhar dentro de seu campo, que será de apresentar à equipe interdisciplinar o projeto de “redução” de seu tema, determinar seus núcleos, constituindo-os em unidades de aprendizagem e estabelecendo uma seqüência entre si, de modo a dar uma visão geral do tema reduzido. Bem como, de sugerir temas que não foram contemplados pela equipe interdisciplinar, mas que podem estabelecer melhoria para o programa.
5. A **quinta etapa** diz respeito às atividades de sala de aula, quando ocorre a retomada da ação educativa, com os programas e materiais didáticos já estabelecidos e sistematizados. (FREIRE, 1987)

sendo as quatro primeiras dedicadas à investigação temática e a última à situação pedagógica em si (o trabalho em sala de aula).

A investigação temática deve ser realizada por equipe interdisciplinar. Esse procedimento consiste no levantamento preliminar da realidade local, oportunidade em que os investigadores identificam **situações-limite** do cotidiano daquele grupo, reunindo elementos para uma compreensão das contradições ali presentes.

Em síntese, Paulo Freire propõe a investigação temática como um procedimento metodológico que se fundamenta nas categorias dialogicidade e problematização para obter situações significativas e que se relacionam com contradições, tais como as levantadas no capítulo 3 e que devem ser problematizadas no processo educativo.

A dinâmica que vai caracterizar as atividades pedagógicas parte dos temas geradores, obtidos pelo processo dialógico da “**codificação-problematização-descodificação**”, cujo fim, segundo Delizoicov (2003, p. 134)

é a promoção da superação do nível de consciência dos alunos na medida em que outros conhecimentos – os científicos - que precisam ser abordados pelo professor, têm um papel na conscientização dos alunos. É esta qualidade que torna a concepção de educação de Paulo Freire como essencialmente libertadora: os conhecimentos problematizados no processo dialógico em torno dos temas geradores, são instrumentos de compreensão e atuação, na perspectiva da transformação de situações significativas para os alunos e que estão envolvidas nos temas. Na compreensão de Freire, os temas geradores identificados durante a investigação temática, contêm as contradições, e delas são manifestações, que precisam ser superadas na perspectiva da libertação dos homens.

Assim, o ‘tema gerador’ balizará a problematização e a dialogicidade no sentido de desvelar as contradições que a sociedade/aluno enfrenta. Essas situações-limite deverão se constituir em objetos de análise do processo educativo, feita por disciplinas distintas que permeiam o currículo escolar, contribuindo para um entendimento melhor daquele tema, ou ainda, facilitando a apreensão do conhecimento científico e a compreensão dos alunos daquilo que os impede de melhor compreender a realidade contraditória.

Nessa etapa o professor enfrenta um desafio, que é adequar a sua área de conhecimento ao tema gerador, identificar o conhecimento universal pertinente e articulá-lo com o tema gerador, de modo a permitir a compreensão do tema, para efetiva construção do conteúdo programático, dentro dos critérios estabelecidos pela sua área de conhecimento.

Esse contexto ultrapassa o trabalho individual e passa a solicitar um trabalho coletivo, interdisciplinar para melhor compreensão e articulação do tema gerador. A partir daí, ocorre a

elaboração do programa e dos materiais didáticos pela equipe, que agora está pronta para as atividades de sala de aula.

Como a forma com que os conteúdos são abordados torna-se um fator decisivo no processo de compreensão de significados que os conteúdos científicos apresentam, uma compreensão mais apurada da dimensão didático-pedagógica dessas interações se faz necessária. Para isso recorro a Freire (1987), Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) e Delizoicov (2008) para melhor explorar algumas contribuições de Freire e seus seguidores para que se compreenda a atuação pedagógica com a cultura que o aluno já detém.

A compreensão do significado e interpretação dos temas por parte dos alunos também precisa estar garantida no processo didático-pedagógico, para que os significados e interpretações dados possam ser problematizados (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2002, p.193). Então na perspectiva da educação dialógica, deverão ser apreendidos os significados e as interpretações dos temas não só dos alunos, mas também aqueles que os professores possuem, pois estes também necessitam estar presentes no processo educativo.

É a partir daí que se dará o diálogo, realizado com os conhecimentos e compreensão que professor e aluno - sujeitos da educação detêm - sobre o tema objeto de estudo. Essa possibilidade leva a uma melhor compreensão da importância da organização curricular a partir de temas que têm significado ou representam uma situação significativa<sup>35</sup> para o aluno, em vez de uma organização curricular organizada apenas em função de uma abordagem conceitual.

Contudo, os autores esclarecem que a proposta apresentada por Freire, não descarta a necessidade de que os conceitos, modelos e teorias sejam desenvolvidos no decorrer do processo de ensino, uma vez que contribuem para melhor compreensão dos temas. A abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático, quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam: a seleção e organização dos conteúdos a serem articulados com a estrutura do conhecimento científico e o início do processo dialógico e problematizador.

Com base no conhecimento empírico dos alunos se inicia o processo educativo embora de acordo com Freire, esse conhecimento seja analisado como “uma limitação na possibilidade de perceber mais além”. É nesse sentido, que o processo de codificação - problematização-

---

<sup>35</sup> Situação significativa: é aquela situação problema que surge como manifestação das contradições envolvidas nos temas. Diversamente das que se relacionam com os centros de interesse dos alunos, as situações significativas apresentam-se como desafios para uma compreensão dos problemas envolvidos nos temas, distinta daquela oriunda na cultura primeira. Elas não encontram sua significação meramente na curiosidade dos alunos ou em sua vontade de conhecer; contudo ao englobar essas características, delas se diferenciam à medida que, além disso, desafiam os alunos a não só melhor compreender, mas também transformar as situações problematizadas durante o desenvolvimento do programa de ensino (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2002).

descodificação, fornece subsídios para o enfrentamento e superação desse nível de consciência, e isso envolve rupturas.

Essas rupturas dizem respeito à consciência dos alunos, de modo que segundo Snyders apud Delizoicov (2008), a consciência primeira ou senso comum, seria o conhecimento que o aluno traz para a escola e que o guia na interpretação dos temas. É essa interpretação que necessita ser transformada, para que uma atuação no sentido de transformar a situação envolvida nos temas possa ocorrer, de forma a favorecer rupturas na cultura primeira, cedendo lugar à apropriação do conhecimento científico.



Figura 7: Rupturas

Fonte: Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002, p. 196)

Com essa perspectiva, os autores ponderam: “uma das tarefas da educação escolar aqui assumida é a do trabalho didático-pedagógico que considere explicitamente as rupturas que os alunos precisam realizar”.

A problematização do conhecimento torna-se então o eixo estruturador desse modelo de ensino. Problematiza-se de um lado o conhecimento sobre as situações significativas que vão sendo explicitadas pelos alunos. De outro, identificam-se e formulam-se adequadamente os problemas que levam à consciência e necessidade de introduzir, abordar e apropriar conhecimentos científicos. Daí decorre o diálogo entre conhecimentos com conseqüente possibilidade de estabelecimento de uma dialogicidade tradutora no processo ensino aprendizagem.

Os autores destacam ainda, que a análise epistemológica de Snyders está fundamentada por Bachelard<sup>36</sup> apud Delizoicov et al (2002) que enfatiza a problematização como característica fundamental para apropriação do conhecimento. Então segundo Bachelard (1977, p. 148):

<sup>36</sup> BACHELARD, G. A. **O materialismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

Bachelard, um cientista-educador, além de filósofo da ciência, poeta, tem vasta obra publicada, em que se nota claramente sua preocupação pedagógica, fruto de uma reflexão de sua prática, interessado essencialmente na formação do pensamento científico. Para ele, a apropriação do conhecimento científico pelo aluno implica a superação do que denomina de “obstáculos epistemológicos”.

Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído.

O professor deve então apreender o conhecimento vulgar do educando para poder problematizá-lo, e não apenas para saber que ele existe; é necessário trabalhá-lo ao longo do processo educativo, para fazer, como prescreve Bachelard, sua “psicanálise”. Isso quer dizer, ao problematizar o conhecimento do aluno, fica possível ao professor aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, que ao ser comparado com o conhecimento científico promove o distanciamento crítico do educando, de modo que ao se defrontar com o conhecimento que já possui, desestabilize suas crenças e afirmações que, desestruturadas das explicações contidas em seu senso comum, e estimulada pela formulação de problemas, leva-o à compreensão de outro conhecimento, distintamente estruturado (Delizoicov et al, 2002).

Com a finalidade de estabelecer uma dinâmica de atuação docente em sala de aula que contemple os aspectos apresentados, os autores propõem o que se tem denominado de **momentos pedagógicos**, distinguindo três deles com funções específicas e diferenciadas entre si, como apresentado a seguir.

#### 4.2.1 Os três momentos pedagógicos e o exercício de AIT

No contexto dessa tese, apresento como alternativa para a educação em engenharia, as proposições de Delizoicov (1991, 2002, 2008) relativas aos três momentos pedagógicos: a) **problematização inicial**, b) **organização do conhecimento** e c) **aplicação do conhecimento**.

Normalmente desenvolvidas e aplicadas no ensino de ciências, a idéia agora é articular estes momentos pedagógicos para efetivar a introdução da AIT na formação de engenheiros. Essa atividade poderá ser desenvolvida junto a disciplinas como o desenvolvimento de produtos, projetos, tecnologia e desenvolvimento, tecnologia de materiais, entre outras e o tema em questão, é a avaliação/análise do impacto socioambiental de uma dada tecnologia/artefato. De preferência, o foco de análise deverá ser o projeto de um protótipo tecnológico, quando não o próprio protótipo, que está sendo desenvolvido/estudado pelo aluno.

É o processo codificação-problematização-descodificação que deve estruturar os três momentos pedagógicos e segundo (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2002) “tem a função de proporcionar subsídios para o enfrentamento e superação desse nível de consciência, que envolve rupturas”, nesse sentido também é bom complementar que as codificações, de um

lado, são a mediação entre o “contexto concreto ou real”, em que se dão os fatos, e o “contexto teórico”, em que são analisadas, de outro se constituem no objeto cognoscível sobre o que o educador-educando e os educandos-educadores, como sujeitos cognoscentes, incidem sua reflexão crítica (FREIRE, 1987, p. 124 nota).

Assim, a definição do tema que aqui apresento, resulta dos resultados preliminares levantados no processo de investigação dessa tese, e se enquadra aqui, como o uso adaptado do processo de investigação temática proposta por Freire. O tema, portanto, surge das manifestações dos entrevistados, das contradições encontradas na fala de alunos e professores, das lacunas que manifestadas, agora precisam ser problematizadas.

A título de exemplo coloco as seguintes contradições que emergiram dos resultados:

- Alunos desenvolvem tecnologias sem um questionamento prévio das implicações que poderão acarretar; - as percepções das interações ciência e tecnologia são em boa parte inadequadas; - a possibilidade de um exercício de avaliação de impacto de um produto durante sua fase projectual não faz parte do universo de preocupações da maioria de professores e alunos. Em função disso o tema proposto para a dinâmica dos três momentos pedagógicos foi: **Existe relação entre o processo de desenvolvimento de produtos/ inovação com impactos socioambientais?**

Com a definição do tema, o próximo passo está relacionado àquilo que equivaleria à redução temática, ou seja, que conhecimentos seriam necessários para a compreensão do tema.

Estipulou-se então as seguintes temáticas: desenvolvimento/projeto de produto/ inovação e a análise antecipada de suas implicações socioambientais; introdução da variável socioambiental como requisito de projeto; ferramentas de avaliação de impacto tecnológico; estudo das interações CTS, ética e valores.

Definida então a unidade de ensino a ser desenvolvida, os alunos devem ter um momento para se pronunciarem sobre o tema. Durante este primeiro momento, a **problematização inicial**, o professor terá a função específica de problematizar as explicações fornecidas, chamar a atenção e contrapor distintas interpretações dos alunos, aguçar possíveis explicações contraditórias, procurar as limitações das explicações.

A finalidade é promover o distanciamento crítico do aluno do seu conhecimento prevalente e, enfim, formular problemas que os alunos não formulam e, de forma problematizadora, ao longo do processo educativo, desenvolver as soluções que o conhecimento científico a eles tem dado (DELIZOICOV, 1991, p. 179).

O autor relembra que, através da problematização, o professor poderá identificar quais conhecimentos o aluno já construiu sobre aquele assunto, fruto das relações que mantém com o meio físico ou social, estando ele próximo do conhecimento sistematizado ou não.

A problematização inicial é, então, um momento de fundamental importância, tanto para o professor como para o aluno. Ao organizar as informações e explicações que estariam sendo apresentadas, os professores passariam a apreendê-las, entendê-las e organizá-las, como um conhecimento proveniente do senso comum e as experiências vividas, para então problematizá-las. O reconhecimento dos conhecimentos e interpretações do aluno têm como finalidade “promover um distanciamento crítico, para aplicá-lo em várias outras situações também, do cotidiano, procurando as suas possíveis consistências, contradições, limitações” (DELIZOICOV, 1991, p. 183).

Segundo Delizoicov et al (2002) “o ponto culminante dessa problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um **problema** que precisa ser enfrentado”.

Durante a **organização do conhecimento** - os conhecimentos científicos inicialmente identificados e planejados serão sistematicamente estudados, sob a orientação do professor, para que o aluno possa compreender os conceitos, definições e relações que o conhecimento científico comporta, para ir além.

Nesse momento ganha destaque a ação do professor, que poderá desenvolver as mais variadas atividades, a favor de que o aluno possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para a compreensão científica das situações problematizadas. Quer dizer, as atividades são planejadas e executadas para que o “aluno apreenda de forma a, de um lado, perceber a existência de outras visões e explicações para as situações e fenômenos problematizados e, de outro, a comparar esse conhecimento com o seu, de modo a usá-lo, para melhor interpretar aqueles fenômenos e situações”. (DELIZOICOV; ANGOTII, 1990, p. 55)

No terceiro momento, **aplicação do conhecimento**, o conhecimento sistematizado que vem sendo compreendido e incorporado pelo aluno, passa a ser utilizado para “analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento”. (DELIZOICOV & ANGOTII, 1990, p. 55)

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma

solução, ao empregar algoritmos matemáticos que fazem relações entre grandezas ou resolver qualquer outro tipo de problema encontrado em livros-textos (DELIZOICOV et al, 2002).

À semelhança dos autores supracitados, passo a explorar possibilidades com a intenção de exemplificar e ao mesmo tempo fornecer subsídios para essa atividade. A idéia então é utilizar os três momentos pedagógicos como princípio metodológico para em articulação com os fundamentos e ferramentas pertinentes à AIT e com os conteúdos CTS, problematizar e avaliar o fazer tecnológico; o modelo de desenvolvimento; identificar valores e riscos potenciais implicados nessa atividade para que alunos e professores possam compreender a necessidade de incluir a AIT no processo de aprendizagem que envolve o desenvolvimento de produtos. Para tanto, estarei utilizando elementos já apresentados na revisão bibliográfica (capítulos 2) e outras referências que inauguram o texto para fundamentar a atividade proposta.

### **Contexto da Atividade:**

A atividade a seguir é estruturada pelos três momentos pedagógicos, trata-se de uma adaptação de exemplos empregados em curso de formação continuada de professores de Ciências da rede de ensino municipal de São Paulo em 1999 e que estão explicitados em Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002.

Sabe-se que a necessidade de mudar a lógica da correção para a prevenção tornou-se um imperativo para as atividades tecnológicas e que esta questão deve estar contemplada na formação dos engenheiros e de seus professores, contudo alguns obstáculos se fazem presentes e estão ligados às concepções que estão guiando as práticas e as escolhas dos envolvidos com o desenvolvimento de tecnologias, concepções que produzem um efeito paralisante e impede ações para mudança.

Nesse sentido a AIT comporta um rol de possibilidades de aprendizagem, capaz de abarcar desde conhecimentos científicos que envolvem o planejamento, concepção e modelagem de produtos tecnológicos, até referenciais da filosofia, história da ciência e tecnologia, sociologia e os estudos sociais da ciência e da tecnologia, entre outros, o que justifica o seu caráter eminentemente interdisciplinar e sua capacidade de integração de conhecimentos.

#### 4.2.1.1. Aprofundamento para Estudo

a) Existe relação entre o processo de desenvolvimento de produtos/ inovação com impactos socioambientais?

Em função das contradições manifestadas nos dados empíricos, poderão derivar da questão a, com os temas a e b, de modo a fortalecer a conexão da reflexão sobre as interações CTS com a atividade proposta.

b) O que pensam os alunos sobre o modelo de desenvolvimento atual? Quais as concepções que detêm acerca das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade?

c) Desenvolvimento Tecnológico e valores que comporta.

Como já discutido ao longo do texto, compreende-se que a ciência e a tecnologia não são livres de valores. Que valores seriam esses, que estariam nos guiando na sociedade tecnológica? Várias vezes fiz menção à metáfora de Mills, sobre o navegar sem rumos, então é coerente que se privilegie o despertar crítico de alunos e professores sobre esta questão. Para que os professores possam aprofundar algumas dessas questões indicamos as obras abaixo.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I. V. Inovação tecnológica ou Inovação Social? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: COBENGE, 2003, p. 01-09. v. 1.

BAZZO, W. A.; LINSINGEM, I.; PEREIRA, L. Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). **Cadernos de Ibero-América**, Madri, Espanha: OEI – Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura., 2003.

IBARRA, A.; OLIVÉ, L. (eds.). **Cuestiones éticas en ciencia y tecnología en el siglo XXI: educación, ciencia y cultura**. Madrid: Biblioteca Nueva, OEI, 2003.

LACEY, H. **Valores e atividade científica 1**. Associação Filosófica Scientia Studia. São Paulo: Editora 34, 2008.

MAIZTEGUI, Alberto; et al. Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. **Revista Iberoamericana de Educación**, Enseñanza de la Tecnología. Madrid: OEI, n.28, 2002, p. 129-155.

#### 4.2.1.2 Problematização Inicial

Nesta proposta duas questões são colocadas para os alunos:

- a) Existe relação entre o processo de desenvolvimento de produtos/ inovação com impactos socioambientais?
- b) Qual a sua opinião sobre modelo de desenvolvimento atual ?
- c) o que você pensa sobre a ciência e a tecnologia?

A discussão inicial ocorre no “pequeno grupo” (até quatro pessoas). Cada grupo deve anotar a síntese das conclusões, para posterior apresentação e discussão no “grande grupo” (toda a turma). O professor organiza e atende os grupos, dimensionando o tempo para essa atividade de acordo com o andamento do trabalho e seu planejamento.

Na discussão no “grande grupo”, resgata as sínteses dos alunos, coordenando as discussões e desafiando-os a expor suas idéias. Explora posições contraditórias, sempre perguntando e solicitando aos alunos que se pronunciem. A meta é: 1) problematizar as falas; 2) ir direcionando a introdução do que será abordado no momento seguinte - organização do conhecimento, mediante outras questões, formuladas pelo professor, que serão objeto de estudo, ao se desenvolver o segundo momento. Esse aspecto da problematização inicial tem a função de procurar conscientizar os alunos das possíveis limitações e lacunas de seu conhecimento.

**BASEIE-SE EM SUAS OBSERVAÇÕES E EXPERIÊNCIAS DO DIA-A-DIA E REALIZE A SEGUINTE DISCUSSÃO COM SEU GRUPO:**

1- Como os produtos tecnológicos influem na sua vida, família, comunidade?

