

**MILTON FREITAS CÁPUA**

**UM ESTUDO COM ALUNOS DO CURSO DE PROJETOS ELÉTRICOS,  
NOTURNO, CTI-FURG ENVOLVENDO ENERGIA ELÉTRICA,  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL E MAPAS CONCEITUAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Coordenadoria de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Orientador:  
Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos

**RIO GRANDE  
2008**

C255e Cápua, Milton Freitas

Um estudo com alunos do curso de projetos elétricos, noturno, CTI-FURG envolvendo energia elétrica, educação ambiental e mapas conceituais / Milton Freitas Cápua ; orientador: Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos. – 2008.

229f. : il. color

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – Mestrado em Educação Ambiental.

1. Educação ambiental. 2. Energia elétrica. 3. Mapas conceituais. I.Santos, Arion de Castro Kurtz dos. III. Título.

CDU 504:621.31

**MILTON FREITAS CÁPUA**

**UM ESTUDO COM ALUNOS DO CURSO DE PROJETOS  
ELÉTRICOS, NOTURNO, CTI-FURG ENVOLVENDO ENERGIA  
ELÉTRICA, EDUCAÇÃO AMBIENTAL E MAPAS CONCEITUAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Coordenadoria de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

---

Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos  
(FURG - Orientador)

---

Prof. Dr. Humberto Calloni  
(FURG)

---

Prof. Dr. Ives Solano Araujo  
(UFRGS)

**RIO GRANDE  
2008**

## DEDICATÓRIA

A minha esposa Eliana pela compreensão, carinho, incentivo e entusiasmo ao longo dessa jornada. A meu filho Maurício, que com sua juventude, me ensina coisas novas todos os dias.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter permitido que eu chegasse ao fim de mais essa caminhada.

Aos alunos dos Curso Técnico de Projetos e Instalações Elétricas, do Colégio Técnico Industrial Prof. Mário Alquati da Universidade Federal do Rio Grande, que participaram do processo de coleta de dados para o desenvolvimento desta dissertação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos que me mostrou uma nova forma de fazer pesquisa, orientou este trabalho com dedicação, firmeza e competência, apostou no sucesso deste empreendimento, o que muito contribuiu para minha formação humana e profissional.

Aos colegas professores (as) Paulo Saraçol, Alexandre Machado, Cleiva Aguiar, Márcia Santiago de Araújo, Virginia Machado Kurtz dos Santos, Milton Lafourcade Asmus, Maria do Carmo Galiuzzi. Em especial meu agradecimento aos professores Flávio Galdino Xavier e Ronaldo Nunes Orsini pelo sempre constante e oportuno apoio que me dispensaram ao longo desta trajetória.

A minha amiga e professora de Inglês Leda Acosta pelo apoio e desprendimento, fatores que muito contribuíram para que a realização deste trabalho.

A todos os professores e colegas do mestrado que, direta ou indiretamente, me ajudaram a alcançar mais uma etapa na minha vida profissional. Um especial agradecimento à minha colega e amiga Michely Prestes com quem compartilhei os desafios impostos pelo mestrado.

Ao Colégio Técnico Industrial - Prof. Mário Alquati da Universidade Federal do Rio Grande, pela compreensão e flexibilização dos meus horários de trabalho.

## RESUMO

Este estudo, inserido na linha de pesquisa Educação Ambiental: Ensino e Formação de Educadores(as) (EAEFE), teve como objetivos investigar que idéias os alunos, do Curso de Projetos e Instalações Elétricas do Colégio técnico Industrial - Prof. Mário Alquati (CTI) da Universidade Federal do Rio grande, apresentam sobre o tema Energia Elétrica e suas implicações no Ambiente; como estes estudantes interagem frente à nova proposta de se abordar os conteúdos da disciplina contemplando aspectos ambientais, com o auxílio de *software* específico, trabalhando em duplas frente ao computador; se os mesmos apresentavam evidências de pensamento sistêmico ao realizarem as atividades expressivas, após trabalharem temas referentes à energia elétrica e sua relação com o meio ambiente. A metodologia de trabalho constou de duas fases distintas. Foi elaborado um questionário, submetido à avaliação prévia de alguns especialistas na área de Educação e Educação Ambiental para fins de validação do conteúdo do teste, abordando questões sobre as dimensões da energia elétrica relacionadas à geração, produção e conseqüentes impactos ambientais. Foram implementadas, como possibilidade de complementação ao questionário, atividades de caráter expressivo, através da elaboração de mapas conceituais para a modelagem do pensamento com o auxílio do *software Cmap-Tools*, visando investigar se os alunos apresentavam evidências de pensamento sistêmico. Os dados obtidos referentes aos dois instrumentos foram interpretados através de gráficos, tabelas e redes sistêmicas tomando como principais referenciais para análise o Modelo de Desenvolvimento Econômico de Dias (2004), o Balanço Energético Nacional (2007) e o trabalho de Kurtz dos Santos et al. (1997). Os resultados sugerem que os estudantes apresentaram um grau razoável de entendimento sobre os temas tratados, e evidenciaram na sua grande maioria a presença de pensamento sistêmico ao externalizarem suas idéias através da construção de seus mapas conceituais.

Palavras-chave: Educação ambiental. Energia Elétrica, Mapas Conceituais.

## **ABSTRACT**

This study inserted in the line of research Environmental Education: Teaching and teachers in-service aimed to investigate which ideas the students, from the Evening Course of Projects and Electrical Installations from the Technical Industrial School - Professor Mário Alquati (CTI) from Federal University of Rio Grande, present about the theme Electrical Energy and its implications in the environment; how these students interacted to a new proposal to approach the contents of the course contemplating environmental aspects, with the help of a specific software, working two by two in the computer; if they presented evidence of systemic thinking when they accomplished the expressive activities after working themes referring to electrical energy and its relationship with the environment. The work methodology comprised two distinct phases: at first a questionnaire was made up, and submitted to a previous evaluation of some experts from the area of Education and Environmental Education in order to validate the contents of the test. It approached questions about the dimensions of electrical energy related to generation, production and consequent environmental impacts. Secondly, activities in which they could express themselves were implemented, as a possibility to complement the questionnaire through the elaboration of conceptual maps for modeling their opinion with the help of the software Cmap-Tools, aiming to investigate if students present evidence of systemic thinking. The data obtained, related to the two collected instruments, were interpreted through graphics, tables and systemic nets considering the Economical Development Model of Dias (2004), the National Energetic Balance (2007) and the work from Kurtz dos Santos et al. (1997) as main referential. The results suggest the students present a reasonable degree of understanding about the theme mentioned before, and evidenced in great majority the presence of systemic thinking when they express their ideas through the construction of conceptual maps.

**Keywords:** Environmental Education, Electrical Energy, Systemic thinking, Conceptual maps.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA .....	2
1.2 CONTRIBUIÇÕES .....	4
1.3 O CONTEXTO DO ESTUDO .....	5
1.4 OBJETIVO GERAL .....	6
1.4.1 Problema de Pesquisa .....	7
1.4.2 Objetivos Específicos .....	7
1.5 A ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	9
2 ENERGIA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL .....	11
2.1 A EDUCAÇÃO AMBIENTAL .....	11
2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUSTENTABILIDADE .....	16
2.3 CONCEITUANDO ENERGIA .....	23
2.3.1 A Energia no Cenário Energético do Brasil .....	28
2.3.2 A Energia e a Qualidade de Vida .....	29
2.4 FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	31
2.4.1 Fontes Renováveis ou Alternativas .....	33
2.4.1.1 Fonte Hídrica .....	36
2.4.1.2 Fonte de Energia - Lenha e Carvão Vegetal .....	40
2.4.1.3 Fontes de Energia Eólica .....	40
2.4.1.4 Fonte de Energia Solar .....	42
2.4.1.5 Fonte de Energia das Biomassas .....	43
2.4.1.6 Os Biocombustíveis .....	46
2.4.2 Fontes de Energia não Renováveis .....	46
2.4.2.1 O Carvão Mineral .....	48
2.4.2.2 A Energia do Petróleo e Gás Natural .....	48
2.4.2.3 A Energia Nuclear .....	50
2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS .....	52
2.5.1 O Aquecimento Global e Efeito Estufa .....	53
2.5.2 A Chuva Ácida .....	58
2.6 CRISE NO ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	59
2.7 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O SETOR ENERGÉTICO .....	62
2.8 A CONSERVAÇÃO E USO EFICIENTE DE ENERGIA NO BRASIL .....	63
3 MODELAGEM, PENSAMENTO SISTÊMICO E APRENDIZAGEM .....	69
3.1 CONSTRUTIVISMO .....	69
3.2 ASPECTOS FUNDAMENTAIS DA TEORIA DE AUSUBEL .....	70
3.2.1 Organizadores Prévios .....	73



3.2.2 Fatores Facilitadores da Aprendizagem Significativa.....	75
3.2.3 Modalidades para Aprendizagem Significativa.....	78
3.4 ENFOQUE SISTÊMICO .....	78
3.4.1 O Pensamento Sistêmico .....	82
3.5 LÓCUS DE CONTROLE .....	84
3.6 ESTUDO DE DIAGRAMAS CAUSAIS .....	86
3.6.1 Par de Causa e Efeito Positivo.....	86
3.6.2 Par de Causa e Efeito Negativo .....	87
3.6.3 Diagramas Causais Fechados .....	87
3.7 REPRESENTAÇÃO OU IDÉIAS DOS ALUNOS.....	90
3.8 MODELOS .....	94
3.9 A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM – BREVE HISTÓRICO.....	99
3.9.1 Dimensões da Modelagem.....	103
3.9.2 Modelagem Qualitativa na Educação Ambiental .....	104
3.9.3 A Modelagem como Estratégia de Externalização do Pensamento .....	106
3.10 MAPAS CONCEITUAIS .....	107
3.11 O USO DO <i>SOFTWARE</i> .....	114
4 METODOLOGIA .....	116
4.1 TIPO DE PESQUISA .....	116
4.2 PÚBLICO ALVO .....	117
4.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A COLETA DOS DADOS.....	117
4.3.1 O Método de Utilizar Questionários.....	118
4.3.1.1 O Instrumento 1 – O Questionário .....	120
4.3.2 O Instrumento 2 - Os Mapas Conceituais.....	125
4.3.3 O <i>Software</i> de Modelagem Computacional Qualitativa <i>Cmap-Tools</i> .....	126
4.3.4 Material Instrucional.....	127
4.3.5 Módulo Expressivo.....	127
4.4 A ANÁLISE DOS DADOS ATRAVÉS DO USO DAS REDES SISTÊMICAS.....	127
5 ANÁLISE DOS DADOS.....	132
5.1 PRIMEIRO INSTRUMENTO – O QUESTIONÁRIO.....	132
5.1.1 Análise da alternativa A refere-se à Termoelétrica pela utilização de Carvão.....	133
5.1.2 Análise da alternativa B refere-se à Termoelétrica pela utilização do óleo Diesel. ....	134
5.1.3 Análise da alternativa C refere-se à Termoelétrica pela utilização de Combustível Nuclear. ....	136
5.1.4 Análise da alternativa D, refere-se a geração de energia elétrica através de usina Hidroelétrica. ....	138
5.1.5 Análise da alternativa E, refere-se à geração de energia elétrica através de usina Eólica. ....	139
5.1.6 Análise da alternativa F refere-se à geração de energia elétrica através de usina que capta a energia Solar.....	140
5.1.7 Esta alternativa refere-se a uma possível fonte de geração de energia elétrica não mencionada no instrumento 1: *Outra * fonte. Especifique qual: Por quê? .....	142
5.1.8 Análise da Questão 03 .....	145
5.1.9 Análise da Questão 04 .....	148
5.1.10 Análise da Questão 05 .....	149

5.1.11 Análise da Questão 06: .....	151
5.2 O SEGUNDO INSTRUMENTO - OS MAPAS CONCEITUAIS .....	155
5.2.1 A PRIMEIRA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DOS MAPAS .....	156
5.2.2 A Segunda Atividade de Construção dos Mapas .....	158
5.2.3 Interação dos alunos com o <i>Software Cmap-Tools</i> .....	172
5.2.4 Performance dos Mapas Conceituais.....	175
5.2.5 A Presença de Elos de Retroalimentação .....	175
5.2.6 Interação entre os Participantes .....	176
5.2.7 O Uso do Software .....	176
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	178
6.1 RESPOSTA À QUESTÃO DE PESQUISA 01 .....	178
6.2 RESPOSTA À QUESTÃO DE PESQUISA 02.....	182
6.3 RESPOSTA À QUESTÃO DE PESQUISA 03.....	185
6.4 OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....	186
6.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	187
6.6 CONCLUSÕES .....	188
6.7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	188
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE ENERGIA ELÉTRICA. ....	204
APÊNDICE B – MATERIAL INSTRUCIONAL .....	209

# CAPÍTULO I

*Neste capítulo apresentamos os aspectos que serviram de motivação para o desenvolvimento deste trabalho.*

## 1 INTRODUÇÃO

Na condição de docente do Colégio Técnico Industrial Mário Alquati (CTI) desde 1996, quando assumimos o cargo de professor, sempre permanecemos em sala de aula, lidando diretamente com os alunos. Se por um lado o contato com os alunos é enriquecedor e estimulante por outro exige do professor tempo e energia que podem reduzir suas chances de evoluir sua prática pedagógica e estar sintonizado com as inovações tecnológicas dos nossos dias.

Este foi um dos motivos que nos impulsionou a ingressarmos no curso de Mestrado em Educação Ambiental com o propósito de buscar obter condições para realizar um trabalho inovador e transformador da realidade que contempla os cursos do CTI, especialmente o curso de Projetos e Instalações Elétricas, que veio a substituir em decorrência da reforma da Educação iniciada em 1996 o tradicional curso de Eletrotécnica, no qual atuamos como docente ao longo desses anos.

O presente trabalho configura-se na linha de pesquisa Educação Ambiental: Ensino e Formação de Educadores(as) (EAEFE). Entendemos que seja importante, sempre que possível, estarmos dispostos a investigar alternativas reais que possam contribuir para aperfeiçoar os atuais currículos que, na sua grande maioria, ainda privilegiam o ensino como uma reprodução do conhecimento, onde o aluno realiza provas e exames, obtém aprovação e não consegue aplicar aquilo que aprendeu na escola na sua vida, pois não há uma contextualização do que é ensinado, desmotivando assim todos os integrantes do processo: alunos, professores, direção, pais, uma vez que não se forma um elo de ligação entre as partes, onde a interação e cooperação são fundamentais para que realmente se obtenha sucesso.

## 1.1 Justificativa

Faz-se necessário ressaltar que hoje no Brasil a necessidade de se discutir e aplicar práticas pedagógicas voltadas à conscientização sobre o homem e a sustentabilidade, transcende o campo individual e ocupa espaço concreto apoiado por legislação específica e políticas direcionadas.

Sancionada pelo presidente Fernando Henrique, em 27 de abril de 1999, a Lei Nº 9795 "*Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.*" O Projeto de Lei, proposto pelo deputado federal Fábio Feldmann, reconhece, enfim, a educação ambiental como um componente urgente, essencial e permanente em todo processo educativo, formal e/ou não-formal, como orientam os Artigos 205 e 225 da Constituição Federal.

O Programa Nacional de Educação Ambiental é coordenado pelo órgão gestor da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) e tem como eixo orientador a marca institucional do atual governo: "Brasil, um País de todos". Suas ações destinam-se a assegurar, no âmbito educativo, a integração equilibrada das múltiplas dimensões da sustentabilidade ambiental, social, ética, cultural, econômica, espacial e política relacionadas ao desenvolvimento do país, resultando em melhor qualidade de vida para toda a população brasileira, por intermédio do envolvimento e participação social na proteção e conservação ambiental e da manutenção dessas condições ao longo prazo. Nesse sentido, o Ministério do Meio Ambiente assume quatro diretrizes, como consequência o PNEA tem os seguintes objetivos:

- Estimular e apoiar processos de educação ambiental, na construção de valores e relações sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências que contribuam para a participação de todos na edificação de sociedades sustentáveis.
- Estimular e apoiar processos de capacitação e formação de recursos humanos em educação ambiental.
- Contribuir com a organização de profissionais e instituições que atuam em programas de intervenção, ensino e pesquisa em educação ambiental.
- Contribuir para a internalização da dimensão ambiental nos projetos de desenvolvimento e de melhoria da qualidade de vida, nas políticas e programas

setoriais do governo em todas as suas esferas e setores, nas empresas, e nas organizações da sociedade civil.

Diante desta realidade, cabe aos educadores buscarem aperfeiçoamento e condições para transformar uma necessidade já detectada e amparada por Lei, em programas e métodos de efetiva construção de um pensamento coletivo em harmonia com o que preconizam os trabalhos sobre sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável. Assim, conforme está estabelecido nos Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico deve constar como uma das habilidades: aplicar a legislação, normas de saúde e segurança do trabalho, *e qualidade e ambiental*.

Após a implantação da Reforma da Educação Profissional (REP), definida pela lei 9394/96<sup>1</sup> as escolas técnicas do nosso país têm experimentado um momento inovador sob o ponto de vista pedagógico decorrente da conhecida como lei de Diretrizes e bases da Educação (LDB)<sup>2</sup>. Esta referida Lei impôs mudanças na maneira de trabalharmos os currículos da Educação Profissional fazendo com que os mesmos fossem centrados na formação do aluno por competências. Este novo modo de procedimento conduziu a uma nova maneira de desenvolver a avaliação do ensino baseada em competências e habilidades. Entretanto, este é apenas um aspecto relevante que merece ser lembrado, porém não se caracteriza como foco de nosso trabalho.

Nesse contexto atribulado de mudanças educacionais, o desafio estabelecido era de escolhermos um objeto de estudo que contemplasse a Questão Ambiental e a Eletricidade de maneira que pudessem ser trabalhadas no enfoque sintonizado com uma visão, onde fosse permitido ao aluno encontrar e ou construir significado com respeito àquilo que estuda e aprende.

Assim, tendo a oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande (PPGEA-FURG), decidimos

---

<sup>1</sup> A Lei Federal nº 9.394/96, atual LDB. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - configura a identidade do ensino médio como uma etapa de consolidação da educação básica, de aprimoramento do educando como pessoa humana, de aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental para continuar aprendendo e de preparação básica para o trabalho e a cidadania. A LDB dispõe, ainda, que a educação profissional, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduz ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva.

<sup>2</sup> Disponível em: [http://www.ceprotec.mt.gov.br/blue/blue\\_legislacao.htm](http://www.ceprotec.mt.gov.br/blue/blue_legislacao.htm)

aprofundar os estudos de modo a conciliar os preceitos da Educação Ambiental somando-se aos conteúdos inerentes à disciplina de Eletricidade, contribuindo com a formação profissional de nível técnico e a construção de uma consciência atenta aos problemas que afetam o planeta e que têm ligação com a atividade que pretendem exercer.

Dessa forma, acreditamos ser viável abordar a Eletricidade e a Educação Ambiental de uma forma integrada, prática (inserida no contexto da reforma educacional), na qual os alunos estarão lidando diretamente com uma tecnologia avançada e, concomitantemente ao ensino técnico, começarão a trabalhar questões ambientais importantes como, por exemplo: a sustentabilidade, o excesso de consumo e a crise de energia.

## **1.2 Contribuições**

Acreditamos que este trabalho poderá contribuir para a construção da consciência ambiental, tão discutida e que está presente não só no universo da literatura, mas também é tema de calorosos debates na mídia, abrangendo todos os seus segmentos, pois no atual contexto que se depara o país, necessitando muitas vezes realizar racionamento de energia elétrica em várias regiões devemos cada vez mais despertar em nossos alunos a consciência de que precisamos ter um consumo moderado não somente de energia elétrica, mas de outras fontes de energia alternativas como a hídrica, eólica, solar e mais recentemente em evidência as fontes e energia provenientes das biomassas, conforme documento preparado pelos organizadores do Seminário Bioenergia na América do Sul<sup>3</sup>, cujo objetivo foi provocar uma discussão e reflexão dos participantes sobre temas que a experiência brasileira mostra serem importantes para viabilizar o uso de biomassa energética de modo competitivo e sustentável.

Desta forma, entendemos que seja importante desenvolver trabalhos que estimulem a utilização das fontes alternativas de energia, já citadas, a fim de realmente podermos encontrar soluções práticas e que nos auxiliem frente ao desafio de obtermos energia suficiente para o desenvolvimento e planejamento do futuro.

O elemento motivador para a realização deste trabalho surge da preocupação constante

---

<sup>3</sup> Disponível no endereço: [http://www.inee.org.br/Bioenergia\\_AL/informacao.html](http://www.inee.org.br/Bioenergia_AL/informacao.html).

com relação à forma como a Educação Ambiental está inserida no contexto do curso já mencionado, mais especificamente a questão da energia em todas as suas formas e peculiaridades.

Os objetivos deste trabalho estão diretamente relacionados com essa preocupação. O fato de atuar em um curso essencialmente técnico e voltado para a formação profissional, entendemos que carece de uma atitude que venha a contribuir para a tentativa de observar que idéias os alunos apresentam sobre o tema energia elétrica e suas implicações no ambiente, embora esteja prevista na grade curricular do Curso de Projetos e Instalações Elétricas.

Desta maneira, surge a preocupação de fazer com que os alunos do ensino profissional, que procuram a instituição com o propósito de obter qualificação profissional e assim tornarem-se aptos para o mercado de trabalho, possam ter acesso às informações de caráter ambiental. Hoje muito mais do que por imposição da moda é uma necessidade importante para a formação plena do cidadão.

### **1.3 O Contexto do Estudo**

As novas tecnologias de informação aliadas à educação constituem-se como veículos importantes e decisivos no auxílio ao processo de ensino aprendizagem, isto pode ser observado tomando como referencia trabalhos realizados anteriormente, conforme podemos observar nos trabalhos realizados no Brasil e no exterior a exemplo de: Kurtz dos Santos (1997, 2002), Viana (1998), Xavier (2003), Orsini (2006), Ferracioli, Ogborn (1994), Camiletti (2001) e outros.

Consideramos que seja necessário evidenciar a importância da utilização dos recursos de informática juntamente com o material instrucional como forma de facilitar a aprendizagem significativa (TAS)<sup>4</sup> (ver capítulo II, seção 3.2.1, p. 69). Tal procedimento colaborou para a motivação dos alunos, condição necessária para o desenvolvimento das atividades com o propósito de construção dos conceitos almejados. Desta forma entendemos que o presente trabalho atende aos aspectos referentes à questão da Educação e nesse sentido tem um forte

---

<sup>4</sup> TAS – Teoria a Aprendizagem de Ausubel propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que possam construir estruturas mentais utilizando, como meio, de descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz.

componente ambiental ao tratar temas que recebem na atualidade expressiva relevância durante a investigação.

Este trabalho de investigação foi desenvolvido durante as aulas de Eletricidade. Através dos recursos de informática foi possível desenvolver junto aos alunos uma experiência de Modelagem Qualitativa, explicitado conforme afirmação de Gomes (veja capítulo III, seção 3.9, p. 99), utilizando o *software Cmap-Tools*<sup>5</sup> (versão 4.03) para a construção dos mapas conceituais (Amoretti e Tarouco, 2000).

Durante esses encontros foi disponibilizado aos alunos um material impresso dividido em dois tópicos. Primeiro um texto contendo breves considerações sobre Educação Ambiental, uma definição para o que se entende por Impacto Ambiental, uma noção básica sobre os mapas conceituais. Dando prosseguimento propomos atividades expressivas (veja capítulo IV, seção 4.3.5, p.126). Neste aspecto foi fornecido aos alunos um pequeno texto relacionado a uma questão que diz respeito à Educação Ambiental, seguido de orientações para que os alunos desenvolvessem duas atividades expressivas, a primeira de caráter livre sendo sugerido o tema circuito elétrico como forma de familiarizarem-se com os mapas conceituais; e na segunda os alunos puderam externalizar suas idéias sobre o tema Energia Elétrica e suas implicações no Ambiente, sendo que estes mapas decorrentes da segunda atividade expressiva serviram de dados para tentar responder as questões de pesquisa apresentadas na seção 1.4.1 deste capítulo.

#### **1.4 Objetivo Geral**

Esta pesquisa busca a compreensão da problemática da energia elétrica no que tange aos aspectos de geração, consumo e sua implicação para a qualidade ambiental. Estabeleceu-se como objetivo geral: utilizar os mapas conceituais como ferramenta para levantar o entendimento apresentado pelos alunos sobre a Eletricidade, quanto às questões ambientais decorrentes do uso da energia elétrica, após o contato com o material instrucional (veja a apêndice B).

---

<sup>5</sup> Disponível no endereço: <http://cmap.ihmc.us/>, acesso em setembro de 2007.



### **1.4.1 Problema de Pesquisa**

A visão deste contexto acabou por gerar o seguinte problema de pesquisa: se existe no curso de projetos e instalações elétricas a preocupação em se discutir as questões referentes à energia elétrica e de que forma os alunos vêm estas questões. Com o propósito de elucidar essa dúvida, surgem as seguintes questões de pesquisa:

1. Qual o perfil das idéias dos alunos do curso a respeito da energia elétrica no que diz respeito a suas fontes de geração, consumo e conseqüente impacto ambiental?
2. Os estudantes apresentam evidências de pensamento sistêmico ao realizarem as atividades expressivas, após trabalharem temas referentes à energia elétrica e sua relação com o meio ambiente?
3. Como se desenvolve a interação entre os estudantes que trabalham em duplas frente à nova proposta de se abordar os conteúdos da disciplina contemplando aspectos ambientais com o auxílio de software específico?

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Com o propósito de responder a estes questionamentos foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos para o estudo:

1) Trabalhar a Educação Ambiental de forma a desenvolver os conteúdos na unidade de Eletricidade conforme pressupostos recomendados por Dias (2004), quando defende que a educação ambiental não deve se constituir como disciplina e sim permear os conteúdos abordados;

2) Desenvolver as atividades em duplas, de modo a possibilitar através do uso dos mapas conceituais a perspectiva de fazer uma aproximação à Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), com a intenção de estabelecer condições para que os alunos construíssem modelos conceituais (veja capítulo III, seção 3.8, p. 96) do entendimento que dispõem sobre os temas abordados;

3) Desenvolver as atividades utilizando textos abordando temas relevantes com relação à Educação Ambiental (EA) com o propósito de dispor da motivação como elemento da TAS de modo a caminhar em direção a uma aprendizagem significativa;

4) Utilizar recursos de informática através do uso de *software* específico com relação à intenção de tornar as atividades mais atraentes, colaborativas e dinâmicas, de modo a investir na motivação como forma de contribuir para a caminhada em direção à aprendizagem significativa;

5) Utilizar os mapas conceituais de modo a procurar por evidências de pensamento sistêmico, observando se os alunos conseguem:

a) Contemplar as três categorias estabelecidas como fundamentais quanto à questão da energia elétrica, apresentados na rede sistêmica da figura nº17, (veja capítulo IV, seção 4.3, p. 128), em seus discursos e representações gráficas;

b) Apresentar coerência, explicitando as inter-relações existentes entre as principais variáveis representadas nos mapas conceituais;

c) Evidenciar de forma explícita pelo menos um elo de retroalimentação nos mapas conceituais produzidos pelas duplas, nas atividades expressivas, conforme Kurtz dos Santos, et al (1997), quando estabeleceu, como parâmetro de evidência de pensamento sistêmico para as atividades desenvolvidas pelos alunos, a existência de pelo menos um elo de retroalimentação.

Cabe salientar que a união dos princípios da TAS e os da Modelagem computacional estabelecidas por Kurtz dos Santos (1997) se constituem em uma novidade do ponto de vista da pesquisa aplicada à Educação Ambiental. Alguns autores como Xavier (2003) e Orsini (2006) tentaram em trabalhos com ênfase na modelagem computacional, mas tendo como base o *software* STELLA<sup>6</sup>, fazer aproximações com os fundamentos da TAS de Ausubel<sup>7</sup>. Nosso

---

<sup>6</sup> **STELLA** é acrônimo para "Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation" (Richmond, et al., 1987), que pode ser traduzido como: Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação para o Pensamento Sistêmico. Desenvolvido inicialmente para os computadores 'Apple Macintosh' é uma ferramenta de modelagem quantitativa que usa a metáfora de tanques, válvulas e canos. Atualmente está disponível a última versão de STELLA para Windows que pode ser encontrada na Internet no seguinte endereço <<http://www.hps-inc.com/education/new-stella.htm>>.

trabalho, por utilizar Mapas Conceituais de Novak<sup>8</sup> como forma de representar as idéias dos alunos quanto a Energia Elétrica se propôs a dar continuidade a essa aproximação entre essas duas teorias aplicadas.

## **1.5 A Organização da Dissertação**

Esta dissertação é apresentada em 5 capítulos como descritos abaixo.

Este CAPÍTULO I tem o objetivo de disponibilizar ao leitor condições de perceber o contexto da pesquisa e apresentar de maneira sucinta os tópicos que serão desenvolvidos ao longo do texto.

O CAPÍTULO II apresenta o Referencial Teórico, onde são abordadas conteúdos relacionados à Energia Elétrica e suas Implicações no Ambiente, necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

O CAPÍTULO III apresenta o Referencial Teórico abordando Modelagem, Pensamento sistêmico e aprendizagem.

O CAPÍTULO IV apresenta a Concepção do Estudo, onde é descrita a metodologia usada para o desenvolvimento desta pesquisa.

O CAPÍTULO V descreve a análise das informações que resultaram da aplicação dos instrumentos utilizados na coleta de dados necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa.

## **CONCLUSÕES**

Neste capítulo descrevemos uma síntese dos resultados obtidos a partir dos instrumentos utilizados para a coleta de dados tendo como objetivo a apresentação de respostas para as três questões de pesquisa propostas e apresentadas na seção 1.4.1, p.7. Em

---

<sup>7</sup> Para David Ausubel, psicólogo da aprendizagem, o principal no processo de ensino é que a aprendizagem seja significativa. Isto é, o material a ser aprendido precisa fazer algum sentido para o aluno. (Ausubel et al., 1978) .

<sup>8</sup> Novak Joseph D. é Professor de Educação e Ciências Biológicas na Universidade de Cornell onde realiza pesquisa com o foco na aprendizagem humana, estudos educacionais e criação de conhecimento e representação. Fonte: <<http://www.ihmc.us/users/user.php?UserID=jnovak>>, acesso em 22 de setembro de 2008.

adição, apresentamos as limitações do presente estudo bem como as sugestões de futuras investigações que possam vir a complementar o presente trabalho.

Ao final é apresentado nos Apêndices A contendo o Instrumento 1 e B composto pelo o Material Instrucional utilizado para possibilitar a contextualização e motivação dos temas abordados necessários para a realização das atividades, os instrumentos empregados na coleta constituídos pelo questionário e pelos mapas conceituais elaborados pelos alunos nas atividades expressivas.