- a. Relacione os diferentes tipos de impactos (positivos e/ou negativos) que o modelo atual de desenvolvimento apresenta.
- b. Você julga que esses impactos poderiam ser evitados? Como?
- c. Quais os critérios utilizados na engenharia para definir quais produtos devem ser desenvolvidos?

2- Qual o papel da ciência e da tecnologia no contexto do desenvolvimento tecnológico atual?

- a. O que é neutralidade? Você considera que a ciência e a tecnologia são neutras?
- b. Mais desenvolvimento trará mais progresso e mais bem-estar social?
- c- Os impactos negativos, poluição por exemplo, poderão ser resolvidos com mais tecnologia?

Após o processo de apresentação inicial, propõe-se a apresentação do documentário: A História das Coisas (LEONARD, 2008).

O documentário a “História das Coisas” de Anie Leonard questiona: de onde vêm as coisas que nos rodeiam? Qual sua origem? Sua utilização? Como elas são produzidas? O que é feito dessas coisas quando nos desfazemos delas? Para compreender sua sistemática aborda o ciclo produção, distribuição, consumo e eliminação (lixo ou reciclagem).

Explica que esse ciclo está incompleto, que nele faltam as pessoas. Colocadas as pessoas, mostra que as grandes corporações têm sua importância agigantada neste sistema e que o

governo se preocupa mais com a manutenção dos interesses dessas corporações do que com as necessidades e bem-estar da população.

Retrata o ciclo da devastação dos recursos naturais e da exclusão humana, caracterizando um sistema perverso, no qual a exploração indiscriminada de recursos naturais como o corte de árvores, a explosão de montanhas para extrair os metais, consumo de água, extermínio da biodiversidade, como a pesca predatória, está a limitar a capacidade do planeta para sustentar o modo de vida de seus habitantes.

Diante dessa realidade, contabiliza que os Estados Unidos com 5% da população mundial usa 30% dos recursos mundiais, e para isso passa a usurpar os recursos de outros países.

Já desapareceram 85% das florestas originais do planeta. Só na Amazônia são cortadas 2 mil árvores por minuto, o equivalente a um campo de futebol por minuto. E sabe qual é a justificativa? Afirmam que as pessoas que lá habitam não são donos desses recursos, mesmo que vivam lá há muitas gerações. E como não consomem (não compram muitas coisas) também não são donos dos meios de produção. Desta forma a matéria-prima segue para a produção onde, com a utilização de energia, os recursos naturais são misturados com químicos tóxicos, a que as pessoas se expõem diariamente quando fazem uso de computadores, eletrodomésticos, sofás, colchões e até travesseiros. Estas toxinas vão se acumulando ao longo da cadeia alimentar e se concentram em nossos corpos. O alimento no topo da cadeia alimentar com o nível mais alto de químicos tóxicos é o leite materno, o que significa que os nossos bebês recebem as maiores quantidade de químicos tóxicos do leite de suas mães, contaminadas muitas vezes no trabalho desenvolvido em lugares insalubres. Da mesma forma muitas pessoas procuram trabalho, se sujeitando a esse tipo de exposição por falta de opção, precisam trabalhar. As indústrias americanas admitem jogar na atmosfera 1 milhão e 800 mil quilos de químicos tóxicos por ano. E para não levantar muitas críticas no país, mudam as fábricas poluidoras para o estrangeiro, que as aceitam em troca de empregos, no entanto, grande parte dessa poluição retorna pela ação do vento.

Conta que o valor cobrado por um rádio de ouvido R\$ 4.90, não paga os recursos nele utilizados, nem a energia gasta na sua produção, nem mesmo o local em que fica estocado, justifica que este preço pode ser tão baixo, porque as pessoas que trabalharam na sua produção foram sub-remuneradas, sem direitos trabalhistas, a férias e a um salário digno. Mas somos incentivados constantemente a consumir. Explica que após a Segunda Guerra Mundial, com vistas a impulsionar a economia produtiva, os Estados Unidos produziu e continua vendendo a idéia de consumo, tornando-o uma forma de vida. Nessa perspectiva, consumir acarreta uma

satisfação pessoal, alegria, felicidade, então passou-se a colocar na aquisição de bens a satisfação do ego, a realização pessoal.

Assim as pessoas foram instigadas a comprar, comprar, comprar como se consumo fosse sinônimo de felicidade. Isto está presente na moda, nos móveis, nos carros, na pele, nas roupas e nos utensílios domésticos. Como garantia desse ciclo foram criados dois mecanismos, o da obsolescência planejada, em que os produtos são fabricados para durar menos e serem substituídos rapidamente e a obsolescência perceptiva, que nos convenceram a jogar fora produtos que ainda teriam utilidade, porque mudam a aparência das coisas, por isso se você fica alguns anos sem comprar, todos vão perceber que você não está contribuindo com a seta dourada do consumo, quer dizer você está fora da moda e isso pode parecer embaraçoso. O resultado disso, aparece nas toneladas de materiais descartados, que vão para os lixões, ou para reciclagem. Só que nem tudo pode ser reciclado, em função dos elementos tóxicos que apresenta, ou porque não foram produzidos para ser reciclados, ficam então desperdiçados enorme quantidades de recursos.

Conclui-se que este é um sistema em crise, que já alcançou seus limites que vão desde a mudança climática até o decréscimo de felicidade das pessoas, simplesmente não está funcionando mais. A parte boa deste problema é que há muitos pontos de intervenção e muitas pessoas já estão trabalhando no sentido de mudança, salvando florestas, na produção mais limpa, na defesa dos direitos do trabalho, em comércio justo, em consumo consciente, em recuperar nosso governo para que seu trabalho seja realmente voltado para e pelas pessoas, esse trabalho é criticamente importante, mas as coisas vão começar a se mover quando enxergarmos o panorama geral, quando as pessoas se unirem para reivindicar e transformar esse sistema linear em algo novo, em um sistema que não desperdice recursos ou pessoas. É preciso uma nova escola de pensamento baseada em sustentabilidade e equidade, química verde, zero resíduo, produção em ciclo fechado, energia renovável, economias locais vivas, já está acontecendo, há quem diga que é irrealista, idealista, que não pode acontecer, mas a autora afirma, irrealista são os que querem continuar pelo velho caminho. E recorda que a velha forma não aconteceu por acaso, não é como a gravidade que temos que conviver, as pessoas a criaram e nós somos pessoas, por isso vamos criar algo novo.

### 4.2.1.3 Organização do Conhecimento

Conteúdos desenvolvidos:

Conforme as informações contidas no documentário sugerido, os problemas socioambientais decorrem de várias fontes, que são influenciadas pelo modelo linear de desenvolvimento, que coloca o lucro e os interesses de mercado à frente do equilíbrio ambiental e do bem-estar social, fazendo do incentivo ao consumo a sua maior estratégia.

O conteúdo do documentário é um convite a reflexões e questionamentos sobre as implicações do modelo linear de desenvolvimento, sobre a tecnocracia, o determinismo tecnológico e a neutralidade da ciência e da tecnologia, e o modo como em seu conjunto essa realidade vem interferindo no perfil dos produtos desenvolvidos, sem o necessário questionamento de seus efeitos.

DESENVOLVER ESTE MOMENTO COM O MESMO PROCEDIMENTO ANTERIOR.

1. Principais tipos de impactos decorrentes das atividades da engenharia e seus efeitos associados.
2. Avaliação interna e a avaliação externa de um projeto tecnológico.
3. Principais passos para uma avaliação de impacto tecnológico.
4. Ferramentas para a avaliação de impacto tecnológico.
5. Discussão sobre a avaliação dos projetos tecnológicos, modelo de desenvolvimento e valores implicados.

Consultar:

MANZINI, E. VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Tradução de Astrid de Carvalho. São Paulo: Edusp, 2005.

BACK, N; OGLIARI, A; DIAS, A; SILVA, J. C. da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

CHÉRCOLES, D. M. **Tecnología para el desarrollo: hacia una comprensión de las relaciones entre tecnología, sociedad y desarrollo**. Ingeniería Sin Fronteras España: Biblioteca Virtual, OEL. Sala de lectura CTS+I, 2007.

Dagnino, R. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico: um debate sobre a tecnociência**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. **Industrial ecology**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1995.

MENDIZÁBAL, G. A. et al. Desarrollo de una Guía de Evaluación de Impacto Social para Proyectos de I+D+I. **Revista Iberoamericana CTS+I**, n. 5, Jan-abr, Madri – Espanha, 2003. Disponível em: <http://www.campus-oci.org/revistactsi/numero5/index.html>. Acesso em: 07 mar 2005.

SANMARTÍN, J. e ORTÍ, A. Evaluación de tecnologías. IN: Sanmartín, J et al (eds) *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Barcelona, Anthropos, 1992.

GIANNETTI, B.F.; ALMEIDA, C. M. V. B. ; RIBEIRO, C. M. . Avaliação do ciclo de vida (ACV): uma ferramenta importante da ecologia industrial. Revista de graduação de engenharia química, São Paulo, v. 11, n. Jan-Jun, p. 13-22, 2003.

SOARES, S. R. Análise multicritério como instrumento de gestão ambiental. In: Arlindo Philippi Jr., Marcelo de Andrade Romero e Gilda Collet Bruna. (Org.). **Gestão Ambiental Urbana**. São Paulo: Editora Manole, 2004.

DIAS, A. M. P.; SOARES, S.R. Desenvolvimento de um modelo para aplicação da metodologia de avaliação de impacto do ciclo de vida na análise ambiental de fluidos de corte. In: **Conferência Internacional de Avaliação do Ciclo de Vida, CILCA 2007**, São Paulo, 2007. Proceedings of the CILCA2007 International Conference of Life Cycle Assessment. São Paulo : NIPE, 2007.

Além das indicações acima apresento fragmentos de conteúdos com a intenção de ilustrar os conteúdos a serem desenvolvidos.

**Fases da avaliação de impacto tecnológico** (GONZÁLEZ GARCIA et al, 1996):

1- **Identificação de impactos:** estudo da interação entre tecnologias e contextos sociais, cujo foco é distinguir impactos diretos e indiretos;

2- **Análise de impactos:** determina a probabilidade, severidade e tempo de difusão dos impactos identificados, grupos afetados e sua resposta provável, bem como a magnitude previsível dos impactos indiretos. Existem diversos tipos de análise: custo-benefício, modelos de simulação, métodos *delphi* de sondagem de opinião especializada, etc.;

3- **Valoração de impactos:** procura determinar a aceitabilidade dos impactos analisados à luz de valores dados;

4- **Análise de Gestão:** fase que fornece assessoramento para a tomada de decisões em política científico-tecnológica. É assim que para o autor, o modelo clássico de AT está centrado na regulação dos produtos da atividade tecnológica.

**Avaliação interna e externa da tecnologia** (OLIVÉ, 2003)

A avaliação interna está diretamente relacionada com a eficiência técnica que, por sua vez, refere-se à adequação dos meios aos fins propostos. Quer dizer, refere-se à escolha dos meios mais adequados para a obtenção de certos fins, porém não envolve a discussão da adequação ou da correlação dos fins em questão.

Uma técnica pode ser considerada mais eficiente que outra se pretende obter os mesmos resultados e pode ser feita a um custo menor, ou se ao mesmo custo se consegue mais e melhores resultados, ainda que a avaliação do custo não deva entender-se unicamente em um sentido econômico. Pode referir-se, por exemplo, ao gasto de energia, natural ou humana, ao tempo necessário para realizar alguma tarefa, etc.

Outros conceitos relacionados com a eficiência também se aplicam na avaliação interna dos sistemas técnicos são, por exemplo, a factibilidade de um sistema – possibilidade de realizar-se lógica e materialmente; a eficácia – possibilidade de se atingir realmente os fins que se propõe alcançar; ou a fiabilidade – que a eficiência seja estável.

A avaliação externa de um projeto tecnológico analisa desde onde se aplicarão as técnicas até as possíveis conseqüências de sua aplicação. Do ponto de vista de uma avaliação interna poder-se-ia calcular o custo econômico de construir e operar a planta. Com esta informação poder-se-ia fazer uma comparação com outras técnicas para produzir a mesma quantidade de energia durante o mesmo período.

Deve-se levar em conta as conseqüências no sistema econômico, de investimentos de recursos na construção e operação da planta, as conseqüências ambientais de sua construção e operação, o impacto social e cultural na forma de vida dos habitantes do entorno onde se opere a planta, os riscos implicados na construção e operação, os benefícios que trará, etc.

Seguindo esse ponto de vista, a questão fundamental são os seres humanos e a satisfação de suas necessidades e de seus desejos legítimos. Em suma, a avaliação externa de um projeto tecnológico deve levar em conta os seguintes aspectos:

- seu custo intrínseco e a disponibilidade de recursos;
- suas possíveis conseqüências na estrutura social e cultural, assim como no entorno natural e, por conseguinte, o custo social e ambiental que pode ter sua realização e operação;
- o tipo de necessidades que pode satisfazer e a prioridade que a sociedade, em questão, atribui a estas para sua satisfação.

Alguns exemplos dos princípios do *Design* Sustentável (BRUNETTI, 2005)

**Princípio 1:** Toda entrada e saída de matérias-primas e energias devem oferecer menos risco quanto possível.

**Princípio 2:** Os produtos, processos e sistemas devem ser desenhados para otimizar matérias-primas, energia, espaço, eficiência. Ao criar um produto, o engenheiro deve concentrar-se no uso da menor quantidade possível de materiais, energias e processos, gerando uma construção racionalizada, para poupar recursos naturais e facilitar o transporte, acondicionamento e estocagem. Pelas soluções adotadas, este princípio se propõe reduzir as possibilidades de uso inadequado, acidentes e dispêndios físicos excessivos ao usuário e ao operário.

**Nível 1 : redução de materiais** - redução de peso; redução de volume; redução de tintas e recobrimentos.

**Nível 2 : otimização de processos de produção** - redução de etapas de processos de produção; redução do consumo e uso racional de energia; redução de geração de rejeitos/resíduos; promoção da segurança dos operários. .

**Princípio 3:** Otimizar o tempo de vida do produto. Decisões de fim de vida do produto devem ser baseadas no material e energia investidos; na complexidade de produção e nos impactos produzidos.

## Etapas esquemáticas da Avaliação Ciclo de Vida -ACV

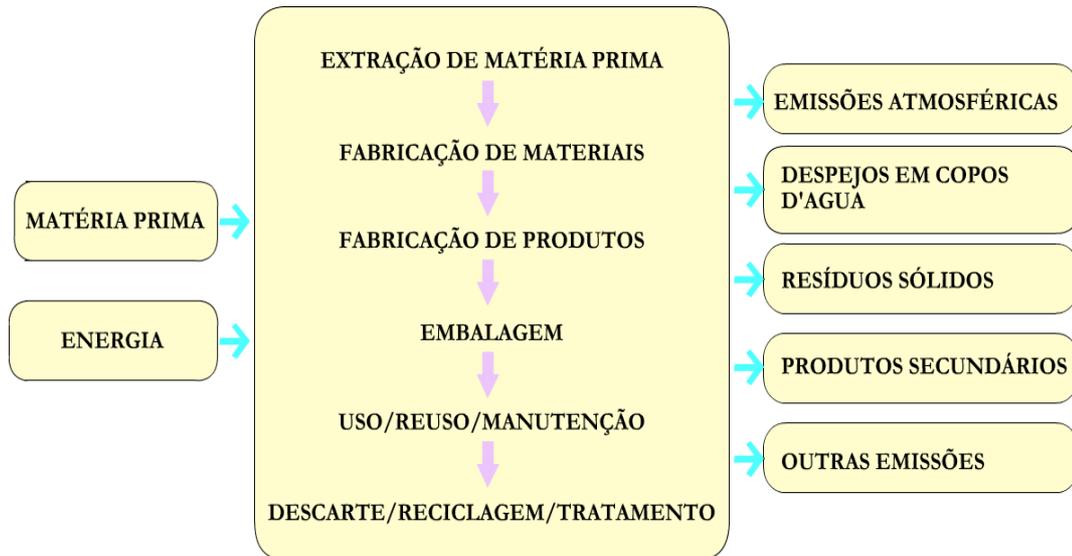


Figura 8: Análise de Inventário do Ciclo de Vida

Fonte: Grupo de Pesquisa em Avaliação de ciclo de vida - UFSC

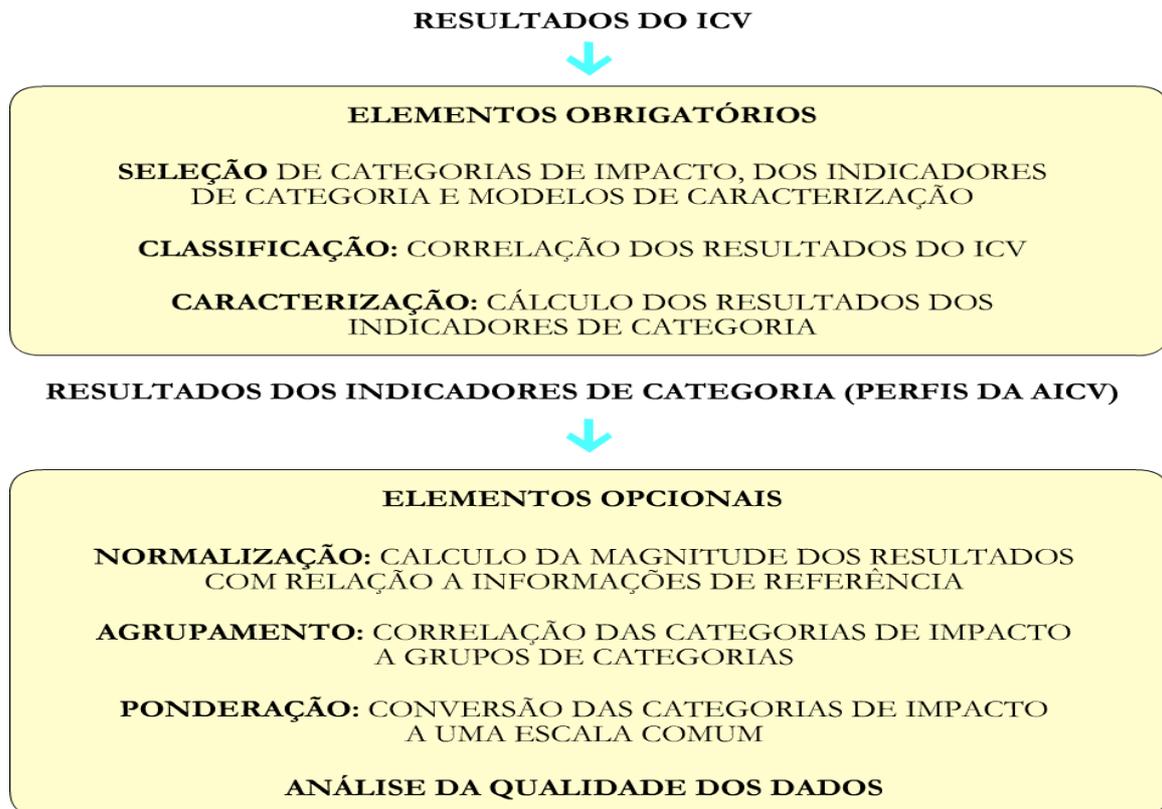


Figura 9: Interpretação do Ciclo de Vida

Fonte: Grupo de Pesquisa em Avaliação de ciclo de vida – UFSC

Deve-se ressaltar que a aprendizagem da avaliação de possíveis impactos de uma tecnologia/artefato, requer a estruturação de conhecimentos de base tecnológica, mas não despreza os conhecimentos básicos (química, física, ecologia, biologia, concebe-se que estes o futuro engenheiro já domina), também importantes e que serão requisitados no processo, dado o seu caráter interdisciplinar, por isso essa atividade pode e deve, na medida do possível, ser realizada em cooperação (integração) com outras disciplinas.

Os ganhos com essa atividade também dizem respeito ao desenvolvimento de uma visão mais crítica acerca dos limites que orientam a atividade tecnológica. Por exigirem uma vasta complexidade, muitos dos dados são computados a partir da utilização de *softwares*. Ainda assim, muitos profissionais julgam os procedimentos extremamente complexos e difíceis e, por isso, acabam desistindo de um trabalho desse porte.

Em função disso, já foram desenvolvidas formas simplificadas de ACV e de *check – lists*, com o objetivo de facilitar a vida de engenheiros, tecnólogos e pesquisadores. Assim como se encontram disponíveis em redes de pesquisas, classificações de materiais, de acordo com suas características para reciclagem, vida útil, toxicidade, entre outros.

No exercício da atividade da AIT, sugere-se que sejam oportunizadas aos alunos diferentes opções para conhecer mais a fundo esses procedimentos; destaca-se também que a flexibilidade deve prevalecer no processo de seleção de métodos para a análise, mas de acordo com o perfil do produto/artefato em foco.

6. Considerando as informações sobre a avaliação interna e externa da tecnologia delimite os itens ligados à avaliação externa e que devem ser considerados por ocasião do desenvolvimento do projeto em estudo.

7. Selecione dentre as diferentes metodologias a mais adequada ao perfil do seu projeto/produto, justifique.

8. Elabore um guia simplificado, na forma de *check-list* de modo a contemplar a natureza e especificações contidas no seu projeto.

## A ética como guia

A ética busca a excelência, implica trabalhar de forma virtuosa; mas está diretamente ligada à liberdade de escolha. Seria uma visão reducionista compreendê-la como um conjunto de

regras e proibições frias e abstratas. Assim, um código de ética para o *designer* deve corresponder a um exercício de auto-conhecimento, que envolve a busca de seus verdadeiros valores, princípios, crenças, objetivos, expectativas, papel e razão de ser desse profissional na sociedade.

O momento em que vivemos é marcado por mudanças dos padrões de produção e consumo e, neste novo cenário, o respeito ao ambiente passa a ser um dos aspectos necessários para uma postura ética. Além disso, o produto precisa agradar a muitos envolvidos, além do consumidor final. O *designer*/engenheiro precisa estar comprometido com os públicos estratégicos, os *stakeholders*, que são os públicos com os quais a empresa interage e que desempenham importante papel para ela. Isso exige do profissional que trabalha com o desenvolvimento de tecnologias, produtos ou serviços, um novo estatuto de valores, além da reavaliação de seus conceitos sobre a qualidade de suas criações (BRUNETTI, 2006).

#### 4.2.1.4 Aplicação do Conhecimento

1- De acordo com as especificidades do seu projeto proceda a uma análise dos impactos levando em conta os possíveis envolvidos (riscos e benefícios)

| Envolvidos                             | DANOS | BENEFÍCIOS |
|--|-------|------------|
| Consumidores                           |       |            |
| Fornecedores/<br>Universidade/ empresa |       |            |
| Órgão<br>Fomento/Governo               |       |            |
| Meio ambiente                          |       |            |

Obs. Os envolvidos podem não ser os mesmos, avalie aqueles que se relacionam diretamente com o seu projeto.

## 2. Exercício de Avaliação Multicritério

Para um novo produto, existem 3 designs alternativos. Foram feitos estudos cuidadosos para determinar os critérios de avaliação deste produto e para verificar de que forma cada design satisfaz os requisitos associados a esses critérios (alguns atributos são “relativamente” objetivos; outros são matéria de opinião, naturalmente subjetiva – para estes últimos foi usada uma escala de 1 a 10, onde valores mais elevados representam maior preferência; para o peso e o custo, valores elevados são naturalmente indesejáveis).

| ATRIBUTO                     | importância | valor máximo ou mínimo | ALTERNATIVAS |          |          |
|------------------------------|-------------|------------------------|--------------|----------|----------|
|                              |             |                        | Design 1     | Design 2 | Design 3 |
| segurança                    | 0.3         |                        | 8            | 7        | 7        |
| estética                     | 0.13        |                        | 4            | 9        | 7        |
| custo (euros)                | 0.27        | 20                     | 17.56        | 9.95     | 14.47    |
| peso (kg)                    | 0.1         |                        | 9.7          | 6.2      | 6.0      |
| baixo consumo energético (%) | 0.2         |                        | 0.96         | 0.81     | 0.90     |

3. Aplique o guia elaborado na seção anterior para analisar os efeitos potenciais associados em seu projeto. Identifique os itens que não estão em conformidade e inicie o trabalho de prevenção, seja substituindo materiais, seja no reprojeto de processos.

4. Elabore um relatório com os principais resultados, em que apareçam as opções metodológicas, os impactos identificados, as soluções encontradas; justifique suas escolhas e indique os ganhos ambientais e organizacionais resultantes do processo de AIT.

A dinâmica dos três momentos pedagógicos gera uma variedade significativa de materiais que podem ser utilizados das mais variadas formas e em diversos contextos para a abordagem de temas. Essa característica colabora para a confirmação de que a dinâmica da atividade não deriva de uma receita pronta, mas das necessidades potenciais ligadas às contradições que os alunos apresentam e que precisam ser problematizadas, já que o que se almeja é que alunos e professores percebam a natureza sócio-política da construção de tecnologias (FEENBERG, 2002).

A imagem que se tem é que os materiais se independem e que a sua aplicação técnica, lhe dá uma conformidade também técnica, quando na verdade, uma maior atenção a esta questão, põe a descoberto que um mesmo material, que pode ser mais barato que outro, poderá ser o mais

tóxico para o meio ou para a saúde humana. A análise dessas implicações não pode, portanto, beirar pelo caminho da superficialidade e este é o grande ganho em se aliar a dinâmica dos três momentos pedagógicos com a AIT integrada ao enfoque CTS, pois o saber da experiência feita, ou do senso comum não permite que se tenha consciência da gravidade que um produto pode vir a implicar. Porém, o conhecimento problematizado e desestruturado retorna ao seu dono reelaborado e estruturado de forma distinta pelos conceitos científicos.

A associação dos três momentos com o exercício da AIT permite claramente a introdução do enfoque CTS no processo de aprendizagem, assim na medida em que alunos e professores questionam os riscos potenciais que podem vir a se manifestar em seus artefatos, emergem também questões sobre seus papéis na cadeia de desenvolvimento, mas não estão só nestes questionamentos, a ciência, a tecnologia, a política, o mercado, passam a ser questionados, também.

Um novo olhar se manifesta, abre-se um portal para a leitura do mundo e para o despertar de novos entendimentos, os valores que antes se encontravam incorporados nos produtos que desenvolvem, estão agora nas suas falas, profusos, surpreendentes, prontos para serem identificados e revistos.

Nesse sentido, Cabral (2006), associa a aquisição de consciência crítica/máxima possível com a aquisição de valores. Coloca que na medida com que se avança a um nível de consciência mais elevado pode-se também adquirir valores, como os explicitados por Lacey no capítulo 1.

O enfoque CTS tem então, um papel muito importante nessa contextualização, pois além de trazer fundamentos para a atividade da AIT, e para uma visão mais coerente das interações CTS, permite agora que se questione/problematize a atividade tecnológica, dando a perceber o seu papel político e abertura para que se reflita sobre possíveis alternativas para mudança.

Nessa perspectiva, Borrero<sup>37</sup> (1992) apud Bazzo (1998) afirma que, em primeiro lugar, os estudos de ciência, tecnologia, sociedade teriam que ocupar um papel fundamental na busca de alternativas de desenvolvimento tecnológico, em íntima relação com objetivos sociais e políticos. E isto supõe, na opinião da autora, um esforço educativo de grandes proporções, encaminhando, entre outras coisas, à preparação de pessoal qualificado nos diversos campos da ciência e da tecnologia capaz de assumir as tarefas de avaliação tecnológica necessárias para tomar decisões quanto à adoção ou geração de novas tecnologias.

Na opinião de Borrero, a formação de recursos humanos é uma tarefa urgente, pois contrariamente ao que ocorre nos países industrializados, poucos países latino-americanos

---

<sup>37</sup> BORRERO, M.P. 'Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad en el contexto latino-americano'. In: SANMARTÍN, J. et al. **Estudios sobre sociedad y tecnología**. Barcelona: Anthropos, 1992.

contam com a infra-estrutura educativa adequada para a preparação de recursos humanos de alto nível. E mesmo quando contam com esta infraestrutura não se preocupam, ainda, com a avaliação dos problemas decorrentes da criação destas novas tecnologias.

Essa preocupação também se reflete nas possibilidades de intervenção e participação democrática, desde que o predomínio das noções convencionais da ciência e da tecnologia faz prevalecer uma passividade inquietante, que tem impedido a participação democrática. Questão que também interfere no debate sobre os interesses ligados ao projeto e ao controle social da tecnologia, com claros prejuízos para o campo ambiental e para a coletividade.

Como visto anteriormente, o professor tem um papel especial neste processo, ou seja, suas concepções é que estarão determinando suas práticas, portanto, não basta que a introdução de novas disciplinas, de novos conteúdos, ou o aumento da carga horária, se esses procedimentos não forem acompanhados de renovação das percepções ingênuas dos docentes.

Retorna-se então ao problema do professor-engenheiro, formado para trabalhar com as técnicas e apesar do domínio em sua área de conhecimento, muitas vezes assume uma postura positivista, como consta nos resultados apresentados no capítulo anterior. Desconhece que desconhece sobre a arte do trabalho pedagógico e não sai dessa posição por que esse perfil não é cobrado nem por ocasião de sua seleção, e nem mesmo durante a sua atuação. Como apontado anteriormente, decorre daí uma ação intuitiva e reprodutiva, com freqüência o professor-engenheiro se baseia em um modelo, o perfil de algum professor que lhe foi caro, que lhe causou admiração durante sua formação.

A mudança desse quadro passa pelo mesmo processo de aprendizagem do aluno, a problematização das contradições que fazem parte da realidade do educando, seja ele o professor ou o aluno. Neste caso, Bazzo, Pereira e Linsingen (2008), julgam que para formar formadores de profissionais técnicos, é preciso instigá-los e perturbá-los com a própria técnica, construir junto com eles reflexões que lhes permitam, discernir com certa clareza as estruturas epistemológicas, sociais e históricas que permeiam a técnica, favoráveis às internalizações de novos saberes.

Os caminhos para essa mudança foram fortemente discutidos em Bazzo, (1998); Linsingen (2002); Auler (2002), entre outras tantas publicações que abordam a questão. Percebe-se, no entanto, na pronúncia dos pesquisados que os trabalhos de intervenção em pouco avançaram e confirmam a questão da formação dos formadores como o grande desafio a ser enfrentado.

Nessa perspectiva, a integração da variável ambiental na formulação de projetos tecnológicos é uma necessidade que não pode mais ser desconsiderada. Todavia a predominância de percepções ingênuas sobre as interações CTS ambiente e inovação entre professores e alunos,

vem servindo de impedimentos para a construção de visões mais adequadas às necessidades contemporâneas.

Daí que a proposta de inclusão da AIT no processo de aprendizagem de desenvolvimento de produtos, associada aos conteúdos CTS e aos pressupostos freirianos se configuram, no contexto desta tese, como alternativa para superação dessas contradições. Considera-se também, que as dimensões aqui apresentadas para o trabalho didático-pedagógico, poderão ser tratadas nos cursos de formação inicial e continuada de professores. Por isso, o presente trabalho não se limita à apresentação dos resultados, mas se apropria das questões problematizadas no levantamento empírico, para juntamente com as questões levantadas, subsidiar opções de continuidade e de intervenção no que diz respeito à formação do engenheiro e de seus professores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

*“O regresso ao começo não é um círculo vicioso se a viagem, como hoje a palavra trip indica, significa experiência, donde se volta mudado. Então, talvez tenhamos podido aprender a aprender aprendendo. Então, o círculo terá podido transformar-se numa espiral onde o regresso ao começo é precisamente aquilo que afasta do começo”.*

Edgar Morin

A proposta de aprendizagem de Avaliação de Impacto Tecnológico para a educação em engenharia se estabeleceu no contexto desta tese como alternativa para a inclusão da variável ambiental no processo didático-pedagógico que trata do *design* de produto para a inovação tecnológica e/ou desenvolvimento de artefatos tecnológicos.

No entanto, a indiscutível necessidade de dar atenção e tratamento adequado às questões que envolvem a problemática socioambiental, não pode estar dissociada das reflexões sobre a ciência e a tecnologia e dos questionamentos em torno das contradições que caracterizam o modelo linear de desenvolvimento.

Desse modo, os estudos CTS permearam as etapas do desenvolvimento da pesquisa, não como forma de “dourar a pílula”, mas como fundamentos epistemológicos indispensáveis para sustentar as posições que defendo sobre a AIT, além de servir de pano de fundo para questionamentos, reflexões, análise e preposições.

Da mesma forma, os pressupostos de Paulo Freire me acompanharam por todo o percurso da investigação, por identificar que suas categorias: problematização e dialogicidade, explicitadas no Capítulo 4, apresentam caminhos para a superação de contradições que emolduram a prática pedagógica na engenharia.

Retomo o objetivo desta tese, que foi apresentar alternativas e princípios educativos para estimular a aprendizagem da avaliação de impacto tecnológico (AIT) na educação em engenharia e na formação inicial e continuada do professor-engenheiro.

Para alcançá-lo me propus fundamentar e caracterizar uma concepção sobre avaliação de impacto tecnológico (Capítulo 2), e de forma sintética, pode-se dizer que se qualifica como um exercício acadêmico, baseado na problematização do fazer tecnológico, cujo fim é desvelar as concepções ingênuas sobre a Ciência e a Tecnologia e abrir espaço para a reflexão acerca das possíveis implicações que as atividades da engenharia podem desencadear, de modo a despender ações para preveni-las. Subjacente a essa idéia se encontra a inclusão da variável ambiental nessa avaliação, identificada no processo de pesquisa como uma questão ausente das atividades que envolvem análise de tecnologia nos cursos pesquisados.

Procurei identificar a compreensão de alunos e professores sobre a ciência e a tecnologia e, para tanto, busquei uma aproximação com a dinâmica da investigação temática (FREIRE, 1987). Assim, a pesquisa empírica teve a ver com as 3 etapas iniciais da investigação temática. Ao elaborar o protocolo de pesquisa, propus cenários e situações a que alunos e professores foram expostos, como num processo de codificação inicial. As duas etapas seguintes foram realizadas na seqüência do trabalho que envolveu a análise dos dados e a identificação (codificação) da cultura primeira (SNYDERS, 1988) dos sujeitos sobre as situações apresentadas.

Os resultados empíricos a respeito da AIT, apontaram para o desconhecimento dos professores a respeito do Art. 4º item XI das DCN's que recomenda avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental, de modo a estimular o desenvolvimento da compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Mais grave do que isso, para parte significativa dos pesquisados, agora professores e alunos, esta questão não está presente em seu universo de preocupações, isso os enquadrou no nível de consciência real efetiva/consciência ingênua, enquanto as percepções sobre ciência e tecnologia se mostraram ligadas aos mitos da neutralidade da ciência e da tecnologia, determinismo tecnológico e tecnocracia, como apresentado no Capítulo 3. Ainda procurei caracterizar no processo de formação de engenheiros, elementos que estimulam ou impedem a problematização ambiental e o exercício de avaliação de impacto tecnológico e o resultado se mostrou em termos de impedimentos caracterizados por: um ensino fragmentado, com tendências tecnicistas, reprodutivo, e com forte ênfase na eficiência.

Utilizando a linguagem de Paulo Freire, diria que a consciência máxima possível relativa à AIT equivale ao “inédito viável” que necessita ser percebido pelos pesquisados, mas não sem antes terem sido problematizados. Assim, as contradições que se apresentaram nada mais são do que indicativos de pontos para intervenção, aos quais dirijo um olhar de educadora que pensa em transformação, nesse sentido Freire (1987) e Snyders (1988) colocam a problematização como eixo estruturador para o enfrentamento das contradições, como exposto no Capítulo 4.

Com isso posto, a etapa que se seguiu, a redução temática, configurou-se na proposta apresentada como alternativa/princípios educativos para estimular a aprendizagem da AIT na educação em engenharia e na formação inicial e continuada do professor-engenheiro (Capítulo 4), em que a problematização e a dialogicidade têm a ver com o processo educativo e se configura como o diálogo entre conhecimentos em uma situação educativa, a ponto de provocar a reflexão e a conscientização crítica.

Assim, na tessitura desta tese, pode-se perceber que a rede de relações que integram a ATT, não permite que a mesma possa ser compreendida com um único olhar, por isso a necessidade de integração entre disciplinas, guiada pelo conhecimento tecnocientífico contextualizado pelo enfoque CTS.

Ficou claro também, que o esforço para a construção de uma percepção de ATT, se baseia na integração da variável ambiental nas atividades de avaliação de tecnologias, por meio do diálogo entre o conhecimento científico e as necessidades do outro (ambiente/pessoas); no olhar questionador e crítico sobre as imbricações CTS, de modo a levar a uma compreensão da dinâmica atual de desenvolvimento e a refutar suas incongruências e ao fortalecimento dos processos negociados de tomadas de decisão. Nesse ponto se insere a contribuição que as práticas freirianas podem dar a esse processo de superação das contradições identificadas.

Da mesma forma, requer docentes capazes de promover o diálogo entre conhecimentos, de maneira a propiciar a problematização e a reflexão crítica. Contudo, os dados apresentados, indicam que a maioria dos professores ainda não estão preparados para essa tarefa, situação que se configura como o grande desafio a ser enfrentado.

Essa necessidade é reconhecida por Nóvoa (1995) que pondera: A formação deve estimular uma perspectiva crítico-reflexiva, que forneça aos professores os meios de um pensamento autônomo e que facilite as dinâmicas de auto-formação participada. Estar em formação implica um investimento pessoal, um trabalho livre e criativo sobre os percursos e os projetos próprios, com vista à construção de uma identidade, que é também uma identidade profissional.

Nessa perspectiva, Freire (1987), acrescenta que a educação precisa ter como objetivo primeiro a conscientização, isto é, que, antes de tudo, provoque uma atitude crítica, de reflexão, que comprometa a ação. Aí se estabelece o desafio, levar os professores à reflexão e ao comprometimento com a renovação de suas visões.