## **CAPÍTULO II**

*Neste capítulo apresentamos os conceitos que compõem a fundamentação teórica desenvolvida com o propósito de auxiliar no entendimento e análise dos dados levantados nos instrumentos de pesquisa. Além disso, este referencial poderá servir de auxílio ao leitor interessado em acompanhar as definições utilizadas ao longo do trabalho.*

## **2 ENERGIA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Segundo o pensamento de Duit (2002) para a realização de um trabalho de pesquisa é fundamental a identificação inicial de bibliografia pertinente. Diante disto, realizamos consultas sistemáticas e encontramos trabalhos de investigação envolvendo o tema energia e mais especificamente energia elétrica, e num primeiro momento nos defrontamos com trabalhos desenvolvidos, por exemplo, por Bärwald (2002), Farias (2003), Vieira (2002), etc. Além do mais, entendemos então ser procedente realizar uma revisão da literatura, por considerar que nenhuma pesquisa parte do zero conforme nos enfatiza Lakatos & Marconi (1990). Assim, diante desta realidade, visitamos os principais periódicos de pesquisa na área de ciências relacionada à Educação no Ensino de Física, na busca por artigos que viessem colaborar na elaboração da fundamentação teórica utilizada em nosso trabalho de pesquisa. Para tanto, foram consultadas as seguintes revistas abrangendo o período de (1999-2006): Caderno Catarinense de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, XVI Simpósio nacional do Ensino de Física, Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental do PPGEA-FURG. Além de vários trabalhos disponíveis na Internet.

### **2.1 A Educação Ambiental**

No entendimento de Dias (2004) a Educação Ambiental tem por pressuposto possibilitar as pessoas desenvolverem comportamentos responsáveis e a construção de valores que possibilitem uma convivência saudável entre si e com o meio ambiente.

Na Conferência de Tbilisi<sup>9</sup> (1977), que é considerado um marco importante na história da Educação Ambiental, segundo Dias (2004, p26), foi dado uma dimensão importante ao conteúdo e à prática da educação, orientada para a resolução dos problemas concretos do meio ambiente através de enfoques interdisciplinares e de uma participação ativa e responsável de cada indivíduo e da coletividade.

Na legislação brasileira, segundo a Lei nº 9795, de 27/04/99, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental. No artigo 1o. da referida lei, entende-se por Educação Ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades e atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem do uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Além destas definições, podemos destacar o que cita Reigota referente à Educação Ambiental:

Assim a educação ambiental deve ser entendida como educação política, no sentido de que ela reivindica e prepara os cidadãos para exigir justiça social, cidadania nacional e planetária, autogestão e ética nas relações sociais e com a natureza. A educação ambiental como educação política enfatiza antes a questão “por que” fazer do que “como” fazer. Considerando que a educação ambiental surge e se consolida num momento histórico de grandes mudanças no mundo ela tende a questionar as opções políticas atuais e o próprio conceito de educação vigente, exigindo-a, por princípio, criativa, inovadora e crítica (Reigota, 1994, p.10).

Percebemos que o autor apresenta a definição de educação ambiental citando uma educação política e, sem deixar de ir ao encontro de Tbilisi e da própria legislação brasileira. Reigota (1994) apresenta uma definição atualizada e mostra um avanço conceitual, já que as idéias preliminares de Educação Ambiental remetiam apenas aos aspectos ecológico e natural. Hoje a concepção de problema ambiental está ampliada, pois envolve as relações econômicas, políticas, sociais e culturais entre os seres humanos e entre esses e a natureza.

---

<sup>9</sup> Conferência de Tbilisi, realizada na Geórgia de 14 a 26 de outubro de 1977, que consagrou a primeira fase do Programa Internacional de EA ocorrido por ocasião da Conferência de Estocolmo em 1975, no sentido de que a EA encontrasse apoio nas ciências e tecnologias para firmar seus propósitos orientadores sobre a educação tanto formal como não-formal, buscando desta maneira facilitar a apreensão e problematização por parte das pessoas quanto aos assuntos que envolvem o meio ambiente, fazendo ao mesmo tempo, que elas despertem seus interesses à vital transformação dos hábitos na exploração dos recursos naturais, e encontrem uma forma de participar ativamente na solução dos graves problemas que ameaçam a existência presente e futura do Planeta. (Dias, 2004).

Sem deixar de se preocupar com as questões ecológicas, a educação ambiental está inserida no contexto global de educação, onde procura despertar no ser humano toda a sua importância enquanto ser atuante e pensante deste planeta. Assim, no momento que conseguirmos fazer com que o homem reflita antes de agir em determinadas situações, certamente conseguiremos o desenvolvimento de uma sociedade mais fraterna, onde poderemos ter uma melhor qualidade de vida para todos que dela participarem. Isso é uma tarefa difícil, pois vai de encontro a muitos princípios capitalistas, como o da exploração da miséria em que se encontra a boa parte da população deste planeta.

Das questões ambientais a energia está sempre presente no foco das atenções, seja do ponto de vista dos recursos naturais, ou dos impactos decorrentes de sua utilização. Até mesmo ao se discutir sobre os problemas ambientais como exemplo os impactos ambientais, devemos nos lembrar, que os mesmos, são resultantes das ações humanas e essas envolvem, entre outras, um dos fatores primordiais que é a questão da obtenção de energia com o propósito de manter a vida. Como sabemos o homem necessita de uma grande quantidade de energia para manter seu corpo funcionado, pois o mesmo comporta-se como uma complexa máquina térmica. Num primeiro momento através da alimentação, mas suas necessidades não se resumem a isto, existe a questão associada ao conforto, aos transportes, e ao lazer. Todas estas necessidades decorrentes da atividade humana carecem de uma grande quantidade de energia, seja esta de forma direta ou resultante de complexos procedimentos que a processam de modo a suprir estas necessidades. Em decorrência disto, necessita de subsídios que permitam a ele suprir suas necessidades e para tanto, lança mão dos recursos que estão presente no meio ambiente.

Segundo Trazzi<sup>10</sup> (2004) um dos objetivos da prática da educação ambiental no ensino formal<sup>11</sup> e informal<sup>12</sup> é promover processos de conscientização que estimulem novas

---

<sup>10</sup> Patrícia Silveira da Silva Trazzi é licenciada em ciências biológicas pela UFES e possui mestrado em Educação pela Universidade Federal do Espírito Santo (2003). Tem experiência na área de Educação presencial e educação a distância, com ênfase em Educação Ambiental e ensino de ciências e Biologia. (Texto informado pelo autor).

<sup>11</sup> **Educação formal:** (Seção II, Art. 9º da Lei 9.795/99). Entende-se por educação ambiental na educação escolar a desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas, englobando: I - educação básica: a. educação infantil; b. ensino fundamental e c. ensino médio; II - educação superior; III - educação especial; IV - educação profissional; V - educação de jovens e adultos.

<sup>12</sup> **Educação não-formal:** (Seção III, Art. 13º da Lei 9.795/99). Entende-se por educação ambiental não-formal ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente.

percepções de mundo e dos problemas decorrentes da degradação ambiental, buscando formas de integrar o ser humano ao meio em que vive. Esses objetivos só se tornam possíveis porque a educação ambiental é uma educação processual, democrática, política, cidadã, solidária, e que busca promover o respeito ao outro, a diferentes culturas e nações e que procura resgatar valores éticos, estéticos e humanistas.

No entanto, no entendimento de Layrargues (2000) a Educação Ambiental, nas últimas duas décadas tem sido alvo de pesadas e recorrentes críticas por parte dos mais diferentes segmentos das comunidades nacional e internacional. Por muito tempo foi tratada, em muitos casos como modismo. Essa modalidade de educação é fortemente criticada pela falta de resultados concretos em sua prática e por sua fragilidade metodológica, pois não se sabe ainda quais são os meios mais eficazes para sua implementação.

Nas escolas e Universidades, por exemplo, Dias (2004) reconhece que existem inúmeras dificuldades na sua implementação apesar de a Lei nº 9.795/99 que dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental<sup>13</sup>. Segundo esta Lei, a educação ambiental deve ser desenvolvida no ensino superior público e privado de forma interdisciplinar, contínua, permanente e que deve constar dos currículos de formação de professores, em todos os níveis e em todas as disciplinas.

Dias (2004), entende que a Educação Ambiental assume derradeiro papel como um especial meio de formação e capacitação dos indivíduos nesse processo de transformação rumo ao desejável desenvolvimento sustentável, de modo a fazer com que as pessoas adquiram uma percepção global, não-fragmentada e equilibrada sobre a realidade de mundo onde ocorre a dinâmica e complexa relação de produção e consumo e suas conseqüências sociais, econômicas e ecológicas, também desenvolvam um senso crítico ou problematizador sobre a aludida realidade, capaz de lhes dar habilidades necessárias para transformarem o cenário pouco promissor. Nesse sentido Dias nos alerta a cerca do seguinte:

O maior desafio, tanto dessa época como do próximo século, é salvar o planeta da destruição. Isso vai exigir uma mudança nos próprios fundamentos da civilização moderna - o relacionamento dos seres humanos com a natureza. (Dias 2004, p.97).

---

<sup>13</sup> Art. 7º A Política Nacional de Educação Ambiental envolve em sua esfera de ação, além dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, instituições educacionais públicas e privadas dos sistemas de ensino, os órgãos públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, e organizações não-governamentais com atuação em educação ambiental.



Para Jacobi (2001) a associação da sustentabilidade com a Educação Ambiental é de fundamental importância, pois traz para o debate a questão do modelo insustentável de desenvolvimento no qual vivemos, focalizando a necessidade de se mudar a maneira como estamos interagindo com o meio ambiente em prol do paradigma da sustentabilidade que propõe a associação entre justiça social, qualidade de vida e equilíbrio ambiental e também a necessidade de desenvolvimento como tendo uma capacidade de suporte.

Hoje a questão do respeito ao outro é uma idéia mais recente dentro do discurso ambiental e que se desenvolveu mais após Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, com a elaboração de documentos, como a Agenda 21, do Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global e da Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade, que se realizou, em 1997, em Thessaloniki, na Grécia. Esses documentos enfatizam a questão do respeito a todas as formas de vida e também aos seres humanos entre si.

A importância da Agenda 21 se justifica pelo fato de ser um plano de ação para ser adotado em nível global, nacional e localmente, por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente. Constitui-se na mais abrangente tentativa já realizada de orientar para um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI, cujo alicerce é a sinergia da sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Para tanto a Agenda 21 apresenta um conjunto de recomendações para orientar cidades, regiões e países no processo de construção do desenvolvimento local sustentável. Nos seus quarenta capítulos distribuídos em quatro seções encontram-se os principais aspectos numa política de desenvolvimento:

- Seção 1 – aspectos sociais e econômicos do desenvolvimento: erradicação da pobreza, mudanças do padrão de consumo, assentamentos humanos, promoção da saúde e integração entre meio ambiente e desenvolvimento na tomada de decisão, etc.;

- Seção 2 – aspectos ambientais e a gestão dos recursos naturais: combate ao desmatamento, proteção da atmosfera, controle de ecossistemas frágeis, promoção do desenvolvimento dos resíduos sólidos, etc.;

- Seção 3 – fortalecimento do papel dos principais grupos sociais, entre eles: os trabalhadores, a indústria e o comércio, a comunidade científica e tecnológica, as ONGs, as autoridades locais, os jovens, etc.;

- Seção 4 – os meios de implementação, relacionando recursos financeiros, sistema de informações para o processo de tomada de decisão, arranjos institucionais, promoção do ensino.

Segundo Dias (2004), pelos seus objetivos e funções, a Educação ambiental é necessariamente uma forma de prática educacional sintonizada com a vida da sociedade. Ela só pode ser efetiva se todos os membros da sociedade participarem de acordo com as suas habilidades, das complexas e múltiplas tarefas de melhoria das relações das pessoas com seu meio ambiente. Isto só pode ser alcançado se as pessoas se conscientizarem do seu envolvimento e das suas responsabilidades.

## **2.2 Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade**

No entendimento de Bärwald (2002, p. 46) o conceito de sustentabilidade muitas vezes é utilizado de modo indiscriminado o que resulta numa ambigüidade na sua definição. No entanto, diante desta indagação feita aos alunos faz-se necessário estabelecer um parâmetro visando dar condições para que todos tenham pelo menos o mesmo referencial, de modo a possibilitar a interpretação de suas posições frente aos problemas que afligem o planeta. Sendo assim, buscou-se esta referência segundo o entendimento de Jacobi quando estabelece que “A noção de sustentabilidade implica uma necessária inter-relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte” (Jacobi, 1994).

O atual momento de crise de energia elétrica pelo qual o país está passando, vem ao encontro de um dos temas principais que é abordado pela Educação Ambiental, que se refere ao Desenvolvimento Sustentável. Guillén (1996) cita em seu artigo a definição de desenvolvimento sustentável, que, de acordo com a comissão de Brundtland (1987), “o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz a necessidade da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades”.

O conceito de desenvolvimento sustentável surge para enfrentar a crise ecológica, sendo que pelo menos duas correntes alimentaram este processo. Uma primeira, centrada no trabalho do Clube de Roma publicado sob o título de *The limits of growth* (Os limites do crescimento) em 1972, onde se argumenta que, para alcançar a estabilidade econômica e ecológica se propõe o congelamento do crescimento da população global e do capital industrial, mostrando a realidade dos recursos limitados, indicando um forte viés para o controle demográfico. Uma segunda está relacionada com a crítica ambientalista ao modo de vida contemporâneo, e que se difundiu a partir da Conferência de Estocolmo em 1972 e tem como pressuposto a existência de sustentabilidade social, sustentabilidade econômica, sustentabilidade ecológica.

Seguindo-se a Conferência de Estocolmo em 1972 e como decorrência da grande preocupação com o meio ambiente, realizaram-se outros fóruns mundiais, a começar pela Conferência de Tbilisi/Georgia/CEI/1977, Eco/92 entre outras, diferentes concepções de desenvolvimento surgiram, como por exemplo, o termo *ecodesenvolvimento* que pretende definir um estilo de desenvolvimento adaptado às regiões rurais do 3º mundo.

Jacobi (2003) comenta que a partir da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental realizada em Tbilisi em 1977 se iniciou um amplo processo em nível global orientado para criar as condições para formar uma nova consciência sobre o valor da natureza e para reorientar a produção de conhecimento baseada nos métodos da interdisciplinaridade e os princípios da complexidade. Este evento possibilitou a realização de experiências concretas de educação ambiental de forma criativa e inovadora junto a diversos segmentos da população e em diversos níveis de formação. Em Tessalonika (Grécia) na Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade, o documento chama a atenção para a necessidade de se articularem ações de EA baseadas nos conceitos de ética e sustentabilidade, identidade cultural e diversidade, mobilização e participação e práticas interdisciplinares.

No entendimento de Bueno (1998), grande parte da população já apresenta indícios de que acredita que na medida em que se reduz a capacidade de renovação dos recursos naturais, em que se contamina a água dos rios, polui a atmosfera, em que se destrói as florestas e toda a biodiversidade, caminha-se no sentido da exaustão das condições que dão suporte à vida no planeta. Este pensamento fica mais claro nas palavras do autor:

Se os cidadãos, individualmente, forem confrontados com a necessidade da manutenção da biodiversidade para a manutenção da qualidade de vida de seus descendentes, sem pensar exclusivamente em seus benefícios pessoais imediatos, os benefícios de longo prazo começarão a ser visualizadas, percebidos enfim, pelos humanos, e a conservação deixará de ser uma luta real de uma minoria e retórica da maioria para ser integrada às atividades sociais de todos como um fato normal e necessário à vida (Bueno, 1998).

Nesse contexto em que vivemos, destaca-se cada vez mais a importância de um desenvolvimento sustentável, onde a educação ambiental possui papel importantíssimo como uma maneira de transformar a sociedade na qual está inserida. Assim, estamos diante de uma situação ímpar no que se refere a difundirmos os princípios desse tipo de desenvolvimento, nas instituições de ensino formal, que é o foco da disciplina e em particular do nosso trabalho. Além disto, esperamos que iniciativas adotadas a partir do ambiente escolar possam surtir efeitos que extrapolem estas fronteiras possibilitando:

Uma educação onde os indivíduos e a coletividade possam construir valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas à racional conservação do meio ambiente geral, patrimônio universal considerado bem de uso comum e essencial à sadia qualidade e sustentabilidade da vida, como estabelece a Constituição Federal de 1988, artigo 225 e o PNEA no artigo 1º do Capítulo I.

A problemática da sustentabilidade na visão de Jacobi (1997) assume neste novo século um papel central na reflexão em torno das dimensões do desenvolvimento e das alternativas que se configuram. O quadro sócio-ambiental que caracteriza as sociedades contemporâneas revela que a interferência humana sobre o meio ambiente está causando impactos cada vez mais complexos, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos.

Estas dimensões relacionadas à sustentabilidade social, sustentabilidade econômica, sustentabilidade ecológica explicitam a necessidade de tornar compatível a melhoria nos níveis e qualidade de vida com a preservação ambiental. Surge para dar uma resposta à necessidade de harmonizar os processos ambientais com os sócio-econômicos, maximizando a produção dos ecossistemas para favorecer as necessidades humanas presentes e futuras. A maior virtude desta abordagem seja de que além da incorporação definitiva dos aspectos ecológicos no plano teórico, enfatiza a necessidade de inverter a tendência autodestrutiva dos processos de desenvolvimento no seu abuso contra a natureza (Jacobi, 1997).

Foi a partir de 1987 com a divulgação do Relatório Brundtlandt também conhecido como Nosso Futuro Comum, resultado de uma comissão da ONU, que uma nova abordagem em torno da complexidade das causas que originam os problemas socioeconômicos e ecológicos da sociedade global se estabeleceu. Nessa nova visão, a idéia do desenvolvimento

sustentável indica um ponto de inflexão no debate sobre os impactos do desenvolvimento. Não só reforça as necessárias relações entre economia, tecnologia, sociedade e política, como chama a atenção para a necessidade do reforço de uma nova postura ética em relação à preservação do meio ambiente, caracterizada pelo desafio de uma responsabilidade tanto entre as gerações quanto entre os integrantes da sociedade dos nossos tempos.

A conferência do Rio ou Rio 92 segundo Dias (2004) configurou-se como um marco importante para a Educação Ambiental e teve como resultado o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global que coloca os princípios e um plano de ação para educadores ambientais estabelecendo uma relação entre as políticas públicas de Educação Ambiental e a sustentabilidade. Neste documento enfatizam-se os processos participativos na promoção do meio ambiente, voltados para a recuperação, conservação e melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida. Desta forma, salienta Dias, pode-se considerar como “Sustentável no século XXI, a complexa relação entre o desenvolvimento e o meio ambiente numa variedade de áreas, destacando a pluralidade, a diversidade, a multiplicidade e a heterogeneidade, além de incentivar iniciativas que promovam a conscientização popular”.

Para Jacobi (2003) “o desenvolvimento sustentável somente pode ser entendido como um processo onde, de um lado, as restrições mais relevantes estão relacionadas com a exploração dos recursos, a orientação do desenvolvimento tecnológico”. E continua seu raciocínio afirmando que “o crescimento deve enfatizar os aspectos qualitativos, notadamente aqueles relacionados com a equidade, ao uso de recursos, *em particular da energia*, e a geração de resíduos e contaminantes”. Além disso, a ênfase no desenvolvimento deve fixar-se na superação dos déficits sociais, nas necessidades básicas e na alteração de padrões de consumo e isto deve ser mais evidente principalmente nos países desenvolvidos, pois são responsáveis pela demanda de grandes quantidades de recursos. Nesse sentido Jacobi faz a seguinte observação:

É preciso fortalecer a importância de garantir padrões ambientais adequados, e estimular uma crescente consciência ambiental, centrada no exercício da cidadania e na reformulação de valores éticos e morais, individuais e coletivos, numa perspectiva orientada para o desenvolvimento sustentável (Jacobi, 2003).

O modelo de desenvolvimento econômico (MDE) adotado pelo Ocidente e imposto ao resto do planeta, baseado no domínio e exploração da natureza pelos seres humanos, por um

lado, e na dinâmica capitalista de crescente produção e consumo<sup>14</sup> no entendimento de Dias (2004) termina gerando uma maior pressão sobre os recursos naturais (consumo de matéria-prima, água, energia elétrica, combustíveis fósseis, desflorestamento, etc.), causando mais degradação ambiental como consequência vem produzindo uma acelerada degradação geral dos recursos naturais. Dias ao fazer uma análise crítica reflexiva sobre o MDE predominante, registra o seguinte:

Os modelos de “desenvolvimento” vigentes, impostos pelos sete países mais ricos por meio de diversos processos e instituições, como o sistema Financeiro Internacional, o FMI, o Banco Mundial e outros, e das suas influências nos sistemas *políticos*, de *educação* e *informação*, em quase todo o mundo, legaram-nos uma situação socioambiental insustentável, como foi concluído na Rio-92 (Dias, 2004, p.95).

Orsini (2006) faz uma análise do comportamento das entidades que compõem o Modelo de Desenvolvimento Econômico (MDE) apresentado por Dias (2004) apresentado a seguir na p. 22. Neste estudo Orsini, simula o comportamento das entidades como variáveis no STELLA, e deduz que é possível o homem utilizar-se dos recursos tanto renováveis como não renováveis de forma sustentável, desde que seja respeitada a capacidade natural de recomposição das fontes naturais.

Em nosso trabalho tomamos como referência o esquema do, já citado, Modelo de Desenvolvimento Econômico (MDE) apresentado por Dias (2004. p. 97). Desta forma, apresentamos o diagrama do MDE de Dias na figura 01 logo a seguir na p.22. Na figura que representa o MDE é possível visualizar em parte do diagrama entidades que têm relação direta com o foco desta pesquisa, o qual reside na energia elétrica e suas implicações no ambiente. Podemos visualizar no esquema de Dias apresentado na figura 01, salvo os aspectos puramente econômicos (na cor azul), várias relações, dinâmicas existentes entre as atividades realizadas pelos seres humanos e o ambiente. Essas relações que têm relação direta com a questão da energia elétrica podem ser visualizadas observando as seguintes entidades:

- Produção;
- Extrativismo exacerbado;
- Desrespeito à capacidade natural de recuperação da natureza;

---

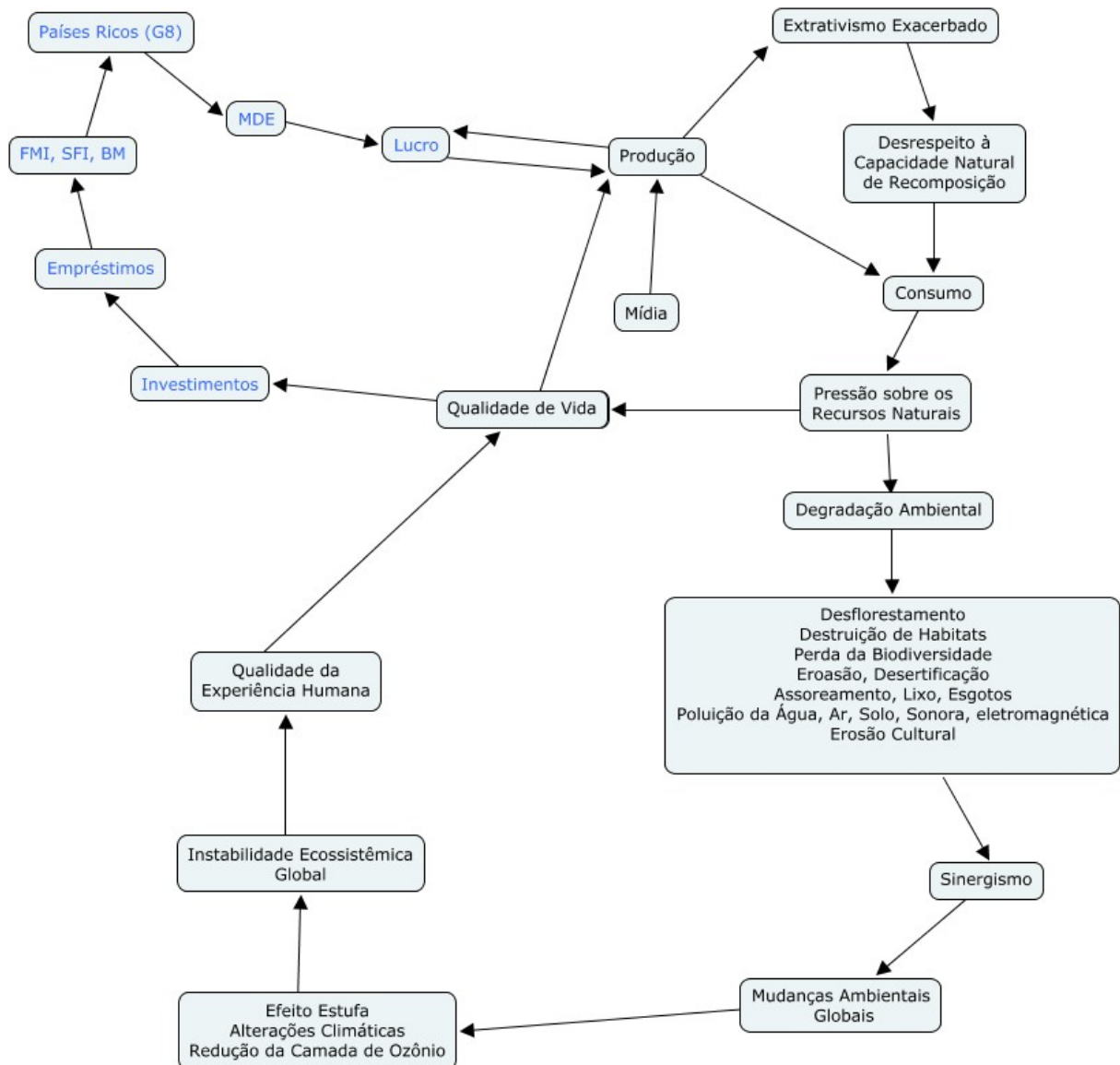
<sup>14</sup> O binômio produção-consumo termina gerando uma *maior pressão sobre os recursos naturais* (consumo de matéria-prima, água, energia elétrica, combustíveis fósseis, desflorestamento, etc.), causando *mais degradação ambiental* (Dias, 2004, p.96)

- Consumo;
- A pressão sobre os recursos naturais;
- A degradação ambiental
- Mudanças ambientais globais;
- Efeito estufa, alterações climáticas e redução da camada de ozônio;
- Instabilidade ecossistêmica global;
- Qualidade de vida;

*Tomamos este modelo de Desenvolvimento Econômico desenvolvido por Dias, como referência para a realização das análises dos dados obtidos nos instrumentos de pesquisa. Desta forma, foi com este modelo, apresentado na figura 01 a seguir, que utilizamos para traçar um parâmetro do entendimento que os alunos apresentavam sobre as questões ambientais (veja capítulo V, seção 5.1, p.131).*

Seguindo nesta linha raciocínio, Capra (1996) entende que se deve ter uma visão macro com relação ao planeta, na qual o mesmo deve ser visto como um macrosistema, dinâmico e complexo constituído por sua vez de diferentes subsistemas, cujas partes interagem através de reações e relações nem sempre perceptíveis num primeiro olhar, mas que estão presentes nos meios naturais, rurais e urbanos, fazem parte de quase todas as ações desenvolvidas sejam estas decorrentes de sistemas sociais, econômicos, tecnológicos, etc. Este ponto de vista fica evidenciado nas palavras de Capra quando afirma que:

Nosso modelo de vida atual é insustentável, a globalização surgiu como alternativa de crescimento econômico e “desenvolvimento”, uma ordem que beneficiaria todas as nações, gerando uma expansão econômica que atingiria a todas as classes. Entretanto, cada vez mais se observa que esse modelo está gerando graves conseqüências, todas ligadas entre si – a desintegração social, uma deterioração mais rápida e extensa do meio ambiente, o surgimento e a disseminação de novas doenças, maior pobreza e alienação (Capra, 1996).



**Figura 01 - Modelo de Desenvolvimento Econômico adaptado de Dias (2004, p97).**

Em vista disso, percebe-se que não é possível segundo Capra (1996) proteger o meio ambiente dentro deste contexto que busca o crescimento econômico incessante e, portanto, tende a aumentar os efeitos maléficos das nossas atividades sobre um ambiente já fragilizado.

Na visão de Dias (2004), o desafio político da sustentabilidade, apoiado no potencial transformador das relações sociais que representam o processo da Agenda 21 apresentada na seção 2.1, p.15, encontra-se estreitamente vinculado ao processo de fortalecimento da democracia e da construção da cidadania.

No entendimento de Jacobi (2003), a sustentabilidade traz uma visão de desenvolvimento que busca superar o reducionismo, e estimula um pensar e fazer sobre o



meio ambiente diretamente vinculado ao diálogo entre saberes, à participação, aos valores éticos como valores fundamentais para fortalecer a complexa interação entre sociedade e natureza. Nesse sentido, o papel dos professores (as) é essencial para impulsionar as transformações de uma educação que assume um compromisso com a formação de valores de sustentabilidade, como parte de um processo coletivo.

### 2.3 Conceituando Energia

Estamos sempre utilizando energia do sistema (recursos naturais) para satisfazer nossas necessidades e caprichos, mas atualmente o ecossistema não está conseguindo se recuperar na mesma proporção que utilizamos os seus recursos, pois a demanda é maior a cada período, provocando um desequilíbrio. A sociedade moderna é regida pelas leis do consumo desenfreado e, para manter este ritmo se faz necessário a extração de materiais em grande escala, o que vem a comprometer a sustentabilidade das gerações futuras.

Precisamos pensar que, se queremos uma sociedade sustentável, teremos que modificar nosso olhar de superioridade para os recursos naturais, onde estamos participando de maneira absurda para a extinção de várias formas de vida, e conseqüentemente nos prejudicando também. Devemos ter em mente que *“uma sociedade sustentável é aquela que satisfaz suas necessidades sem diminuir as perspectivas das gerações futuras”* (Capra, 1996, p.24) conforme foi mencionado na seção 2.2, p.16, nesse sentido o uso da energia deve ser feito de modo consciente, pois conforme Dias (2004, p.96) não podemos agir como se o ambiente fosse um grande supermercado natural com inesgotáveis fontes de recursos destinados ao livre uso do homem.

Existe, de fato, uma explicação específica no âmbito da Física, uma conceituação técnica e econômica ligada à produção e ao consumo e, uma terceira aceção dada pela percepção comum. A utilização do conceito, portanto, é variada e, freqüentemente, equivocada considerando as circunstâncias em que o termo é empregado ou pensado, algumas vezes com significados vagos. O termo energia<sup>15</sup> vem do grego *“energéia”* e, conforme a sua

---

<sup>15</sup> Etimologicamente, a palavra ENERGIA vem de *En* (em, dentro) e *Er g o n* (ação), o que significa dizer *ação interior*. Na mecânica, nasce com o significado de *capacidade de fornecer trabalho*, inicialmente e de forma

formulação, é quase sinônimo de trabalho. Para fins científicos e genéricos, a definição mais usual trata energia como a capacidade de realizar trabalho.

Considerando então o conceito da Física que define a energia como a capacidade de realizar trabalho, precisamos ter conhecimento de que o comportamento da energia é descrito pelas seguintes leis da Física (Landulfo, 2005), (Van Wylen, 1976), mais especificamente pela Primeira e a Segunda Lei da Termodinâmica as quais, se aplicam ao funcionamento dos ecossistemas. Discutir as implicações destas leis no funcionamento e sustentabilidade da sociedade moderna (ecossistemas urbanos e agrícolas) se faz necessário para entender como a energia é vital e o seu uso de forma racional maior ainda para a manutenção das condições de vida no planeta. Para tanto apresentamos uma síntese das leis físicas da Termodinâmica:

1° A Primeira Lei da Termodinâmica foi formulada por Hermann Ferdinand Ludwig von Helmholtz na metade do século XIX, baseando-se num princípio fundamental em física: a conservação da energia. Entretanto, como os processos termodinâmicos envolvem também trocas de calor, além do trabalho mecânico, este princípio foi ampliado e introduzido o conceito de energia interna de um sistema. A energia interna de um sistema pode ser entendida como a soma da energia cinética de todas as partículas que constituem o sistema somada com a sua energia potencial total, devido à interação entre elas.

Há dois tipos de trocas energéticas com meio exterior em um processo termodinâmico sofrido por gás: o calor  $Q$  e o trabalho  $W$ . A variação de energia  $\Delta U$  sofrida pelo sistema é consequência do balanço energético entre essas duas quantidades. Se tomarmos como exemplo um gás confinado em um pistão com êmbolo móvel (como tradicionalmente usado na Termodinâmica) e este receber do meio exterior uma quantidade de calor  $Q = 10 \text{ J}$  e realizou um trabalho sobre o meio exterior  $W = 4 \text{ J}$ , sua energia interna aumentou  $\Delta U = 6 \text{ J}$ . O gás recebeu  $10 \text{ J}$  de energia sob a forma de calor, perdeu  $4 \text{ J}$  de energia sob a forma de trabalho, tendo absorvido  $6 \text{ J}$  de energia que aumentaram a energia cinética de suas moléculas que compõem a sua energia interna. Sendo  $Q$  a quantidade de calor trocada pelo sistema,  $W$  o trabalho realizado e  $\Delta U$  a variação de energia cinética externa, escreve-se:  $\Delta U = Q - W$ .

---

nebulosa nas obras de Kepler e Galileu. Somente depois de um pouco mais de um século é que esse conceito volta a aparecer com o significado atual no trabalho de Poncelet (1788 – 1867), fonte: Gilbert (1982).

Essa expressão traduz a Primeira Lei da Termodinâmica, pois a variação da energia interna de um sistema é dada pela diferença entre calor trocado com o meio exterior e o trabalho realizado no processo termodinâmico. Apesar de ter sido tomado como exemplo um gás, pode ocorrer com qualquer material em que ocorra a troca de energia.

2° Lei da Termodinâmica ou Lei da entropia: Nenhum processo que implique uma transformação da energia ocorrerá espontaneamente, a menos que haja uma degradação de energia de uma forma concentrada em outra para uma forma dispersa. A energia se dispersa sob a forma de energia térmica.

A Segunda Lei da Termodinâmica trata dos conceitos de "ordem" e "desordem" da matéria, estabelecendo de forma precisa como a energia térmica e a transferência de calor estão relacionadas com estes conceitos. A formulação desta Lei além de fornecer um critério para a "direção" com que é feita a transferência de calor entre dois corpos, estabelece a diferença entre processos Reversíveis e Irreversíveis e define o que se entende por Equilíbrio Termodinâmico

Então, de acordo com as leis da Termodinâmica a energia não pode ser criada nem destruída, mas transformada de um tipo para outro. Porém, neste processo não existe 100% de aproveitamento, sendo que parte da energia se dispersa (degrada) na transformação.

Por exemplo, a energia que chega à superfície terrestre proveniente do sol é equilibrada pela energia que sai do sistema sob a forma de radiação térmica. Nesse processo de transformações, as plantas captam a entrada de energia aprisionando-a e concentrando-a através de reações químicas. Parte desta é usada para sua própria manutenção, e o restante liberado através da transformação em biomassa disponível para outras formas de vida e, ainda uma porcentagem é dispersa sob a forma de calor.

De modo bem prático os balanços energéticos elaborados pelo Ministério das Minas e Energia (MME), discriminam a energia e Energia Primária, Secundária, Final, Útil e Equivalente. Como energia primária entende-se a energia é encontrada na natureza sobre uma forma bruta que resulta de sua extração do solo (como o petróleo, gás natural e carvão mineral) ou captação diretamente na natureza (como a lenha, solar e hidráulica). Como energia secundária entende-se quando a energia primária é consumida diretamente ou passa por centros de transformação, como acontece no caso das refinarias, por exemplo, onde o

petróleo é convertido em gasolina, diesel, óleo combustível e outras formas de energia, ditas secundárias. Muitas vezes uma dessas energias secundárias é ainda transformada em outra forma de energia como no caso de uma central termelétrica que produz eletricidade a partir do óleo combustível. A energia, primária ou secundária, é transportada para os setores consumidores numa forma que é denominada energia final.

Desta maneira, os balanços energéticos divulgados pelo MME, são estruturados de tal forma que se discrimina a energia como: Primária => Perdas na Transformação + Final.

Na sua forma bruta não é possível realizar trabalho, é preciso transformar a energia de maneira que ela torne-se aplicável. De acordo com as já citadas Leis da Física, ao se transformar uma forma de energia em outra, perde-se uma parcela desta no decorrer do processo sob a forma de calor. Para que a energia saia de sua fonte e esteja disponível ao destino final, ela passa muitas vezes por processos de transformação, de maneira a possibilitar que os implementos tecnológicos possam utilizá-la.

Consultando o Balanço Energético Nacional (BEN) 2007 podemos observar que a energia na forma que é usada é denominada de útil. É possível ter a compreensão de como ela é gerada e distribuída no Brasil, assim como a eficiência de cada fonte de energia, consultando os relatórios do Ministério das Minas e Energia através de Balanços de Energia Útil produzidos com a finalidade de servir de referência para o acompanhamento da produção, transformação, distribuição e consumo de energia no Brasil. Nestes relatórios é possível analisar os dados com variáveis econômicas e populacionais pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o que permite acompanhar a evolução dos parâmetros energéticos em função desses últimos.

O combustível gás natural ocupa um papel importante na matriz energética, de fato pelas suas características pode ser amplamente utilizado para geração de calor em praticamente todos os setores. Contudo, no caso do Setor Transporte, o combustível de referência é a gasolina. Entretanto, o Balanço de Energia Útil divulgado pelo BEN 2007, considera esse energético com a mesma eficiência da gasolina no uso em transporte rodoviário. O gás natural também foi usado como referência tendo sido a equivalência estabelecida, na maioria dos setores, em relação à gasolina ou mesmo passando pela eficiência relativa dessa com o diesel. No caso da eletricidade, a equivalência foi estabelecida com quantidade de gás natural necessária para gerar a eletricidade correspondente. Os valores de

base para estabelecer as equivalências vieram das eficiências relativas esperadas para os próximos anos.

Ao utilizar os recursos disponíveis na natureza, principalmente no que se refere a atividade de fornecimento de energia para suprir as necessidades da sociedade moderna, pode acontecer que determinada fonte de energia natural venha a atingir níveis de quantidade tão pequenos que provoquem um desequilíbrio no sistema da biosfera<sup>16</sup> em proporções que sem uma ação corretiva por parte do próprio homem, a natureza, o ecossistema sozinho não possa contornar o problema.

Se formos buscar a fundo o sentido da expressão conservação de energia, para efeito de sustentabilidade, necessariamente teremos que recorrer as Leis da Física que se referem a energia, especificamente a primeira e segunda Lei da Termodinâmica.

Para Dias (2004) a recente crise de energia elétrica que o Brasil enfrentou e ainda enfrenta, vem ao encontro de um dos principais temas abordados pela Educação Ambiental, o do Desenvolvimento Sustentável, estabelecida na comissão de Brundtland de 1987.

Para Jannuzzi (2004), qualquer política de energia, além de promover a substituição de insumos esgotáveis (combustíveis fósseis) e a diminuição da intensidade do uso de energia, deveria estimular a eficiência energética e o combate ao desperdício por meio de instrumentos de regulação, como a especificação de códigos com consumo máximo de energia em construções ou padrão de desempenho e melhorias em equipamentos para garantir a incorporação de novas tecnologias, mais eficientes, pelos fabricantes.

---

<sup>16</sup> **Biosfera:** O maior sistema biológico e o que mais se aproxima da auto-suficiência muitas vezes se denomina **biosfera** ou **ecosfera**, a qual inclui todos os organismos vivos da Terra que interagem com o ambiente físico como um todo, para manter um sistema de estado contínuo, intermediário no fluxo de energia entre a entrada de energia de origem solar e o dissipador térmico do espaço. Conforme: ODUM, Eugene P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988, p.3.

### 2.3.1 A Energia no Cenário Energético do Brasil

Segundo Macedo<sup>17</sup> (2008) a energia está presente em todas as nossas ações cotidianas é sem dúvida uma das mais contundentes. Por essa razão ao se discutir sobre os problemas ambientais como exemplo os impactos ambientais, devemos nos lembrar que os mesmos, são resultantes das ações humanas e essas envolvem, entre outras, um dos fatores primordiais que é a questão da obtenção de energia com o propósito de manter a vida. O homem necessita de uma grande quantidade de energia para manter seu corpo funcionando, pois o mesmo comporta-se como uma complexa máquina térmica. Num primeiro momento através da alimentação, mas suas necessidades não se resumem a isto, existe a questão associada ao conforto, aos transportes, e ao lazer. Todas estas necessidades decorrentes da atividade humana carecem de uma grande quantidade de energia, seja esta de forma direta ou resultante de complexos procedimentos que processam a energia de modo a suprir estas carências. Em decorrência disto, precisa de subsídios que permitam a ele satisfazer suas necessidades e para tanto, lança mão dos recursos que estão presente no meio ambiente.

Diversos eventos desta natureza ocorreram após Tbilisi entretanto, podemos verificar que em todos sempre houve uma idéia central que se fez recorrente conforme podemos observar nas palavras de Loureiro:

Verificamos que em todas as grandes conferências, sem exceção a dimensão cidadã (de inserção individual em sociedade) e ética (definição de valores que sejam democráticos e vistos como universais para um dado momento histórico) permeou as deliberações e discussões e foi reforçada nos constantes apelos à formação de novos códigos morais e de comportamentos condizentes com as perspectivas ecológicas de mundo (Loureiro, 2004).

Segundo Macedo (2008), a disponibilidade da energia, a qualidade e o seu custo, precisam ser levados em conta em todos os tipos de empreendimentos, começando pelos mais triviais chegando até mesmo ao nível de planejamento plurianual por parte do Governo Federal, e investir em políticas que promovam a Educação Ambiental nas quais o tema energia possa ser desmistificado, isso fica evidente quando nos afirma que:

---

<sup>17</sup> Isaías de Carvalho Macedo – possui graduação em Engenharia Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1967) possui doutorado em Mechanical Engineering - Thermal Sciences pela University of Michigan - Ann Arbor (1971) e pos- doutorado pela University of Michigan - Ann Arbor (1971) . Atualmente é Pesquisador do NIPE da Universidade Estadual de Campinas.

Seria muito adequado se todos os brasileiros tivessem como parte da sua educação básica informação quantitativa sobre as fontes primárias de energia que usamos (petróleo, hidráulica, biomassa, nuclear, etc.) sua conversão para formas de energia mais úteis para o uso final (eletricidade, calor, acionamento mecânico, iluminação), as perdas e desperdícios associados, e sua distribuição pelos setores de uso (doméstico, industrial, comercial, transportes, etc.). Um conhecimento mínimo (mas sólido) da “matriz” de fontes/usos de energia é importante para o economista, para os estudos de preservação ambiental, para a análise da estrutura social (desenvolvimento, emprego, competitividade) (Macedo, 2008).

Para que possamos visualizar e entender o papel que a energia tem no cenário do nosso País, felizmente podemos contar com uma excelente fonte de informações sobre matriz energética. Isto se deve, ao fato da existência do Balanço Energético Nacional (BEN), que é divulgado anualmente pelo Ministério das Minas e Energia (MME). O BEN teve sua primeira publicação no ano de 1970, e desde lá tem evoluído continuamente, constituindo-se na atualidade como uma das principais fontes de referências para a área técnica dedicada ao planejamento, em função de apresentar dados completos sobre o setor energético brasileiro. A última versão disponibilizada pelo MME (2008), ainda em caráter de resenha, apresentado na seção 2.4, p. 32, que trata das fontes de geração de energia, traz dados do exercício de 2007 e foi utilizada em nosso trabalho como fonte de referência na fundamentação teórica e na análise dos dados levantados (veja capítulo V, seção 5.1, p.131).

### **2.3.2 A Energia e a Qualidade de Vida**

Para Capra (1993), qualidade de vida associa-se à "satisfação de necessidades materiais, um sentimento de bem-estar e a confiança no futuro". Pegado (2001) define qualidade de vida como "uma variável resultante do desenvolvimento pessoal e coletivo, dependente de múltiplos fatores, que determinam nossa capacidade de produzir resultados, ser feliz e saudável".

Conforme dados obtidos através do BEN-2007, podemos ter uma visão do comportamento do mundo com relação a sua dependência de recursos energético. Como exemplo desta importância da energia, podemos traçar um paralelo médio relativo o quanto é disponibilizado de energia por pessoa no Brasil, segundo levantamentos do BEN-2007,

divulgados no primeiro semestre de 2008, a demanda total de energia no Brasil (OIE<sup>18</sup>), atingiu cerca 238,3 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo), conforme o mesmo relatório, o Brasil consome em torno de 2% da energia consumida mundo, transformando o consumo total de energia pelo seu equivalente em petróleo **tep**, obtemos pouco mais do que 1, o que representa um aumento de 5,4 % se comparado à 2006.

Para melhor entender o que significam estes dados apresentados no parágrafo anterior, basta considerar que na primeira metade da década de 70 era muito conhecido um gráfico relacionando um **índice de qualidade de vida** (IQV<sup>19</sup>) que considerava a combinação de mortalidade infantil, analfabetismo e expectativa, etc. Com este consumo anual de energia por habitante, para diversos países; o IQV subia rapidamente para consumos até mais ou menos 1 tep, e não evoluía mais. Este índice era associado a conceitos de conservação de energia, redistribuição de riquezas era a filosofia emergente do “*small is beautiful*”. Portanto, vamos considerar a população brasileira, com pouco menos de 184 milhões de habitantes (IBGE<sup>20</sup>,2007), fazendo uma média entre o número de habitantes e o respectivo tep, obtemos um cociente pouco superior a unidade, embora tenhamos apresentado evolução com relação ao ano anterior ainda assim, ficamos aquém dos parâmetros encontrados nos países do primeiro mundo. Segundo Macedo (2008) em 2003 os EUA usavam cerca de 8,1 tep por

---

<sup>18</sup> A energia que movimenta a indústria, o transporte, o comércio e demais setores econômicos do país recebe a denominação de Consumo Final no BEN. Essa energia, para chegar ao local de consumo, é transportada por gasodutos, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias etc., processos esses que demandam perdas de energia. No BEN, assim como nos balanços energéticos de outros países, a soma do consumo final de energia, das perdas na distribuição e armazenagem e das perdas nos processos de transformação recebe a denominação de **Oferta Interna de Energia – OIE**, também, denominada de demanda total de energia. A estrutura da OIE por energético é comumente chamada de Matriz Energética.

<sup>19</sup> O IQV é um indicador de qualidade de vida genérico, composto de 34 itens que se propõe medir a satisfação ponderada pela importância de cada item distribuído por 4 domínios: Saúde / Funcionamento, Socioeconômico, Psicológico/Espiritual e Familiar. Fonte: Kawakame (2001).

<sup>20</sup> IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Apresenta os totais populacionais provenientes da Contagem da População, com data de referência em 1º de abril de 2007, dos 5 435 municípios brasileiros, com até 170 mil habitantes, que foram objetos desse levantamento censitário, o Brasil tem atualmente 183,9 milhões de habitantes. Fonte: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>. acesso setembro 2008.



habitante por ano, o que reforça nossa necessidade de estar sempre buscando uma melhor qualidade de vida.

A exigência da sociedade em relação à qualidade ambiental dos produtos oferecidos no mercado tem estimulado uma gama cada vez maior de empresas a aderir voluntariamente a normas ambientais. Tratando-se de uma tendência já quase consolidada nos países desenvolvidos, a preocupação com a natureza e, conseqüentemente, a adoção de sistemas limpos ou menos poluentes são elementos que ajudam a dar uma nova configuração ao meio industrial brasileiro. Buscando maior credibilidade, neste sentido, as empresas têm procurado demonstrar comprometimento, aderindo à série ISO 14000, que dispõe de diretrizes para a gestão ambiental.

A série ISO 14000, conforme Lima e Silva (2000), surge com o advento da Eco-92, para atender a uma demanda por uma norma internacional, capaz de padronizar os procedimentos em nível mundial. A partir daquela conferência mundial do meio ambiente, realizada no Rio de Janeiro, criou-se um grupo designado de *Technical Committee* nº 207 do *International Organization for Standardization*, designado para elaborar uma série de normas relativas à gestão ambiental que receberam o código 14000, com o intuito de serem reconhecidas como a série ISO 14000 (ISO, 1996).

## **2.4 Fontes de Geração de Energia Elétrica**

Quanto à disponibilidade para a utilização as fontes de energia são divididas em dois tipos, sendo classificadas quanto sua condição de existência ficando assim discriminadas: fontes renováveis ou alternativas; fontes não renováveis, fósseis ou convencionais.

Segundo o entendimento de Silva<sup>21</sup> (2001b) consideram-se como fontes de energia toda substância (petróleo, carvão, urânio, biomassa) capaz de produzir energia em processos de transformação (combustão, fissão nuclear) como também as formas de energia (energia solar, gravitacional), associadas ou não ao movimento dos corpos, fluidos (energia das ondas,

---

<sup>21</sup> Ennio Peres da Silva é coordenador do Laboratório de Hidrogênio do IFGW/Unicamp (Universidade de Campinas) e pesquisador do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético.

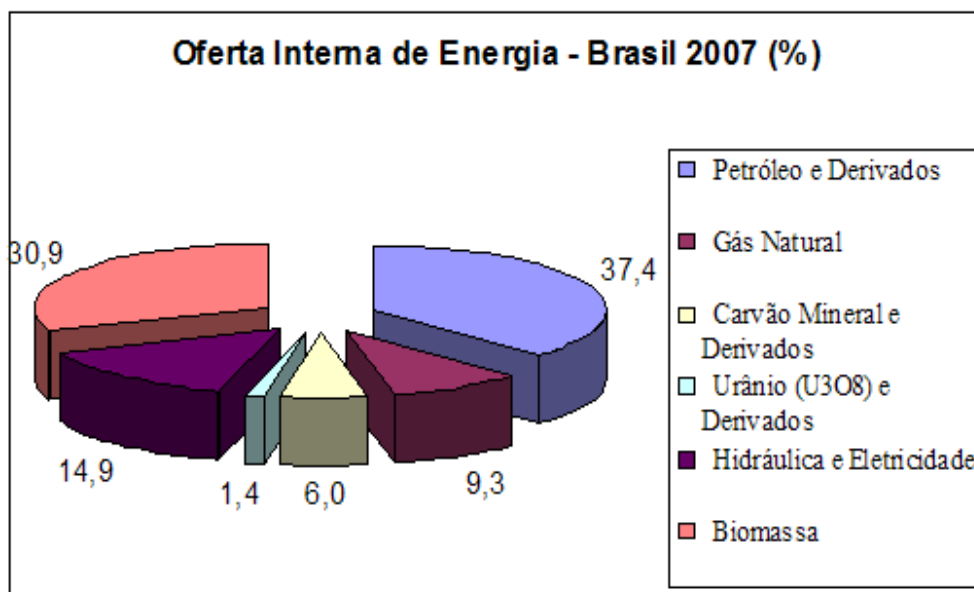
hidráulica) e gases (energia eólica), ou à temperatura das substâncias (energia geotérmica), cuja transformação em outras formas de energia pode ser realizada em larga escala.

Como forma de facilitar o entendimento, apresentamos as fontes de energia segundo suas características de renováveis e não renováveis na tabela 01 a seguir.

*Tabela 01 – Caracterização das fontes de energia em Renováveis e Não Renováveis.*

<b>Fontes Renováveis</b>	<b>Fontes Não Renováveis</b>
Hidráulica e Eletricidade	Petróleo e Derivados
Lenha e Carvão Vegetal	Carvão Mineral e Derivados
Derivados de Biomassa	Urânio (U <sub>308</sub> ) e Derivados
Solar	Gás Natural
Eólica	Ventos

A partir dos dados fornecidos pelo BEN 2007, podemos visualizar a oferta de energia interna no País. Os resultados obtidos dos levantamentos realizados nos setores ligados a produção de Energia Elétrica, apontam para o quadro onde as energias renováveis estão ocupando um espaço escada dia mais significativo na matriz de geração de Energia Elétrica, conforme gráfico apresentado na figura 02 a seguir.



*Figura 02 - Gráfico referente a oferta interna das fontes de energia em Renováveis e Não Renováveis.*

*Fonte: adaptado do Balanço Energético Nacional 2007.*

Conforme os dados disponíveis no gráfico 01 apresentado acima, podemos observar que a participação das Biomassas ocupa lugar expressivo no cenário energético nacional. Embora tenhamos 37,4% correspondente à participação do petróleo, devemos considerar que estes são números que representam, em grande parte, a forte participação deste componente como combustível que impulsiona a frota de automóveis e caminhões no Brasil o que não pode ser inferido ao uso das biomassas.

Segundo o que consta no BEN 2007 se somarmos as fontes de energia segundo suas categorias, é possível notarmos que as fontes renováveis, compostas pelas biomassas e hídrica, correspondem a 45% do total da matriz energética nacional. Este é um dado que coloca o Brasil como forte incentivador de energia renováveis.

#### **2.4.1 Fontes Renováveis ou Alternativas**

Para Silva (2001b) consideram-se como sendo Fontes de Energias Renováveis aquelas que são disponíveis de formas inesgotáveis ou que podem ser repostas a curto ou médio prazo, espontaneamente ou por intervenção humana. Sendo preciso considerar que em princípio nenhuma fonte de energia pode ser considerada inesgotável, conforme nos afirma este autor quando destaca que são renováveis:

Aqueles fontes, cuja utilização pela humanidade não representa qualquer variação significativa em seu potencial, que em muitos casos está avaliado para uma duração de vários milhões (ou bilhões) de anos (energia solar, gravitacional), e aquelas outras, cuja reconstituição pode ser feita sem grandes dificuldades em prazos de apenas alguns anos e até menos, como no caso da biomassa, são designadas fontes renováveis de energia (Silva, 2001b).

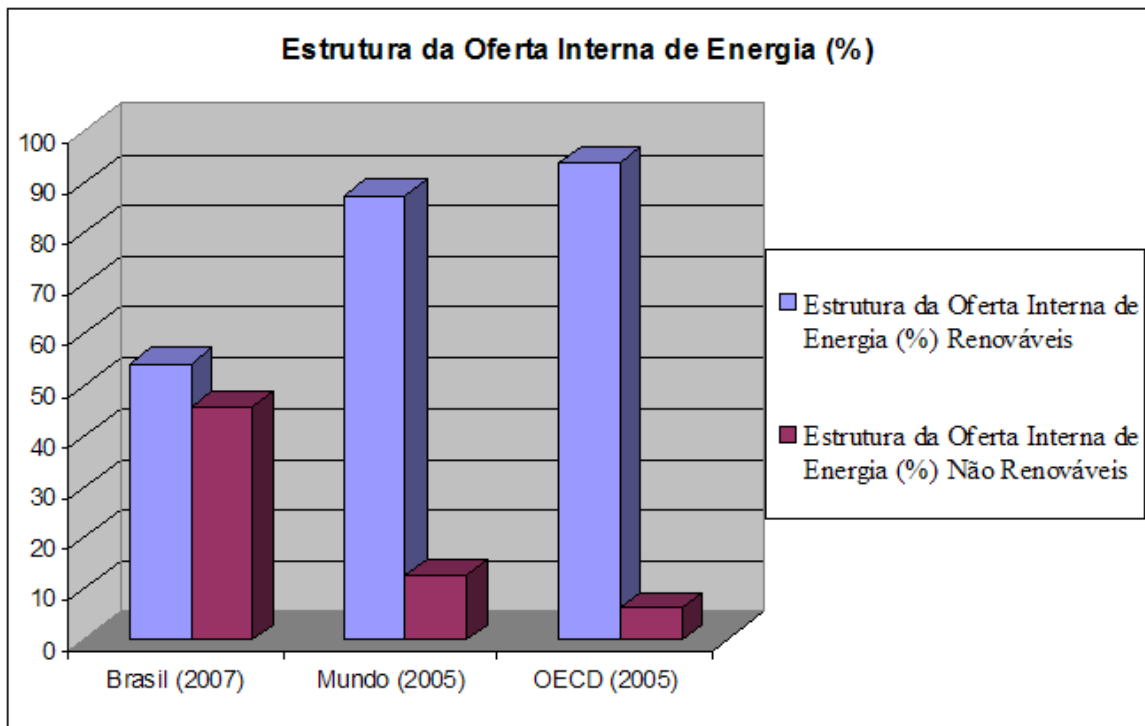
De acordo com o relatório do IPCC<sup>22</sup>-2007, novas formas de produção de energia começaram a ser consideradas, tanto para conversão direta no aquecimento da água por

---

<sup>22</sup> O relatório do IPCC2007, divulgado BANGCOC - Cientistas de todo o mundo divulgaram no final do mês de abril deste ano, em Bangcoc, na Tailândia, a terceira parte do relatório de 2007 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês), da ONU.

coletores solares, por exemplo, quanto para conversão em energia intermediária (elétrica). Estas formas alternativas de energia incluem o aproveitamento da energia mecânica do vento (eólica), da radiação solar (aproveitamento térmico e fotovoltaico), geotérmica, biomassa, entre outras. Tais formas de energia apresentam algumas qualidades importantíssimas do ponto de vista ambiental, pois são renováveis, não-poluentes e pouco impactantes, em outras palavras, seu grau de sustentabilidade é consideravelmente alto.

O consumo crescente e o impacto ambiental e social causados pelas fontes de energias tradicionais levam governo e sociedade a pensar em novas alternativas para geração de energia elétrica. Segundo dados do BEN 2007, mais de 45% da matriz energética do Brasil é renovável, enquanto a média mundial não chega a 13%, dados estes que conferem ao Brasil um lugar de destaque na utilização das fontes renováveis conforme podemos observar no gráfico 02 apresentado a seguir.



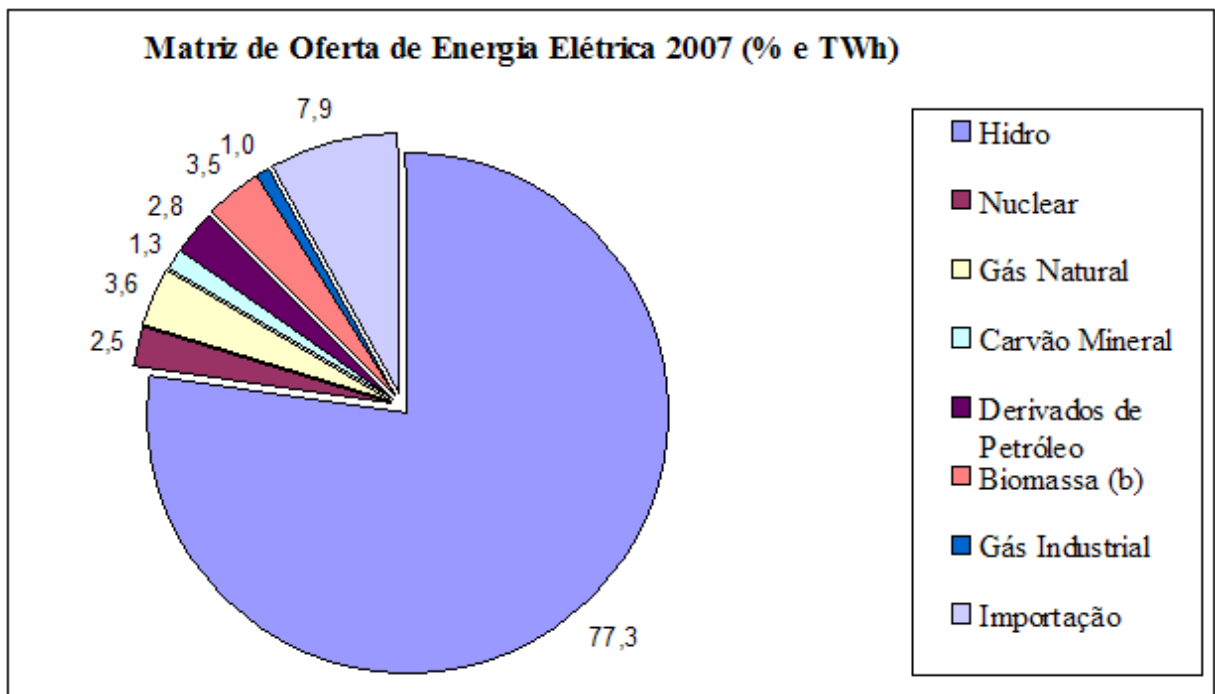
**Figura 03 – Gráfico da estrutura da oferta interna de energia no Brasil comparada ao restante do mundo.**

**Fonte: adaptado do Balanço Energético Nacional 2007.**

Nos últimos trinta anos, as matrizes energéticas do Brasil e do mundo apresentaram significativas alterações estruturais. No Brasil, houve forte aumento na participação da

energia hidráulica e do gás natural. Quanto aos países da OECD<sup>23</sup>, verificou-se um forte incremento da energia nuclear, seguido do gás natural. A máxima participação do petróleo e seus derivados na matriz ocorreu em 1979, quando atingiu 50,4%, apresentando uma redução de 8,2 % entre 1973 e 2007 BEN (2007).