É assim, que a alternativa apresentada para o trabalho didático-pedagógico, poderá subsidiar também ações nos cursos de formação inicial e continuada de professores, utilizando-se inclusive de novas temáticas de acordo com as lacunas levantadas. Por isso, o presente trabalho não se limita à apresentação dos resultados, mas se apropria das questões problematizadas no levantamento empírico, para juntamente com as questões levantadas, subsidiar opções de continuidade e de intervenção no que diz respeito à formação do engenheiro e de seus professores.

Desse modo, importa oferecer aos docentes, oportunidade de renovar-se, rever seus conceitos, reavaliar seus métodos, refletir sobre suas concepções, em busca de uma prática docente crítica-reflexiva, de forma a tornar os alunos, não um depósito de conhecimentos estanques, mas sujeitos da própria aprendizagem, capazes de intervir no mundo ética e responsabilmente.

Cabe aqui salientar que os dados levantados não encobrem os caminhos que já estão sendo trilhados, no sentido de mudança. Vários trabalhos citados ao longo do texto, demonstram essa realidade, o processo pode parecer lento, mas está acontecendo, e dele não se pode distanciar, se o interesse é o projeto de uma outra sociedade, mais crítica, menos individualista, competitiva, se o que o coração deseja é o exercício da solidariedade, da harmonia, do amor pela vida e da realização de todos como seres universais que somos.

Então, se é isso que espero, não posso me esquivar de uma prática docente crítica, que permita ao aluno a percepção da realidade, de forma desvelada, como sujeito iniludível. Nesse sentido, espelho-me em Freire (1992), para dizer:

E não se diga que, se sou professor de biologia, não posso me alongar em considerações outras, que devo apenas ensinar biologia, como se o fenômeno vital pudesse ser compreendido fora da trama histórico-social, cultural e política. Como se a vida, a pura vida, pudesse ser vivida de maneira igual em todas as suas dimensões na favela, no cortiço ou numa zona feliz dos “Jardins” de São Paulo. Se sou professor de biologia, obviamente, devo ensinar biologia, mas ao fazê-lo, não posso seccioná-la daquela trama.

O esforço realizado na execução deste trabalho representa o desejo de contribuir para a efetivação de uma educação totalizadora, capaz de superar os liames da fragmentação. Almejo, pois, que esta contribuição se torne realidade. Contudo, tenho consciência de que este é apenas um ponto levantado, na complexa rede de inter-relações que constitui a temática pesquisada e considero o estudo realizado na perspectiva de minha experiência de vida, como um pequeno passo, dentro do amplo universo da pesquisa, no qual sou um aprendiz.

## LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

As limitações percebidas no decorrer do estudo estão ligadas ao fato de não ter sido possível avaliar os alunos que estão cursando a grade nova, desde que as turmas que a iniciaram se encontravam no meio do curso, como a opção foi pela pesquisa com os alunos formandos,

não foi possível essa realização. Considera-se então que pesquisas futuras poderão ser desenvolvidas com a inclusão desse público.

A compreensão que professores e alunos manifestaram sobre neutralidade da ciência e da Tecnologia, também se configurou como uma questão para estudos futuros, visto que neste texto os resultados indicaram ambigüidades na percepção dos entrevistados, além de existirem outros aspectos relacionados aos mitos da neutralidade que merecem ser aprofundados.

Outra limitação diz respeito à grande gama de inter-relações que abrangem a temática estudada, as quais não permitiram que se adentrasse a todos os aspectos pertinentes, em função do risco de se cair na superficialidade, como é o caso de alguns enfoques ligados aos estudos CTS e a questões como adequação sociotécnica, formação para participação pública na tomada de decisões relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias, assim como às questões ligadas a valores e à formação do professor-engenheiro. Apesar de avaliar que essas temáticas apresentam alto grau de importância para a educação científica e tecnológica, e inclusive para a aprendizagem da AIT. No entanto, ao mesmo em tempo que se configuram como limitações, indicam caminhos para novas pesquisas.

## REFERÊNCIAS

---

ABBAGNANO, N. **Nomes e temas da filosofia contemporânea**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1990.

ABIPTI (Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica). **Programa Inova Engenharia**. Inovação Tecnológica. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010175060601>> Acesso em: jun. 2006.

ACEVEDO, G. R. Ciência, tecnologia y sociedad: una mirada desde la educación em tecnologia. **Revista Iberoamericana de Educación**, Ciência, Tecnologia y Sociedad Ante la Educación. Madrid. Espanha : OEI, n.18, p.107-143, sep./dic. 1998.

ACEVEDO, J. A. **Educación tecnológica desde una perspectiva CTS**: una breve revisión del tema. Sala de Lecturas CTS+I de la OEI. 2001. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm>>. Acesso em: 5 mai. 2004.

\_\_\_\_\_; **La formación del profesorado de enseñanza secundarias para la educación CTS**: una cuestión problemática. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo9.htm>>. Acesso em: set. 2001.

\_\_\_\_\_; Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. **Revista Eureka**, v.3, n.2, p.198-219, 2006.

\_\_\_\_\_; **¿Qué puede aportar la historia de la tecnología a la educación CTS?** Sala de Lecturas CTS+I de la OEI. 2001. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm>>. Acesso em: 7 out. 2007.

\_\_\_\_\_; Relexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v.1, n.1, p.3-16, 2004.

\_\_\_\_\_; et al. Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. **Educación Química**, v.13, n.16, p.272-282, jul. 2005.

\_\_\_\_\_; et al. Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.2, n.3, 2003. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/>>. Acesso em: abr. 2007.

\_\_\_\_\_; et al. Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.2, n.2, 2003. Disponível em: <[www.saum.uvigo.es/reec/](http://www.saum.uvigo.es/reec/)>. Acesso em: mar. 2006.

AGAZZI, E. **El bien, el mal y la ciencia: las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica**. Madrid: Tecnos, 1996.

AIKENHEAD, G. S.; FLEMING, R. W.; RYAN, A. G. High school graduates beliefs about science-technology-society: I. Methods and issues in monitoring students views. **Science Education**, v.71, n.2, p.145-161, 1987.

\_\_\_\_\_; RYAN, A. G. **The development of a multiple choice instrument for monitoring views on science-technology-society topics (Final report of SSHRCC Grant)**. Saskatoon: University of Saskatchewan, Department of Curriculum Studies, 1989.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. The development of a new instrument: “Views on science-technology-society” (VOSTS). **Science Education**, v.76, n.5, p.477-491. 1992. Disponível em: <[http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts\\_2.pdf](http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts_2.pdf)> Acesso em: fev. 2007.

AIRAS, J. M. C. Perspectiva histórica de la tecnología. Historia social del desarrollo científico y tecnológico. In: ALONSO, A.; AYESTERÁN, I.; ÚRSUA, N. (Coords.) **Para comprender ciencia, tecnología y sociedad**. Spain: Editorial Verbo Divino, 1996.

ALONSO, A. Lewis Mumford y la historia de la máquina. In: ALONSO, A.; AYESTERÁN, I.; ÚRSUA, N. (Coords.) **Para comprender ciencia, tecnología y sociedad**. Spain: Editorial Verbo Divino, 1996.

ALVES, R. **Entre a ciência e a sapiência: o dilema da educação**. São Paulo: Loyola, 2005.

ALVIM, P. C. R. **O papel de CT&I na inclusão social: foco de emprego e renda**. Centro de Gestão de Estudos Estratégicos- CGEE. Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, DF: Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, 2005.

ANASTAS, P. T.; ZIMMERMAN, J. B. Design through the 12 principles green engineering. **Environmental Science of Technology**; v.37, n.5, p.94A-101A, mar., 2003. Disponível em: <[http://pubs3.acs.org/acs/journals/supporting\\_information.page?in\\_coden=esthag&in\\_volume=37&in\\_start\\_page=94A](http://pubs3.acs.org/acs/journals/supporting_information.page?in_coden=esthag&in_volume=37&in_start_page=94A)>. Acesso em: 25 set. 2005.

ARAUJO, A. F. **Aplicação de metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil**. 2002. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.

AROCENA, R.; SUTZ, J. **Subdesarrollo e innovacion**: navegando contra o vento. OEI, Madri: Cambridge University Press, 2003.

ASSUNÇÃO, J. V. de; MALHEIROS, T. F. Poluição Atmosférica. In: PHILIPPI JR, A.; PELICIONI, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri. São Paulo, 2005.

AULER, D. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. 2002. 248f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D. “Movimento ciência-tecnologia-sociedade (CTS): modalidades, problemas e perspectivas em sua implementação no ensino de física”. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998. **Atas...** Florianópolis: SBF, 1998.

\_\_\_\_\_; Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Revista Ciência & Ensino**, v.1, número especial, nov 2007. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/issue/view/109> Acesso em : jul.2008.

\_\_\_\_\_; DELIZOICOV, D. Visões de professores sobre as interações entre ciência-tecnologia-sociedade(CTS). ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 2. 1999. **Atas...** Valinhos, 1999.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Ciência-tecnologia-sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.5, n.2, p.337-355, 2006. Disponível em: <[http://www.saum.uvigo.es/reec/volumen5/ART8\\_vol5\\_n2.p](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumen5/ART8_vol5_n2.p)> Acesso em: fev. 2007.

AZEVEDO, J. C. de. Introdução. In: SILVA, L. H.; AZEVEDO, J. C. de; SANTOS, E. dos. **Novos mapas culturais novas perspectivas educacionais**. Porto Alegre: Sulina, 1996. p.11-13.

BACK, N; OGLIARI, A; DIAS, A; SILVA, J. C. da. **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.

BASTOS, J. A. A educação tecnológica: fundamentos, perspectivas e prospectivas. **Tecnologia & interação**, Curitiba CEFET-PR/BRASIL, Coletânea “Educação e Tecnologia” CEFET-PR, p.31-52, dez. 1998.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Eds.) **Pesquisa qualitativa com texto**: imagem e som: um manual prático. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade**: o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: UFSC, 1998.

\_\_\_\_\_. Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica. **Revista eletrônica da OEI** (Organização dos Estados Ibero-americanos). Sala de Lectura. Disponível em: <<http://www.oei.es.htm>> Acesso em: 20 abr. 2004.

\_\_\_\_\_. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. **Revista Iberoamericana de Educação Tecnológica**, Madri, n.28, jan.-abr., 2002. Disponível em: <http://www.campus-oei.org/revista/rie28f.htm> Acesso em 20 abr. 2004.

\_\_\_\_\_; LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). **Cadernos de Ibero-América**, Madri: OEI – Organização dos estados Ibero-americanos para a educação, a ciência e a cultura, 2003.

\_\_\_\_\_; NITSCH, J. C.; TOZZI, M. J. Engenheiro-professor ou Professor-engenheiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2004, Brasília. COBENGE 2004. Brasília: UnB-ABENGE, 2004.

\_\_\_\_\_; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: UFSC, 2006.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. LINSINGEN, I. **Inovação tecnológica ou Inovação Social?**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31., 2003, Rio de Janeiro, 2003a. v.1. p.01-09.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **O enfoque CTS e a formação em engenharia: convergências curriculares**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31., 2003, Rio de Janeiro, 2003b. v.1. p.01-12.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **Educação tecnológica**: enfoques para o ensino de engenharia. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 2008.

BENAKOUCHE, T. Tecnologia é sociedade: contra a noção de impacto tecnológico. **Caderno de Pesquisa**, n. 17. Florianópolis: PPGSP/UFSC, set, 1999.

BERNAL, J. D. **Ciência na história**. Lisboa: Livros Horizonte, 1969. v.7.

BIJKER, W. E., HUGHES, T. P., PINCH, T. (Eds.) **The social construction of technological systems**: new directions in the sociology and history of technology. Cambridge: The MIT Press, 1987.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994. 333 p.

BRASIL. Parecer CNE/CES 1.362/2001 de 12/12/2001. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Cursos de Graduação em Engenharia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 fev. 2002a. Seção 1, p. 17.

\_\_\_\_\_. Resolução CNE/CES 11 de 11 de março de 2002. **Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Cursos de Graduação em Engenharia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 abr. 2002b. Seção 1, p. 32.

BRITO, A. A china é um péssimo exemplo. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 31 jan. 2006.

BRUNETTI, M. E. **Sobre a construção de uma ferramenta educacional para a formação profissional do designer a partir de uma seleção de princípios para o design sustentável: um experimento no curso de desenho industrial da PUC-PR**. 2005, 260 f. Tese (Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

BRYAN, N. A. P.. Desafios educacionais da presente mutação tecnológica e organizacional para a formação de professores do ensino tecnológico. In: BICUDO, M. A. V; SILVA JUNIOR, C. A. da (orgs). **Formação do educador: dever do estado, tarefa da Universidade**. São Paulo : Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996. p. 39-47.

BUARQUE, C. **A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.

\_\_\_\_\_. **Admirável mundo atual: dicionário pessoal dos horrores e esperanças do mundo globalizado**. São Paulo: Geração Editorial, 2001.

BURSZTYN, M. (org.) **Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2001.

BYBEE, R. W. Planet Earth in crisis: how should science educators respond? **The American Biology Teacher**, v.3, n.53, p.146-153, 1991.

\_\_\_\_\_. Toward an understanding of scientific literacy. In: GRÄBER, W.; BOLTE, C. (Eds.). **Scientific Literacy**. Kiel: IPN, 1997. p.37-68.

\_\_\_\_\_. Achieving technological literacy: a national imperative. **The technology teacher**, p.23-28. September, 2000.

CAJAS, F. Public understanding of science: using technology to enhance school science in every day life. **International Journal of Science Education**, v.17, n.21, p.765-773, 1999.

CAMPANÁRIO, M. A. **Tecnologia, inovação e sociedade**. Seminário VI Módulo de la Cátedra CTS I. OEI y Colciencias, Colômbia, 2002. Sala de Lectura. Disponível em: <<http://www.oei.es.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2007.

CARLETTO, M. R. **Abordagem ambiental: perspectivas e possibilidades de uma prática pedagógica integradora**. 1999. 115 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia, área de concentração Educação Tecnológica), CEFET-PR, Curitiba 1999.

\_\_\_\_\_; SANT'ANNA, F. S. P. Desenvolvimento sustentável: limitações e possibilidades. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL. 5., 2006. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2006.

\_\_\_\_\_; LINSINGEN, I.; DELIZOICOV, D. Contribuições a uma educação para a sustentabilidade. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDAD E INNOVACIÓN; Ciência, Tecnologia e Innovación para el desarrollo em Iberoamérica. 1., 2006. **Anais...** Mesa 16: Década para uma educación para la sostenibilidad. México DF, 2006.

\_\_\_\_\_; BAZZO, W. A. A contribuição do enfoque CTS para a abordagem da problemática ambiental no ensino de engenharia. **Revista Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ano 13 N.1 Abr., 2007.

\_\_\_\_\_; LINSINGEN, I. Educação em Engenharia e a emergência planetária. In: CONGRESO ARGENTINO DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, 1., 2007. Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. 5 y 6 de Julio de 2007.

CARSON, R. **Silent Spring**. Nueva York: Houghton Mifflin, 1962.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. Docência em Formação – Problemáticas transversais. São Paulo: Cortez, 2004.

CASAGRANDE JR., E. F. Inovação e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface. **Revista Educação & Tecnologia**, Curitiba, v.18, 2004.

CHACON, S. S. **Reflexões sobre a crise ambiental: uma viagem até suas origens**. Conselho Federal de Economia (COFECON). Disponível em: <<http://www.cofecon.org.br>>. Acesso em: mar. 2008.

CHÉRCOLES, D. M. **Tecnología para el desarrollo**: hacia una comprensión de las relaciones entre tecnología, sociedad y desarrollo. Ingeniería Sin Fronteras España: Biblioteca Virtual, OEI. Sala de lectura CTS+I, 2007.

CHRIST, H. **Fundamentos da ética engenheiril**. Prefácio. Dürsseldorf – Alemanha: VDI The Association of Engineers, 2002.

COLOMBO, C. **Princípios teóricos práticos para a formação de engenheiros civis: em perspectiva de uma construção civil voltada para a sustentabilidade**. 2004. p. 348. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONFEA (Conselho Federal de Engenharia Arquitetura e Agronomia). **Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.confesa.org.br>> Acesso em 10 jun 2008.

CREDENDIO, J. F; BALAZINA, A. Poluição piora na grande São Paulo e migra para o interior e litoral. **Folha de São Paulo**, São Paulo, Cotidiano, p.4, 02 de março de 2008.

CRESPO, S. “Uma visão sobre a evolução da consciência ambiental no Brasil nos anos 1990”. In: TRIGUEIRO, A. (Coord.). **Meio ambiente no século 21**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro: Sextante, p.58-73, 2003.

CRUZ, O. N. O trabalho de campo como descoberta e criação. In: MINAYO, M. C. de S. (Org.) **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade, 23. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1994.

DAGNINO, R. A relação pesquisa-produção: em busca de um enfoque alternativo. In: SANTOS, L. et al. (Orgs.) **Ciência, tecnologia, sociedade**: o desafio da interação. Londrina: IAPAR, 2004.

\_\_\_\_\_. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico**: um debate sobre a tecnociência. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.

DE MASI, D. **Diálogos críticos: Domenico Demasi e frei Beto**. Rio de Janeiro: Sextante, 2008.

DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). **Marco general de acción de la declaración de Budapest**. Disponível em: <<http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>>.

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal**. Dissertação de Mestrado (Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1982.

\_\_\_\_\_. **Demandas contemporaneas de la educación em ciências y la perspectiva de Paulo Freire**. Mimeo, 2006.

\_\_\_\_\_. O “ensino de física e a concepção freiriana da educação”. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, 1983. v. 5, n. 2, p. 85-98.

\_\_\_\_\_; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciência**. São Paulo : Cortez, 1990.

\_\_\_\_\_. **Conhecimento, tensões e transições**. Tese de doutorado (Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1991.

\_\_\_\_\_. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (org.) **Ensino de física: conhecimento, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001.

\_\_\_\_\_; et al. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial flekiano. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v.19, nº especial, jun p..52-69, 2002.

\_\_\_\_\_; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

\_\_\_\_\_. Práticas freirianas no ensino de ciências. MATOS, C. (Org.) **Conhecimento científico e vida cotidiana**. São Paulo: Terceira Margem, 2003.

\_\_\_\_\_. La educación em ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. In: **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciencia e Tecnologia**, v.1, n.2, p37-62, jul. 2008.

DELORS, J. **La educación encierra un tesoro**. Madrid: Santillana, 1996.

DIAMOND, Jared. **Colapso: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. 4.ed. Rio de Janeiro: Afiliada, 2006.

ECHEVERRÍA, J. E.; GONZÁLEZ GARCÍA, M. Presentación. In: IBARRA, A.; OLIVÉ, L. (eds.). **Cuestiones éticas en ciencia y tecnología en el siglo XXI: educación, ciencia y cultura**. Madrid: Biblioteca Nueva, OEI, 2003.

EDWARDS, M. **La atención a la situación del mundo en la educación científica.** Tesis doctoral. Universitat de València, 2003.

EDWARDS, M. et. al. El desafío de preservar el Planeta: Un llamamiento a todos los educadores. **Revista Iberoamericana CTS+I**, nº 2, jan-abr, Madri, 2002. Disponível em: <http://www.campus-oei.org/revista/rie28f.htm>. Acesso em: 15 mar 2005.

ESSEX, C.; MCKITRICK, R.; ANDERSEN, B. Does a global temperature exist? **Journal of Non – Equilibrium Thermodynamics**, Berlim, Germany: W. Muschik, Col.32, p.1-17, 2007.

ESTADÃO ONLINE. **China corre o risco de desastre ambiental.** Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/agenda>> Acesso em: 20 jun 2005.

FEENBERG, A. **Critical theory of technology.** Oxford University Press, 1991.

FERNANDES, V. **A dimensão ambiental em organizações produtivas: uma análise da racionalidade da economia de comunhão (EDC).** 2007. 183 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FLECK, L. **La gênisis y el desarrollo de um hecho científico:** introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del coletivo de pensamiento. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica:** acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Colihue, Buenos Aires, 1997.

\_\_\_\_\_. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.8, n.2, ago. 2003.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. 31.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

\_\_\_\_\_. **Extensão ou comunicação?** 12.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

GERAQUE, E. A. Perigo no ar. **Scientific American Brasil**, v.5, n.54, p.86-90, nov. 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL, D. El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. **Revista Iberoamericana de Educación**. Ciência, Tecnologia y Sociedad Ante la Educación. Madrid, OEI, n.18, sept., dic., p.69-80, 1998.

\_\_\_\_\_; VILCHES, A. Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. **Investigación en la Escuela**, v.43, p.27-37, 2001.

GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, a. **Educación para el desarrollo sostenible**. Universitat de Valencia. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/deds/arqs/perez\\_vilches.pdf](http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/deds/arqs/perez_vilches.pdf)>, Acesso em 19/03/2005.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Algunos obstáculos e incompreensões em torno a la sostenibilidad. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciências**, v.3, n.3, p.507-516, 2006. Disponível em: <[http://www.apac.eureka.org/revista/volumen3/n\\_3\\_3/gil\\_vilches\\_2006.pdf](http://www.apac.eureka.org/revista/volumen3/n_3_3/gil_vilches_2006.pdf)> Acesso em: 11 abr 2007.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. EDWARDS, M.; SANTOS, A. V. dos Las concepciones de los profesores brasileños sobre la situación del mundo. **Investigações em ensino de Ciências**, v.5, n.3, 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n3/13incide.htm>>. Acesso em: jun. 2003.

\_\_\_\_\_; et al. A educação científica e a situação do mundo: um programa de atividades dirigido a professores. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 123-146, 2003.

\_\_\_\_\_; OLIVA, J. M. **Década de la educación para el desarrollo sostenible: algunas ideas para elaborar una estrategia global**. Disponível em: <<http://www.oei.es/decada/estrategia.htm>> Acesso em: 17 maio 2005.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERREZO, J. A.; LUJÁN, J. L. (Eds.). **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Tecnos, 1996.

GORDILLO, M. M.; GALBARTE, J. C. G. Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. In: **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid: p.17-59, 2002.

GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. **Industrial ecology**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1995.

GRUPO DE PESQUISA EM AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA – UFSC. Disponível em: <http://www.ciclodevida.ufsc.br/acv/Main.php?> Acesso em fev./2008

GUERRA, G. Divisão entre ricos e pobres aumenta ainda mais com mudança do clima. Nota da Imprensa. **PNUD 2007**. Disponível em: [http://www.pnud.org.br/arquivos/release\\_desiguald.pdf](http://www.pnud.org.br/arquivos/release_desiguald.pdf). Acesso em: 20 fev 2007.

GUIMARÃES, S. S.M.; TOMAZELLO, M. G.C. “Avaliação das idéias e atitudes relacionadas com a sustentabilidade: metodologia e instrumentos”. **Ciência & Educação**, v.10, n.2, p. 173-183, 2004.

HAVAS, A. Prospecção tecnológica na Hungria: política e lições metodológicas. **Parcerias Estratégicas**, n.21, p.235-271, dez. 2005.

HERCULANO, S. C. “Do desenvolvimento (in)suportável à sociedade feliz”. In: GOLDENBERG, Mirian (Org.) **Ecologia, ciência e política: participação social, interesses em jogo e luta de idéias no movimento ecológico**. Rio de Janeiro : Revan, 1992, p.9-48.

HICKS, D.; HOLDEN, C. Exploring the future a missing dimension in environmental education. **Environmental Education Research**, v.1, n.2, p.185-19, 1995.

HULME, M. Discurso catastrófico sobre clima se distancia da ciência. **Folha On Line- BBC**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/bbc/ult272u61803.shtml>> Acesso em: 06 abr 2007.

IBARRA, A.; OLIVÉ, L. (Eds.) **Cuestiones éticas en ciencia y tecnología en el siglo XXI: educación, ciencia y cultura**. Madrid: Biblioteca Nueva, OEI, 2003.

INSTITUTO EUVALDO LODI (IEL). Núcleo Nacional. **Inova engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil**. Brasília: IEL.NC/SENAI. DN, 2006. 103 p.

INSULZA, F. M. **Ciência, tecnologia, engenharia e inovação: uma visão para as Américas no século XXI**. Prefácio 2.ed. Organização dos estados americanos (OEI). Washington D.C., 2005. p.10.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **This Summary for Policymakers was formally approved at the 10th Session of Working Group I of the IPCC**, Paris, February 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 23 fev 2007.

JICKLING, Bob. Why don't want my children to be educated for sustainable development. In: **Journal of Environmental Education**, Washington DC, USA: Heldref Pub., v.23, n.4, p.5-8, 1992.

JOINT CENTRE FOR BIOETHICS. **Ciência, tecnologia e inovação como motores do desenvolvimento**. Canadá, 2005. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>> Acesso em: 14 jan 2005.

JONAS, H. **El principio de la responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Barcelona: Editorial Herder, 1995.

KIPERSTOK, A. Tecnologias limpas: porque não fazer já o que certamente virá amanhã. Revista **TECBAHIA- Revista Baiana de tecnologias**, Camaçari - Ba, v. 14, n.2, p.45-51, 1999.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1989.

LACEY, H. **Valores e atividade científica 1**. São Paulo: Editora 34, 2008. (Associação Filosófica Scientia Studia.)

LATOUR, Bruno. A Etnografia das ciências. In: LATOUR, Bruno. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997. cap. 1. p.9-31.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.

\_\_\_\_\_. **Racionalidade ambiental**: reapropriação social da natureza. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LEONARD, A. (Produção e Apresentação). **A história das coisas**. Range Studios; TIDES FOUNDATION; Funders Workgroups for Sustainable. Disponível em: [www.unichem.com.br](http://www.unichem.com.br) Acesso em: 04 de nov. 2008. (vídeo on-line).

LIANZA, S.; ADDOR, F. (Orgs). **Tecnologia e desenvolvimento social e solidário**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. (Sociedade e Solidariedade).

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. CARVALHO, V. F. M. de. Solidariedade técnica: por uma formação crítica no desenvolvimento tecnológico. In: LIANZA, S.; ADDOR, F. (orgs). **Tecnologia e desenvolvimento social e solidário**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. (Sociedade e Solidariedade).

LINSINGEN, I. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Educação. **Engenharia, tecnologia e sociedade** : novas perspectivas para uma formação. Florianópolis, 2002. 221 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação.

\_\_\_\_\_. **O enfoque CTS e a educação tecnológica**: origens, razões e convergências curriculares. NEPET. UFSC, 2004. Disponível em: <http://www.nepet.ufsc.br/Artigo>>. Acesso em: 17 ago 2006.

\_\_\_\_\_. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n.esp., nov. 2007. Disponível em:

<<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/issue/view/15>> Acesso em: jul. 2008.

\_\_\_\_\_; et al (Orgs.). **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas da educação tecnológica.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

LÓPEZ CERREZO, J. A. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación.** Madrid, n.18, p.41-68, 1998.

\_\_\_\_\_; VALENTI, A. **Educación tecnológica em el siglo XXI.** Sala de Lectura CTS+I. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/edutecsigloxxi.htm>> Acesso em: 04 nov 2005.

\_\_\_\_\_; LUJÁN, J. L. **Ciencia y política del riesgo.** Madrid: Alianza, 2000.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Filosofía de la tecnología. Presentación. Teorema. **Revista Internacional de Filosofía,** Sala de Lectura – OEI: Tecnos, v.17, n.3, 1998.

LUFFIEGO, G.; RABADÁN, V. La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias,** España, v.18, n.3, p.473-486, 2000.

LUJÁN, J. L.; CERREZO, J. A. L. De la promoción a la regulación. El conocimiento científico en las políticas públicas de Ciencia e Tecnología. In: LUJÁN, J. L.; ECHEVERRÍA, J. **Gobernar los riesgos: ciencia y valores en la sociedad del riesgo.** Madrid: Biblioteca Nueva – OEI, 2004.

\_\_\_\_\_; VALENTI, A. **Educación tecnológica em el siglo XXI.** Sala de Lectura CTS+I. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/edutecsigloxxi.htm>> Acesso em: 04 nov 2005.

LUZZI, D. Educação ambiental: pedagogia, política e sociedade. In: PHILIPPI JR, A.; PELICIONI, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade.** Barueri. São Paulo, 2005.

MACHADO, C. J. S. As relações entre tecnologia, inovação e sociedade. **DataGramZero – Revista de ciência da Informação,** v.7, n.1, fev. 2006. Disponível em: <<http://www.dgz.org.br/fev06/Art02.htm>>. Acesso em: 18 abr 2007.

MAIZTEGUI, A.; et al. Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. **Revista Iberoamericana de Educación.** Enseñanza de la Tecnología. Madrid: OEI, n.28, 2002, pp. 129-155.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A. **Opinions sobre ciència, tecnologia i societat**. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, 1998.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; ACEVEDO, J. A. **Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat**. Illes Balears, Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears, 2001.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Edusp, 2005.

MARCO, B. La alfabetización científica, en Perales, F. y Cañal, P. (Eds.). **Didáctica de las ciencias experimentales**. Alcoi: Marfil, 2000. pp. 141-164.

MARQUES, I. da C. Engenharias brasileiras e a recepção de fatos e artefatos. Prefácio. In: LIANZA, S.; ADDOR, F. (orgs). **Tecnologia e desenvolvimento social e solidário**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. (Sociedade e Solidariedade)

MARX, K. **O capital: crítica da economia política**. 10.ed.São Paulo: Difel, 1985.

MATURANA, H. R; VARELA, F. G. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano**. Campinas, SP : Editorial PSY II, 1995.

MEDINA, M. **Mito de la teoría y filosofía de la tecnología**. Barcelona: Editorial Anthropos, 1989. p.3539.

MELMAN, S. **Depois do Capitalismo: do gerenciamento à democracia no ambiente de trabalho: história e perspectiva**. São Paulo: Futura, 2002.

MENDIZÁBAL, G. A.; et al. Desarrollo de una Guía de Evaluación de Impacto Social para Proyectos de I+D+I. **Revista Iberoamericana CTS+I**, n. 5, Jan-abr, Madri, 2003. Disponível em:<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero5/index.html>. Acesso em: 07 mar 2005.

MENÉNDEZ, P. G. Las estrategias de resolución de problemas y el estudio científico del riesgo: el caso de los alimentos transgénicos. In: LUJÁN, J. L.; ECHEVERRÍA, J. **Gobernar los riesgos: ciencia y valores en la sociedad del riesgo**. Madrid: Biblioteca Nueva – OEI, 2004. p. 263-287.

MENEZEZ, L. C. Paulo Freire e os fícios. In: GADOTTI, M. (org.) **Paulo Freire: uma bibliografia**. São Paulo: Ed. Cortez; Instituto Paulo Freire; Brasília, DF: UNESCO, 1996.

MITCHAN, C. L. **¿Qué es la filosofía de la tecnología?** Barcelona: Editorial Anthropos. 1989. p. 214.

\_\_\_\_\_; **Thinking through technology: the path between engineering and philosophy.** Chicago: University of Chicago Press, 1994.

\_\_\_\_\_; Los estudos de ciência, tecnologia y sociedad. Uma introdução conceptual. In: ALONSO, Andoni; AYESTARÁN, Ignacio; URSÚA, Nicanor (Coord.). **Para compreender ciência, tecnologia y sociedad.** Espanha: Editorial Verbo Divino, 1996. p.09-12.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias.** 2. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004.

MORAES, E. C. de. **A compreensão da problemática ambiental: condição fundamental para seu enfrentamento.** (DIGIT) UFSC/BASIL, Santa Catarina, 1995.

\_\_\_\_\_. Abordagem relacional: uma estratégia pedagógica para a educação científica na construção de um conhecimento integrado. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., Bauru, 2003. **Anais....** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003. (CD-Rom)

MOREIRA, H. Pesquisa educacional: reflexões sobre os paradigmas de pesquisa. In: FINGER, Almeiri et al. **Educação: caminhos e perspectivas.** Curitiba: Champagnat, 1996. p.19-42.

MORIN, E. Organization and complexity. **Annals of the New York Academy of Science**, n.879, p.115-121, 1999.

MOURA, L. A. B. **Qualidade e gestão ambiental.** São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002.

MUCCI, J. L. N. Introdução às ciências ambientais. In: PHILIPPI JR, A.; PELICIONI, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade.** Barueri. São Paulo, 2005.

NASCIMENTO, T. G.; LINSINGEN, I. “Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências”. **Memórias ESOCITE 2006**, VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnologia. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2006. < <http://www.ocyt.org.co/esocite/>>

NIINILUOTO, I. **Ciência frente a tecnologia: ¿diferencia o identidad?** [s.l.]: Arbor, 1997. p.285-299

NÓVOA, A. (Coord.) **Os professores e sua formação.** 2.ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1995.

NÚÑEZ, J. **La ciência e la tecnologia como processos sociais**: lo que la educación científica no debería olvidar. Habana: Editorial Félix Varela, 1999.

\_\_\_\_\_. Los estudios de ciência, tecnologia y sociedad: una introducción conceptual. In: ALONSO, A.; AYESTARÁN, I.; URSÚA, N. (Coords.). **Para comprender ciencia, tecnología y sociedad**. Spain: Editorial Verbo Divino, 1996. p.09-12.

OLIVÉ, L. Ética aplicada a las ciencias naturales y la tecnologia. In: OLIVÉ, L.; IBARRA, A, (Eds.). **Cuestiones éticas en ciencia y tecnología en el siglo XXI**: educación, ciencia y cultura. Madrid: Biblioteca Nueva, OEI, 2003. p.181-223.

OSORIO, C. M. La educación científica y tecnológica desde el enfoque em ciência, tecnologia y sociedad: aproximaciones y experiências para la educación secundaria. **Revista IberoAmericana de Educación**, n.28, Enseñanza de la Tecnologia: OEI, jan.,abr., 2002.

OS PRINCIPAIS pontos da síntese do IPCC em Valência. **UOL Notícias Internacional**. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2007/11/17/ult34u193198.jhtm>> Acesso em: 17 nov. 2007.

PACEY, A. **La cultura de la tecnología**. [México]: Fondo de Cultura Económica, 1990.

PAULI, G. **Upsizing**: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição. Porto Alegre: Fundação Zeri Brasil. L&PM, 1998.

PELICIONI, A. F. Trajetória do movimento ambientalista. In: PHILIPPI JR, A. et al. **Curso de gestão ambiental**. São Paulo: Manole, 2000. cap.12.

\_\_\_\_\_. Movimento ambientalista e educação ambiental. In: PHILIPPI JR, A.; PELICIONI, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri. São Paulo, 2005.

PELICIONI, M. C. F. Bases políticas, conceituais, filosóficas e ideológicas da educação ambiental. In: PHILIPPI JR, A.; PELICIONI, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri. São Paulo, 2005.

PELIZZOLI, M. L. **Correntes da ética ambiental**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). **Para lá da escassez**: poder, pobreza e a crise mundial da água. Relatório de Desenvolvimento Humano – RDH 2007.

PONTUSCHKA, N. (Org.) **Ousadia no diálogo**: interdisciplinaridade na escola pública. São Paulo: Edições Loyola, 1993.

POSTMAN, N. **Tecnopólio**: a rendição da cultura à tecnologia. São Paulo: Nobel, 1994.

RAVALLION, M. **New poverty estimates for the developing world**. The World Bank, 2008. Disponível em: <http://econ.worldbank.org/staff>. Acesso em 30/08/2008.

REDE LIE CTS (Rede Latino-Americana Interuniversitária de Ensino de Ciência, Tecnologia e Sociedade na Universidade). **Documento fundador**. Santa Fé (Argentina): Universidade Nacional del Litoral, 2008.

REIGOTA, M. Ciencia e sustentabilidad: contribución de la investigación em educación ambiental em Brasil. **Trayectorias**, v.7, n.20/21, p.89-99, jan.,ago., 2006.

REIS, D. R. **Gestão da inovação tecnológica**. Barueri. São Paulo: Manole, 2004.

ROCHA NETO, I. **Ciência, tecnologia & inovação**: enunciados e reflexões – uma experiência de avaliação de aprendizagem. Brasília: Universa, 2004.

RONDEROS, P.; VALDERRAMA, A. El futuro de la tecnología: una aproximación desde la historiografía. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación**, Madri, n.5, jan.,abri., 2003.

RUBBA, P. A.; HARKNESS, W. L. Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about science-technology-society interactions. **Science Education**, v.77, n.4, p.407-431, 1993.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

\_\_\_\_\_. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. (Org.) **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1993.

SANMARTÍN, J.; et al. **Estudios sobre sociedad y tecnología**. Barcelona: Anthropos, 1992.

SANMARTÍN, J. **Prefacio: Tecnología y ecología**. Muchos problemas y unas pocas soluciones. VII Biental for Philosophy and Technology, Peñíscola: Instituto de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología (INVESCIT), 1993. Disponível em: <http://www.oei.org.co/cts/tef00.htm> Acesso em: 25 mar 2006.

\_\_\_\_\_; ORTÍ, A. Evaluación de tecnologías. IN: Sanmartín, J et al (eds) **Estudios sobre sociedad y tecnología**. Barcelona: Anthropos, 1992.

SANMARTÍN, J.; HRONSZKY, I. (Eds.) **Superando fronteras: estudios europeos de ciencia- tecnología-sociedad y evaluación de tecnologías**. Barcelona: Anthropos, 1994.

SANTOS, N. A era do conhecimento: os novos desafios para os profissionais de engenharia. CONFEA (Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia). In: CONGRESSO NACIONAL DOS PROFISSIONAIS, 5., SEMANA OFICIAL DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 61., 30 nov. a 04 dez. 2004.

SAVIANI, D. O trabalho como princípio educativo frente às novas tecnologias. In: FERRETTI, C. J.; ZIBAS, D.; MADEIRA, F.; FRANCO, M. L. (Orgs.) **Novas tecnologias, trabalho e educação: um debate multidisciplinar**. Petrópolis: Vozes, 1994.

SCHÄFER, L.; Schenelle, T. Los fundamentos de la vision sociológica de Ludwik Fleck de la teoria de la ciencia. In: FLECK, L. **La gênesis y el desarrollo de um hecho científico: introducción a la teoria del estilo de pensamiento y del coletivo de pensamento**. Madrid: Alianza Editorial, 1986. p.9-42.

SCHOT, J. W. Constructive technology assesment and technology dinamics: the case of clean technologies. **Science, Technology & Human Values**, v.17, n.1, p. 36-56, 1992.