Ao observarmos os dados fornecidos pelo BEN 2007 no que se refere especificamente a matriz energética de geração de energia elétrica, nos deparamos com a realidade na qual o Brasil tem sua matriz de energia elétrica alicerçada na utilização de fontes hídricas. De modo geral esses dados se apresentam muito favoráveis conforme podemos visualizar no gráfico 09, apresentado a seguir:



**Figura 04 – Gráfico da matriz de oferta de energia elétrica.**  
**Fonte: adaptado do Balanço Energético Nacional 2007.**

Conforme podemos observar no gráfico 03, correspondente a Matriz de oferta de energia elétrica no Brasil, a hidroeletricidade ocupa a maior parte da oferta de energia elétrica, o que somado aos percentuais das demais fontes renováveis, coloca o País como forte investidor em energia renovável. Infelizmente na matriz energética não aparece a participação

<sup>23</sup> São os seguintes os 30 países membros da Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OECD): Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coreia do Sul, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Eslovaca, República Checa, Suíça, Suécia e Turquia. Além desses Países, também integra a OCDE União Européia.

de fonte solar, entretanto segundo o próprio relatório do BEN 2007, onde consta Biomassa está incluída a participação da energia eólica..

A versão preliminar da Oferta de Energia Elétrica do país em 2007, mostra crescimento de 5,2% em relação a 2006, atingindo um montante de 484,5 TWh (Terá Watts por hora), incluindo 45,2 TWh de geração de autoprodutores (9,3%de participação) e 38,5 TWh de importação líquida (7,9%). Na composição da matriz de oferta, os destaques ficam com os incrementos da geração hidráulica, de 7,3%; da biomassa, de 12,3% e dos derivados de petróleo, de 10,4%. Os decréscimos na oferta ficam por conta do carvão mineral (10,7%), energia nuclear (10,5%) e gás natural (3,6%). Conforme pode ser visualizado na tabela 02 apresentada abaixo:

**Tabela 02 - Matriz de Oferta de Energia Elétrica (GWh e %)**  
*Fonte: adaptada do Balanço Energético Nacional 2007.*

Especificação	GWh		07/06 %	Estrutura (%)	
	2006	2007(a)		2006	2007
<b>Hidro</b>	348.805	374.378	7,3	75,7	<b>77,3</b>
<b>Nuclear</b>	13.754	12.307	-10,5	3,0	<b>2,5</b>
<b>Gás Natural</b>	18.258	17.608	-3,6	4,0	<b>3,6</b>
<b>Carvão Mineral</b>	7.222	6.454	-10,6	1,6	<b>1,3</b>
<b>Derivados de Petróleo</b>	12.374	13.663	10,4	2,7	<b>2,8</b>
<b>Biomassa (b)</b>	14.959	16.794	12,3	3,2	<b>3,5</b>
<b>Gás Industrial</b>	3.964	4.838	22,0	0,9	<b>1,0</b>
<b>Importação</b>	41.164	38.480	-6,5	8,9	<b>7,9</b>
<b>Total</b>	<b>460.500</b>	<b>484.520</b>	<b>5,2</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Notas: (a) inclui autoprodutores - 45,2 TWh; (b) biomassa inclui 559 GWh (Giga Watts por hora) de eólica em 2007.

#### 2.4.1.1 Fonte Hídrica

Como podemos observar na tabela 02, apresentada acima, a energia hidráulica continua com supremacia na matriz de oferta de energia elétrica, representando 85,2% do total, incluindo a importação. Em seguida, aparece a geração a gás natural, com 3,6%, e a biomassa na terceira posição, com 3,5% de participação. Embora a participação da energia

eólica tenha pouca participação no cenário energético, a ponto de não figurar na tabela é importante salientar que houve um forte incremento na geração eólica, de pouco mais de 236 GWh em 2006, para 559 GWh em 2007 (veja nota na tabela 02).

Segundo Jannuzzi<sup>24</sup> (2004), o Brasil tem boas perspectivas na geração de energias alternativas. O país tem potencial e tecnologia suficientes, principalmente no setor de biomassa que se iniciou com o setor agrícola, e atualmente tem preços competitivos que permitem até a exportação do produto. Com relação às Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), observa que a descentralização da geração de energia tem suas vantagens, segundo ele “as pequenas centrais têm um potencial razoável e com perdas de transmissão bem menores”. Argumenta Jannuzzi que pelo fato delas apresentarem menores estruturas, causam menor impacto e quanto a isso devemos estar atentos para empreendimentos que ofereçam condições de minimizá-los, conforme podemos observar na afirmação do pesquisador:

Não existe geração de energia sem impacto ambiental. Esse impacto só será reduzido, se diminuirmos o consumo”, ressalta o pesquisador, exatamente por isto, considero necessário avaliar os impactos para escolher melhor as fontes alternativas (Jannuzzi, 2004).

No Brasil a maior quantidade de energia elétrica produzida provém de usinas hidrelétricas (cerca de 95%). Em regiões rurais e mais distantes das hidrelétricas centrais, têm-se utilizado energia produzida em usinas termoelétricas e em pequena escala, a energia elétrica gerada da energia eólica.

Guerrini (2001) esclarece que nas usinas hidrelétricas, a energia elétrica tem como fonte principal a energia proveniente da queda de água represada a uma determinada altura do solo. A energia potencial que a água tem na parte alta da represa é transformada em energia cinética, que faz com que as pás da turbina girem, acionando o eixo do gerador, produzindo energia elétrica. Contudo Dias adverte que este represamento da água provoca grande impacto ambiental:

---

<sup>24</sup> Jannuzzi, Gilberto De Martino, concluiu o doutorado em *Energy Studies - University of Cambridge* em 1985. Atualmente é Diretor Executivo da organização não governamental - *International Energy Initiative*, foi Diretor da ONG *Institute for Market Transformation* (1999-2006) e é Professor Associado da Universidade Estadual de Campinas.

O armazenamento de grandes quantidades de água nas barragens, especialmente nos períodos de estiagem acaba por modificar o teor de oxigênio das águas que estão nas camadas mais profundas e que são utilizadas pelas turbinas na geração de energia elétrica e posteriormente liberadas no curso do rio praticamente desprovidas de oxigênio. Entretanto, mesmo que não haja estiagem, ainda assim, existe uma divisão de águas, uma conforme já foi mencionado na parte de baixo do reservatório pobre em oxigênio, e outra que no caso de abundância, é escoada pelo canal vertedouro, rica em oxigênio. Contudo, até que essas águas se misturem novamente e retomem seus índices normais de oxigênio, são necessários em torno de 40 km rio abaixo, o que provoca alterações nas condições de vida até que essas águas se misturem totalmente (Dias, 2004, p. 291).

Conforme Dias (2004) “as usinas hidrelétricas quando mal planejadas, a exemplo de Samuel e Balbina, ou construídas e operadas sem obedecer às recomendações do projeto, a exemplo de Tucuruí no estado do Pará, todas na região amazônica são capazes de produzir sérios danos ao ambiente”. Para Dias as barragens impedem a migração de algumas espécies de peixes reofilicos<sup>25</sup>, que não podem completar o seu ciclo reprodutivo, como os bagres grandes (filhotes, piramutaba, dourada e surubim) e outros. Todos esses impactos produzidos pelas barragens afetam diretamente de modo negativo qualidade de vida dos povos ribeirinhos e aos indígenas, desfigurando os seus modos de vida, as suas terras e as sua tradições.

Utiliza-se a energia hídrica no Brasil em grande escala, devido aos grandes mananciais de água existentes. Atualmente estão sendo discutidas fontes alternativas para a produção de energia elétrica, pois a falta de chuvas está causando um grande déficit na oferta de energia elétrica. A maior usina hidrelétrica do Brasil é a de Itaipu, situada em Foz de Iguaçu, a dimensão desta obra pode ser observada através da figura. 05, apresentada a seguir:

---

<sup>25</sup> Os peixes brasileiros reofilicos vivem, migram e desovam nos rios e assim, não precisam de sistemas para a transposição. Fonte: Machado (1976).





***Figura 05 - Usina hidrelétrica de Itaipu, na fronteira do Brasil com o Paraguai.  
Fonte: [http://www.leonardoenergy.org/drupal/modules/tinymce/jscripts/tiny\\_plugins/Imagemanager/images/itaipu.jpg](http://www.leonardoenergy.org/drupal/modules/tinymce/jscripts/tiny_plugins/Imagemanager/images/itaipu.jpg).***

Entretanto se os forem tomados os devidos cuidados na implementação das usinas hidrelétricas, respeitando o que impõe a legislação, essas usinas são viáveis sob o ponto de vista ambiental conforme palavras de Dias:

Convém salientar, entretanto, que as usinas hidrelétricas construídas dentro dos cuidados ambientais necessários, identificados e estabelecidos nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), requeridos para seu licenciamento (v. anexo 5, Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) sobre o assunto EIA/Rima, e Resolução específica sobre o licenciamento de hidrelétricas) pelos órgãos de meio ambiente, reduzem de forma acentuada o surgimento de problemas ambientais decorrentes da sua construção (Dias, 2004, p.291).

### 2.4.1.2 Fonte de Energia - Lenha e Carvão Vegetal

Tomando como base os dados fornecidos pelo BEN-2007, Macedo faz uma análise e acredita que o maior potencial de expansão para este segmento está na utilização de matérias como papel-celulose, palha de arroz, lenha e outros resíduos agrícolas. Em madeira, o custo de produção de biomassa é muito baixo, e pode se tornar um combustível muito interessante para geração de energia elétrica. Hoje, segundo dados da Cogensp<sup>26</sup> sua utilização é muito baixa.

### 2.4.1.3 Fontes de Energia Eólica

Os moinhos de ventos são velhos conhecidos nossos, e usam a energia dos ventos, isto é, eólica, não para gerar eletricidade, mas para realizar trabalho, como bombear água e moer grãos. Na Pérsia, no século V, já eram utilizados moinhos de vento para bombear água para irrigação.

Segundo Jannuzzi (2001), a energia eólica é produzida pela transformação da energia cinética dos ventos em energia elétrica. A conversão de energia é realizada através de um aerogerador que consiste num gerador elétrico acoplado a um eixo que gira através da incidência do vento nas pás da turbina. A turbina eólica horizontal (a vertical não é mais usada, pois apresenta como desvantagens o fato de suas pás, devido ao movimento de rotação, terem constantemente fúria da natureza\alterados os ângulos de ataque e de deslocamento em relação a direção dos ventos, gerando forças resultantes alternadas, o que além de limitar o seu rendimento, causa vibrações acentuadas em toda sua estrutura) é formada essencialmente por um conjunto de duas ou três pás, com perfis aerodinâmicos eficientes, impulsionadas por forças predominantemente de sustentação, acionando geradores que operam a velocidade variável, para garantir uma alta eficiência de conversão.

Na figura 06, apresentada a seguir podemos ter uma noção de como se configura um parque eólico horizontal para aproveitamento do potencial dos ventos:

---

<sup>26</sup> Cogensp – COGEN-SP – Associação Paulista de Cogeração de Energia, com sede em São Paulo, nosso objetivo é estabelecer a convergência de ações no sentido de estimular a cogeração de energia como fator de desenvolvimento econômico, com respeito ao meio ambiente.



***Figura 06 – Parque eólico de Osório - RS, para aproveitamento da energia do ventos.***

***Fonte: <http://www.rs.gov.br/>.***

Segundo Jannuzzi (2005) o maior potencial eólico brasileiro está situado em áreas litorâneas do nordeste e já temos cerca de 4 GW de capacidade (1/3 de Itaipu) de projetos aprovados. A grande parte dos parques eólicos que foram construídos se localiza em pontos bastante fracos da rede de eletricidade do nordeste, locais onde não se previa a inserção de unidades geradoras de eletricidade e que podem comprometer a qualidade do fornecimento para toda a rede. Atualmente a tecnologia de geração eólica já se encontra bastante desenvolvida no mercado internacional, mas será necessário adaptá-las e rapidamente desenvolver procedimentos para poder prever o comportamento da geração eólica e inseri-la na operação do sistema interligado nacional. É desejável também que um programa energético se preocupe também em gerar bons empregos e desenvolver a indústria nacional.

No Estado do Rio Grande do Sul o Parque Eólico de Osório, que entrou em operação comercial no dia 5 de julho de 2006, segundo informações da ANEEL naquele mesmo ano chegou a gerar um total de 88 MegaWatts (MW), participando com cerca de 3,6% da



produção estadual. Esses dados apontam o Rio Grande do Sul como tendo um grande potencial eólico.

A FURG também dispõe de um aerogerador modelo BWC 1500W, que foi instalado no Museu Oceanográfico em função de um projeto acadêmico. Equipamento semelhante está disponível no CTI, porém ainda sem aplicação.

#### **2.4.1.4 Fonte de Energia Solar**

De acordo com Guerrini (2001) a energia fotovoltaica é fornecida de painéis contendo células fotovoltaicas ou solares que sob a incidência do sol geram energia elétrica. A energia gerada pelos painéis é armazenada em bancos de bateria, para que seja usada em período de baixa radiação e durante a noite, veja figura 07.



*Figura 07 - Placa fotovoltaica Solarex - 39W disponível no CTI, ainda sem aplicação.*

A conversão direta de energia solar em energia elétrica é realizada nas células solares através do efeito fotovoltaico, que consiste na geração de uma diferença de potencial elétrico através da radiação. O efeito fotovoltaico ocorre quando fótons (energia que o sol carrega) incidem sobre átomos (no caso átomos de silício), provocando a emissão de elétrons, gerando corrente elétrica. Este processo não depende da quantidade de calor, pelo contrário, o rendimento da célula solar cai quando sua temperatura aumenta.

Para Guerrini (2001) o uso de painéis fotovoltaicos para conversão de energia solar em elétrica é viável para pequenas instalações, em regiões remotas ou de difícil acesso. É muito utilizada para a alimentação de dispositivos eletrônicos existentes em foguetes, satélites e aeronaves.

O sistema de co-geração fotovoltaica também é uma solução; uma fonte de energia fotovoltaica é conectada em paralelo com uma fonte local de eletricidade. Este sistema de co-geração voltaica está sendo implantado na Holanda em um complexo residencial de 5000 casas, sendo de 1 MW a capacidade de geração de energia fotovoltaica. Os Estados Unidos, Japão e Alemanha têm indicativos em promover a utilização de energia fotovoltaica em centros urbanos. Na Cidade Universitária - USP - São Paulo, há um prédio que utiliza este tipo de fonte de energia elétrica.

Felizmente no Brasil no momento em que vivemos já é usado, em uma escala significativa, em caráter doméstico o coletor solar que utiliza a energia solar para aquecer a água e não para gerar energia elétrica.

#### **2.4.1.5 Fonte de Energia das Biomassas**

No cenário atual, dados do BEN 2007, as fontes de biomassas ocupam cerca de 30,9% da oferta interna de energia e um montante equivalente a 3,5% da fatia que compõe a matriz de oferta de energia elétrica, como podemos observar esta fonte de geração de energia tem significativo papel no cenário energético nacional, contudo no que se refere a ser utilizada como fonte de transformação primária em busca de energia elétrica ainda requer investimentos massivos neste sentido.

No entendimento de Macedo (2008), nos próximos 10 a 20 anos o uso mais eficiente da biomassa da cana (e possivelmente de variedades modificadas geneticamente) poderá aumentar significativamente a gama de produtos e seu valor, conforme palavras do pesquisador:

A Energia (eletricidade e combustíveis líquidos) poderá ser uma fração ainda maior destes produtos. Algumas tecnologias em desenvolvimento avançado (no exterior) podem ser chaves para esta transformação: a hidrólise de biomassa (com as diversas fermentações para outros produtos); e a gasificação de biomassa, para energia elétrica ou combustíveis. A cana de açúcar aparece como a matéria prima ideal para estas futuras “bio-refinarias” pelo seu custo relativamente baixo, grande disponibilidade e pelo “mix” de 1/3 sacarose com 2/3 de material ligno-celulósico pré-processado (Macedo, 2008).

Silva (2005) acredita que as fontes alternativas de energia como eólica, solar e biomassa são vistas com bons olhos. Além de causarem impactos substancialmente menores, ainda evitam a emissão de toneladas de gás carbônico na atmosfera. O debate sobre os impactos causados pela dependência de combustíveis fósseis contribui para o interesse mundial por soluções sustentáveis por meio da geração de energia oriunda de fontes limpas e renováveis.

Com respeito aos biocombustíveis, Macedo (2008) considera que, tanto no cenário mundial como o brasileiro, o uso deste energético deva ser visto como uma das formas para reduzir as emissões de GEE<sup>27</sup>. Hoje os mais importantes são o etanol (*cana, milho, trigo, beterraba*, outros) e o biodiesel (*canola, soja, dendê*, outros), além disto o programa de geração de etanol derivados de biomassa têm o objetivo de Substituir derivados de petróleo, reduzir emissões de gás de efeito estufa e, dentro do possível, competir com o petróleo o que se configura como um desafio extremamente importante do ponto de vista da sustentabilidade energética.

Macedo (2006) considera que o etanol representa uma alternativa para o desenvolvimento sustentável também do ponto de vista econômico, pois é o primeiro combustível alternativo, renovável, comercial de grande escala que ganha em custo do

---

<sup>27</sup> GEE- Sigla utilizada para denominar os gases do efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global. Dias (2004).

combustível derivado de petróleo, sendo visto como um combustível competitivo com a gasolina.

Para incentivar a utilização de fontes alternativas de energia, o presidente Luiz Inácio Lula da Silva sancionou, em março deste ano, a Lei 10762 de 11 de novembro de 2003, que criou o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA<sup>28</sup>. O objetivo principal do Programa é financiar, com suporte do BNDES, projetos de geração de energias a partir dos ventos (eólica), pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e bagaço da cana, casca de arroz, cavaco de madeira e biogás de lixo (biomassa).

Informações disponibilizadas pelo Ministério de Minas e Energia indicam que o desenvolvimento dessas fontes inicia uma nova etapa no país. A iniciativa de caráter estrutural vai promover ganhos de escala, aprendizagem tecnológica, competitividade industrial e, sobretudo, “a identificação e a apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos na definição da competitividade econômico-energética de projetos de geração de fontes alternativas”.

Diante desse quadro alarmante, de acordo com o relatório do IPCC<sup>29</sup> 2008, novas formas de produção de energia começaram a ser consideradas, tanto para conversão direta no aquecimento da água por coletores solares, por exemplo, quanto para conversão em energia intermediária (elétrica). Estas formas alternativas de energia incluem o aproveitamento da energia mecânica do vento (eólica), da radiação solar (aproveitamento térmico e fotovoltaico), geotérmica, biomassa, entre outras. Tais formas de energia apresentam algumas qualidades importantíssimas do ponto de vista ambiental: são renováveis, não-poluentes e pouco impactantes. Em outras palavras, seu grau de sustentabilidade é consideravelmente alto.

---

<sup>28</sup> PROINFA: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. É um importante instrumento para a diversificação da matriz energética nacional, garantindo maior confiabilidade e segurança ao abastecimento. O Programa, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), estabelece a contratação de 3.300 MW de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN), produzidos por fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), sendo 1.100 MW de cada fonte. <<http://www.mme.gov.br/programs>>. acesso 28 agosto 2008.

<sup>29</sup> O relatório do IPCC, divulgado BANGCOC - Cientistas de todo o mundo divulgaram no final do me de abril deste ano, em Bangcoc, na Tailândia, a terceira parte do relatório de 2007 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, em inglês), da ONU.

#### **2.4.1.6 Os Biocombustíveis**

Segundo Macedo (2008), o uso de biocombustíveis é visto como uma das formas para reduzir as emissões de GEE, e se apresenta como o maior potencial para a expansão no panorama mundial. Hoje os mais importantes são o etanol (cana, milho; trigo, beterraba, outros) e o biodiesel feito a partir da canola, soja; dendê, e outras matérias primas.

Para Macedo (2008), o etanol é uma alternativa para o desenvolvimento sustentável também do ponto de vista econômico. Para o pesquisador o etanol é o primeiro combustível alternativo, renovável, comercial de grande escala que ganha em custo do combustível derivado de petróleo. É um combustível competitivo com a gasolina. O etanol do Centro-Sul do Brasil hoje tem um custo de produção de US\$ 0,19/ litro contra US\$ 0,21 da gasolina, com petróleo a US\$ 24 / barril.

Na visão de Macedo (2008), os objetivos de qualquer programa de etanol de biomassa são de substituir derivados de petróleo, reduzir emissões de gás de efeito estufa e, dentro do possível, competir com petróleo entre US\$ 40 e US\$ 60 por barril. Esse é um desafio extremamente importante. O mundo produz hoje 30 bilhões de litros de etanol por ano (dois terços para combustível) e as previsões apontam para uma produção de 80 bilhões nos próximos anos. O Brasil produz 14 bilhões atualmente. O etanol brasileiro tem um grande impacto nesse contexto porque usa muito pouco combustível fóssil para ser preparado. Quase toda a energia para o seu processamento vem do bagaço de cana. Essa é uma contribuição importante.

De acordo com Jannuzzi (2005), o Brasil deve concretizar sua intenção de fazer com que as fontes renováveis respondam, até 2010, por cerca de 10% da matriz energética nacional. Além disso, duas importantes iniciativas no âmbito federal que são o PROINFA e a obrigação da universalização dos serviços de eletricidade sinalizam a criação de um mercado muito interessante para as fontes renováveis.

#### **2.4.2 Fontes de Energia não Renováveis**

Quanto à renovabilidade das fontes Silva (2001b), acredita que em princípio todas podem ser produzidas e repostas na Natureza. Entretanto, para várias delas o processo de



reposição natural envolve milhares de anos e condições favoráveis (como é o caso do petróleo), enquanto que a reposição artificial quando não é impossível é absolutamente inviável, envolvendo um gasto de energia igual ou superior à quantidade de energia a ser obtida, ou custos proibitivos (como é o caso da energia nuclear). Estas fontes são aqui classificadas de não renováveis.

No entendimento de Silva (2001b), atualmente, a procura de energia baseia-se fundamentalmente nas fontes de energia não renováveis, as quais têm tecnologia difundida, mas possuem um elevado impacto ambiental. Torna-se imperativo tentar inverter essa tendência, tornando o seu consumo mais eficiente e substituindo-o gradualmente por energias renováveis e limpas. Contudo, apesar dos graves problemas ambientais que enfrentamos, cuja importância ocupa espaço nos noticiários e o reconhecimento por parte de importantes organismos internacionais, como sendo fruto da atividade humana no planeta, entre eles o aquecimento global, ainda somos dependentes das fontes de energia fóssil.

Tanto os combustíveis fósseis como os nucleares são considerados não renováveis, porque a capacidade de renovação é muito reduzida comparada com a utilização que deles fazemos. As reservas destas fontes energéticas irão ser esgotadas um dia. Dentre as fontes de energias não renováveis que são as atualmente mais utilizadas estão os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) os quais se constituem como altamente poluidores libertando dióxido de carbono quando queimados, um gás que contribui para o aumento da temperatura da atmosfera; causando chuvas ácidas; poluindo solos e água.

Nas usinas termoeletricas a energia elétrica é obtida pela queima de combustíveis, como carvão, derivados do petróleo, combustível nuclear e, atualmente, também a cana de açúcar (biomassa). A produção de energia elétrica é realizada através da queima do combustível que aquece a água, transformando-a em vapor. Este vapor é conduzido a alta pressão por uma tubulação e faz girar as pás da turbina, cujo eixo está acoplado ao gerador. Em seguida o vapor é resfriado retornando ao estado líquido e a água é reaproveitada, para novamente ser vaporizada.

No Brasil este tipo de fonte de energia elétrica tem significativa participação na matriz energética apresentada no BEN 2007, (veja gráfico 03), e agora, com a crise que estamos vivendo, é a que mais tende a se expandir. Contudo, sob a ótica da preocupação ambiental, vários cuidados precisam ser tomados tais como: os gases provenientes da queima do

combustível devem ser filtrados, evitando a poluição da atmosfera local; a água aquecida precisa ser resfriada ao ser devolvida para os rios porque várias espécies aquáticas não resistem mesmo a pequenas variações de temperatura dos Ecossistemas.

#### **2.4.2.1 O Carvão Mineral**

Constituiu-se como um combustível fóssil extraído de explorações minerais e foi o primeiro a ser utilizado em larga escala tanto em atividades domésticas como industriais, inclusive sendo agente fundamental na revolução industrial ocorrida no século XIX. Estima-se que seja a fonte de energia não renovável com maiores reservas, tendo uma expectativa para mais 200 anos.

Conforme Jannuzzi (2001) um dos maiores problemas ambientais está atrelado à geração de gases no processo de queima e com isto, a consequente emissão de substâncias como óxidos de nitrogênio na atmosfera, piorando quando se somam ao enxofre provocando a ocorrência de chuva ácida. Além disso, o óxido nítrico é um dos causadores do efeito estufa e contribui para a destruição da camada de ozônio. Embora seja menos poluente que o carvão ou o petróleo, também contribui para as alterações climáticas. Pode ser utilizado como combustível na indústria, em residências ou na frota automotora.

#### **2.4.2.2 A Energia do Petróleo e Gás Natural**

Constituído por uma mistura de compostos orgânicos, resultado do processo geológico de milhares de anos, é utilizado, sobretudo, nos transportes, configurando-se como uma das maiores fontes de poluição atmosférica do planeta e um dos principais motivos de disputas econômicas e de conflitos armados.

A utilização do gás natural tem se mostrado bem atrativa, embora o Brasil disponha de um imenso potencial hídrico, há muito se questionam os problemas ambientais atribuídos à construção de grandes barragens necessárias à construção de usinas hidroelétricas. Como alternativa o governo brasileiro implementou a construção de um gasoduto com o objetivo de trazer gás diretamente da Bolívia, hoje essa estratégia possibilita o abastecimento das regiões sul e sudeste. Contudo, segundo informações divulgadas pela Revista Época (de 15 de maio de 2007), as grandes modificações políticas que ocorreram no mundo, também alcançaram

expressão na América do Sul, inclusive à Bolívia. Como consequência dessas alterações, tem havido conflitos e manifestações de nacionalismo naquele País, que resultaram em medidas populistas adotadas pelo governo da Bolívia afetando as relações de convívio e comerciais com o Brasil a ponto de gerar incerteza quanto a estabilidade no abastecimento de gás natural.

Segundo a BP (British Petroleum) que faz estudos anualmente levando em conta 71 países, o Brasil foi o país que mais aumentou as reservas de petróleo nos últimos 20 anos e ocupa a 16ª posição entre os países com as maiores reservas comprovadas do mundo. A BP é uma das maiores petroleiras do mundo e o seu estudo é um dos principais referenciais do setor. Pelos dados da BP, o Brasil encerrou o ano de 2007 com reservas provadas de 8,5 bilhões de barris de óleo, quando há 20 anos esse número era de 1,3 bilhões de barris. Em 2001 o aumento foi de 4,94%, enquanto a média mundial ficou em 0,36%. A participação do Brasil no total mundial está em 0,8%, com as reservas globais de petróleo somando 1,05 trilhões de barris, o que atende ao consumo mundial nos próximos 40,3 anos. Ou seja, se novas reservas não forem encontradas, o petróleo no mundo acaba antes de meados do século. No caso do Brasil, a relação corresponde a 17,5 anos.

Para amenizar o cenário descrito no parágrafo anterior, no início deste mês (setembro de 2008), segundo divulgação no site da Petrobrás<sup>30</sup>, deu-se início a produção do primeiro óleo da camada pré-sal, no campo de Jubarte, no Espírito Santo. A gigantesca descoberta da Petrobras, em tempos de crise energética em todo o mundo, deu início a intermináveis discussões nos campos dos recursos energéticos, economia e política. Para entender melhor o significado dessa nova fonte de petróleo, existe a expectativa de que será possível produzir cerca de 2 milhões de barris por dia nesse novo campo petrolífero em comparação aos quase 1,8 milhões de barris extraídos na atualidade, vindo a representar a duplicação da capacidade de produção atual.

Segundo Bajay (2001), as crises que relacionadas a oferta de petróleo e a forte dependência do mercado internacional fizeram com que houvesse uma maior preocupação com os impactos ambientais globais, procurando-se diminuir a emissão dos gases de efeito estufa, e a volta de programas de conservação de energia. Hoje, o Estado busca retomar o papel central das decisões no setor elétrico, isto não significa uma volta ao passado, mas a

---

<sup>30</sup> Petrobras, <http://www2.petrobras.com.br/portugues/index.asp>, acesso em 20 de setembro de 2008,

busca da melhor forma de intervenção do Estado no setor por meio de políticas energéticas adequadas, regulação e planejamento. A esse respeito comenta Jannuzzi:

Completa esse panorama observando que “o preço do petróleo durante os anos 70 determinou maiores esforços do Brasil em termos da redução da dependência externa deste combustível, com a canalização de investimentos para exploração, produção nacional e maior uso de hidreletricidade. Programas de substituição de combustíveis como o Programa Nacional do Alcool (Proalcool), foram iniciados, com o objetivo de aumentar a produção doméstica de combustível como uma mercadoria estratégica” (Jannuzzi, 2004).

### **2.4.2.3 A Energia Nuclear**

É um tipo de energia potencialmente disponível nos elementos químicos, principalmente Urânio que pode servir tanto na indústria civil, no caso em termoelétricas, como também na indústria militar. Tem um poder calorífico muito superior a qualquer outra fonte de energia, contudo sua utilização carece de cuidados especiais, nos processos de extração desse elemento radioativo, resultam efluentes que requerem cuidados especiais, ademais o próprio processamento inclui riscos, que apesar dos avanços tecnológicos merecem atenção extrema.

Segundo descrição de Gerrini (2001), este tipo de energia é obtido a partir da fissão do núcleo do átomo de urânio enriquecido, liberando uma grande quantidade de energia utilizável. Sabemos que o átomo é constituído de um núcleo onde estão situados dois tipos de partículas: os prótons que possuem cargas positivas e os nêutrons que não possuem carga. Em torno do núcleo, há uma região denominada eletrosfera, onde se encontram os elétrons que têm cargas negativas. Átomos do mesmo elemento químico, que possuem o mesmo número de prótons e diferentes números de nêutrons são chamados isótopos. O urânio possui dois isótopos:  $U_{235}$  e  $U_{238}$ . Contudo, o  $U_{235}$  é o único capaz de sofrer fissão. Na natureza só é possível encontrar 0,7 % deste tipo de isótopo. Para ser usado como combustível em uma usina, é necessário enriquecer o urânio natural. Um dos métodos é “filtrar” o urânio através de membranas muito finas. O  $U_{235}$  é mais leve e atravessa a membrana antes do que o  $U_{238}$ . Esta operação tem que ser repetida várias vezes o que torna o processo muito caro e complexo. Poucos países possuem esta tecnologia para produção em escala industrial.

Quanto ao urânio Guerrini (2001) descreve que este elemento é colocado em cilindros metálicos no núcleo do reator que é constituído de um material moderador (geralmente grafite) para diminuir a velocidade dos nêutrons emitidos pelo urânio em desintegração, permitindo as reações em cadeia. O resfriamento do reator do núcleo é realizado através de líquido ou gás que circula através de tubos, pelo seu interior. Este calor retirado é transferido para uma segunda tubulação onde circula água. Por aquecimento esta água se transforma em vapor (a temperatura chega a 320°C) que vai movimentar as pás das turbinas que movimentarão o gerador, produzindo eletricidade, depois este vapor é liquefeito e reconduzido para a tubulação, onde é novamente aquecido e vaporizado.