\_\_\_\_\_. Evaluación constructive de tecnologías y dinámica de tecnologías: el caso de las tecnologías limpias. In: GONZÁLES GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERREZO, J. A.; LUJÁN, J. L. (Eds.). **Ciencia, tecnologia y sociedad: lecturas seleccionadas**. Barcelona: Editorial Ariel, 1997. p.205-223

\_\_\_\_\_; RIP, A. The past and future of constructive technology assessment. **Technology Forecasting and Social Change**, v.54, p.251-268, 1997.

SENAI-RS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas- CNTL SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003. 42 p.

SHRADER-FRECHETTE, K. Technology assessment, expert disagreement, and democratic procedures. **Research in Philosophy & Technology**, New York, v.8, 1985.

SHYMIZU, H. **Inovação tecnológica como prioridade nº 1**. Agência FAPESP. Disponível em:<[www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br)>. Acesso em: 02 mar 2006.

SILVA, D. O engenheiro que as empresas querem hoje. In: LINSINGEN, I.; et al (Orgs.). **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas da educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SILVEIRA, R. M. C. F. **Inovação tecnológica na visão dos gestores e empreendedores de Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica do Paraná (IEBT-PR): desafios e**

perspectivas para a educação tecnológica. 2007. 257 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SMITS, R. E. H. M.. State of the art of technology assesement in europe. **Informe de la Comisión de las Comunidades Europeas**, 1990.

\_\_\_\_\_; J. LEYTEN; P. D. HERTOOG. Technology assessment and technology policy in Europe: New concepts, new goals, new infrastructures. **Policy Sciences**, n.28, p.271-299, 1995.

SNYDERS, G. **Pedagogia progressista**. Coimbra: Livraria Almedina, 1974.

\_\_\_\_\_. **Alegria na escola**. São Paulo: Manole, 1988.

SOLBES, J.; VILCHES, A. Las interacciones CTS en los nuevos textos de secundaria. In: BANET. E.; de PRO, A. **Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias**. v.1, pp.142-147, 1998.

SOLBES, J.; VILCHES, A. Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. **Enseñanza de las ciencias**, v.22, n.3, p. p.337-348. 2004.  
Disponível em: <<http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521V22N3P337.pdf>>

STERLING, S. **Sustainable education, reversioning learning and change**. Bristol: Schumacher Society, 2001.

TAYRA, F. A crise ambiental e o papel das novas tecnologias da informação: além do domínio da técnica. Scripta Nova. **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2004, vol. VIII, núm. 170(41). Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170-41.htm>>. Acesso em 20 abr. 2008.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.9, n.2, p.177-190, 2003.

TODT, J. O. **Innovación y regulación**: la influencia de los actores sociales en el cambio tecnológico: el caso de la ingeniería genética agrícola. 2002. 293 f. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia. Estudi General, Facultat de Filosofia i CC. De la Educació. Departament de Lògica i Filosofia de La Ciencia. València, 2002.

TOZONI-REIS, M. F. C. . **Educação ambiental**: natureza, razão e história. Campinas: Autores Associados, 2004.

TRIVIÑOS, A. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 2008.

UE ELOGIA relatório-síntese sobre o clima; confira as principais conclusões. A Deutsche Welle. Disponível em: <<http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,2930860,00.html>> Acesso em: 17 nov. 2007.

UNESCO. **Decade of education for sustainable development home.** Conceptos Disponível em: <<http://portal.unesco.org/educaton/es/ev.php>> Acesso em: 31 mar. 2005.

VACCAREZZA, L. S. Ciência, tecnologia y sociedad: el estado de la cuestión em América Latina. **Revista Iberoamericana de Educación. Ciência, Tecnologia y Sociedad Ante la Educación.** Madrid, n.18, p.13-40, set., dez., 1998.

VALDÉS, P.; VALDÉS, R.; GUIASOLA, J.; SANTOS, T. Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. In: **Revista Iberoamericana de Educación. Enseñanza de la Tecnología.** Madrid, n.28, p.101-128, 2002.

VALLE, João Luis de Freitas. **Fragmento artigo Ambiente Brasil.** Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 16 abr. 2007.

VÁZQUEZ, A. S. Innovando la enseñanza de las ciencias: el movimiento ciencia-tecnología-sociedad. **Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears**, n.8, p.25-35, 1999.

VEGA MARCOTE, P.; ÁLVAREZ SUÀRES, P. Planteamiento de un marco teórico de la educación ambiental para un desarrollo sostenible. **Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciências**, v.4, n.1, 2005. Disponível em: <<http://www.educacao.gov.br/sef/estrut2/pcn/pdf/introd1.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2005.

VICENTE, J. K. **Homens e máquinas: como a tecnologia pode revolucionar a vida cotidiana.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

VIEIRA PINTO, A. **O conceito de tecnologia.** Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. 2v.

VILCHES, A.; GIL, D. **Construyamos un futuro sostenible: diálogos de supervivencia.** Madrid: Cambridge University Press, 2003.

\_\_\_\_\_; et al. **Crecimiento económico y sostenibilidad: década por un.** OEI. 2006. Disponível em: <<http://www.oei.es/decada/accion002.htm>>. Acesso em: 12 out 2006.

WALKS, L. Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales. In: MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. **Ciencia, tecnología y sociedad:**

estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública. Barcelona: Anthropos, 1990. p.42-75.

\_\_\_\_\_. Las relaciones escuela-comunidad y su influencia en la educación en valores en CTS. In: ALONSO, A.; AYESTARÁN, I.; URSÚA, N. (Coords.). **Para comprender ciencia, tecnología y sociedad**. [Espanha]: Editorial Verbo Divino, 1996. p. 35-47.

WINNER, L. **La ballena y el reactor**: una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología. Barcelona: Gedisa, 1987.

\_\_\_\_\_. Del progreso a la innovación: visiones cambiantes de la tecnología y el bienestar humano. In: LÓPEZ CEREZO, J.A.; LUJÁN, J. L.; PALÁCIOS GARCIA, E. M. Filosofía de la tecnología. **Teorema. Revista Internacional de Filosofía**, Madrid: OEI, 2001.

WORDWATCH INSTITUTE (WWI). **Estado do mundo 2004**: estado do consumo e consumo sustentável. Disponível em: <<http://www.wwi.org.br>>. Acesso em: 17 jun 2005.

# APÉNDICES

**APÊNDICE A**  
**PROTOCOLO ENTREVISTA PILOTO – DOCENTES**

# APÉNDICES

**APÊNDICE A**  
**PROTOCOLO ENTREVISTA PILOTO – DOCENTES**

## Docentes (PILOTO)

### SITUAÇÃO 1

#### A – Modernização da Educação em Engenharia

[...]engenheiros e tecnólogos são personagens-chave no processo de transformar conhecimento em inovação e atores imprescindíveis na implementação dessas inovações nos sistemas produtivos, lembrando que as empresas que mais crescem no mundo hoje têm na engenharia e na inovação seus pilares de sustentação.

Fonte: **Inova engenharia**: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil, (IEL p. 33, 2006).

#### B - 4º Relatório do IPCC - Fragmentos

EUROPA - O 4º Relatório do IPCC mostra que é urgente agir para reduzir as emissões de gases do efeito estufa. "A boa notícia é que uma ampla redução das emissões é técnica e financeiramente viável", disse o comissário de Meio Ambiente da UE, Stavros Dimas.

Fonte2: <http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2007/11/17/ult34u193198.jhtm> Acesso em: 17 nov 2007

VALÊNCIA, Espanha, (AFP) -. Os especialistas pedem, por exemplo: mais eficiência no uso da energia em prédios, casas, nos automóveis, defendendo as variedades técnicas solar ou nuclear e a utilização de tecnologias consideradas mais limpas.

Fonte: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,2930860,00.html>. Acesso em: 17 nov 2007

Na situação 1 são apresentados fragmentos que ilustram dois cenários presentes no contexto nacional e global ligados às demandas do desenvolvimento técnico-científico e do meio ambiente.

- 1- Como você analisa estas duas questões?
- 2- Que relações podem ser estabelecidas entre estas temáticas, quando o foco é a educação em engenharia?
- 3- No seu entender estes cenários trazem alguma implicação para a formação do engenheiro?  
Se não - Por que pensa assim?  
Se sim – Que tipo de implicação? E quais as decorrências disso?

## Docentes (PILOTO)

### SITUAÇÃO 1

#### A – Modernização da Educação em Engenharia

[...]engenheiros e tecnólogos são personagens-chave no processo de transformar conhecimento em inovação e atores imprescindíveis na implementação dessas inovações nos sistemas produtivos, lembrando que as empresas que mais crescem no mundo hoje têm na engenharia e na inovação seus pilares de sustentação.

Fonte: **Inova engenharia**: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil, (IEL p. 33, 2006).

#### B - 4º Relatório do IPCC - Fragmentos

EUROPA - O 4º Relatório do IPCC mostra que é urgente agir para reduzir as emissões de gases do efeito estufa. "A boa notícia é que uma ampla redução das emissões é técnica e financeiramente viável", disse o comissário de Meio Ambiente da UE, Stavros Dimas.

Fonte2: <http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2007/11/17/ult34u193198.jhtm> Acesso em: 17 nov 2007

VALÊNCIA, Espanha, (AFP) -. Os especialistas pedem, por exemplo: mais eficiência no uso da energia em prédios, casas, nos automóveis, defendendo as variedades técnicas solar ou nuclear e a utilização de tecnologias consideradas mais limpas.

Fonte: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,2930860,00.html>. Acesso em: 17 nov 2007

Na situação 1 são apresentados fragmentos que ilustram dois cenários presentes no contexto nacional e global ligados às demandas do desenvolvimento técnico-científico e do meio ambiente.

- 4- Como você analisa estas duas questões?
- 5- Que relações podem ser estabelecidas entre estas temáticas, quando o foco é a educação em engenharia?
- 6- No seu entender estes cenários trazem alguma implicação para a formação do engenheiro?  
Se não - Por que pensa assim?  
Se sim – Que tipo de implicação? E quais as decorrências disso?

## SITUAÇÃO 2

**A- Prefácio 2ª Edição - Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo: una visión para las Américas en el siglo XXI.** (INSULZA, 2005)

O desenvolvimento e a manutenção de uma capacidade nacional em ciência e tecnologia permitirão a nossos países serem mais que simples consumidores de exportações tecnológicas de outras nações e facilitarão melhorar a situação e o bem-estar econômico e social de nossos cidadãos.

**B- Banho gelado em doente - tratando as conseqüências como causas**

João Luis de Freitas Valle (\*)

Fragmento artigo  Ambiente Brasil [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br) 16/04/2007

[...] O grande problema do ser humano neste globalizado e poluído século 21 é continuar acreditando que a tecnologia e a ciência irão nos salvar e redimir. Como bem comentou Jared Diamond em seu livro “Colapso”, quando o automóvel apareceu, as pessoas saudaram a invenção como extremamente benéfica, pois iria retirar os excrementos de mulas e cavalos das cidades. Realmente, os excrementos saíram para a entrada do efeito estufa...

A situação 2 problematiza a compreensão e o papel da ciência e da tecnologia, - o item “A” sinaliza que o desenvolvimento e a intensificação do desenvolvimento tecnológico trarão melhores condições e bem estar econômico e social, enquanto o item B – questiona as possibilidades da ciência e da tecnologia resolver todos os nosso problemas.

- 1- Qual a sua opinião sobre a idéia esboçada no item “A” de que +ciência e + tecnologia poderão trazer + riqueza e + bem estar social ?
- 2- E sobre a crença de que a ciência e a tecnologia poderão resolver todos os nossos problemas? Os problemas ambientais, por exemplo?
  - O que o leva a pensar assim?
- 3- Estas temáticas ligadas ao estudo da ciência e da tecnologia, e suas implicações sociais e ambientais foram objeto de estudo em algum momento de seu processo formativo? (graduação/pós-graduação)
  - Se sim Que avaliação você faz desse aprendizado? Trouxe contribuições para sua formação? Qual (ais)? / Não fez diferença!? / Influenciou o seu modo de pensar estas questões?

## SITUAÇÃO 3

### **A – Desenvolvimento sem danos**

AGÊNCIA FAPESP Agência de Notícias da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
31/10/2007

No primeiro encontro promovido na América Latina pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) foram discutidas as principais conclusões, e conseqüências para o Brasil e para o mundo. Na ocasião destacou-se a importância de que países em desenvolvimento, como o Brasil, não copiem ou não repitam o modelo de desenvolvimento adotado pelos mais ricos, responsáveis por mais de 80% dos gases emitidos na atmosfera e considerados causadores do aquecimento global. Dentre as recomendações para os países em desenvolvimento, como o Brasil, o melhor caminho para resolver o problema ambiental é criar uma estratégia de desenvolvimento sustentável.

### **B- Inovação Tecnológica**

De acordo com Buarque (1993) cada padrão tecnológico tem suas características poluentes e depredadoras. Como no mundo moderno tem sido o padrão tecnológico que define o padrão de consumo, no centro do problema ecológico está o problema da opção tecnológica. (BUARQUE, 1993)

Fonte: BUARQUE, C. A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.

Segundo Casagrande Jr. (2004), o estímulo à inovação tecnológica em geral é dissociado da sustentabilidade, focando apenas no aumento da lucratividade.

Fonte: CASAGRANDE JR., E. F. Inovação e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface. Curitiba: Revista Educação & Tecnologia, Vol. 8, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2004.

- 1- Que análise você faz da relação existente entre o desenvolvimento tecnológico e as perdas ambientais no Brasil e no mundo?
- 2- Para você o que é inovação tecnológica?
- 3- Qual a sua percepção sobre sustentabilidade?
- 4- Você considera possível uma aprendizagem que concilie desenvolvimento de produtos, processos ou sistemas com prevenção de riscos sociais e ambientais?  
Se não: explique porquê?  
Se sim: Essa abordagem, poderia ser ou está, integrada de alguma forma ao currículo de engenharia? E na sua disciplina?  
Se sim:- Como isso se dá/ se daria? - poderia explicar melhor?  
Se não: - Porque não?

## SITUAÇÃO 4

### A- Repercussões do desenvolvimento tecnicocientífico

Estudos realizados por Solbes y Vilches (2004), alertam para o fato de que a maior parte dos estudantes de ensino médio e superior, não são capazes de avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnicocientífico, suas implicações socioambientais, culturais, econômicas, ..., nem mesmo os interesses por detrás das diferentes posições em relação aos possíveis problemas que geram e as perspectivas que abrem. Acrescentam ainda, que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos.

Fonte: <<http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521V22N3P337.pdf>>  
Acesso em: 02/04/2006

### B- Avaliação de Tecnologias

A avaliação de tecnologias objetiva descobrir e analisar todos os seus efeitos desejados e especialmente os não desejados (incluindo aí seu conjunto de inter-relações). O interesse é evitar os efeitos não desejados desde o princípio, em vez de ter que repará-los depois de sua aparição.

Fonte: TODT, J. O. **Innovación y regulación: la influencia de los actores sociales en el cambio tecnológico.** Tesis Doctoral. València, 2002, 293 p.

- 1- Você julga que o perfil dos seus alunos se aproxima ou se distancia das afirmações contidas no item “A”
  - Que evidências você tem para pensar assim? Cite exemplos?Para o caso de distanciamento:
  - Que situações o levaram a perceber isso? Que fatores contribuem/ contribuíram para essa diferença?
  - Na sua opinião o curso influenciou de algum modo esse perfil? Como?
- 2- Qual a sua concordância em relação à afirmação de que o estudo acadêmico da tecnologia raramente têm se ocupado da análise de seus efeitos?
  - Se concorda: Porquê?
  - Se discorda: O que o leva a pensar assim? Dê exemplos

O item “B” relaciona a análise dos efeitos de uma tecnologia durante seu desenvolvimento com a possibilidade de identificação e exclusão de efeitos não desejáveis de uma tecnologia.

- 3- Qual a sua opinião sobre o assunto?
- 4- Sua disciplina oportuniza algum tipo de relação/conteúdo/prática com esta questão?
  - Se não: qual o motivo?
  - Se sim: -Dê exemplos de situações em que isso ocorreu? Como foi a aceitação dos alunos?

## 5 -DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA (DCN'S)

1- Como você qualifica o seu nível de conhecimento sobre as DCN's para a Graduação em Engenharia?

Excelente       Bom       Regular       Péssimo

2- Como tomou conhecimento das DCN's?

Participou de algum estudo /leitura/ análise sobre as DCN's para a graduação em engenharia com os seus pares;       Recebeu uma cópia da coordenação para conhecimento; leu um artigo sobre o assunto;       Pesquisou o tema num site de busca/ Ministério da Educação;       Outro: Qual: \_\_\_\_\_

3- Você tem conhecimento de algum item que recomenda a aprendizagem de avaliação de impactos decorrentes das atividades de engenharia?

Em caso negativo o referido artigo será apresentado ao entrevistado

Art. 4º item XI – aborda como um dos objetivos da formação do engenheiro a aquisição de conhecimentos para *avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental*.

Recomenda, assim, o desenvolvimento de compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Fonte: Brasil – MEC - CNE **Diretrizes Curriculares Nacionais – Graduação em Engenharia**. Parecer CNE/CES 1362/2001, D.O.25fev2002, seção1, p17.

3- Suas respostas referentes às “situações 3 e 4 permitem dizer que essas questões não foram contempladas na sua formação / foram contempladas. Em função disso:

7- que conceitos e metodologias poderiam ser utilizados para abordar questões relacionadas ou que se aproximam de um exercício de avaliação de impacto tecnológico?

que elementos você julga que impedem/estimulam que a aprendizagem da avaliação dos impactos das atividades da engenharia se efetive na formação de engenheiros?

**APÊNDICE B**  
**PROTOCOLO DE ENTREVISTA PILOTO – ALUNOS**

## Alunos (PILOTO)

### SITUAÇÃO 1

#### A – Modernização da Educação em Engenharia

[...]engenheiros e tecnólogos são personagens-chave no processo de transformar conhecimento em inovação e atores imprescindíveis na implementação dessas inovações nos sistemas produtivos, lembrando que as empresas que mais crescem no mundo hoje têm na engenharia e na inovação seus pilares de sustentação.

Fonte: **Inova engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil**, (IEL p. 33, 2006).

#### B - 4º Relatório do IPCC - Fragmentos

EUROPA - O 4º Relatório do IPCC mostra que é urgente agir para reduzir as emissões de gases do efeito estufa. "A boa notícia é que uma ampla redução das emissões é técnica e financeiramente viável", disse o comissário de Meio Ambiente da UE, Stavros Dimas.

Fonte2: <http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2007/11/17/ult34u193198.jhtm> Acesso em: 17 nov 2007

VALÊNCIA, Espanha, (AFP) -. Os especialistas pedem, por exemplo: mais eficiência no uso da energia em prédios, casas, nos automóveis, defendendo as variedades técnicas solar ou nuclear e a utilização de tecnologias consideradas mais limpas.

Fonte: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,2930860,00.html> Acesso em: 17 nov 2007

Na situação 1 são apresentados fragmentos que ilustram dois cenários presentes no contexto nacional e global ligados às demandas do desenvolvimento técnico-científico e do meio ambiente.

- 1- Qual a sua opinião sobre estes assuntos?
- 2- Que relações podem ser estabelecidas entre estas temáticas, quando o foco é a engenharia?
- 3- No seu entender estes cenários trazem alguma implicação para as atividades que o engenheiro exerce?