No Brasil, está funcionando a Usina Nuclear Angra 2 sendo que a produção de energia elétrica é em pequena quantidade que não dá para abastecer toda a cidade do Rio de Janeiro. No âmbito governamental está em discussão a construção da Usina Nuclear Angra 3 por causa do déficit de energia no país.

Segundo informação da Comissão Nacional de Energia Elétrica (CNEN), a utilização energia nuclear tem espaço cada vez maior na oferta interna de energia. A geração nucleoeleétrica mostra-se como uma das fontes de geração menos poluentes; pois ela permite a obtenção de muita energia em um espaço físico relativamente pequeno e a instalação de usinas perto dos centros consumidores, reduzindo o custo de distribuição de energia se comparada a outras fontes de energia, como por exemplo, a solar ou eólica, que apresentam dificuldades de geração em função da implementação de aparatos caros frente à capacidade de produção limitada, no âmbito da utilização em escala industrial. Os recursos hidráulicos também apresentam limitações, além de provocar grandes impactos ambientais, pois modificam fortemente a geografia. Por isso, a energia nuclear torna-se mais uma opção para atender com eficácia à demanda energética no mundo moderno.

Conforme Dias (2004), no caso do Brasil, o programa nuclear nacional teve seu início no final da década de 60 com a construção da Usina Angra I. Na época havia uma demanda muito grande por energia elétrica no estado do Rio de Janeiro, e o governo entendeu que com a construção dessa unidade poderia complementar essa necessidade. Contudo, este investimento desde então convive com inúmeros problemas, sua capacidade de geração máxima, em torno de 600 MW, só se fez realidade por um período inferior a um mês. Hoje em face aos problemas energéticos, discussões a respeito da utilização da energia nuclear tomam

lugar na mídia e nos planos do governo federal, o assunto é complexo pelo fato do histórico desse tipo de energia, incluindo acidentes de enormes proporções, com impacto ambiental imediato e ainda presente no planeta. Além do mais, existe o problema com relação aos efluentes gerados pelo processo no reator, mesmo assim constitui-se como uma fonte de energia promissora diante dos avanços tecnológicos.

Entretanto, a energia nuclear apresentou uma performance negativa em 2007 segundo BEN 2007, correspondendo a apenas 3,6% da matriz de energia elétrica contra 1,4% do total da oferta interna de energia, o que refletiu em uma queda da participação da energia não-renovável em 2007, este fato deveu-se ao incremento na importação de carvão mineral, para a produção de aço.

Conforme Guerrini (2001), para que possamos ter uma noção do papel da energia nuclear no cenário mundial, é relevante o fato de que os Estados Unidos da América lideram a produção de energia nuclear e nos países França, Suécia, Finlândia e Bélgica 50 % da energia elétrica consumida, provém de usinas nucleares.

## **2.5 Impactos Ambientais**

Segundo Jacobi (2001), os grandes acidentes envolvendo usinas nucleares e contaminações tóxicas de grandes proporções, como os casos de Three-Mile Island nos EUA em 1979, Love Canal no Alasca, Bhopal na Índia em 1984 e Chernobyl na antiga União Soviética em 1986, estimularam o debate público e científico sobre a questão dos riscos nas sociedades contemporâneas. Inicia-se, uma mudança de escala na análise dos problemas ambientais, transformando a frequência de problemas ambientais, que pela sua própria natureza tornam-se mais difíceis de serem previstos e assimilados como parte da realidade global.

Atrelada à utilização da energia existe uma forte e sempre constante preocupação por parte dos ambientalistas. Esta preocupação se justifica tendo em vista as ações nefastas contra o meio ambiente, ocorridas com o trágico episódio ocorrido em 26 de abril de 1986 na Usina de Chernobyl, que chocou mundo pelos irreversíveis danos de proporções catastróficas que causou às pessoas e à natureza, sendo considerado, por muitos, como o maior acidente na história da energia nuclear, conforme podemos observar nos relatos Dias:

A explosão produz uma nuvem radioativa que se propaga pelas repúblicas soviéticas e atinge cinco países europeus. Os 38 mil moradores de Ripyat, localizada a 8 km da usina - hoje uma cidade deserta - só são retirados 36 horas depois do acidente. O médico norte-americano Roberto Gale, responsável pelo enxerto de medula óssea nas vítimas, estima que entre 2 mil e 20 mil pessoas vão morrer de câncer, nos próximos cinquenta anos, em consequência das radiações emitidas, sendo que um terço dessas mortes ocorrerão na Europa. É o maior acidente da história da energia nuclear. Cinco anos depois, o então presidente Mikhail Gorbachev, num apelo, solicita ajuda internacional, acentuando: "a humanidade está apenas começando a compreender plenamente a natureza global dos problemas sociais, médicos e psicológicos criados pela catástrofe" ("Soviéticos lembram cinco anos do desastre Chernobyl", *Correio Braziliense* (Dias, 2004, p. 43).

Somam-se a isto o destino que é dado aos resíduos radioativos, considerando que estes apresentam a característica de necessitarem de todo um aparato tecnológico para seu tratamento e destino final. Uma outra preocupação diz respeito à condição do povo brasileiro, indagando se este estaria preparado para um acidente envolvendo contaminação radioativa.

Não podemos deixar de lembrar do terrível acidente que ocorreu na cidade de Goiânia em setembro de 1987, segundo informações disponibilizadas pela CNEN, este fato ocorreu em função de um aparelho para tratamento de radioterapia que estava fora de uso e abandonado em uma antiga clínica de radioterapia (portanto, desativada) foi levada, por dois catadores de papel, que, 6 dias depois, venderam o aparelho a um ferro-velho. Dentro desse aparelho havia um cilindro metálico, de aproximadamente 3,6 cm de diâmetro e 3,0 cm de altura, e que foi violado (por ignorância e desconhecimento do material coletado, que continha advertências quanto à radiação ionizante). Este cilindro continha um pó, o cloreto de cério, empastilhado juntamente com um aglutinante. A atividade da fonte, na época era de 1.375 Ci. Este acidente ocorrido em Goiânia, em 1987, envolveu mortes e repercutiu em toda população uma grande tristeza.

Comparativamente ao mundo, nota-se que o Brasil apresenta uma significativa diferença na participação da energia hidráulica na Matriz de Oferta de Energia Elétrica, de 85% contra um pouco mais de 16% no mundo. Tal dinâmica contrasta com baixas participações no Brasil na geração da energia nuclear, do gás natural e a do carvão mineral.

### **2.5.1 O Aquecimento Global e Efeito Estufa**

As alterações do clima são acontecimentos naturais que ocorrem desde sempre. Durante o último século, contudo, as alterações registradas têm sido mais pronunciadas do

que em qualquer período registrado até ao momento. Uma das conclusões do relatório do IPCC (2007) é que estas alterações são resultado de intensas intervenções humanas sobre o meio natural com repercussões no clima e que se refletem a uma escala regional e global.

O aquecimento global segundo Epstein (2002) é o aumento da temperatura terrestre, não só numa zona específica, mas em todo o planeta e tem sido motivo de preocupação para toda a comunidade científica. Acredita-se que este efeito seja devido ao uso de combustíveis fósseis e outros processos em nível industrial, que levam à acumulação na atmosfera de gases propícios ao Efeito Estufa<sup>31</sup>, tais como o Dióxido de Carbono, o Metano, o Óxido de Azoto e os CFCs (clorofluorcarbonos).

Segundo Jannuzzi (2008), há muitas décadas que se sabe da capacidade que o Dióxido de Carbono tem para reter a radiação infravermelha do Sol na atmosfera, estabilizando assim a temperatura terrestre por meio do **Efeito Estufa**, mas, ao que parece, isto em nada preocupou a humanidade que continuou a produzir enormes quantidades deste e de outros gases de Efeito Estufa.

A grande preocupação existente para Jannuzzi (2008) é se os elevados índices de Dióxido de Carbono que se têm medido desde o século passado, e tendem a aumentar, podem vir a provocar um aumento na temperatura terrestre suficiente para trazer graves conseqüências à escala global, pondo em risco a sobrevivência dos seus habitantes. A presença de gases que contribuem para o efeito estufa tem aumentado consideravelmente, portanto hoje já é consenso de que haverá um aumento inevitável da temperatura da Terra. O que está em discussão nesse momento é que estratégia usar para diminuir esta escalada, e chegar ao ponto de inversão em que a concentração com o início da dissipação dos gases já emitidos comece a cair, e conttenham-se dessa maneira as perspectivas de aumento da temperatura.

Contudo, segundo Jannuzzi (2008), existe entre os especialistas, espaço para dúvidas e questionamentos sobre a real existência deste Efeito Estufa, entretanto a preocupação com

---

<sup>31</sup> O Efeito Estufa é a forma que a Terra tem para manter sua temperatura constante. A atmosfera é altamente transparente à luz solar, porém cerca de 35% da radiação que recebemos vai ser refletida de novo para o espaço, ficando os outros 65% retidos na Terra. Isto se deve principalmente ao efeito sobre os raios infravermelhos de gases como o Dióxido de Carbono, Metano, Óxidos de Azoto e Ozônio presentes na atmosfera (totalizando menos de 1% desta), que vão reter esta radiação na Terra, permitindo-nos assistir ao efeito calorífico dos mesmos. Bortholin (2003).



este crescimento do teor de GHG, nomenclatura dada aos gases que provocam o efeito estufa, na atmosfera começou a fazer parte de discussões internacionais, e se fez presente (Rio-92, Kioto<sup>32</sup>-97, Bonn-2001 e subseqüentes), a ponto de inúmeros países, notadamente aqueles que mais contribuem com as emissões destes gases, já se comprometerem com algum tipo de controle destas emissões. Resta sempre a esperança de que com o efetivo cumprimento do que foi estabelecido no Protocolo de Kioto, venha-se a acelerar a introdução destas medidas de controle.

O modo como as atividades humanas se processam atualmente resulta em uma enorme dependência de fontes não renováveis de energia, esta realidade acarreta em constantes preocupações com relação ao possível esgotamento desses recursos e ainda mais, pois soma-se a isto a emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, chegando a alcançar em 1996 valores na ordem de 23 bilhões de toneladas , o que condiz com aproximadamente o dobro da quantidade emitida em 1965. A este respeito Silva faz o seguinte comentário:

O teor de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado progressivamente, levando muitos especialistas a acreditar que o aumento da temperatura média da biosfera terrestre, que vem sendo observado a algumas décadas, seja devido a um Efeito Estufa provocado por este acréscimo de CO<sub>2</sub> e de outros gases na atmosfera, já denominados genericamente “gases de efeito estufa”, conhecidos mundialmente pela sigla GHG (Greenhouse Gases) (Silva, 2001b).

Os CFCs, gases que também aumentam o efeito estufa, tem seus níveis de emissão regulados pelo Protocolo de Kioto, desde 1987, o qual determina que a emissão desses gases seja fortemente reduzida e esta recomendação fica evidente nas palavras de Epstein (2002) quando afirma que:

O Protocolo de Kioto (1997) estipula que as emissões de poluentes causadores de aquecimento global deverão começar a ser reduzidas entre 2002 e 2012 em média 5.2% em relação aos níveis de 1990. Isto equivale a uma redução de 42% no nível atual de emissões. Foi também aprovado o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, MDL, através do qual os países que precisam reduzir suas emissões podem comprar direitos dos

---

<sup>32</sup> O Protocolo de Quioto ou Protocolo de Kyoto é consequência de uma série de eventos iniciados com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (outubro de 1988), seguida pelo IPCC's *First Assessment Report em Sundsvall*, Suécia (agosto de 1990) e que culminou com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) na ECO-92 no Rio de Janeiro, Brasil (junho de 1992).

países que têm créditos porque não emitiram o que teriam direito. Para entrar em vigor o protocolo precisa adquirir força legal, e para isto, precisa ser ratificado por pelo menos 55 países. É, porém, exigido que nesse grupo, estejam aquelas nações responsáveis por, no mínimo, 55% das emissões de gases. Como os Estados Unidos são responsáveis por cerca de mais de 30% das emissões, a sua omissão em ratificá-lo pode acarretar um bom atraso, uma vez que dos restantes 70% das emissões, países responsáveis por 55% precisariam ratificá-lo, isto é, praticamente a totalidade. Em verdade, praticamente, os Estados Unidos pouco precisam para dispor do poder de veto nesse protocolo (Epstein, 2002).

Segundo entendimento de Rezende et. al. (2006), com o Protocolo de Kioto, assinado em Genebra por diversos países, estabeleceu-se um novo paradigma para empresas que poluem o meio ambiente. Ou seja, a partir da assinatura do tratado as empresas, que no exercício de suas atividades operacionais, poluírem o meio ambiente devem, em contrapartida, como forma de minimizar a poluição produzida, possuir ação de neutralização dos danos nocivos ao meio ambiente.

Sabemos que grande parte das quantidades desses gases que foram parar na atmosfera é resultado de sua liberação em larga escala, no passado, nos sistemas de refrigeração e nos aerossóis. Com isso, o objetivo da redução dos CFCs é minimizar outro efeito na natureza, a destruição da camada de ozônio, que por sua vez, contribui também para que haja mudanças climáticas no planeta, pensamento este que encontra respaldo na afirmação de Macedo (2008).

O mundo terá de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Os países industrializados, conforme o Protocolo de Kioto, terão de reduzir essas emissões em 5,2% com relação aos valores de 1990, em média, até 2008 e 2012. Assim seria possível estabilizar a concentração de CO<sub>2</sub> em aproximadamente o dobro dos valores da era pré-industrial (Macedo, 2008).

Hoje o cenário com o qual se trabalha é consequência das recomendações que foram sugeridas pelo relatório do IPCC. Este documento propõe que é importante ver se conseguimos chegar até o final deste século com um aumento de apenas 2°C na temperatura do planeta, pois se isto não vier a acontecer as expectativas apontam para um aumento de 6 a 8°C até 2100 e que o nível médio das águas do mar aumente entre 15 e 95 cm, o que traria consequências catastróficas para o planeta. Neste relatório o texto faz diferentes projeções sobre o impacto que as emissões de gases nocivos terão no meio ambiente e estima os custos econômicos das medidas ambientais na economia global.

Entre as medidas sugeridas no relatório do IPCC uma propõe repassar no mercado de carbono<sup>33</sup>, o preço deste aos consumidores e produtores, ou seja, que os preços na economia levem em conta o dano ambiental causado pela queima de combustíveis, para estimular a eficiência energética. Uma outra possibilidade, segundo o IPCC, seria a criação de novas leis, impostos e mercados de troca de permissões de emissão de carbono. Acordos voluntários entre governo e indústria costumam ser frequentes, contudo não têm atingido resultados satisfatórios de redução de emissões.

Outra sugestão apontada pelo IPCC seria taxar as emissões de carbono. Com essa medida poderíamos obter resultados eficientes atribuindo um preço de US\$ 20 a US\$ 50 por tonelada de dióxido de carbono, o que transformaria o setor energético, aumentando a participação das fontes renováveis na matriz energética para 35% até 2030 (quase o dobro da fatia registrada em 2005).

Pelo exposto acima, podemos observar que o problema do aquecimento global está presente na pauta das discussões dos grandes organismos internacionais. Uma vez conhecidas as causas, sabe-se que estratégias serão traçadas, como mostra o relatório. Contudo não podemos esperar que as soluções decorram apenas das grandes iniciativas e é nesse contexto que vemos a efetiva participação da consciência ambiental, que uma vez trabalhada no âmbito da escola, de maneira interdisciplinar, poderá vir a contribuir para a solução desses problemas, conforme pensamento de Dias:

Uma dimensão dada ao conteúdo e à prática da educação, orientada para a resolução dos problemas concretos do meio ambiente através de enfoques interdisciplinares e de uma participação ativa e responsável de cada indivíduo e da coletividade (Dias, 2004).

Nesse contexto, a Educação Ambiental pode desempenhar um papel importante pois através dela será possível evitar que as pessoas continuem a incidir nos sérios erros que a humanidade vem cometendo por séculos, que abalam e ameaçam assustadoramente a vida de todos no meio ambiente global, conforme afirmações de Mikhail Gorbachev, por ocasião do Encontro Rio+5, realizado no Rio de Janeiro em julho de 1997, conforme registra Dias:

---

<sup>33</sup> O mercado de carbono, de acordo com Macedo (2008), é um termo popular utilizado para denominar os sistemas de negociação de unidades de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEEs). No âmbito do Protocolo de Quioto ou (Quioto), há dois tipos de mercado de carbono: mercado de créditos gerados por projetos de redução de emissões (projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e projetos de Implementação Conjunta) e mercado de permissões.

O maior desafio, tanto dessa época como do próximo século, é salvar o planeta da destruição. Isso vai exigir uma mudança nos próprios fundamentos da civilização moderna - o relacionamento dos seres humanos com a natureza (Dias 2004, p.97).

### 2.5.2 A Chuva Ácida

A chuva não afetada pela atividade humana é pouco ácida, tendo pH em torno de 5,7. Esta acidez baixa é devido à presença de ácido carbônico,  $H_2CO_3$ , formado pela dissolução de  $CO_2$  em  $H_2O$ .

Contudo como consequência de intensa atividade Antrópica, principalmente as atividades industriais produzem e liberam óxidos ácidos de enxofre e nitrogênio, que saem de suas chaminés industriais e são solúveis em água. Esses gases uma vez misturados à água presente no ar, hidrolisam formando ácidos que caem sobre a terra juntamente com a chuva, resultando no que se conhece como chuva ácida com alto potencial corrosivo.

No Brasil o exemplo mais marcante de poluição ambiental por chuva ácida foi a destruição da Mata Atlântica na região de Cubatão, na baixada santista na década de 70. Os gases de nitrogênio e enxofre liberados às toneladas pelas chaminés das indústrias locais, destruíram a vegetação. Neste caso, a relação de causa – efeito era óbvia. A região de Cubatão era uma das mais poluídas em todo o mundo. Não podemos nos esquecer que na década de 1980 (século passado), a cidade do Rio Grande sofreu com altos índices de poluição, atribuídos as atividades industriais, especialmente das empresas produtoras de fertilizantes lotadas no Distrito Industrial. Na época, foi possível observar a destruição da mata no entorno do Parque Industrial e a dificuldade apresentada por parte da população para respirar quando os ventos sopravam em direção ao centro do município, especialmente na presença do fenômeno da inversão térmica<sup>34</sup>.

---

34 A inversão térmica é um fenômeno natural meteorológico que ocorre mais facilmente no final da madrugada e no início da manhã e principalmente nos meses de inverno. Manifesta-se quando o ar quente retido nas altitudes impede a elevação do ar frio que por ser mais denso e pesado encontra dificuldades ainda maiores para subir. Esse processo ainda faz com que os poluentes lançados na atmosfera permaneçam retidos nela juntamente com o ar frio. <http://www.brasilecola.com/geografia/inversao-termica.htm>, acesso em 22 de setembro de 2008.

Estudos feitos pela WWF (Fundo Mundial para a Natureza) mostraram que nos países ricos o problema também aparece. Na Europa, por exemplo, estima-se que 40% dos ecossistemas estão sendo prejudicados pela chuva ácida e outras formas de poluição.

Após um enorme esforço feito por parte da comunidade científica, das primeiras organizações não governamentais brasileiras preocupadas com o meio ambiente e da imprensa que se empenhou em denunciar e esclarecer os fatos, foi elaborada uma legislação e montado um sistema de fiscalização que passou a controlar as emissões, forçando as indústrias a tomarem cuidados óbvios com as emissões gasosas.

Entretanto, segundo Dias (2004), não são apenas as indústrias que poluem com estes gases. As grandes cidades, com seus inúmeros carros, também são importantes produtoras de chuva ácida.

## **2.6 Crise no Abastecimento de Energia Elétrica**

Para Macedo (2008), fica evidente que estamos vivendo um problema decorrente da falta de planejamento adequado (matriz energética), acrescido do problema do baixo nível d'água nos reservatórios das principais hidrelétricas do país, o que ocasiona uma produção de energia aquém da necessária. Diante dessa situação de racionamento de energia elétrica por grande parte da população brasileira, com repercussão na mídia em todo o Brasil (e também internacionalmente), podemos realizar algumas reflexões que envolvem diretamente questões ambientais.

Em face a esses problemas, cabe questionar se houve ou não falha de planejamento por parte dos governantes quanto a levar em conta as necessidades futuras da população. Se os nossos governantes investiram o suficientemente na expansão do setor energético, se houve preocupação em diversificar a matriz energética de modo a permitir que o país se tornasse menos dependente de uma única fonte de energia. Segundo Luffiego & Rabadan, houve sim falha nos princípios operativos de sustentabilidade, de acordo com estes autores devemos ter a preocupação permanente com o gerenciamento das fontes de energia:

Para os recursos que são potencialmente renováveis, como a água, as espécies, o solo, etc., o princípio operativo enuncia que a taxa de exploração deve ser similar a menor taxa de regeneração desses recursos. Para aqueles

recursos que tem estoque limitado (petróleo, carvão) e que não se regeneram e não são recicláveis, o princípio afirma que à medida que são gastos, devem ser substituídos por recursos renováveis que podem ser explorados: por exemplo, o petróleo pela energia solar (Luffiego & Rabadan, 2000).

Para Bajay (2004), assim, com o consumo constante e como houve uma redução do nível da água dos reservatórios das hidrelétricas e não se tomou nenhuma providência com relação à busca de alternativas, há um risco grande e uma ameaça grave do sistema entrar em colapso, tendendo a gerar uma sobrecarga que não será mantida pelo mesmo, provocando o corte de energia elétrica em determinadas regiões.

Para Jannuzzi (2000) o racionamento que foi imposto a contragosto da grande maioria da população, serviu para mostrar que se consegue reduzir o consumo de energia em situações drásticas, como a que enfrentamos em 2001 e 2002, ocasião em que ocorreu a falta de abastecimento conhecida como *apagão elétrico*<sup>35</sup>. Esse racionamento serviu para despertar que poderá ocorrer situação semelhante com o uso da água, por exemplo, e o fato positivo dessa situação é que podemos destacar que uma nova visão de consumo pode ser criada, onde o desperdício se não puder ser eliminado, venha pelo menos a ser reduzido drasticamente.

Diante desse quadro, segundo Jannuzzi (2000), projetos que tratam das fontes alternativas, passaram a despertar interesse nos órgãos gestores de energia, como por exemplo, projetos relacionados com fonte eólica, solar, gás natural, carvão. Desse modo, existem outras formas alternativas disponíveis que podem substituir as maneiras tradicionais de geração de energia elétrica, caracterizadas pelas usinas hidrelétricas e termelétricas, e assim servir como um modo alternativo, capaz de contribuir para o complemento da capacidade total de produção de energia.

Com respeito a demanda pela utilização da energia, o modo como nos servimos do ambiente para satisfazer nossas necessidades, Dias faz a seguinte advertência:

Neste contexto, um dos aspectos mais importantes a considerar, é o da demanda de energia pelas sociedades humanas. O modelo de produção e ou consumo em vigor atualmente exige um crescente aumento das quantidades

---

35 Apagão foi uma crise nacional, sem precedentes no Brasil, que afetou o fornecimento e distribuição de energia elétrica. Ocorreu nos dois últimos anos do governo de Fernando Henrique Cardoso, em 2001 e 2002. “Apagão” é um termo que designa interrupções ou falta de energia elétrica frequentes. Fonte: <[http://www.microsol.com.br/index.php?pagina=u\\_p\\_problemaselétricos](http://www.microsol.com.br/index.php?pagina=u_p_problemaselétricos)>. Acesso 23 de julho de 2007, as 15 horas.

de energia tanto para a produção industrial de bens de consumo, quanto para a utilização corrente destes bens. Esta demanda é atendida basicamente por um conjunto de fontes energéticas cujas duas componentes mais importantes são a energia elétrica para consumidores estacionários, e a energia proveniente da queima do carvão, petróleo e gás natural para veículos automotivos (Dias, 2004).

A maior parte da energia, seja para consumo industrial, seja para consumo doméstico, é produzida e utilizada sob a forma de energia elétrica. Esta forma de energia intermediária é adequada à transmissão de grandes potências em longas distâncias, ao controle e à utilização prática e segura. Assim, por exemplo: A energia mecânica hidráulica de um rio represado é transformada, por meio de uma turbina, em energia mecânica rotativa que, por sua vez, é transformada em energia elétrica por um gerador elétrico. A partir desse estágio, a energia é transportada para centros de consumo que podem estar situados a milhares de quilômetros de distância do local de geração. Nestes, a energia elétrica é convertida em energia mecânica por um motor elétrico e poderá acionar uma máquina; ou ser transformada em energia térmica por um chuveiro, por exemplo, e aquecer água.

A demanda crescente de energia elétrica determinou imensa pressão sobre os recursos energéticos tradicionalmente utilizados, exatamente aqueles cuja exploração e ou utilização provocam os maiores impactos ambientais, sejam por serem poluentes e não-renováveis (carvão, petróleo, gás natural); ou então por alterarem de forma dramática os ecossistemas quando de sua instalação no caso de usinas hidrelétricas; ou ainda por representarem elevado potencial de perigos à vida durante sua operação e pela produção de resíduos extremamente perigosos no caso das usinas nucleares. Sobre esta dependência pela energia Dias escreveu o seguinte:

A humanidade está, cada vez mais, dependendo da energia elétrica para processar as suas atividades. Essa dependência crescente poderá levá-la a crises e situações imprevisíveis, caso não utilize os recursos ambientais de que dispõe, de forma sustentada. Na verdade, quando, por qualquer razão, o fornecimento de energia elétrica de uma cidade é interrompido, temos idéia dessa dependência e da fragilidade dos ecossistemas urbanos, pelos transtornos que vivemos (Dias, 2004, p 289).

Deste modo, no Brasil a construção de uma usina hidrelétrica que se constitui como um recurso abundante e muito utilizado, e embora venha a ser construída em conformidade com a legislação ambiental, implica o desvio e o represamento de um rio, afetando profundamente o ecossistema em que se insere. De maneira semelhante, também as usinas termelétricas que podem dispor de (carvão, óleo combustível ou nuclear) apresentam consideráveis impactos

negativos ao ambiente. No caso do uso do carvão mineral ou do óleo combustível, tem-se o esgotamento de recursos naturais não-renováveis por um lado e, por outro, a emissão de gases altamente poluentes resultantes da queima desses combustíveis. O uso da energia nuclear, por sua vez, traz consigo a lembrança de acidentes ocorridos já descrito na seção 2.5, p. 52, dos impactos ambientais, e que preocupam quanto à possibilidade de que venham a se repetir. Como consequência disto, constitui-se como uma forma de energia vista como de alto risco, embora a tecnologia atual garanta condições de operacionalização muitas vezes mais eficaz que as disponíveis em décadas passadas, configurando assim um importante tema para ser discutido e analisado conforme palavras de Jannuzzi:

Diante desse quadro alarmante, novas formas de produção de energia começaram a ser consideradas, tanto para conversão direta no aquecimento da água por coletores solares, por exemplo, quanto para conversão em energia intermediária (elétrica). Estas formas alternativas de energia incluem o aproveitamento da energia mecânica do vento (eólica), da radiação solar (aproveitamento térmico e fotovoltaico), geotérmica, biomassa, entre outras. Tais formas de energia apresentam algumas qualidades importantíssimas do ponto de vista ambiental: são renováveis, não-poluente e pouco impactantes. Em outras palavras, seu grau de sustentabilidade é consideravelmente alto (Jannuzzi, 2002).

## **2.7 Políticas Públicas para o Setor Energético**

Durante o governo de Fernando Henrique Cardoso (FHC), o Brasil passou por profundas transformações no setor elétrico. Neste período foi implantada a livre concorrência para promover a eficiência no setor, uma regulação e fiscalização, em busca de transparência para atrair o capital privado. A perspectiva era de privatizar praticamente todo o setor de distribuição de energia elétrica como condição necessária à alocação de recursos, a criação de um programa de termelétricas o Programa Prioritário de Termelétricas (PPT), e a implantação do Mercado Atacadista de Energia (MAE). Foi então criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) como agente regulador do setor.

Segundo Bajay e Carvalho (1998) seguindo uma concepção moderna, o governo pode gerir os setores elétrico e de petróleo e gás utilizando três instrumentos bem distintos e complementares através da formulação de políticas públicas; de planejamento, e política de regulação para o setor.



A formulação de políticas públicas na área de energia e a realização de estudos prospectivos de planejamento da expansão do setor energético são responsabilidades do MME, que, de fato, nunca esteve adequadamente estruturado para exercê-las com eficiência e continuidade. Durante a vigência do modelo setorial estatal, coube à Eletrobrás e à Petrobras realizar essas tarefas para os setores elétrico, de petróleo e gás, respectivamente, restando ao MME o papel de homologá-las.

Contudo, o novo modelo para o setor elétrico não chegou a ser totalmente implementado no período do governo FHC uma vez que o processo de privatização não foi concluído, inclusive não houve a efetiva implantação do PPT, pois incertezas no setor culminaram desestimulando os investimentos do setor privado. Além disto, o governo ainda enfrentou uma crise de desabastecimento de energia em 2001, que evidenciou que houve problemas de planejamento para o setor energético. De positivo segundo Bajay (2001), é que houve, nesse período uma maior preocupação com os impactos ambientais globais, procurando-se diminuir a emissão dos gases de efeito estufa, e a volta de programas de conservação de energia.

Conforme Bajay (2001), hoje, o governo tem se empenhado em retomar o papel central das decisões no setor elétrico, o que não se trata de uma volta ao passado, mas a busca da melhor forma de intervenção do Estado no setor por meio de políticas energéticas adequadas, regulação e planejamento. Na opinião do pesquisador, o governo brasileiro mostra uma tendência de voltar a intervir na política energética o que em geral ocorre em outros países.

Os Principais desafios para o governo segundo Bajay (2001), são os de realizar estudos prospectivos mais elaborados para os principais segmentos do setor energético; o próprio planejamento do setor elétrico hoje necessita de tais estudos para energéticos como o gás natural, carvão, biomassa, energia eólica, etc., a fim de garantir a consistência e a confiabilidade desse planejamento.

## **2.8 A Conservação e Uso Eficiente de Energia no Brasil**

Na acepção científica, o termo conservação de energia refere-se ao Princípio da Física que estabelece que a energia total do universo é constante, para qualquer sistema fechado

(Primeira Lei da termodinâmica). Dessa forma, a energia pode somente mudar de forma: energia cinética transforma-se em energia potencial, a energia potencial transforma-se em energia cinética, a energia interna transforma-se em calor ou trabalho. Assim, a energia não pode ser criada ou destruída, somente transformada.

Segundo Jannuzzi (2004), na terminologia técnica da área de Engenharia, o termo conservação de energia refere-se a técnicas e procedimentos que visam reduzir o desperdício e o uso ineficiente da energia, principalmente elétrica, sem comprometer o conforto e ou a produção. Em geral, o termo conservação está ligado ao uso racional da energia. Essa área tecnológica tornou-se emergente, principalmente, depois da crise do petróleo na década de 1970, quando a elevação dos preços desse insumo alterou substancialmente a estabilidade das estratégias de obtenção dos recursos necessários para garantir a sustentabilidade do processo de desenvolvimento sustentável (veja seção 2.2, p. 16).

De maneira genérica, a conservação de energia pode ser aplicada em diversos níveis:

1. Eliminação dos desperdícios;
2. Aumento da eficiência das unidades consumidoras de energia;
3. Aumento da eficiência das unidades geradoras de energia;
4. Reaproveitamento dos recursos naturais pela reciclagem e redução do conteúdo energético dos produtos e serviços;
5. Rediscussão das relações centro-periferia em setores como transporte e indústria;
6. Mudança dos padrões de consumo em favor de produtos e serviços que requerem menor uso de energia.

A importância do assunto emerge da análise do cenário energético mundial, onde se observa que, como insumo fundamental, há uma relação direta entre desenvolvimento humano e consumo de energia (75% da população mundial vive em países em desenvolvimento com uma significativa demanda reprimida) e que o aumento do consumo de energia, com base nos modelos atuais, implica uma série de investimentos que podem resultar em degradação ambiental (poluição, chuva ácida, destruição da camada de ozônio). Dessa forma, desenvolver formas de garantir a energia necessária para as necessidades básicas bem como para propiciar melhorias do padrão de vida, segundo critérios racionais e adequados, é parte fundamental do processo de desenvolvimento sustentável (veja seção 2.2, p.16).

No Brasil, as primeiras iniciativas para desenvolver tecnologias de conservação começaram em 1975, com a organização de um seminário sobre o assunto pelo Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) que resultou na implantação de um programa de financiamento, pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), de pesquisas sobre eficiência na cadeia de captação, transformação e consumo de energia.

Segundo informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as Empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, conforme dispõe a Lei nº 9.991<sup>36</sup>, de 24 de julho de 2000, devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida em Programas de Eficiência Energética (PEE). O objetivo desses programas é demonstrar à sociedade a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos racionais de uso da energia elétrica.

Com o objetivo de tornarem-se acessíveis e transparentes as metas estabelecidas para o setor energético, o MME divulgou o Manual dos Programas de Eficiência Energética (MPEE) que vem a ser um guia determinativo de procedimentos dirigido às Empresas, para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL. Estão definidas no MPEE a estrutura e a forma de apresentação dos projetos, os critérios de avaliação e de fiscalização e os tipos de projetos que podem ser realizados com recursos do PEE. Apresentam-se, também, os procedimentos para contabilização dos custos e apropriação dos investimentos realizados.

Conservar energia não é uma novidade no Brasil. O país vem desenvolvendo esforços para conservar energia desde meados da década de 80, quando foram criados dois programas nacionais: o Procel (eletricidade) e o Conpet (derivados de petróleo). A este respeito Jannuzzi comenta que:

---

<sup>36</sup> LEI Nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Fonte: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/LEI20009991.pdf>.

Embora outras iniciativas anteriores tivessem ocorrido, esses dois programas foram a maior expressão do interesse do governo federal e uma manifestação favorável de se estabelecer uma política pública para a área de energia que incorporasse a necessidade de controlar a demanda de energia (Jannuzzi, 2000).

A esse respeito, Jannuzzi (2000) é bastante explícito, pois entende que é mais razoável aceitar que os principais fatores que motivaram a criação dos programas, na época, foram as fortes pressões ambientais internacionais que começaram a pesar sobre o Brasil. Estas ações se traduziam em condicionantes e cláusulas impostas pelos bancos e governos internacionais frente a possíveis empréstimos ao setor de energia brasileiro. Sobre este contexto Jannuzzi faz a seguinte reflexão:

Fomos capazes de promover iniciativas bem sucedidas com criação de leis, alguns programas específicos de conservação, regulamentos e mecanismos modernos e úteis para avançar a introdução de melhores tecnologias e práticas para uso eficiente de energia. Em contrapartida, temos sido medíocres na gestão e implementação inteligente das mesmas. Infelizmente, a resultante final dos esforços desses quase 30 anos, é modesta e frustrante para aqueles que conhecem o potencial e as oportunidades perdidas (Jannuzzi, 2000).

No entanto, somente dez anos mais tarde, seria criado o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (Procel) pela Eletrobrás. Sua atuação inicialmente caracterizou-se pela publicação e distribuição de manuais destinados à conservação de energia elétrica entre vários setores sociais. A seguir, foi implementado um programa pedagógico junto às escolas de ensino fundamental, envolvendo uso de material didático e formação professores. A partir de 1990, o Procel iniciou projetos e cursos técnicos para formar profissionais com competência específica na área.

Em 1991, foi instituído, por decreto presidencial, o Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural (Conpet), para trabalhar sob a coordenação de um grupo composto por representantes de órgãos estatais e privados. Embora, atualmente, o consumo de petróleo e derivados tenha um potencial de conservação em torno de 30%, o Conpet trabalha com o objetivo de um ganho de eficiência em torno de 25%. A área de atuação do Conpet abrange as instituições de ensino e os setores de transportes, industrial (melhoria ambiental e competitividade produtiva), residencial e comercial (uso de selos de eficiência para produtos), agropecuário (uso de óleo diesel) e geração de energia (termoelétricas).

Outra importante ação governamental no âmbito da eficiência energética foi a criação da ANEEL em 1998, a qual estabeleceu que 1% da receita operacional líquida das empresas de eletricidade deveriam ser investidos em programas de Eficiência Energética e de Pesquisa e Desenvolvimento. O País nunca teve tantos recursos dedicados a programas de eficiência energética. Desde então, iniciou-se uma fase onde os recursos passaram a ser muito maiores que aqueles historicamente destinados a essas atividades. Para se ter uma idéia, Jannuzzi (2001) é bastante explícito “no ciclo 2003/04 mais de R\$ 185 milhões foram aplicados pelas empresas enquanto que o Procel investiu R\$ 29 milhões em 2003. Mais de R\$ 400 milhões têm sido investidos pelas empresas desde 1999 em programas de eficiência energética, o que é muito significativo”.

Entretanto, Jannuzzi (2000), chama a atenção para o fato de que “o país foi capaz de criar recursos significativos, leis e regulação favoráveis à conservação e uso eficiente. E paradoxalmente, quase que anulando esses esforços, tem faltado visão, coordenação entre agentes e consistência de ações.” Alerta para a necessidade de convergir esforços e investimentos para potencializar os benefícios da eficiência energética para a sociedade. Perdemos todos.

Apesar da existência desses programas, boa parte da população brasileira, incluindo o setor comercial, ainda desconhece os conceitos relacionados à energia e os benefícios resultantes de práticas racionais no uso da energia. Sobre essa realidade Dias faz o seguinte comentário:

Neste momento a educação Ambiental deverá desempenhar o importante e fundamental papel de promover e estimular a aderência das pessoas e da sociedade, como um todo, ao paradigma do desenvolvimento sustentável, Aliás, este não seria o papel apenas da Educação Ambiental, mas da Educação, como um todo (Dias, 2004).

Diante dos relatórios e levantamento realizados junto aos registros escolares é possível notar que um expressivo contingente de alunos, encontra no ensino da Física muita dificuldade, particularmente no caso da Disciplina de Eletricidade, sentimento este que na maioria das vezes se transforma em aversão, consequência da exigência com relação ao uso de inúmeras fórmulas matemáticas e volumosa quantidade de conceitos, enunciados e definições. Esta barreira deve-se em parte à ausência de alternativas de aprendizagem apresentadas a esses alunos. É prática colocar-se uma forma de aprendizagem que valoriza a memorização dos conteúdos estudados, desconsiderando muitas vezes outras alternativas

pedagógicas. Como consequência disto espera-se que um certo número de equações, agrupado a uma certa quantidade de dados, darão conta dos problemas propostos. O resultado desse processo é que poucos estudantes saem do Curso Médio, ou mesmo da Universidade, com uma visão clara sobre Ciência e a sua função de tentar desenvolver representações que tentam explicar a Natureza.

## CAPÍTULO III

### 3 MODELAGEM, PENSAMENTO SISTÊMICO E APRENDIZAGEM

*É necessário identificar as estratégias a serem adotadas no sentido de manter um vínculo significativo entre o conhecimento científico produzido na escola e as vivências dos estudantes.. O desafio então reside em adaptar o conhecimento às características cognitivas dos alunos sem incorrer no empobrecimento da aprendizagem.*

#### 3.1 Construtivismo

Cognitivismo é o ramo da Psicologia que estuda os processos centrais do ser humano, como a organização do conhecimento, processamento da informação, estilos de pensamento, comportamentos em grupo e individuais, etc. (Mizukami, 1986). Traçando um paralelo entre o construtivismo de Piaget do cognitivismo de Ausubel, Silva et al. (2001) considera que, para o construtivismo, a experiência é essencial seja em forma de manipulação concreta de variáveis, ou em forma de discussão de conceitos; ao passo que, para o cognitivismo, qualquer pessoa instruída tem capacidade para entender a ciência, pois esta é composta de conceitos lógicos.

Pozo (1998) relata que como precursores do construtivismo podemos encontrar nomes como os do suíço Jean Piaget e o russo Lev Vigotski, que iniciaram os seus trabalhos na década de vinte do século passado. Contudo, foi na década de sessenta, frente às dificuldades apresentadas pela teoria comportamentalista de Burrhus Skinner em dar conta das especificidades da aprendizagem humana, que as idéias construtivistas passaram a ser utilizadas com maior ênfase.

A **Teoria Psicogenética de Piaget** segundo nos relata Castorina (1977), se caracteriza como uma teoria geral do desenvolvimento cognitivo, que se encarrega da descrição ampla dos estágios do pensamento humano. Esses estágios cognitivos são definidos como formas genéricas de pensar que se aplicariam adequadamente a uma variedade de áreas ou conteúdos. O que significa dizer que as estruturas lógicas de pensamento são estruturas normativas que regulam a interação sujeito-realidade por meio da atividade cognitiva, e que operam independentemente de conteúdo.

O grande desafio no ato de educar na concepção de Castorina (1977), reside em identificar as estratégias a serem adotadas como forma de adaptar o conhecimento às características cognitivas dos alunos sem incorrer no empobrecimento da aprendizagem. Mantendo vínculo significativo e construtivo entre o conhecimento científico produzido na escola e a vida cotidiana dos estudantes, de forma a promover a mediação do cotidiano pela ciência, agregando saúde, segurança e qualidade de vida, tanto aos próprios estudantes como à sua comunidade.

No entendimento de Silva et al. (2001), hoje existe uma tendência à visão cognitivista, através da TAS, pois ela tem se mostrado como uma boa alternativa para os professores ligados a área de ciências, como por exemplo, os físicos, os biólogos e os químicos que a utilizam em seus livros a exemplo de Moreira (1983); Novak (1987), Braathen (1987) e Lutfi (1988), pelo fato da mesma apresentar a vantagem de desenvolver a aprendizagem de conceitos científicos sem precisar recorrer à experimentação de laboratório.

### **3.2 Aspectos Fundamentais da Teoria de Ausubel**

Embora nosso trabalho de pesquisa não pretenda aprofundar a utilização da teoria de Ausubel, contudo, por termos proposto a construção de mapas conceituais utilizando o *Cmap-Tools*, (veja capítulo IV, seção 4.3.3, p. 125) recursos que foram desenvolvidos segundo a visão Ausubeliana, para que os alunos pudessem externalizar suas idéias relacionadas com a Educação Ambiental, entendemos por uma questão de completude que em nosso texto deveríamos apresentar ao leitor interessado aspectos dessa teoria, inclusive para servirem de referencial para a análise e discussão dos mapas conceituais desenvolvidos pelos estudantes conforme apresentado no capítulo V, seção 5.2, p. 155.

Segundo o entendimento de Moreira (2006), a idéia central da teoria da aprendizagem significativa pode ser entendida da seguinte forma, “encontre uma maneira de exteriorizar o que o aluno sabe, o entendimento que apresenta sobre determinado assunto”. Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, enunciaria este: de todos os fatores que influenciam a aprendizagem, o mais importante é o que o aluno já sabe.



Ausubel (2000), na década de 1960 propôs a sua Teoria da Aprendizagem Significativa, onde enfatiza a aprendizagem de significados (conceitos) como aquela mais relevante para seres humanos. Ele ressalta que a maior parte da aprendizagem acontece de forma receptiva e, desse modo, a humanidade tem-se valido para transmitir as informações ao longo das gerações. É por conta disto que apresentamos a seguir uma síntese dos pressupostos desta teoria.

Uma das contribuições da teoria apresentado por Ausubel (Ausubel, 2000) é marcar claramente a distinção entre aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. Existem três requisitos essenciais para a aprendizagem significativa:

- A oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica;
- A existência de conhecimentos prévios na estrutura cognitiva que possibilitem a sua conexão com o novo conhecimento;
- A atitude explícita do aluno de apreender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende incorporar significado.

Segundo Ausubel (2000), a aprendizagem significativa constitui-se num processo em que uma nova informação se relaciona como aspecto relevante do conhecimento do indivíduo. Ou seja, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação é assimilada através da interação com conceitos relevantes, que já se faziam presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A esses conceitos pré-existentes, Ausubel chamou de *subsunçores*<sup>37</sup>, e vão servir de ancoradouro a uma nova informação que será processada, de maneira que esta nova informação represente para o aprendiz um novo significado.

Moreira (2006) fazendo uma contraposição à Aprendizagem Significativa, relata que Ausubel define a modalidade de Aprendizagem Mecânica (ou automática) como sendo aquela que ocorre quando novas informações são ditas como aprendidas, sem interagir com conceitos relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, na ausência de *subsunçores* específicos. No caso do ensino de física, uma característica extremamente forte que se faz presente, refere-se à necessidade de tratar com um número muito grande de

---

<sup>37</sup> A palavra "subsunçor" não existe em português; seria uma tentativa de aportuguesar a palavra inglesa *subsumer*. Podendo ser entendida em equivalência a: inseridor, facilitador ou subordinador (Moreira & Buchweitz, 1993)

fórmulas, expressões matemáticas e conceitos relacionados a leis e teoremas e que precisam ser memorizados, configurando assim algo típico da aprendizagem mecânica. Contudo, esta é uma condição necessária para que se possa construir um conhecimento básico, necessário para a formação dos *subsunçores*. É preciso então ter a consciência de até que ponto deve-se estar tratando da construção desses conceitos que serão considerados no futuro como conceitos pré-existentes.

Para Moreira (2006), a aprendizagem ocorre quando as novas idéias ou informações interagem com a estrutura cognitiva existente, sendo assimilados pelos conceitos e idéias que a compõem e adquirindo assim um significado para o indivíduo. Este significado pode ser relacionado aos conteúdos cognitivos anteriores ou ser resultado de algum outro conteúdo dentro de sua estrutura cognitiva; “a isto Ausubel denominou de organização e interação de conceitos. Esse relacionamento do novo com o existente é dito não arbitrário” (Moreira, 2006), porque é consciente e porque ocorre apenas com conceitos efetivamente relevantes da estrutura cognitiva, isto fica claro quando nos afirma:

Novas idéias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos, idéias ou proposições relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ancoradouro para as novas idéias, e conceitos ou proposições (Moreira, 2006, p.135).

Moreira (2006) esclarece que estes conhecimentos prévios, são também chamados de conceitos *subsunçores* ou conceitos âncora. Enfatiza que quando se dá a aprendizagem significativa, o aluno transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico, à medida que esse conteúdo se insere de modo peculiar na sua estrutura cognitiva, e cada pessoa tem um modo específico de fazer essa inserção, o que torna essa atitude um processo idiossincrático. Se há um conhecimento de teor correspondente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Contudo, ressalta Moreira (2006), que a aprendizagem significativa, não se resume à influência direta dos *subsunçores* como condição para uma nova informação, pois esta também resulta da alteração destes próprios *subsunçores*, devido à interação destes com uma nova informação. Desta maneira, os *subsunçores* se tornam mais elaborados, mais inclusivos e muito mais capazes de assimilar e gerar novas informações. Sendo o armazenamento de

informações no cérebro humano altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual, elementos mais simples e específicos do conhecimento são assimilados e ligados a conceitos mais gerais e inclusivos.

### 3.2.1 Organizadores Prévios

Como modo de acelerar o processo da Aprendizagem Significativa, Ausubel propôs os **Organizadores Prévios**, âncoras criadas a fim de manipular a Estrutura Cognitiva, interligando conceitos aparentemente não relacionáveis através da abstração (Ausubel, 2000).

Moreira & Mazini (1982), lembram que Ausubel recomenda, como estratégia para manipular a estrutura cognitiva, o uso de organizadores prévios, de modo a servirem de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos *subsunçores* que facilitem a aprendizagem subsequente. Tais organizadores prévios seriam materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido e teriam a função de servir de “pontes cognitivas” entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, buscando-se garantir que a aprendizagem seja significativa.

Conforme Moreira & Mazini (1982), pode-se dizer que os organizadores resumidamente devem ser apresentados no início das tarefas de aprendizagem e precisam ser formulados em termos familiares ao aluno, além de permitir ao aluno o aproveitamento das características de um *subsunçor*: identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material; salientar relações importantes ao se oferecer uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração; fornecer elementos organizacionais inclusivos que destaquem o conteúdo específico do novo material. Nesse sentido, a aprendizagem significativa pressupõe que o material seja potencialmente significativo para o aprendiz e que o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva.

Conforme indica Ausubel (2000), os estudos sobre a aquisição e retenção do conhecimento não se restringem aos contextos da instrução formal em escolas e universidades; na verdade, aquisição e retenção do conhecimento são tópicos de interesse nas diversas áreas da sociedade que envolvem aprendizagem contínua na busca de mais eficiência.

Moreira & Mazini (1982), ressaltam que a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Nessa visão, ao se procurar evidência de compreensão significativa, deve-se utilizar questões e problemas que sejam novos e não-familiares e que requeiram máxima transformação do conhecimento existente, atitude que poderia evitar a simulação da aprendizagem significativa.

Para que ocorra uma Aprendizagem Significativa segundo Ausubel (2000), é necessário que:

- o material a ser assimilado seja Potencialmente Significativo, ou seja, não arbitrário em si. Mesmo materiais não arbitrários então, podem ser tornados significativos através de Organizadores Prévios.
- ocorra um conteúdo mínimo na Estrutura Cognitiva do indivíduo, com *subsunções* em suficiência para suprir as necessidades relacionais.
- o aprendiz apresente uma disposição para o relacionamento e não para simplesmente memorizá-lo mecanicamente muitas vezes até simulando uma associação. Muito comum em estudantes acostumados a métodos de ensino, exercícios e avaliação repetitivos e rigidamente padronizados.

Ainda sobre os Organizadores Prévios Moreira, ressalta que:

Na verdade, é muito difícil dizer se determinado material é ou não um organizador, pois isso depende sempre da natureza do material de aprendizagem, idade do aprendiz e do seu grau de familiaridade prévia com a tarefa de aprendizagem (Moreira, 2006, p. 138),

Moreira (2006) vai além, quando diz que face a estas dificuldades, freqüentemente ocorrem falhas na identificação e estabelecimento de recursos ditos como sendo organizadores prévios, e chama a atenção para este fato, pois. “apesar de se dispor de vários exemplos de organizadores prévios, é importante ressaltar que na grande maioria dos artigos sobre o assunto, não são encontrados exemplos, propriamente ditos, dos organizadores utilizados, e sim pequenas descrições sobre como eles foram construídos”. O autor manifesta preocupação com a natureza dos organizadores, isto pode ser melhor observado segundo suas palavras:

É necessário estabelecer a diferença entre organizadores e pseudo-organizadores prévios. Para Ausubel, organizadores prévios são aqueles destinados a facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos, ou série de idéias estreitamente relacionadas. Os materiais introdutórios

utilizado para facilitar a aprendizagem de vários tópicos (e.g., capítulos ou unidades de estudo), denominam-se pseudo-organizadores prévios (Moreira, 2006, p.141).

Moreira (2006) cita um exemplo anteriormente publicado em um de seus trabalhos, referente a tentativa de utilização de material como organizador prévio no ensino de tempos verbais, onde foi proposta uma discussão inicial sobre o conceito de tempo contemplando construções verbais referentes a passado, presente e futuro, ou uma representação gráfica feita pelos alunos com potencial para se enquadrar como organizador prévio. E sugere ainda, que:

Gravuras, mapas conceituais, demonstrações podem também ser usados como organizadores prévios. As possibilidades são muitas (..) não se pode dizer a priori se um determinado material é ou não um organizador prévio. De modo geral, vale lembrar que aquele material que se imagina que possa funcionar como organizador prévio, seja ele qual for, deve ser possível de apreensão e deve ser apresentado em termos familiares ao aluno (Moreira, 2006, p.142).

Considera-se como condição primordial para que ocorra a aprendizagem significativa que a nova informação a ser aprendida seja potencialmente significativa para o aprendiz, ou seja, que ela tenha sentido e consiga interagir, se relacionar e conseqüentemente vir a incorporar-se na estrutura cognitiva do aprendiz.

Outra condição é a de que o aprendiz necessita estar disposto a se relacionar com esta nova informação, não basta que a informação seja potencialmente significativa, se o aprendiz não se dispuser a aprendê-la de forma significativa dando sentido a ela. É necessário que haja uma combinação da potencialidade de significado da informação com a vontade do aprendiz em processá-la e aprendê-la, conforme a afirmação de Gowin:

Outro aspecto fundamental da aprendizagem significativa, também de nosso conhecimento, é que o aprendiz deve apresentar uma pré-disposição para aprender. Ou seja, para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não arbitrária e não literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo (Gowin, 1981).

### **3.2.2 Fatores Facilitadores da Aprendizagem Significativa**

No entendimento de Valadares & M. Graça (1998), em todo processo de ensino-aprendizagem existem fatores facilitadores e impeditivos o que muda é o enfoque sob o qual

esses fatores são relacionados. Quando não ocorre sucesso no processo de ensino-aprendizagem, há diversas justificativas. Alguns atribuem o fracasso ao fato do aluno ser desinteressado, não haver estrutura para se desenvolver boas aulas, ou não existir no aprendiz estruturas cognitivas bem formadas. Enfim são inúmeros os argumentos para justificar o insucesso e é nesse contexto que se torna imprescindível conhecer os fatores que segundo Ausubel, podem influenciar a aprendizagem. Segundo Valadares & M. Graça (1998), existem dois grupos de fatores que interferem na incidência da aprendizagem significativa.

### **Fatores Intrapessoais:**

Estes fatores são aqueles relativos à categoria pessoal, internos ao aprendiz. Podendo ser classificados como:

- Fatores Cognitivos - referem-se às propriedades do conhecimento total adquirido num determinado campo de estudo, que influenciam a aprendizagem de modo geral. Ausubel evidencia a disponibilidade de idéias especificamente relevantes: a esta estabilidade e a clareza de tais idéias, bem como a sua abrangência e extensão. Ele ainda considera que o nível de desenvolvimento intelectual faz parte desses fatores. Para a teoria Ausubeliana existem três fatores relativos à estrutura cognitiva do indivíduo e que devem ser considerados no processo ensino-aprendizagem:

1 - A existência de idéias âncoras às quais pode se conectar, por subordinação, superordenação ou de forma combinatória, uma nova idéia que se deseja ensinar.

2 - A extensão em que a tarefa que se deseja assimilar é discriminável das idéias que lhe servirão de âncora. Como no caso da metáfora hidráulica para a aprendizagem de eletricidade, de as idéias que se usam como base a partir das quais as novas idéias serão internalizadas, e estas novas idéias, serem muito próximas para o aprendiz, de modo que ele pode misturá-las, confundi-las ou reduzir uma à outra.

3 - A clareza e a firmeza das idéias que servirão como âncoras determinam o nível e a estabilidade do aprendizado da nova idéia.

- Fatores afetivo sociais – são variáveis relacionadas às características pessoais do aluno; fatores da personalidade que dizem respeito à forma como o indivíduo interage com o seu mundo, portanto a disposição do aluno para aprendizagem significativa. Segundo a

teoria Ausubeliana, a aprendizagem é significativa quando se estabelece uma ligação não-arbitrária e substantiva entre uma nova idéia e uma idéia de esteio ou âncora. Esta relação, pode ser potencializada e explicitada quando da preparação do material instrucional e/ou quando da apresentação da aula. No entanto, internalizar estas relações exige do aluno vontade de fazê-lo, visto que este é um processo ativo. Assim, mesmo que o material (ou a aula) seja potencialmente significativo para o estudante, ele pode optar por simplesmente decorá-lo (aprendizado mecânico).

### **Fatores Situacionais:**

Valadares & M. Graça (1998) relatam que para Ausubel, o fato de a aprendizagem ocorrer num contexto social, isso deve levar os professores a se preocupar com os fatores sociais que possam impedir a realização do processo de aprendizagem). Desta maneira, torna-se necessário considerar que as relações entre professor e alunos e esses entre si, afetam o desenvolvimento da personalidade dos alunos e a formação plena do indivíduo. Dessa maneira, para Valadares & M. Graça (1998), os fatores situacionais são aqueles fatores referentes às variáveis externas ao aprendiz, e são compostos por:

- Fatores ligados à repetição e ao treino que afetam a aprendizagem e a retenção, através da modificação, que operam na estrutura cognitiva, aumentando a clareza e a estabilidade dos *subsunçores*.
- Fatores relacionados ao planejamento, organização e estruturação do ensino, em termos de quantidade de matérias a ser apresentada, níveis de dificuldade, duração das etapas de ensino, seqüência e ritmo da matéria e utilização de recursos e materiais didáticos.
- Fatores relacionados às diferenças sociais e grupais apresentadas pelos alunos e que influenciam fortemente a aprendizagem.
- Fatores relacionados à capacidade que o professor tem de conduzir o processo de aprendizagem, através da necessária capacidade de compreensão do conteúdo a ser repassado, de acordo com a forma com que organiza os materiais, desenvolve o assunto, tentando adequá-los a estrutura cognitiva dos alunos.

### 3.2.3 Modalidades para Aprendizagem Significativa

A Aprendizagem Significativa segundo Moreira & Buchweitz (1993), divide-se em 3 tipos:

- I. A Aprendizagem Representacional: aprendizagem nominalista ou representativa, não substantiva, de signos ou símbolos isolados para representar coisas, isto é basicamente uma associação simbólica primária. Atribuindo significados a símbolos como, por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres lingüísticos.
- II. A Aprendizagem de Conceitos: que é uma extensão da Representacional, mas num nível mais abrangente e abstrato, isto é, de ideias que traduzem regularidades nos objectos, nos acontecimentos, ou nos registos de acontecimentos e objectos, e que se traduzem por signos ou símbolos (implica conhecer os atributos identificativos dos conceitos como o significado de uma palavra por exemplo.
- III. A Aprendizagem Proposicional: que é o inverso da Representacional. Necessita é claro do conhecimento prévio dos conceitos e símbolos, mas seu objetivo é promover uma compreensão sobre uma proposição através da soma de conceitos mais ou menos abstratos, isto é, de ideias expressas por grupos de palavras combinadas. Por exemplo, o entendimento sobre algum aspecto social.

Marco Antônio Moreira (1983), em sua obra “Uma abordagem cognitivista ao ensino de física”, propõe a teoria de Ausubel como referencial teórico para a organização do ensino de Física, chegou a esta conclusão após ter lançado mão de vários métodos, técnicas, modelos e materiais, tudo na tentativa de facilitar a aprendizagem dos alunos, contudo ele coloca que a ênfase na aprendizagem do método científico, nos objetivos estipulados, na metodologia aplicada, só se torna importante na medida em que contribuir para facilitar a assimilação por parte dos alunos.

### 3.4 Enfoque Sistêmico

Faz-se necessário tratar das fundamentações voltadas para o pensamento sistêmico e sistemas de modelagem, a serem aplicados no contexto educacional voltados para o estudo de



tópicos relacionados à Educação Ambiental, é preciso estar atento conforme as palavras de Valente:

A sociedade do conhecimento exige um homem crítico, criativo, com capacidade de pensar, de aprender a aprender, trabalhar em grupo e de conhecer o seu potencial intelectual. Esse homem deverá ter uma visão geral sobre os diferentes problemas que afligem a humanidade, como os sociais e ecológicos, além de profundo conhecimento sobre domínios específicos. Em outras palavras, um homem atento e sensível às mudanças da sociedade, com uma visão transdisciplinar e com capacidade de constante aprimoramento e depuração de idéias e ações (Valente, 1996).

Tomando como referência Novo (1996), quando se pensa em propor aos alunos trabalho de Educação Ambiental que remetam ao Meio Ambiente, torna-se imprescindível que eles tenham claramente a idéia de que o conceito é amplo e engloba diversas realidades que vão desde aspectos naturais, passando pelos físicos, sociais, culturais, enfim toda a dimensão na qual o homem possa se fazer presente. Isto significa dizer que não é possível separar o homem do meio no qual ele vive, muito menos desconsiderar que suas ações refletem no meio e este reage afetando o homem num processo de retroalimentação, formando assim um círculo vicioso com implicações muitas vezes impossíveis de prever.

Desta forma, ao se pretender falar sobre sistemas, incorporando suas múltiplas faces, se torna necessário que se atente para a compreensão e o entendimento de alguns conceitos sobre sistemas, requisitos básicos para que se possa analisar e compreender de maneira satisfatória as diversas relações que constituem nossa realidade ambiental. Em consequência desta necessidade, surgem então, estudos que nos fornecem o conhecimento de alguns conceitos que podem ajudar a desvelar esses complexos emaranhados de inter-relações que constituem os sistemas ambientais.

Para Capra (1996), é quando se faz um resgate histórico para entender como se procedeu a evolução da visão sistêmica do meio ambiente, é significativo considerar que no mundo científico, sempre houve uma diferenciação fundamental entre *as partes e o todo* e que constituem os complexos fenômenos que compõem o mundo.

Segundo Capra (1996), nós herdamos de Descartes<sup>38</sup> a visão simplificada da realidade de mundo baseada na crença da verdade científica. A certeza cartesiana que orientou o pensamento científico estava assentada na matemática (estabilidade, medição, predição, determinismo). Para Descartes o universo era uma grande máquina que funcionava segundo regras matemáticas, portanto, precisas. A própria linguagem da natureza era a linguagem matemática. Para se chegar à verdade científica havia um método – o analítico, racional-dedutivo, que valorizava o pensamento de que o todo devia ser decomposto em suas partes constituintes, dentro de uma ordem lógica. Dessa concepção, entende-se que o método científico é o único válido.