Se não - Por que pensa assim?

Se sim – Que tipo de implicação? E quais as decorrências disso?

## SITUAÇÃO 2

**A- Prefácio 2ª Edição - Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo: una visión para las Américas en el siglo XXI. (INSULZA, 2005)**

O desenvolvimento e a manutenção de uma capacidade nacional em ciência e tecnologia permitirão a nossos países serem mais que simples consumidores de exportações tecnológicas de outras nações e facilitarão melhorar a situação e o bem-estar econômico e social de nossos cidadãos.

**B- Banho gelado em doente - tratando as conseqüências como causas**

João Luis de Freitas Valle (\*)

Fragmento artigo  Ambiente Brasil [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br) 16/04/2007

[...] O grande problema do ser humano neste globalizado e poluído século 21 é continuar acreditando que a tecnologia e a ciência irão nos salvar e redimir. Como bem comentou Jared Diamond em seu livro “Colapso”, quando o automóvel apareceu, as pessoas saudaram a invenção como extremamente benéfica, pois iria retirar os excrementos de mulas e cavalos das cidades. Realmente, os excrementos saíram para a entrada do efeito estufa...

A situação 2 problematiza a compreensão e o papel da ciência e da tecnologia, - o item “A” sinaliza que o desenvolvimento e a intensificação do desenvolvimento tecnológico trarão melhores condições e bem estar econômico e social, enquanto o item B – questiona as possibilidades da ciência e da tecnologia resolver todos os nosso problemas.

- 1- O que você pensa sobre a idéia esboçada no item “A” de que +ciência e + tecnologia poderão trazer + riqueza e + bem estar social ?
- 2- E sobre a crença de que a ciência e a tecnologia poderão resolver todos os nossos problemas? Os problemas ambientais, por exemplo.  
- O que o leva a pensar assim?
- 3- Estas temáticas ligadas ao estudo da ciência e da tecnologia, e suas implicações sociais e ambientais foram objeto de estudo em algum momento de seu processo formativo?

-Se sim:

A- Que disciplina (s) tratou/ trataram desses assuntos?

B- Como o assunto foi abordado? - Integrado aos conteúdos, relacionados entre disciplinas ou de forma isolada?

C- Que avaliação você faz desse aprendizado? Trouxe contribuições para sua formação? Qual (ais)? / Não fez diferença / Influenciou o seu modo de pensar estas questões?

## SITUAÇÃO 3

### A – Desenvolvimento sem danos

[AGÊNCIA FAPESP](#) Agência de Notícias da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
31/10/2007

No primeiro encontro promovido na América Latina pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) foram discutidas as principais conclusões, e conseqüências para o Brasil e para o mundo. Na ocasião destacou-se a importância de que países em desenvolvimento, como o Brasil, não copiem ou não repitam o modelo de desenvolvimento adotado pelos mais ricos, responsáveis por mais de 80% dos gases emitidos na atmosfera e considerados causadores do aquecimento global. Dentre as recomendações para os países em desenvolvimento, como o Brasil, o melhor caminho para resolver o problema ambiental é criar uma estratégia de desenvolvimento sustentável.

### B- Inovação Tecnológica

De acordo com Buarque (1993) cada padrão tecnológico tem suas características poluentes e depredadoras. Como no mundo moderno tem sido o padrão tecnológico que define o padrão de consumo, no centro do problema ecológico está o problema da opção tecnológica. (BUARQUE, 1993)

Fonte: [BUARQUE, C. A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.](#)

Segundo Casagrande Jr. (2004), o estímulo à inovação tecnológica em geral é dissociado da sustentabilidade, focando apenas no aumento da lucratividade.

Fonte: [CASAGRANDE JR., E. F. Inovação e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface. Curitiba: Revista Educação & Tecnologia, Vol. 8, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2004.](#)

- 1- Que análise você faz da relação existente entre o desenvolvimento tecnológico e as perdas ambientais no Brasil e no mundo?
- 2- Para você o que é inovação tecnológica?
- 3- Qual a sua percepção sobre sustentabilidade?
- 4- Você considera possível conciliar desenvolvimento de produtos, processos ou sistemas com prevenção de riscos sociais e ambientais?  
Se não: explique porquê?  
Se sim: Essa questão foi discutida / estudada em algum momento de sua formação até aqui?  
Se sim: Em que disciplina? Como foi feito?
- 5- Nas atividades de aprendizagem de desenvolvimento de produto e/ou projeto de inovação qual foi a perspectiva que predominou, lucro ou sustentabilidade?

## SITUAÇÃO 4

### A- Repercussões do desenvolvimento Tecnocientífico

Estudos realizados por Solbes y Vilches (2004), alertam para o fato de que a maior parte dos estudantes de ensino médio e superior, não são capazes de avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnocientífico, suas implicações socioambientais, culturais, econômicas, ..., nem mesmo os interesses por detrás das diferentes posições em relação aos possíveis problemas que geram e as perspectivas que abrem. Acrescentam ainda, que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos.

Fonte: <<http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521V22N3P337.pdf>>  
Acesso em: 02/04/2006

### B- Avaliação de Tecnologias

A avaliação de tecnologias objetiva descobrir e analisar todos os seus efeitos desejados e especialmente os não desejados (incluindo aí seu conjunto de inter-relações). O interesse é evitar os efeitos não desejados desde o princípio, em vez de ter que repará-los depois de sua aparição.

Fonte: TODT, J. O. **Innovación y regulación: la influencia de los actores sociales en el cambio tecnológico.** Tesis Doctoral. València, 2002, 293 p.

1- Que análise você faz do item A?

Se não for comentado:

1.a. A Em relação ao potencial para avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnocientífico e suas implicações sociais, ambientais, culturais e econômicas, você considera que você e seus colegas de curso se encontram mais próximos ou mais distantes das afirmações contidas no item "A"

1.b.- Que evidências você tem para pensar assim? Cite exemplos?

Para o caso de distanciamento:

1.c.- Que situações o levaram a perceber isso? Que fatores contribuem/ contribuíram para essa diferença?

2- Qual a sua opinião sobre o item B?

2.a. Qual a sua concordância em relação à afirmação de que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos?

Se concorda: Porquê? Isso pôde ser observado no seu curso?

Se discorda: O que o leva a pensar assim? Dê exemplos

Se não for comentado anteriormente. 2.b. O item "B" relaciona a análise dos efeitos de uma tecnologia durante seu desenvolvimento com a possibilidade de identificação e exclusão de efeitos não desejáveis de uma tecnologia.

- Que análise você faz dessa possibilidade?

3. Alguma situação de ensino oportunizou algum tipo de relação: conteúdo/prática com avaliação de impacto de tecnologias?

Se sim: -Dê exemplos de disciplinas e situações em que isso ocorreu?

## SITUAÇÃO 5

### A- Parecer DCN's para a graduação em Engenharia

“o desafio que se apresenta para o ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados”. Para fazer frente a essas exigências, o engenheiro deverá ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, mas de considerar os problemas em sua totalidade, em uma cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões. **O que se pretende é uma formação que prepare tanto para atender às pressões do mercado, quanto para um fazer tecnológico centrado no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis.**

Fonte: [Parecer CNE/CES 1.362/2001 de 12/12/2001 que apresenta as Diretrizes Curriculares Nacionais \(DCN's\) para a Graduação em Engenharia, Brasil.](#)

### B - Segundo Daly (1997) é preciso que as tecnologias cumpram o que ele chama “**princípios óbvios para o desenvolvimento sustentado**”:

\* As taxas de recolha não devem ultrapassar as de regeneração (ou, para o caso de recursos não renováveis, de criação de substitutos renováveis).

\* As taxas de emissão de resíduos devem ser inferiores às capacidades de assimilação dos ecossistemas para os quais se emitem esses resíduos.

Fonte: [GIL-PEREZ, et al. \(2003\).](#)

- 1- Que relações você pode fazer da recomendação que consta no item A com a formação que você recebeu? Que importância essa questão têm para você enquanto engenheiro/ profissional?
- 2- O que você entende por tecnologias sustentáveis?
- 3- Em relação ao item B? Você teve durante o curso algum direcionamento sobre esta temática, e/ou a aplicação de algum outro princípio, como os princípios da engenharia verde? Ou do Design Sustentável? Tecnologias Limpas?  
Se sim: - Em que disciplina (s)? - Como foi utilizado/ Qual a metodologia?
- 4- Suas respostas referentes às “situações 3 e 4 permitem dizer que essas questões **não foram contempladas na sua formação / foram contempladas**. Em função disso:  
- Que elementos você julga que impediram/estimularam esse tipo de aprendizagem na sua formação?
- 5- Na sua avaliação a base que o curso de engenharia lhe deu para conciliar as demandas do desenvolvimento tecnológico com sustentabilidade foi:

Suficiente                       Regular                       Insuficiente

Comente sua opção.

**APÊNDICE C**  
**PROTOCOLO DE ENTREVISTA – DOCENTES**

## Docentes

### SITUAÇÃO 1

#### A – Modernização da Educação em Engenharia

[...]engenheiros e tecnólogos são personagens-chave no processo de transformar conhecimento em inovação e atores imprescindíveis na implementação dessas inovações nos sistemas produtivos, lembrando que as empresas que mais crescem no mundo hoje têm na engenharia e na inovação seus pilares de sustentação.

Fonte: **Inova engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil**, (IEL p. 33, 2006).

#### B - 4º Relatório do IPCC - Fragmentos

EUROPA - O 4º Relatório do IPCC mostra que é urgente agir para reduzir as emissões de gases do efeito estufa. "A boa notícia é que uma ampla redução das emissões é técnica e financeiramente viável", disse o comissário de Meio Ambiente da UE, Stavros Dimas.

Fonte2: <http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2007/11/17/ult34u193198.jhtm> Acesso em: 17 nov 2007

VALÊNCIA, Espanha, (AFP) -. Os especialistas pedem, por exemplo: mais eficiência no uso da energia em prédios, casas, nos automóveis, defendendo as variedades técnicas solar ou nuclear e a utilização de tecnologias consideradas mais limpas.

Fonte: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,2930860,00.html>. Acesso em: 17 nov 2007

Na situação 1 são apresentados fragmentos que ilustram dois cenários presentes no contexto nacional e global ligados às demandas do desenvolvimento técnico-científico e do meio ambiente.

- 1- Como você analisa a questão A?
- 2- Qual a sua opinião sobre as notícias do item B?
- 3- Que relações podem ser estabelecidas entre estas temáticas, quando o foco é a educação em engenharia?
- 4- No seu entender estes cenários trazem alguma implicação para a formação do engenheiro?  
Se não - Por que pensa assim?  
Se sim – Que tipo de implicação? E quais as decorrências disso?

## SITUAÇÃO 2

**A- Prefácio 2ª Edição - Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo: una visión para las Américas en el siglo XXI. (INSULZA, 2005)**

O desenvolvimento e a manutenção de uma capacidade nacional em ciência e tecnologia permitirão a nossos países serem mais que simples consumidores de exportações tecnológicas de outras nações e facilitarão melhorar a situação e o bem-estar econômico e social de nossos cidadãos.

**B- Banho gelado em doente - tratando as conseqüências como causas**

João Luis de Freitas Valle (\*)

Fragmento artigo  Ambiente Brasil [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br) 16/04/2007

[...] O grande problema do ser humano neste globalizado e poluído século 21 é continuar acreditando que a tecnologia e a ciência irão nos salvar e redimir. Como bem comentou Jared Diamond em seu livro “Colapso”, quando o automóvel apareceu, as pessoas saudaram a invenção como extremamente benéfica, pois iria retirar os excrementos de mulas e cavalos das cidades. Realmente, os excrementos saíram para a entrada do efeito estufa...

A situação 2 problematiza a compreensão e o papel da ciência e da tecnologia, - o item “A” sinaliza que o desenvolvimento e a intensificação do desenvolvimento tecnológico trarão melhores condições e bem estar econômico e social, enquanto o item B – questiona as possibilidades da ciência e da tecnologia resolver todos os nossos problemas.

- 1- Qual a sua opinião sobre a idéia esboçada no item “A”?
- 2- E sobre o item B?

Caso não comente sobre:

Você concorda com a idéia de que +ciência e + tecnologia poderão trazer + riqueza e + bem estar social ?

E o que você pensa sobre a crença de que a ciência e a tecnologia poderão resolver todos os nossos problemas? Os problemas ambientais, por exemplo?

- O que o leva a pensar assim?

3- Estas temáticas ligadas ao estudo da ciência e da tecnologia, e suas implicações sociais e ambientais foram objeto de estudo em algum momento de seu processo formativo? (graduação/pós-graduação)

-Se sim Que avaliação você faz desse aprendizado? Trouxe contribuições para sua formação? Qual (ais)? / Não fez diferença! / Influenciou o seu modo de pensar estas questões?

## SITUAÇÃO 3

### **A – Desenvolvimento sem danos**

**AGÊNCIA FAPESP** Agência de Notícias da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
31/10/2007

No primeiro encontro promovido na América Latina pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) foram discutidas as principais conclusões, e conseqüências para o Brasil e para o mundo. Na ocasião destacou-se a importância de que países em desenvolvimento, como o Brasil, não copiem ou não repitam o modelo de desenvolvimento adotado pelos mais ricos, responsáveis por mais de 80% dos gases emitidos na atmosfera e considerados causadores do aquecimento global. Dentre as recomendações para os países em desenvolvimento, como o Brasil, o melhor caminho para resolver o problema ambiental é criar uma estratégia de desenvolvimento sustentável.

### **B- Inovação Tecnológica**

De acordo com Buarque (1993) cada padrão tecnológico tem suas características poluentes e depredadoras. Como no mundo moderno tem sido o padrão tecnológico que define o padrão de consumo, no centro do problema ecológico está o problema da opção tecnológica. (BUARQUE, 1993)

Fonte: BUARQUE, C. A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.

- 1- Comente sua percepção sobre os dados apresentados no item A.
- 2- O que você pensa sobre as afirmações do item B?
- 3- Que análise você faz da relação existente entre o desenvolvimento tecnológico e as perdas ambientais no Brasil e no mundo?
- 4- Para você o que é inovação tecnológica?
- 5- Qual a sua percepção sobre sustentabilidade?
- 6- Você considera possível uma aprendizagem que concilie desenvolvimento de produtos, processos ou sistemas com prevenção de riscos sociais e ambientais?  
Se não: explique porquê?  
Se sim: Essa abordagem, poderia ser ou está, integrada de alguma forma ao currículo de engenharia? E na sua disciplina?  
Se sim:- Como isso se dá/ se daria? - poderia explicar melhor?  
Se não: - Porque não?

## SITUAÇÃO 4

### A- Repercussões do desenvolvimento tecnicocientífico

Estudos realizados por Solbes y Vilches (2004), alertam para o fato de que a maior parte dos estudantes de ensino médio e superior, não são capazes de avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnicocientífico, suas implicações socioambientais, culturais, econômicas, ..., nem mesmo os interesses por detrás das diferentes posições em relação aos possíveis problemas que geram e as perspectivas que abrem. Acrescentam ainda, que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos.

Fonte: <<http://www.bib.uab.es/pub/enseñanzadelasciencias/02124521V22N3P337.pdf>>  
Acesso em: 02/04/2006

### B- Avaliação de Tecnologias

A avaliação de tecnologias objetiva descobrir e analisar todos os seus efeitos desejados e especialmente os não desejados (incluindo aí seu conjunto de inter-relações). O interesse é evitar os efeitos não desejados desde o princípio, em vez de ter que repará-los depois de sua aparição.

Fonte: TODT, J. O. **Innovación y regulación: la influencia de los actores sociales en el cambio tecnológico.** Tesis Doctoral. València, 2002, 293 p.

- 1- Que análise você faz do item A?
- 2- Você julga que o perfil dos seus alunos se aproxima ou se distancia das afirmações contidas no item "A"
  - Que evidências você tem para pensar assim? Cite exemplos?  
Para o caso de distanciamento:
    - Que situações o levaram a perceber isso? Que fatores contribuem/ contribuíram para essa diferença?
    - Na sua opinião o curso influenciou de algum modo esse perfil? Como?
- 3- Qual a sua concordância em relação à afirmação de que o estudo acadêmico da tecnologia raramente têm se ocupado da análise de seus efeitos?
  - Se concorda: Porquê?
  - Se discorda: O que o leva a pensar assim? Dê exemplos

O item "B" relaciona a análise dos efeitos de uma tecnologia durante seu desenvolvimento com a possibilidade de identificação e exclusão de efeitos não desejáveis de uma tecnologia.

- 3- Qual a sua opinião sobre o assunto?
- 4- Sua disciplina oportuniza algum tipo de relação/conteúdo/prática com esta questão?
  - Se não: qual o motivo?
  - Se sim: -Dê exemplos de situações em que isso ocorreu? Como foi a aceitação dos alunos?

## 5 -DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA (DCN'S)

1- Como você qualifica o seu nível de conhecimento sobre as DCN's para a Graduação em Engenharia?

Excelente       Bom       Regular       Péssimo

2- Como tomou conhecimento das DCN's?

Participou de algum estudo /leitura/ análise sobre as DCN's para a graduação em engenharia com os seus pares;       Recebeu uma cópia da coordenação para conhecimento; leu um artigo sobre o assunto;       Pesquisou o tema num site de busca/ Ministério da Educação;       Outro: Qual: \_\_\_\_\_

3- Você tem conhecimento de algum item que recomenda a aprendizagem de avaliação de impactos decorrentes das atividades de engenharia?

Em caso negativo o referido artigo será apresentado ao entrevistado

Art. 4º item XI – aborda como um dos objetivos da formação do engenheiro a aquisição de conhecimentos para *avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental.*

Recomenda, assim, o desenvolvimento de compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Fonte: Brasil – MEC - CNE **Diretrizes Curriculares Nacionais – Graduação em Engenharia.** Parecer CNE/CES 1362/2001, D.O.25fev2002, seção1, p17.

- 3- Suas respostas referentes às “situações 3 e 4 permitem dizer que essas questões **não foram contempladas na sua formação / foram contempladas.** Em função disso:
- 5- que conceitos e metodologias poderiam ser utilizados para abordar questões relacionadas ou que se aproximam de um exercício de avaliação de impacto tecnológico?
- 6- que elementos você julga que impedem/estimulam que a aprendizagem da avaliação dos impactos das atividades da engenharia se efetive na formação de engenheiros?

**APÊNDICE D**  
**PROTOCOLO DE ENTREVISTA - ALUNOS**

## Alunos

### SITUAÇÃO 1

#### A – Modernização da Educação em Engenharia

[...]engenheiros e tecnólogos são personagens-chave no processo de transformar conhecimento em inovação e atores imprescindíveis na implementação dessas inovações nos sistemas produtivos, lembrando que as empresas que mais crescem no mundo hoje têm na engenharia e na inovação seus pilares de sustentação.

Fonte: [Inova engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil, \(IEL p. 33, 2006\).](#)

#### B - 4º Relatório do IPCC - Fragmentos

EUROPA - O 4º Relatório do IPCC mostra que é urgente agir para reduzir as emissões de gases do efeito estufa. "A boa notícia é que uma ampla redução das emissões é técnica e financeiramente viável", disse o comissário de Meio Ambiente da UE, Stavros Dimas.