Em síntese, o universo material para Descartes era uma máquina, sujeito a leis mecânicas. Segundo Capra (1993), o todo podia ser decomposto e explicado a partir da organização e movimento das partes. Capra (1993), ao criticar essa visão cartesiana de mundo, acrescenta: "Em sua tentativa de construir uma ciência natural completa, Descartes estendeu sua concepção mecanicista da matéria aos organismos vivos." E, assim, plantas, animais e até mesmo o corpo humano não escaparam desse paradigma.

Mas foi Newton<sup>39</sup> quem consolidou a metáfora de máquina e elevou-a à visão mecânica da natureza, e assim realizou o sonho de Descartes. Deu acabamento a seu esboço de uma concepção mecanicista da natureza, via formulação matemática. *Os Principia*, como ficaram conhecidos os Princípios Matemáticos de Filosofia Natural, traziam definições, proposições, provas da descrição correta da natureza. Tratavam de uma sistematização matemática, que foi aceita por toda a comunidade científica como a abordagem correta da realidade. Newton firmou-se como o grande pensador da Revolução Científica (Capra, 1993).

---

<sup>38</sup> **René Descartes** criou o método do pensamento analítico, que consiste em quebrar fenômenos complexos em pedaços, a fim de compreender o comportamento do todo a partir das propriedades das suas partes. Baseou sua visão da natureza na divisão de dois domínios independentes e separados – o da mente e o da matéria. Para ele, o universo material, incluindo os organismos vivos, era uma máquina perfeita governada por leis matemáticas exatas, que poderia ser entendida mediante a análise das suas menores partes. Esta visão do mundo como uma máquina perfeita, ou “**mecanicismo cartesiano**” Capra (1996).

<sup>39</sup> Sir Isaac Newton levou os físicos a acreditarem que todos os fenômenos físicos do mundo podiam ser reduzidos às propriedades de partículas materiais rígidas e sólidas. Conforme referencial Newtoniano citado por Capra (1996, p.34-41).

Capra (1982) no livro *O Ponto de Mutação*<sup>40</sup> investiga as implica es e impactos do que tomava a forma de uma mudança de paradigma, como havia previsto e estudado o físico Thomas Kuhn<sup>41</sup>, mais de 20 anos antes. O ponto de partida desta investiga o foi a observa o de que os principais problemas visíveis do século XX - ameaça nuclear, destrui o do meio ambiente, desigualdades e explora o gritante entre Norte e Sul, preconceitos políticos e raciais, etc. - são todos sintomas ou aspectos diversos do que, no fundo, não passa de uma única crise fundamental, *que   uma crise de percep o*, uma percep o distorcida baseada na individualidade e na separatividade entre pessoas, coisas e eventos. A este respeito Capra faz a seguinte reflexão:

O aprofundamento contínuo do conhecimento nos leva a cada instante a renovarmos e representarmos nossas teorias e a es, assim como também, o simples fato de interagirmos uns com os outros na própria teia da vida já se torna um apelo por si são ao nosso conviver e sobreviver. (Capra, 1982).

Segundo Morin (2000), para ensinar a identidade terrena e a consciência planetária   fundamental que se tenha em mente, o que preconiza Odum (1987) quando nos diz que “o desafio educacional no momento   aprender a ver o ambiente e a sociedade como um sistema  nico”. Desta forma, Morin alerta para o seguinte:

O destino planetário do g nero humano   outra realidade chave até agora ignorada pela educa o. O conhecimento dos desenvolvimentos da era planetária, que tendem a crescer no século XXI, e o reconhecimento da identidade terrena, que se tornar  cada vez mais imprescindível a cada um e a todos, deve converter-se em um dos principais objetivos da educa o (Morin, 2000 p. 15).

Morin (2000), afirma que “todo desenvolvimento verdadeiramente humano significa o desenvolvimento conjunto das autonomias individuais, das participa es comunitárias e do sentimento de pertencer   espécie humana”. Pode-se concluir que o desenvolvimento das autonomias individuais implica que a todos deve ser oportunizada a conquista da liberdade de

---

<sup>40</sup> livro "O Ponto de Muta o", do físico austríaco Fritjof Capra, serve de exemplo - e   apenas um dos tantos - para se ter uma idéia do tamanho de problemas que cercam o mundo: fome, miséria, pobreza, crise energética, falta de água, epidemias, violência, polui o, perda da biodiversidade.

<sup>41</sup> Thomas Kuhn, c ebre historiador da ciência, mudou por completo a no o que se tinha sobre o progresso científico. Anteriormente, pensava-se que a ciência progredia de forma contínuo, por melhoramentos consecutivos, que iam sendo adicionados por sucessivos cientistas. Na sua c ebre obra *A Estrutura das Revolu es Científicas* (1962) defendeu que os grandes progressos da ciência não resultam de mecanismos de continuidade, mas sim de mecanismos de ruptura. Uma ciência que evolui de forma contínuo atravessa uma etapa do seu desenvolvimento em que se considera que constitui uma Ciência Normal. O conceito de paradigma tornou-se muito popular a partir das propostas de Kuhn e hoje significa, mesmo na linguagem corrente, uma maneira de ver a realidade. Trata-se de um conceito particularmente importante para compreender, não apenas a ciência, mas a própria vida em sociedade (Capra, 1996).

decisão. Necessitando a superação dos modelos alienantes e reorganizando a sociedade de maneira que as idéias que compõem as teorias, possam ser implementadas fazendo com que estas mesmas teorias dêem lugar à prática.

É preciso ter a compreensão do que é Complexidade, e para tanto, buscamos essa compreensão no entendimento de Morin:

É uma viagem em busca de um modo de pensamento capaz de respeitar a multidimensionalidade, a riqueza, o mistério do real; e de saber que as determinações – cerebral, cultural, social, histórica – que se impõem a todo o pensamento co-determinam sempre o objeto de conhecimento. É isto que eu designo por pensamento complexo (Morin, 2000, p.14).

Podemos também buscar o significado literal da palavra complexidade é "*que abrange ou encerra muitos elementos ou partes*" ou "*grupo ou conjunto de coisas, fatos ou circunstâncias que têm qualquer ligação ou nexos entre si*". Caos, por sua vez, seria o "vazio obscuro e ilimitado que precede e propicia a geração do mundo; abismo" ou "*grande confusão ou desordem*" (Aurélio, 2000).

Torna-se importante considerar que complexo não diz respeito a complicado, muito pelo contrário, em sua obra Petraglia (1995), procura dar sentido e entendimento a Complexidade como se pode ver no texto que se segue:

“Complexidade é a qualidade do que é complexo. O termo vem do latim: *Complexus*, que significa o que abrange muitos elementos ou várias partes. É um conjunto de circunstâncias, ou coisas interdependentes, ou seja, que apresentam ligação entre si. Trata-se de congregação dos elementos que são membros e partícipe do todo. O todo é uma unidade complexa. E o todo não se reduz a mera soma dos elementos que constituem as partes. É mais do que isto, pois cada parte apresenta sua especificidade e, em contato com as outras, modificam-se as partes e o todo também.” (Petraglia, 1995).

### **3.4.1 O Pensamento Sistêmico**

Segundo Kurtz dos santos et al. (1999), o Pensamento Sistêmico é um paradigma, linguagem, método e conjunto de tecnologias para construir e repartir o entendimento sobre coisas e processos feitos de relações interdependentes.

A utilização do pensamento sistêmico começa a partir de uma série de eventos que nos mostram o trabalho de cerca de 50 anos de desenvolvimento da Dinâmica de Sistemas, daí a perspectiva holística tornou-se conhecida como sistêmica, e a maneira de pensar que ela implica passou a ser conhecida como pensamento sistêmico segundo a teoria de Ludwig von Bertalanffy.

É na década de 40 o biólogo alemão Ludwig von Bertalanffy apresenta uma perspectiva sistêmica, na qual elabora uma teoria interdisciplinar, capaz de transcender os problemas específicos de cada ciência. Este feito possibilitou que princípios e modelos gerais pudessem permitir a utilização das descobertas de uma ciência por outras. Mas foi em 1968 que Bertalanffy (1968) fez perceber que os campos da física, química, biologia, psicologia, sociologia e outros foram profundamente afetados pela perspectiva da abordagem sistêmica. Essa teoria recebeu de seu criador a denominação de "Teoria Geral dos Sistemas" e permitiu, pela interdisciplinaridade, demonstrar o isomorfismo entre as ciências, de modo a possibilitar a aproximação entre as fronteiras de cada uma, inclusive preenchendo os chamados espaços vazios ou brancos entre as mesmas. Dessa forma, todas as ciências passam a poder tratar seus objetos de estudo como sistemas.

A Biologia foi uma das pioneiras em estabelecer modos de pensar em termos de "todos", e foi Bertalanffy, um biólogo, quem sugeriu generalizar esse pensamento para se referir a qualquer tipo de "todo" não simplesmente os sistemas biológicos. Em meados de 1940 generalizou o pensamento organísmico (a teoria sistêmica do organismo, como ele chamou) em pensamento relativo aos sistemas em geral, e em 1954 ajudou a fundar a sociedade para a pesquisa em sistemas, inicialmente sociedade para o avanço da teoria geral de sistemas. Entretanto, Ludwig von Bertalanffy escreveu sua obra principal "*General System Theory*" que foi editada em 1968.

Outro autor importante que contribuiu e tem contribuído com a Dinâmica de Sistemas é Jay W. Forrester que publicou o livro *Dinâmica Urbana* foi editado em 1969, e os *Princípios de Sistemas* em 1971 obras voltadas para o gerenciamento dos sistemas urbanos e industriais respectivamente.

Dessa forma, podemos observar que Forrester apresentou enfoque distinto do apresentado por Bertalanffy. Enquanto Forrester trabalhava com gerenciamento, Bertalanffy era biólogo. São portanto, duas correntes que embora distintas, se sobrepunham no tempo, por

volta dos anos 60 do século passado. Porém, foi a partir destes trabalhos, foi que Forrester escreveu o livro "*Industrial Dynamics*" em 1961, e que deu origem à Dinâmica de Sistemas<sup>42</sup> e sua aplicação nas ciências administrativas.

Kurtz dos Santos (1997) desenvolveu um estudo envolvendo estudantes de uma área pobre da cidade do Rio grande, que ainda não haviam utilizado o computador. Os estudantes desenvolveram modelos utilizando o *software* VISQ<sup>43</sup>, com temas pertinentes a sua realidade. Os resultados apresentaram evidências de pensamento sistêmico, na oportunidade Kurtz dos Santos estabeleceu como um dos indicativos para se estabelecer a evidência de pensamento sistêmico, a condição de que os alunos em seus modelos apresentassem pelo menos um elo de retroalimentação.

### 3.5 Locus de Controle

Segundo o pensamento de Dias (2004), no que diz respeito às questões ambientais é necessário que o indivíduo se veja como sujeito capaz de enfrentar os problemas, se sinta co-autor de todo o processo, responsável pelas conseqüências de sua atividade, nesse sentido, apresentamos o conceito de Locus de Controle para traçar um parâmetro quanto a forma como os alunos se vêem com relação às questões ambientais, a realidade do mundo onde ocorrem as relações de forma dinâmica e complexa e suas inevitáveis conseqüências sociais, econômicas e ecológicas que são discutidas por Dias no Modelo de Desenvolvimento Econômico apresentado na figura 01 do capítulo II, seção 2.2, p. 22.

O conceito de Locus de Controle foi desenvolvido por Julian Rotter na década de 1960, o qual baseou-se em sua teoria de aprendizagem social. Esta teoria engloba duas

---

<sup>42</sup> Fundamentada na engenharia de sistemas de controle e comunicação, originou a teoria geral sobre sistemas que pode ser assimilada como uma "nova" forma de entender fenômenos dinâmicos (sejam eles físicos, biológicos ou sociais) que ocorrem em nosso dia-a-dia, levando-se em conta não apenas as relações causais entre pares de variáveis, mas o comportamento do sistema como um todo.

<sup>43</sup> VISQ (acrônimo para Variáveis que Interagem de modo Semi-Quantitativo). *Software* desenvolvido através do Projeto "Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais para o Aprendizado Exploratório de Ciências", financiado pelo PADCT, CNPq e FAPERGS, teve como uma de suas atividades, a programação de uma versão implementada e modernizada de IQON. Como coordenador do projeto o professor Ph.D. Arion de Castro Kurtz dos Santos orientou os Bolsistas Marcelo Resende Thielo (FAPERGS) e Ana Alzira Kleer (CNPq) no desenvolvimento dessa versão, que recebeu o nome de VISQ.

importantes tradições de pesquisa em Psicologia, a saber, as teorias de estímulo-resposta ou do behaviorismo, e as teorias cognitivas ou de campo, conforme podemos observar nas palavras de Rotter:

A teoria da aprendizagem social é uma teoria molar da personalidade que procura integrar estas duas correntes teóricas, que embora antagônicas são significativas da psicologia americana. Ela é uma teoria que procura lidar com a complexidade do comportamento humano, sem deixar de utilizar construtos definidos operacionalmente e hipóteses testáveis empiricamente" (Rotter, 1975).

Desta forma segundo Rotter (1966), a maneira como o indivíduo encara os acontecimentos e eventos que fazem parte de sua vida e a quem ele atribui a responsabilidade para isto, podem ser descritas e interpretadas pelo Locus de Controle.

No entendimento de Rotter (1966), essa visão pode se constituir de duas maneiras. Podemos ter uma interpretação interna ao sujeito o **Locus de Controle Interno** e em contrapartida uma visão na qual o sujeito ocupa um papel passivo nos eventos que se sucedem configurando assim, o **Locus de Controle Externo**.

Na primeira visão, com o **Locus de Controle Interno**, estão os indivíduos que acreditam que podem moldar seus destinos através de suas próprias capacidades e esforços e procuram analisar qual foi a sua contribuição para tudo o que lhes acontece. E a partir desta análise, definem como agirão da próxima vez, para evitar acontecimentos não desejados. Como se vêem sendo responsáveis pelos problemas que enfrentam, acreditam também que a solução destes também está em si próprios. Agindo desta forma, sentem-se potentes para mudar situações vivenciadas.

Com o **Locus de Controle Externo**, estão os indivíduos que acreditam que tanto o fracasso indesejado, como o sucesso pretendido, ambos dependem de condições externas a sua individualidade, como por exemplo: as oportunidades que aparecem, fatores políticos, condições da comunidade, ambiente econômico e, é claro, a sorte. Tendem a sempre buscar um fator externo responsável pelo o que lhes aconteceu. Como atribuem a responsabilidade pelo que lhes acontecem a fatores externos, também acreditam que a solução de seus problemas esteja fora de si, ou seja, dependem dos outros para que as situações sejam transformadas. Assim, livram-se da frustração pelo fracasso, mas também ficam impotentes diante dos problemas.

No entendimento de Credílio (2004) indivíduos conscientes e ativos são, portanto, capazes de determinar seu mundo, para que as relações no Ambiente se estabeleçam de forma harmonizada, buscando a sustentabilidade. Esse esforço requer a existência de uma *Consciência Cidadã*. O conceito de Consciência Cidadã sugere que cada cidadão da sociedade deve possuir, diante de si, a importante tarefa de dar um novo significado do que seja viver com ética e responsabilidade, requisitos esses fundamentais para que se possa construir um mundo onde exista respeito, solidariedade e qualidade de vida. Para Credílio (2004), devemos construir um mundo onde exista paz, exige o exercício de uma nova visão de vida, que seja coerente com os princípios aos quais nos sentimos intimamente conectados, permeando a forma de ser de cada um o sentimento de justiça, de respeito e solidariedade. Enfim, integrar o portfólio pessoal de condutas para que todos participem de um mundo, qualitativamente, melhor. Assim, para Credílio nós fazemos esse mundo, não a nossa esperança de que ele seja feito.

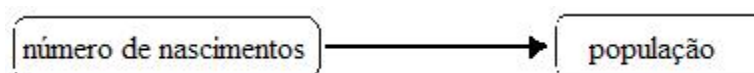
### 3.6 Estudo de Diagramas Causais

Nesta seção serão estudados os Pares de Causa e Efeito e a seguir os Elos de Retroalimentação. A apresentação desses conceitos se justifica devido à questão de pesquisa número, apresentada no capítulo I, seção 1.4.1, p. 7, a qual se refere ao seguinte:

- 2) os estudantes apresentam evidências de pensamento sistêmico ao realizarem as atividades expressivas, após trabalharem temas referentes à energia elétrica e sua relação com o meio ambiente?

#### 3.6.1 Par de Causa e Efeito Positivo

Considere o Par de causa e Efeito mostrado na figura 01 a seguir:



**Figura 08 – Diagrama Causal de um modelo parcial de Crescimento Econômico.**

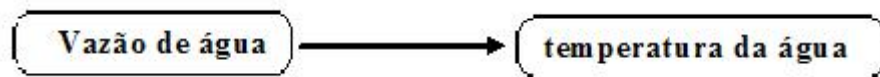


Esta é a estrutura básica de um Par de Causa e Efeito, onde o número de empregos é a Causa e a produção de bens e serviços é o Efeito. Um Par de Causa e Efeito com o sinal (+) colocado no final da seta é denominado Par de Causa e Efeito Positivo. Portanto, este Par informa que o sentido da mudança do Efeito é o mesmo da Causa. Assim sendo, um Par de Causa e efeito Positivo representa duas interpretações possíveis:

- Se a causa aumenta  $\Rightarrow$  o efeito aumenta
  - Se a causa diminui  $\Rightarrow$  o efeito diminui
- } Representa-se ( + )

### 3.6.2 Par de Causa e Efeito Negativo

Considere o Par de Causa e Efeito mostrado na Figura 02 seguir:



**Figura 09 – Diagrama causal do ajuste da temperatura da água do chuveiro elétrico.**

Este par de Causa e Efeito possui a mesma estrutura do anterior. No entanto, um Par de Causa e Efeito com o sinal (-) é denominado Par de causa e Efeito Negativo. Este Par informa que o sentido da mudança do Efeito é o contrário ao da Causa. Assim sendo, um Par de Causa e Efeito Negativo representa duas interpretações possíveis:

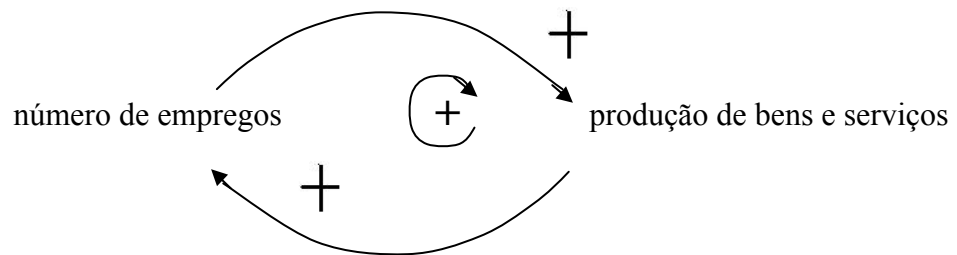
- Se a causa aumenta  $\Rightarrow$  o efeito diminui
  - Se a causa diminui  $\Rightarrow$  o efeito aumenta
- } Representa-se ( - )

– O Estudo de Problemas Através de Pares de Causa e Efeito

### 3.6.3 Diagramas Causais Fechados

- Elo de Retroalimentação Positivo.

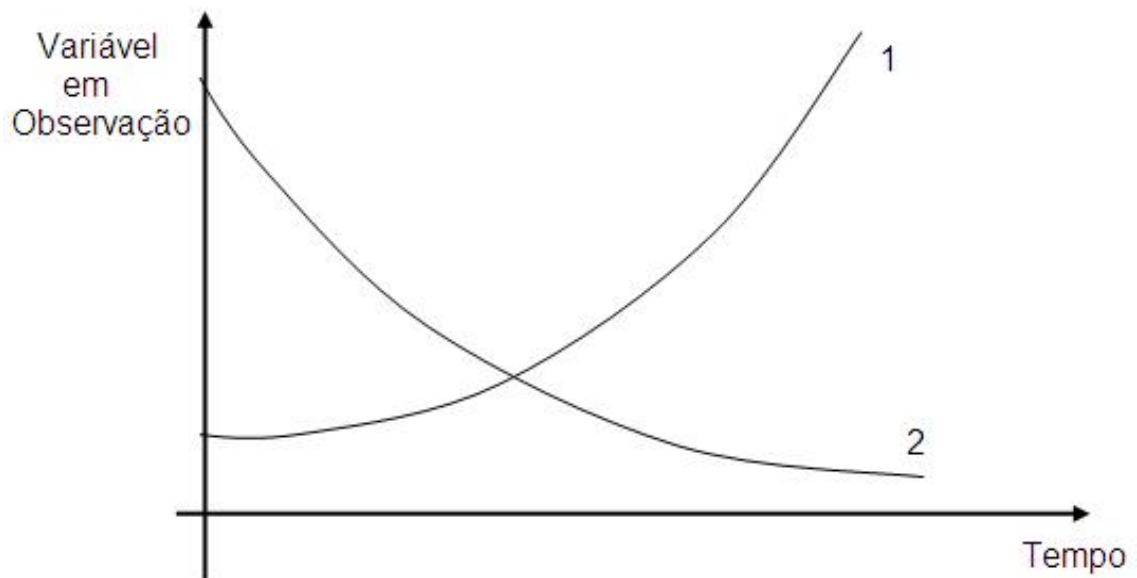
A Figura 10 abaixo ilustra um elo de Retroalimentação.



**Figura 10 – Ilustração de um Elo de Retroalimentação.**

Este Elo possui um comportamento caracterizado por um contínuo crescimento ou decaimento de ambas variáveis, ou seja, um “loop” que reforça seu comportamento inicial. Assim sendo, os Elos que apresentam este comportamento recebem o nome de Elo de Retroalimentação Positivo. Este Elo é identificado pelo sinal  $\oplus$  no seu interior.

Graficamente, os possíveis padrões de comportamento das variáveis em função do tempo para sistemas deste tipo são mostrados no gráfico da Figura 04:

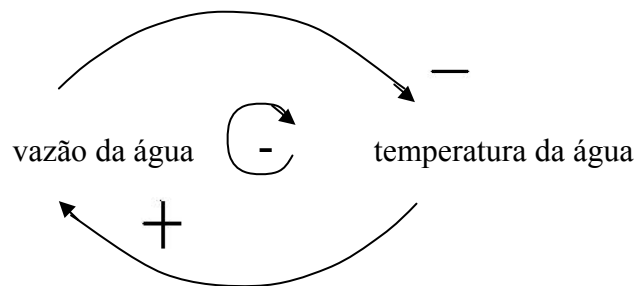


**Figura 11 – Gráfico dos possíveis comportamentos de um Elo de Retroalimentação Positivo em função do tempo.**

No gráfico da figura 11, a linha 1 representa o comportamento sempre crescente de ambas variáveis e a linha 2 representa o comportamento sempre decrescente de ambas variáveis.

- **Elo de Retroalimentação Negativo.**

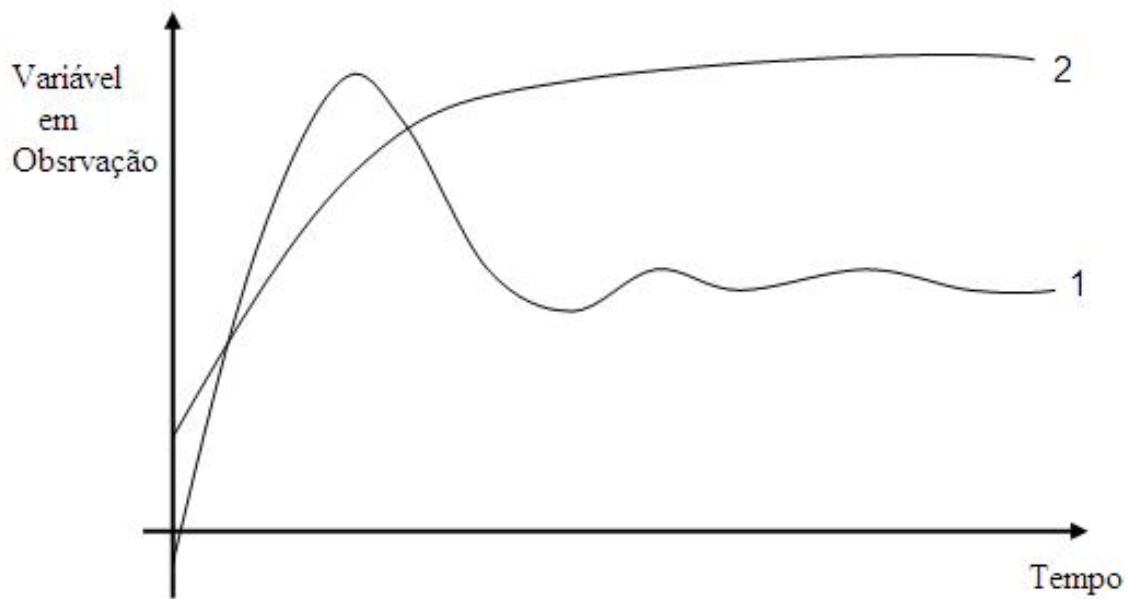
Considere o Elo de Retroalimentação mostrado na Figura 12:



***Figura 12 – Elo de Retroalimentação do controle da temperatura da água em função da vazão de água (chuveiro sendo regulado).***

Este Elo é caracterizado por um comportamento oscilatório, de equilíbrio ou de busca por um objetivo (*goal-seeking*). Este “loop” nega seu comportamento inicial. Assim sendo, os elos que apresentam este comportamento recebem o nome de Elo de Retroalimentação Negativo. Este Elo é identificado pelo sinal  $\ominus$  no seu interior.

Graficamente, os possíveis padrões de comportamento das variáveis deste Elo de Retroalimentação, em função do tempo, são mostrados no gráfico da Figura 13 a seguir:



**Figura 13 – Gráfico dos possíveis comportamentos de um Elo de Retroalimentação Negativo em função do tempo.**

No gráfico da figura 06 a Curva 1 representa o comportamento onde as variáveis inicialmente apresentam um padrão oscilatório e com o passar do tempo elas buscam um equilíbrio, ou seja, um valor constante. A Curva 2 representa um comportamento onde as variáveis buscam um valor desejado ou objetivo (*goal-seeking*).

### 3.7 Representação ou Idéias dos Alunos

O presente trabalho teve como pretensão investigar as idéias dos estudantes do Curso de Projetos e Instalações Elétricas do Colégio Técnico Industrial da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (CTI). O estudo ocorreu no segundo semestre de 2007, no curso noturno, e envolveu questões relativas à energia elétrica e suas implicações no meio ambiente segundo a ótica dos estudantes frente aos preceitos da Educação Ambiental.

Segundo Moreira (2006), levantar as idéias dos alunos implica em “desvelar a estrutura cognitiva pré-existente”, ou seja, os conceitos, idéias, proposições disponíveis na mente do indivíduo e suas inter-relações, sua organização. Significa, no fundo, fazer quase um “mapeamento” da estrutura cognitiva, algo que, dificilmente, se consegue realizar por meio de

testes convencionais que, geralmente, enfatizam o conhecimento factual e estimulam a memorização.

Farias (2003), ao investigar o que os estudantes sabem ou pensam a respeito da energia elétrica e o fator relacionado ao meio ambiente, afirma que, a princípio, parece uma tarefa fácil, contudo, isto requer segundo Farias, que se busque evidenciar fatores internos dos sujeitos pesquisados, como a motivação, a vontade de participar envolvendo, sobretudo, aspectos afetivos difíceis de acessar.

Conforme Silva e Lattouf (1996), é preciso ressaltar que a importância de se realizar pesquisas objetivando levantar concepções espontâneas<sup>44</sup> surgiram há quase três décadas. Esses trabalhos tentavam mostrar as idéias prévias que os alunos traziam consigo para a sala de aula com respeito aos conhecimentos científicos. Essas iniciativas representaram um importante passo no sentido de mudar o enfoque no qual o aluno era visto de forma passiva, uma tábua rasa na qual deveriam ser depositados conhecimentos, para uma abordagem de ensino construtivista.

Para Moreira (2006, p. 159) “concepções alternativas são aquelas que o aluno constrói à medida que vai se situando no mundo em que vive. São representações<sup>45</sup>, conceitos, modelos, teorias que o ser humano vai construindo para explicar objetos e eventos que observa em seu mundo”. Naturalmente, grande parte dessas concepções, não todas, são frutos de aprendizagem significativa. Tais concepções têm significados para o aprendiz e estão relacionadas entre si de maneira não arbitrária.

É comum em trabalhos desenvolvidos em educação que ao se investigar as idéias que os estudantes apresentam sobre determinado tema que se recorra ao estudo das representações ou ao estudo das concepções. Ambas as definições apresentam aspectos que as distinguem e por isso tornam-se objeto da preferência de uns e não de outros pesquisadores.

---

<sup>44</sup> Termos como idéias prévias, concepções espontâneas, conteúdo prévio, conceitos prévios, entre outros, são utilizados como sinônimos para expressar as noções que o indivíduo tem em relação a determinado fenômeno, e soam distintas das mais aceitas pela ciência formal. (Silva, 1995).

<sup>45</sup> O termo representação foi utilizado de forma intensa em investigações realizadas na área de Ciências em trabalhos de pesquisadores como Driver, Guesne, Tiberghien, Giordan, Reigota, Moscovici. (Silva, 1995).

Para Piaget (1978) o termo representação pode significar tanto uma imagem mental (um símbolo concreto), quanto conceito (abstrato). Há uma continuidade entre formas perceptivas e representações figuradas e as imagens visuais necessitam de esquemas motores e perceptivos prévios, adquiridos pela vivência, resultado da ação e exploração do indivíduo no meio ao longo do tempo, resultando num novo tipo de esquema avançado, que é a abstração. O termo representação é, portanto usado em dois sentidos diferentes, ou seja, como pensamento independente de esquemas sensório-motores e como imagem mental ou recordação-imagem.

Segundo Moscovici (1978), o conceito de representação está intimamente inserido num universo de fenômenos sociais, como a linguagem e a transmissão de valores e conhecimentos, onde os sistemas simbólicos que compõem a cultura são transformados e interiorizados de modo individual, dando ao conceito o adjetivo de social em virtude dessa transformação, porque contém valores e julgamentos tomados da experiência grupal.

Fazendo parte da corrente que investiga as representações, especialmente envolvendo o tema educação Ambiental, podemos citar Reigota (2002), que utiliza este conceito para enfatizar o papel das ideologias e dos contextos sócio-históricos na construção das representações de ambiente de maneira a compreender como os indivíduos e os grupos sociais sentem, visualizam e interpretam os processos sociais.