Fonte2: <http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2007/11/17/ult34u193198.jhtm> Acesso em: 17 nov 2007

VALÊNCIA, Espanha, (AFP) -. Os especialistas pedem, por exemplo: mais eficiência no uso da energia em prédios, casas, nos automóveis, defendendo as variedades técnicas solar ou nuclear e a utilização de tecnologias consideradas mais limpas.

Fonte: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,2930860,00.html> Acesso em: 17 nov 2007

Na situação 1 são apresentados fragmentos que ilustram dois cenários presentes no contexto nacional e global ligados às demandas do desenvolvimento técnico-científico e do meio ambiente.

- 1- Como você analisa a questão A?
- 2- Qual a sua opinião sobre as notícias do item B?
- 3- Que relações podem ser estabelecidas entre estas temáticas, quando o foco é a engenharia?
- 4- No seu entender estes cenários trazem alguma implicação para as atividades que o engenheiro exerce?

Se não - Por que pensa assim?

Se sim – Que tipo de implicação? E quais as decorrências disso?

## SITUAÇÃO 2

**A- Prefácio 2ª Edição - Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo: una visión para las Américas en el siglo XXI. (INSULZA, 2005)**

O desenvolvimento e a manutenção de uma capacidade nacional em ciência e tecnologia permitirão a nossos países serem mais que simples consumidores de exportações tecnológicas de outras nações e facilitarão melhorar a situação e o bem-estar econômico e social de nossos cidadãos.

**B- Banho gelado em doente - tratando as conseqüências como causas**

João Luis de Freitas Valle (\*)

Fragmento artigo  Ambiente Brasil [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br) 16/04/2007

[...] O grande problema do ser humano neste globalizado e poluído século 21 é continuar acreditando que a tecnologia e a ciência irão nos salvar e redimir. Como bem comentou Jared Diamond em seu livro “Colapso”, quando o automóvel apareceu, as pessoas saudaram a invenção como extremamente benéfica, pois iria retirar os excrementos de mulas e cavalos das cidades. Realmente, os excrementos saíram para a entrada do efeito estufa...

A situação 2 problematiza a compreensão e o papel da ciência e da tecnologia, - o item “A” sinaliza que o desenvolvimento e a intensificação do desenvolvimento tecnológico trarão melhores condições e bem estar econômico e social, enquanto o item B – questiona as possibilidades da ciência e da tecnologia resolver todos os nossos problemas.

1- O que você pensa sobre a idéia esboçada no item “A” ?

2- E sobre o item B?

Caso não comente sobre:

Você concorda com a idéia de que +ciência e + tecnologia poderão trazer + riqueza e + bem estar social ?

E o que você pensa sobre a crença de que a ciência e a tecnologia poderão resolver todos os nossos problemas? Os problemas ambientais, por exemplo.

- O que o leva a pensar assim?

3- Estas temáticas ligadas ao estudo da ciência e da tecnologia, e suas implicações sociais e ambientais foram objeto de estudo em algum momento de seu processo formativo?

-Se sim:

A- Que disciplina (s) tratou/ trataram desses assuntos?

B- Como o assunto foi abordado? - Integrado aos conteúdos, relacionados entre disciplinas ou de forma isolada?

C- Que avaliação você faz desse aprendizado? Trouxe contribuições para sua formação? Qual (ais)? / Não fez diferença / Influenciou o seu modo de pensar estas questões?

## SITUAÇÃO 3

### **A – Desenvolvimento sem danos**

**AGÊNCIA FAPESP** Agência de Notícias da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
31/10/2007

No primeiro encontro promovido na América Latina pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) foram discutidas as principais conclusões, e conseqüências para o Brasil e para o mundo. Na ocasião destacou-se a importância de que países em desenvolvimento, como o Brasil, não copiem ou não repitam o modelo de desenvolvimento adotado pelos mais ricos, responsáveis por mais de 80% dos gases emitidos na atmosfera e considerados causadores do aquecimento global. Dentre as recomendações para os países em desenvolvimento, como o Brasil, o melhor caminho para resolver o problema ambiental é criar uma estratégia de desenvolvimento sustentável.

### **B- Inovação Tecnológica**

De acordo com Buarque (1993) cada padrão tecnológico tem suas características poluentes e depredadoras. Como no mundo moderno tem sido o padrão tecnológico que define o padrão de consumo, no centro do problema ecológico está o problema da opção tecnológica. (BUARQUE, 1993)

Fonte: BUARQUE, C. A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.

- 1- Comente sua percepção sobre os dados apresentados no item A.
- 2- O que você pensa sobre as afirmações do item B?
- 3- Que análise você faz da relação existente entre o desenvolvimento tecnológico e as perdas ambientais no Brasil e no mundo?
- 4- Para você o que é inovação tecnológica?
- 5- Qual a sua percepção sobre sustentabilidade?
- 6- Você considera possível conciliar desenvolvimento de produtos, processos ou sistemas com prevenção de riscos sociais e ambientais?  
Se não: explique porquê?  
Se sim: Essa questão foi discutida / estudada em algum momento de sua formação até aqui?  
Se sim: Em que disciplina? Como foi feito?
- 5- Nas atividades de aprendizagem de desenvolvimento de produto e/ou projeto de inovação qual foi a perspectiva que predominou, lucro ou sustentabilidade?

## SITUAÇÃO 4

### A- Repercussões do desenvolvimento Tecnocientífico

Estudos realizados por Solbes y Vilches (2004), alertam para o fato de que a maior parte dos estudantes de ensino médio e superior, não são capazes de avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnocientífico, suas implicações socioambientais, culturais, econômicas, ..., nem mesmo os interesses por detrás das diferentes posições em relação aos possíveis problemas que geram e as perspectivas que abrem. Acrescentam ainda, que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos.

Fonte: <<http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521V22N3P337.pdf>>  
Acesso em: 02/04/2006

### B- Avaliação de Tecnologias

A avaliação de tecnologias objetiva descobrir e analisar todos os seus efeitos desejados e especialmente os não desejados (incluindo aí seu conjunto de inter-relações). O interesse é evitar os efeitos não desejados desde o princípio, em vez de ter que repará-los depois de sua aparição.

Fonte: TODT, J. O. **Innovación y regulación: la influencia de los actores sociales en el cambio tecnológico.** Tesis Doctoral. València, 2002, 293 p.

1- Que análise você faz do item A?

Se não for comentado:

1.a. A em relação ao potencial para avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnocientífico e suas implicações sociais, ambientais, culturais e econômicas, você considera que você e seus colegas de curso se encontram mais próximos ou mais distantes das afirmações contidas no item “A”

1.b.- Que evidências você tem para pensar assim? Cite exemplos?

Para o caso de distanciamento:

1.c.- Que situações o levaram a perceber isso? Que fatores contribuem/ contribuíram para essa diferença?

2- Qual a sua opinião sobre o item B?

2.a. Qual a sua concordância em relação à afirmação de que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos?

Se concorda: Porquê? Isso pôde ser observado no seu curso?

Se discorda: O que o leva a pensar assim? Dê exemplos

Se não for comentado anteriormente. 2.b. O item “B” relaciona a análise dos efeitos de uma tecnologia durante seu desenvolvimento com a possibilidade de identificação e exclusão de efeitos não desejáveis de uma tecnologia.

- Que análise você faz dessa possibilidade?

3. Alguma situação de ensino oportunizou algum tipo de relação: conteúdo/prática com avaliação de impacto de tecnologias?

Se sim: -Dê exemplos de disciplinas e situações em que isso ocorreu?

## SITUAÇÃO 5

### A- Parecer DCN's para a graduação em Engenharia

“o desafio que se apresenta para o ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados”. Para fazer frente a essas exigências, o engenheiro deverá ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, mas de considerar os problemas em sua totalidade, em uma cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões. **O que se pretende é uma formação que prepare tanto para atender às pressões do mercado, quanto para um fazer tecnológico centrado no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis.**

Fonte: [Parecer CNE/CES 1.362/2001 de 12/12/2001 que apresenta as Diretrizes Curriculares Nacionais \(DCN's\) para a Graduação em Engenharia, Brasil.](#)

### B - Segundo Daly (1997) é preciso que as tecnologias cumpram o que ele chama “**princípios óbvios para o desenvolvimento sustentado**”:

\* As taxas de recolha não devem ultrapassar as de regeneração (ou, para o caso de recursos não renováveis, de criação de substitutos renováveis).

\* As taxas de emissão de resíduos devem ser inferiores às capacidades de assimilação dos ecossistemas para os quais se emitem esses resíduos.

Fonte: [GIL-PEREZ, et al. \(2003\).](#)

- 1- Que relações você pode fazer da recomendação que consta no item A com a formação que você recebeu? Que importância essa questão têm para você enquanto engenheiro/ profissional?
- 2- O que você entende por tecnologias sustentáveis?
- 3- Em relação ao item B? Você teve durante o curso algum direcionamento sobre esta temática, e/ou a aplicação de algum outro princípio, como os princípios da engenharia verde? Ou do Design Sustentável? Tecnologias Limpas?  
Se sim: - Em que disciplina (s)? - Como foi utilizado/ Qual a metodologia?
- 4- Suas respostas referentes às “situações 3 e 4 permitem dizer que essas questões **não foram contempladas na sua formação** / **foram contempladas**. Em função disso:  
- Que elementos você julga que impediram/estimularam esse tipo de aprendizagem na sua formação?
- 5- Na sua avaliação a base que o curso de engenharia lhe deu para conciliar as demandas do desenvolvimento tecnológico com sustentabilidade foi:  
 Suficiente                       Regular                       Insuficiente

Comente sua opção.

\*Por fim, você gostaria de fazer mais algum comentário? Dizer ou perguntar mais alguma coisa?

**APÊNDICE E**  
**DADOS DEMOGRÁFICOS**

## Questões Demográficas Docentes:

Nome:.....

E-mail:.....

Fone:.....

Instituição: ( ) UFSC ( ) UTFPR

1. Sexo ( ) masc. ( ) fem.      2. Idade ( ) 21 a 30 ( ) 31 a 40 ( ) 41 a 50 ( ) 51 ou mais

3. Mais alto grau de escolaridade ( ) graduação - \_\_\_\_\_  
( ) especialização - \_\_\_\_\_  
( ) mestrado - \_\_\_\_\_  
( ) doutorado - \_\_\_\_\_  
( \_\_\_\_\_ ) pós- dout.-  
\_\_\_\_\_

4. Disciplina (s) que ministra: \_\_\_\_\_ ( )  
Ciclo/Período

\_\_\_\_\_ ( )  
Ciclo/Período

\_\_\_\_\_ ( )  
Ciclo/Período

5. Tempo de docência (anos) ( ) 01 a 05 ( ) 11 a 15  
( ) 06 a 10 ( ) 16 ou mais

6. Jornada de trabalho ( ) 20 horas  
( ) 40 horas  
( ) dedicação exclusiva

**Questões Demográficas Alunos:**

**Nome:**.....

**E-mail:**.....

**Fone:**.....

Graduação em Engenharia Mecânica

Instituição: ( ) UFSC      ( ) UTFPR

1. Sexo:      ( ) masc.  
              ( ) fem.

2. Idade:

3. Pretende fazer pós-graduação?

Se sim: em que área?

4. Área do Estágio:

5. Tema do TCC:

**APÊNDICE F**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO**

## TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu, \_\_\_\_\_, concordo em participar voluntariamente do estudo intitulado AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO: ALTERNATIVAS E DESAFIOS PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.

Reconheço que os dados poderão ser utilizados em futuras publicações, desde que meu anonimato e o sigilo da autoria de minhas respostas sejam garantidos. Reservome, ainda, o direito de interromper minha participação quando quiser.

Florianópolis, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

---

**APÊNDICE G**  
**CARTA DE APRESENTAÇÃO**

Prezado (a) Aluno (a) formando (a):

Meu nome é Marcia Carletto, sou doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica - PPGECT da UFSC, e meu trabalho de tese versa sobre a Educação e Engenharia e a aprendizagem da Avaliação de Impacto Tecnológico.

**Objetivo** verificar como se deu em sua formação a aprendizagem sobre a avaliação de impacto tecnológico, que metodologias foram utilizadas, quais disciplinas trataram do assunto. Espera-se com isso contribuir para uma melhor qualificação dos futuros engenheiros e professores de Engenharia, bem como dos que já se encontram no exercício das suas atividades.

**Convido-o (a)** a dar sua contribuição para que esse objetivo seja alcançado, e a **participar de uma entrevista**, que deverá ser marcada em dia e horário que melhor se adapte à sua disponibilidade. A média de tempo previsto para a realização da entrevista é de 40 minutos. Asseguro que todos os dados fornecidos serão confidenciais e nenhum participante do estudo será identificado em qualquer comunicação ou publicação futura.

Solicito a gentileza de enviar sua resposta para o e-mail [mr.carletto@uol.com.br](mailto:mr.carletto@uol.com.br), mesmo que seja para informar que não poderá participar. Para os que manifestarem interesse, estarei retornando e-mail e verificando disponibilidade de horários.

Para qualquer informação adicional, deixo o meu telefone residencial a sua disposição (0xx42 32265257 /0xx42 99293119). Envio anexo quadro de horários para sua apreciação e escolha dentro de sua disponibilidade.

Atenciosamente,

---

Marcia Regina Carletto

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A EDUCAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA**

**CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO  
CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR**

**RESOLUÇÃO CNE/CES 11, DE 11 DE MARÇO DE 2002. (\*)**

**Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do  
Curso de Graduação em Engenharia.**

O Presidente da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, tendo em vista o disposto no Art. 9º, do § 2º, alínea “c”, da Lei 9.131, de 25 de novembro de 1995, e com fundamento no Parecer CES 1.362/2001, de 12 de dezembro de 2001, peça indispensável do conjunto das presentes Diretrizes Curriculares Nacionais, homologado pelo Senhor Ministro da Educação, em 22 de fevereiro de 2002, resolve:

Art. 1º A presente Resolução institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, a serem observadas na organização curricular das Instituições do Sistema de Educação Superior do País.

Art. 2º As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino de Graduação em Engenharia definem os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da formação de engenheiros, estabelecidas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, para aplicação em âmbito nacional na organização, desenvolvimento e avaliação dos projetos pedagógicos dos Cursos de Graduação em Engenharia das Instituições do Sistema de Ensino Superior.

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

Art. 4º A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;

II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;

III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;

IV - planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;

V - identificar, formular e resolver problemas de engenharia;

VI - desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;

VI - supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;

VII - avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;

VIII - comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;

IX - atuar em equipes multidisciplinares;

X - compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;

XI - avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;

XII - avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;

XIII - assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Art. 5º Cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas. Ênfase deve ser dada

---

(\*) CNE. Resolução CNE/CES 11/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 32.

à necessidade de se reduzir o tempo em sala de aula, favorecendo o trabalho individual e em grupo dos estudantes.

§ 1º Deverão existir os trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sendo que, pelo menos, um deles deverá se constituir em atividade obrigatória como requisito para a graduação.

§ 2º Deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas teóricas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras.

Art. 6º Todo o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade.

§ 1º O núcleo de conteúdos básicos, cerca de 30% da carga horária mínima, versará sobre os tópicos que seguem:

- I - Metodologia Científica e Tecnológica;
- II - Comunicação e Expressão;
- III - Informática;
- IV - Expressão Gráfica;
- V - Matemática;
- VI - Física;
- VII - Fenômenos de Transporte;
- VIII - Mecânica dos Sólidos;
- IX - Eletricidade Aplicada;
- X - Química;
- XI - Ciência e Tecnologia dos Materiais;
- XII - Administração;
- XIII - Economia;
- XIV - Ciências do Ambiente;
- XV - Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania.

§ 2º Nos conteúdos de Física, Química e Informática, é obrigatória a existência de atividades de laboratório. Nos demais conteúdos básicos, deverão ser previstas atividades práticas e de laboratórios, com enfoques e intensividade compatíveis com a modalidade pleiteada.

§ 3º O núcleo de conteúdos profissionalizantes, cerca de 15% de carga horária mínima, versará sobre um subconjunto coerente dos tópicos abaixo discriminados, a ser definido pela IES:

- I - Algoritmos e Estruturas de Dados;
- II - Bioquímica;
- III - Ciência dos Materiais;
- IV - Circuitos Elétricos;
- V - Circuitos Lógicos;
- VI - Compiladores;
- VII - Construção Civil;
- VIII - Controle de Sistemas Dinâmicos;
- IX - Conversão de Energia;
- X - Eletromagnetismo;
- XI - Eletrônica Analógica e Digital;
- XII - Engenharia do Produto;

XIII - Ergonomia e Segurança do Trabalho;  
XIV - Estratégia e Organização;  
XV - Físico-química;  
XVI - Geoprocessamento;  
XVII - Geotecnia;  
XVIII - Gerência de Produção;  
XIX - Gestão Ambiental;  
XX - Gestão Econômica;  
XXI - Gestão de Tecnologia;  
XXII - Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico;  
XXIII - Instrumentação;  
XXIV - Máquinas de fluxo;  
XXV - Matemática discreta;  
XXVI - Materiais de Construção Civil;  
XXVII - Materiais de Construção Mecânica;  
XXVIII - Materiais Elétricos;  
XXIX - Mecânica Aplicada;  
XXX - Métodos Numéricos;  
XXXI - Microbiologia;  
XXXII - Mineralogia e Tratamento de Minérios;  
XXXIII - Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas;  
XXXIV - Operações Unitárias;  
XXXV - Organização de computadores;  
XXXVI - Paradigmas de Programação;  
XXXVII - Pesquisa Operacional;  
XXXVIII - Processos de Fabricação;  
XXXIX - Processos Químicos e Bioquímicos;  
XL - Qualidade;  
XLI - Química Analítica;  
XLII - Química Orgânica;  
XLIII - Reatores Químicos e Bioquímicos;  
XLIV - Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas;  
XLV - Sistemas de Informação;  
XLVI - Sistemas Mecânicos;  
XLVII - Sistemas operacionais;  
XLVIII - Sistemas Térmicos;  
XLIX - Tecnologia Mecânica;  
L - Telecomunicações;  
LI - Termodinâmica Aplicada;  
LII - Topografia e Geodésia;  
LIII - Transporte e Logística.

§ 4º O núcleo de conteúdos específicos se constitui em extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo de conteúdos profissionalizantes, bem como de outros conteúdos destinados a caracterizar modalidades. Estes conteúdos, consubstanciando o restante da carga horária total, serão propostos exclusivamente pela IES. Constituem-se em conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários para a definição das modalidades de engenharia e devem garantir o desenvolvimento das competências e habilidades estabelecidas nestas diretrizes.

Art. 7º A formação do engenheiro incluirá, como etapa integrante da graduação, estágios curriculares obrigatórios sob supervisão direta da instituição de ensino, através de

relatórios técnicos e acompanhamento individualizado durante o período de realização da atividade. A carga horária mínima do estágio curricular deverá atingir 160 (cento e sessenta) horas.

Parágrafo único. É obrigatório o trabalho final de curso como atividade de síntese e integração de conhecimento.

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

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

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

Art. 9º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

ARTHUR ROQUETE DE MACEDO  
Presidente da Câmara de Educação Superior