Contudo, Bärwald (2002), citando Giordan & Vecchi (1960, p. 89), nos alerta que “o termo representações vem sendo empregado com diferentes conotações, de acordo com as escolas que o utilizam tanto em Psicologia, Filosofia, Lingüística, Etnologia, Filologia, Sociologia, Pedagogia ou Didática”. Esclarece que estes autores já levantaram cerca de 28 qualitativos referentes a este termo, onde incluem pré-representações remanescentes até pré-requisitos e 27 sinônimos, e que segundo eles, “(...) essa variedade de termos tende a fazê-lo um conceito frouxo, de definição confusa para não dizer uma simples palavra mascarante”.

É por conta deste contexto que esses mesmos autores propuseram a substituição do termo representação por concepção ou *constructo*. Desta forma, Giordan & Vecchi nos relatam que:

O termo concepção enfatiza o fato de que se trata, num primeiro nível, de um conjunto de idéias coordenadas e imagens coerentes, explicativas, utilizadas pelos aprendentes para raciocinar ante situações-problemas, mas

sobretudo, põe em evidência a idéia de que esse conjunto traduz uma estrutura mental subjacente responsável por essas manifestações contextuais (Giordan & Vecchi, 1996).

O levantamento das concepções se apresenta como adequado quando envolve pesquisas muito abrangentes, inclusive também no caso de investigações realizadas por professores com seus alunos em sala de aula, quando o objetivo é obter subsídios que contribuam para a elaboração do planejamento de ensino visando facilitar o processo de aprendizagem. Isto pode ser bem observado a partir de resultados publicados de pesquisas sobre concepções de estudantes realizadas por pesquisadores ligados a área de educação.

Desta maneira, no tocante ao estudo das concepções, como já foi dito, vários autores em diferentes instituições e contextos já realizaram trabalhos onde fizeram o estudo das concepções dos estudantes no ensino de Ciências, mais diretamente ligadas às teoria da Área de Física, dos quais podemos citar: Ferraciolli (1986), Camiletti (2001), Bärwald (2002) e Farias (2003). Em vista destes esforços acima citados e os resultados divulgados apresentando êxito é que entendemos ser importante e significativo realizar este estudo, pois entendemos que o levantamento das concepções dos estudantes se constituiu como uma importante metodologia para esclarecer algumas inquietações e tentar responder a questões que fazem parte do nosso cotidiano.

Bärwald (2002) em seu trabalho envolvendo alunos do Curso de Eletrotécnica do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Sul (CEFET-RS), fez um estudo a respeito das concepções dos alunos de ensino técnico da área indústria sobre o tema Energia elétrica e suas implicações no ambiente, com o objetivo de conhecer o perfil das concepções dos alunos sobre o referido tema e como o ensino tradicional influencia na construção destas concepções. A investigação serviu para avaliar a estrutura dos cursos e sugerir alternativas possíveis de serem inseridas na grade curricular dos referidos cursos.

Na mesma linha de pesquisa de Bärwald (2002), podemos citar Farias (2003) que realizou uma investigação sobre as concepções alternativas dos estudantes dos cursos da área indústria abordando o tema *Combustão e seus efeitos, um estudo sobre concepções de alunos de ensino técnico do CEFET-RS, visando à Educação Ambiental*, manifestando especial interesse por saber se existem diferenças nas concepções apresentadas pelos alunos das séries iniciais e finais.

Em Driver et al (1985) pode-se observar que são utilizados diversos termos para descrever o que se entende por concepções e que cada um deles pode receber uma conotação diferente. Termos como ‘intuição’, ou ‘noção intuitiva’ são sugeridos como conceitos apropriados; alguns tratam as idéias apresentadas sobre determinado contexto como *modelo ou visão protótipa*. Em alguns casos a organização de conceitos e a relação entre eles costumam ser enfatizadas através de termos como estrutura cognitiva, *estruturas* ou modelos de crianças. Em outros casos o termo adotado é adjetivado com a palavra *alternativa* como, por exemplo, *concepção alternativa*, muito utilizada para enfatizar a diferença entre as idéias apresentadas pelas crianças e os parâmetros estabelecidos pela ciência.

Amoretti et al. (2000) desenvolve estudos para identificar o modo como os aprendentes visualizam situações ligadas ao processo de aprendizagem, para tanto utiliza o termos estruturas cognitivas, protótipos:

Os conceitos vistos como esquemas mentais possibilitam ao sujeito identificar as características típicas de várias categorias para que, ao encontrar um objeto de conhecimento novo, este possa ser comparado com o protótipo armazenado na memória. Baseando-se na idéia de que a dupla origem do protótipo vincula-se com a relação do saber compartilhado entre o indivíduo e sua comunidade (Amoretti et al., 2000).

Contudo, é importante salientar que a utilização dos termos representação dos pesquisadores Reigota (2002), Moscovici (1978), Giordam & Vecchi (1996) ou concepção de Driver (1983), Gilbert e Watts (1983), Ericson (1979, 1980), Driver et. al. (1985), Costa (2001), Ferracioli (1986), estão intimamente relacionados a conceitos com profundo significado teórico na área de Educação em Ciências. *Portanto, nossa intenção nesta pesquisa foi condicionar o termo concepção ou representação a todo e qualquer conhecimento que o estudante apresentasse e que pudesse se enquadrar como conhecimento de senso comum adquirido através de sua vivência tanto no ambiente escolar como no cotidiano. Desta maneira, em nosso trabalho de pesquisa, onde deveríamos talvez utilizar o termo concepções, fazemos referência às idéias dos alunos.*

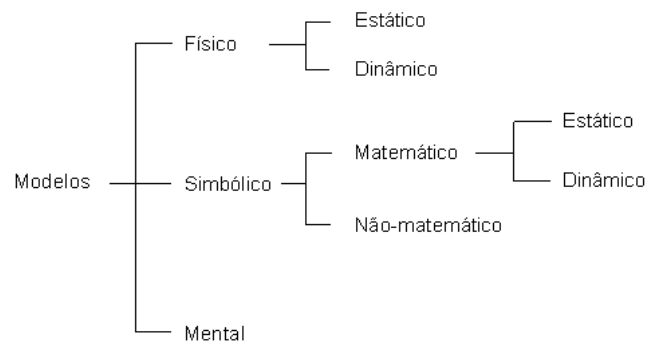
### **3.8 Modelos**

Desde os tempos mais remotos, o ser humano, tem procurado entender a natureza através de regularidades procurando por padrões de comportamento que o possibilitem o



desenvolvimento de modelos que possam ser entendidos como a codificação dessas regularidades, de maneira que através da construção desses modelos se têm desvelado a natureza e desenvolvido tecnologias.

Neelamkavil (1987) sugere que os modelos devam ser classificados como físicos, simbólicos e mentais, e subdivididos conforme a figura 14 apresentada a seguir.



**Figura 14 - Classificação de modelos segundo Neelamkavil (1987)**

Os modelos físicos são representações de sistemas físicos descritos por variáveis mensuráveis e feitos de componentes tangíveis, podendo ser subdivididos em estáticos (por exemplo, protótipos de carros) e dinâmicos (por exemplo, o uso de análogos eletro-mecânicos para estudo de uma suspensão automotiva).

Os modelos simbólicos podem ser subdivididos em matemáticos e não-matemáticos. Os matemáticos podem ser subdivididos ainda em modelos dinâmicos, descritos por equações diferenciais ou de diferenças e modelos estáticos, que traduzem relações matemáticas independentes da variável tempo.

Em relação aos modelos mentais, Norman (1983) afirma que eles são formulados pelo sujeito através de sua interação com o mundo que o rodeia. No estudo destes modelos mentais sobre um sistema específico o autor afirma que devemos considerar quatro aspectos: o sistema a ser estudado; modelo conceitual sobre este sistema; modelo mental do sujeito sobre o sistema em estudo; conceituação do cientista sobre o modelo mental do sujeito.

Norman argumenta que o modelo conceitual é construído por professores e cientistas para fornecer uma representação apropriada do sistema em estudo, ou seja, uma representação

precisa, consistente e completa. Através da interação com o sistema em estudo o sujeito formula modelos mentais do sistema que, geralmente, não são precisos mas são funcionais e naturalmente evolutivos. A conceituação do cientista sobre o modelo que o sujeito construiu é o modelo mental que ele constrói sobre o modelo mental do sujeito, a partir do qual faz inferências sobre o conhecimento do sujeito. Neste contexto, modelos mentais são entendidos como descrições do "conteúdo do pensamento" (Bliss, 1994).

Para Behar (1998) sob o ponto de vista da educação, a estrutura que forma o aluno está composta por três partes coexistentes, a afetiva, cognitiva e simbólica. Assim, a maneira como ele irá interagir com um ambiente de aprendizagem, vincula-se diretamente com os valores, o objeto em questão e a linguagem, pois são os mesmos que virão a criar a atmosfera propícia para o desenvolvimento das capacidades cognitivas do aluno.

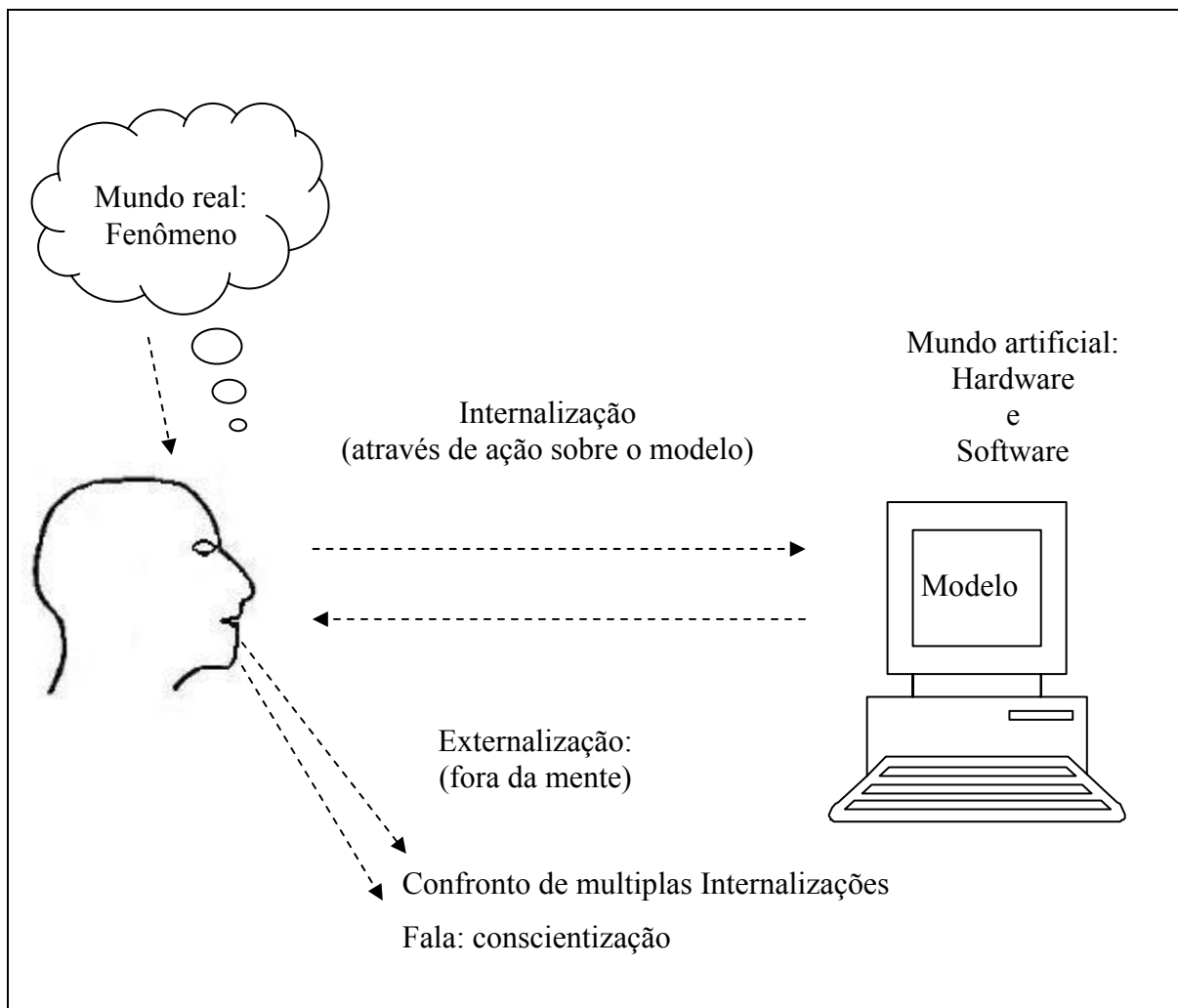
Johnson-Laird (1983), por exemplo, diz que essas pessoas constroem *modelos mentais*, análogos estruturais de estados de coisas do mundo. Tudo começa com a forma de perceber o mundo, a partir daí, dá-se a construção dos modelos os quais serão perenes enquanto se mostrarem funcionais. Nesse sentido é que a elucidação dos modelos mentais permite que o aluno perceba o modo como ele vê o mundo e através do exercício da reflexão possa corroborar ou reinventar seus modelos.

Segundo Postman e Weingartner (1969), isso não significa que necessariamente alteraremos nossos modelos (percepções) se eles não forem funcionais, mas sim que temos disponível a alternativa de mudar nossas percepções. Nesse sentido, a capacidade de aprender poderia ser interpretada como a capacidade de abandonar percepções inadequadas e desenvolver novas e mais funcionais.

Do exposto acima, concluímos que é possível entender o conceito de modelo, mas definir o que constitui a modelagem parece não ser tarefa fácil. Contudo, modelagem poderia ser concebida como o processo de construção de um modelo.

Segundo Kurtz dos Santos et al. (2002, p.40), deveríamos distinguir entre modelos mentais adquiridos sem instrução explícita e aqueles derivados do ensino (*conceituais*). Os primeiros freqüentemente serão tácitos e não facilmente disponíveis através da reflexão; já os segundos, serão freqüentemente conscientes e possivelmente capazes de serem estudados.

Kurtz dos Santos et al. (2002) considera que no processo de modelagem envolvendo o trabalho em dupla, estas desenvolvem um modelo qualitativo conceitual no qual articulam seus modelos mentais (cada aluno) e na negociação constroem um modelo cultural da dupla que é apresentado ao professor. Ao comparar o modelo cultural da dupla com a articulação dos conceitos provenientes dos textos da fundamentação teórica o pesquisador consegue enxergar o que os alunos trouxeram para a situação e o que de fato pode ser atribuído a eles. Como forma de ilustrar o que foi explanado, apresentamos a figura 15 a seguir:



**Figura 15 - O processo mental do aluno**  
**Fonte: Adaptado de Kurtz dos Santos et al. (2002, p. 44).**

Deste modo o especialista (pesquisador) promove a interação entre o modelo conceitual julgado como correto segundo o senso comum da comunidade especialista, e que consta da literatura pertinente, com o modelo construído e apresentado pela dupla, seguindo

assim de um julgamento se este se enquadra como adequado ou não (Kurtz dos Santos et al., 2002).

Para Kurtz dos Santos et al. (2002), o desafio de fazer com que um indivíduo externalize os modelos mentais é extremamente difícil, isto fica evidente segundo suas palavras:

Os modelos mentais dos sistemas dinâmicos são mal definidos, não são fáceis de comunicar e a natureza imprecisa da linguagem pode ser usada para esconder uma imagem mental nebulosa do falante e do ouvinte. Os modelos mentais não podem ser manipulados efetivamente, pois não é possível “manejar” na mente, imediatamente, todas as facetas de um sistema complexo. Temos a tendência de fragmentar o sistema em pedaços e tirar conclusões separadamente dos subsistemas, e tais fragmentações não mostram como os subsistemas interagem (Kurtz dos Santos et al., 2002).

Segundo Kurtz dos Santos et al. (2002), “quando um sistema é reduzido a um diagrama de elos causais e equações matemáticas, ele pode então ser examinado e comunicado a outros, e pode-se então computar a evolução temporal de variáveis, de tal modo que podemos tentar entender melhor a realidade”.

Machado (2005b) nos relata uma experiência realizada na disciplina de Didática no Curso de Licenciatura da Universidade Federal do Rio Grande, onde promoveu um exercício das relações entre as partes e o todo no qual propõe aos alunos que, após a leitura de um texto específico, os mesmos deveriam elaborar um mapa conceitual na concepção de Moreira (1993) e apresentá-lo através de lâminas para o grande grupo.

No mesmo trabalho Machado (2005b) faz uma aproximação de suas atividades na Disciplina de Didática com a modelagem e apresenta um mosaico utilizando-se dos Hexágonos de Hodgson (1994) como forma de organizar as dimensões conceituais e metodológicas da Didática Sistêmica. Apresentamos a parte deste mosaico que ilustra a relação estabelecida entre os mapas conceituais e a modelagem na figura 16 a seguir:



*Figura 16 – Adaptação do Mosaico das relações conceituais e metodológicas da Didática Sistêmica. Fonte: Machado (2005b), Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Vol. 15, julho de 2005.*

*Assim, esperamos que a construção dos mapas conceituais permita aos alunos comunicar e expressar seu nível de entendimento de uma situação objeto de questão, algumas vezes referido como seu modelo mental.*

### **3.9 A Utilização da Modelagem – Breve Histórico**

Segundo Gomes (2003) os ambientes de modelagem qualitativa, permitem que modelos sejam criados sem a especificação de variáveis e quantidades, mas pela especificação de seus constituintes básicos e de regras que determinam seus comportamentos.

Segundo a visão de Ferraciolli (2001), “Um Ambiente de Modelagem Computacional é um software que, no contexto deste trabalho, recebeu essa denominação devido ao fato de existir uma proposta pedagógica subjacente à sua utilização onde ele é visto como um

Ambiente de Aprendizagem”. Assim, este Ambiente pode possibilitar ao aluno a ampliação de sua capacidade em formular perguntas e não simplesmente em encontrar respostas.

Entendemos que lançar mão de um ambiente de modelagem pode contribuir para que a motivação seja um dos elementos facilitadores da aprendizagem significativa e assim, nos solidarizamos a Kurtz dos Santos et al. (2002) quando enfatiza a importância que representa estar atento às novas tecnologias e se refere à questão da seguinte forma:

A tecnologia moderna, indo adiante das tecnologias do papel, lápis, tinta e pintura, tem fornecido meios de externalizar o pensamento. O processador de textos pode ajudar a pensar sobre a escrita por tornar fácil construir, combinar e comparar manuscritos. Com a modelagem computacional, através da construção de modelos que podem ser simulados, pretende-se, pelo menos de algum modo específico, auxiliar os estudantes a pensar (Kurtz dos Santos et al., 2002, p. 41).

Como exemplos de estudos sobre a integração de ambientes computacionais envolvendo a modelagem, no contexto educacional podemos citar trabalhos feitos por Bliss et al. (1992), Miller et al. (1993), Kurtz dos Santos e Ogborn (1994), Sampaio (1996), Kurtz dos Santos et al. (1997), Russo (1999), Camiletti e Ferracioli (2001), Ferracioli e Sampaio (2001), Camiletti (2001), Almeida (2001), Xavier (2003) e Orsini (2006), onde podemos encontrar informações a respeito de tentativas de análise dos problemas que constituem a vida diária, envolvendo a modelagem através do uso de uma ferramenta computacional, utilizando para isto, a modelagem e simulação nos modos exploratório e expressivo.

De acordo com Bliss & Ogborn (1989), as atividades de construção de modelos podem ser desenvolvidas de duas maneiras:

Exploratória, quando o aluno é levado a explorar, no ambiente computacional, um modelo desenvolvido anteriormente por um especialista, como uma simulação no qual é permitido a ele variar alguns parâmetros e observar e relatar o comportamento do sistema representado pelo modelo.

Expressiva, quando o aluno é solicitado a desenvolver um modelo no Ambiente de Modelagem Computacional. Nesse caso o modelo é totalmente desenvolvido pelo aluno como verdadeiro modelador do sistema que está sendo representado.

*No presente trabalho, as atividades de construção de modelos foram desenvolvidas em nível expressivo onde os alunos construíram modelos conceituais como modo de externalizarem os seus entendimentos e estas atividades naturalmente envolveram o raciocínio qualitativo.*

No trabalho de Bliss et al. (1992) pode ser visto o desenvolvimento de um trabalho que investigou o raciocínio de estudantes ingleses de 12 a 14 anos de idade usando diferentes ambientes de modelagem computacional. No uso do Ambiente de Modelagem Computacional semiquantitativo Baseado na Metáfora de Ícones denominado IQON - *Interactive Quantities Omitting Numbers* - os autores examinaram o raciocínio através de uma série de atividades nas quais os alunos foram solicitados a trabalhar no modo expressivo e exploratório.

Kurtz dos Santos e Ogborn (1994) desenvolveram um trabalho sobre a habilidade de estudantes ingleses de 16 e 17 anos de idade para gerenciar diferentes estratégias de modelagem onde o interesse era saber se os estudantes poderiam obter sucesso trabalhando com o Ambiente de Modelagem computacional Semiquantitativo IQON e com o Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo Icônico STELLA.

Sampaio (1996) desenvolveu o Ambiente de Modelagem Computacional Semiquantitativo baseado na Metáfora de Ícones denominado WLinkIt, a partir da concepção do ambiente IQON. Foi realizado um estudo com estudantes brasileiros de 13 a 17 anos de idade procurando investigar a possibilidade deste ambiente permitir que alunos expressassem e explorassem seus conhecimentos sobre tópicos de Ciências.

Kurtz dos Santos et al. (1997) desenvolveram um trabalho sobre a utilização do Ambiente de Modelagem Computacional Semiquantitativo Icônico (VISQ), com estudantes brasileiros de 11 a 18 anos de idade a partir de tópicos sobre problemas ambientais locais. Os resultados sugeriram que este ambiente computacional é adequado para trabalhar com sistemas ambientais complexos e que os estudantes puderam adquirir um nível razoável de discussão sobre os problemas locais.

Russo (1999) desenvolveu um estudo com o objetivo de avaliar a possibilidade da Modelagem Computacional Semiquantitativa (através do programa VISQ) contribuir como opção didática em atividades de ensino e aprendizagem para a Educação Ambiental, a partir da construção de modelos computacionais, sobre problemas ambientais locais. O estudo foi

aplicado a alunos da 5ª série do ensino fundamental e a autora utilizou como base o referencial da Dinâmica de Sistemas, da Educação Ambiental e da construção do conhecimento, onde procurou enfatizar a problematização de questões socioambientais para a construção dos modelos em VISQ, o que viria a enriquecer os conhecimentos cotidianos dos alunos nos seus aspectos conceitual, procedimental e atitudinal.

Camiletti e Ferracioli (2001) desenvolveram um estudo utilizando o Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo baseado na Metáfora de Ícones STELLA com alunos brasileiros de nível superior sobre o sistema oscilatório (sistema massa-mola).

Ferracioli e Sampaio (2001) relataram a experiência desenvolvida em uma disciplina que abordou tópicos relacionados ao tema Informática Educativa para cursos de Licenciatura em Física, Química e Biologia da Universidade Federal do Espírito Santo. Nas atividades da disciplina foram utilizados o Ambiente de Modelagem Computacional LOGO<sup>46</sup> e o Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo Icônico STELLA.

Camiletti (2001) desenvolveu um estudo onde procurou investigar a utilização do Ambiente de Modelagem Computacional Semiquantitativo baseado na Metáfora de Ícones WLinklt, articulando problemas da vida diária, conteúdos curriculares específicos em Ciências e atividades de modelagem e simulação no modo exploratório e expressivo, aplicado a alunos universitários provenientes da Área de Ciências Exatas.

Almeida (2001) desenvolveu um estudo que teve como objetivo utilizar a modelagem semiquantitativa, através do Sistema Computacional VISQ, para representar problemas sócioambientais, sob a ótica de um especialista, em uma área potencialmente comprometida quanto à qualidade ambiental no Canal do Norte, no Estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS.

Xavier (2003), desenvolveu um estudo com objetivo investigar a possibilidade de uso do Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo Baseado na Metáfora de Ícones STELLA, na modelagem e simulação de modo exploratório e expressivo de tópicos relacionados a Educação Ambiental, com alunos dos cursos técnicos profissionalizantes de

---

<sup>46</sup> LOGO é uma Linguagem de Programação desenvolvida por volta de 1968, no Massachusetts Institute of Technology (MIT), em Boston, nos E.U.A., por uma equipe de pesquisadores liderados por Seymour Papert.



Informática e Eletrotécnica do Colégio Técnico Industrial - Prof. Mário Alquati da Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Orsini (2006) desenvolveu um trabalho que teve como objetivo buscar condições de interação interdisciplinar com os alunos dos cursos técnicos profissionalizantes do Colégio Técnico Industrial Prof. Mário Alquati, da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (CTI/FURG), sobre temas sociais, econômicos e ecológicos, ministrados pelo pesquisador na disciplina Gestão pela Qualidade Total (GQT), de relevância para a Educação Ambiental, como as relações de produção e consumo e suas conseqüências ambientais no Modelo de Desenvolvimento Econômico predominante em quase todos os países do mundo.

Os trabalhos aqui citados relatam resultados nos quais mostram que a utilização da modelagem computacional baseada na metáfora de ícones no contexto educacional, tem se revelado promissor. Dias (2004) nos enfatiza a importância da utilização da simulação em trabalhos desenvolvidos na educação ambiental, conforme exposto a seguir:

Nesse caso, os jogos e as simulações que tenham como tema o ambiente tornam-se importantes para acentuar o papel dos conhecimentos científicos junto às funções a serem desempenhadas pela tecnologia e o lugar dos valores sociais e éticos, na tomada de complexas decisões e preparação de medidas para a resolução de problemas ambientais (Dias, 2004, p 152).

### **3.9.1 Dimensões da Modelagem**

Em Bliss et al. (1992) é sugerido que o raciocínio pode ser admitido segundo de três dimensões conforme a abordagem do objeto: Qualitativo, Quantitativo, e Semiquantitativo. Sendo que no caso do raciocínio qualitativo envolve fazer distinções categóricas e decisões. Isso pode consistir em considerar um conjunto de escolhas ou decisões e levar em consideração suas conseqüências. Ou ainda, considerando-se um dado objetivo, o que é necessário para atingi-lo. Isso tudo pode requerer a observação e consideração de alternativas e a ponderação de evidências.

O raciocínio quantitativo pode envolver uma variedade de aspectos desde o reconhecimento de relações numéricas simples, seja no trabalho com um conjunto de números através de comparação de tamanhos, até a manipulação de relações algébricas. Essa dimensão de raciocínio envolve o entendimento de quanto a mudança de uma variável afetará outra.

E o raciocínio semiquantitativo envolve a descrição de situações cotidianas onde a direção da mudança de uma parte de um sistema é conhecida, mas não o tamanho do efeito desta mudança sobre as demais partes.

### 3.9.2 Modelagem Qualitativa na Educação Ambiental

Podemos encontrar trabalhos desenvolvidos com o uso da modelagem qualitativa abordando aprendizagem e educação ambiental como pode ser observado no trabalho desenvolvido por Milach e Poersch (2006), no qual utilizaram a técnica dos Hexágonos referente ao artigo *hexágonos for systems thinking* de Hodgson (1994). Neste, o autor propõe uma ponte entre o pensamento generalista dos tomadores de decisão e o pensamento especializado dos modeladores. Milach e Poersch (2006) propõem uma alternativa de modelar o entendimento sobre as questões ambientais no estuário da lagoa dos patos, de modo semelhante ao agrupamento de hexágonos que permite a combinação de uma idéia e um ícone, o que foi por ele chamado de ídone e dessa forma estabelecer e avaliar as relações existentes entre os conceitos construídos no sistema estuarino.

Kurtz dos Santos et al.(2002) considera que durante o processo de desenvolvimento de um modelo conceitual, temos a evidência da modelagem qualitativa, pois:

É quando o modelador pensa sobre as principais entidades e como estas devem estar relacionadas. Um exemplo seria a partir da leitura de um texto sobre alguma situação retirar as principais entidades ou grupos de entidades com alguma característica particular. Nesta fase, não há ainda uma preocupação se alguma entidade está aumentando ou diminuindo, por exemplo. Pode ser apenas uma descrição verbal do sistema (Kurtz dos Santos et al., 2002).

Considerando a utilização dos hexágonos que adicionam dimensões de flexibilidade e velocidade ao rearranjo constante que acontece quando o pensamento criativo se faz visível, de forma análoga esperamos que os alunos tenham durante a elaboração de mapas conceituais (Novak e Gowin, 2006), feito representações que expressem o entendimento de que dispunham com relação às imbricações que existem entre os conceitos utilizados, por ocasião da construção de seus mapas conceituais.

Também em um trabalho de pesquisa relacionado à Educação Ambiental Salles e Anjos (2006), utilizaram a modelagem qualitativa ao discutirem questões relativas à influência antrópica na vegetação no serrado. Nesse trabalho os autores evidenciaram a importância de se desenvolver ferramentas que utilizem o raciocínio qualitativo, e que estas sejam amplamente acessíveis, uma vez que essas podem contribuir para a representação simbólica dos sistemas físicos, onde normalmente são representados de modo quantitativo e por equações matemáticas.

A contribuição da modelagem computacional para a Educação é de fundamental importância quando se incentiva a mudança da visão reducionista para uma visão holística estimulando o pensamento crítico. Conforme Kurtz dos Santos et al. (2002), boas ferramentas de modelagem como STELLA, por exemplo, podem apresentar aos estudantes estruturas que auxiliam a dar expressão ao pensamento (modelos mentais) e estas se bem escolhidas, de maneira que sejam internalizadas pelos aprendizes, podem ter um grande valor quando se pensar sobre outras situações, uma vez que o modelo está na tela do computador permitindo os experimentos e reflexões das idéias de forma concreta. Assim a ferramenta permite externalizar as idéias e, mais importante, atuar sobre estas.

Em decorrência do pensamento de Kurtz dos Santos et al (2002), trabalhos na área de modelagem em educação ambiental, também foram realizados anteriormente com sucesso no CTI, Xavier (2003) e Orsini (2006) conforme já foi colocado na seção 3.9, estes pesquisadores utilizaram, em momentos distintos, o software STELLA em um experimento em sala de aula, sob o enfoque semiquantitativo, através de atividades exploratórias e expressivas (Bliss & Ogborn, 1989), com o propósito de investigar o uso desta ferramenta no auxílio à modelagem do pensamento, onde concluíram que a utilização da modelagem pode contribuir para que a educação ambiental permeie os conteúdos e ainda mais, auxilia o desenvolvimento do pensamento sistêmico. Para tanto, desenvolveram estudos que, através da análise de saídas gráficas e tabelas, permitiram aos estudantes em duplas analisarem como as variáveis afetavam umas as outras e com isto buscaram compreender, como um todo, o comportamento do sistema estudado.

Devemos então, considerar que a utilização da tecnologia moderna, permite ir além das tecnologias do papel, lápis, tinta e pintura, para externalizar o pensamento através da modelagem computacional. Ela auxilia os estudantes a pensar utilizando modelos

(confeccionados por eles ou explorando os conceituais, por exemplo, os desenvolvidos pelos cientistas) que podem ser simulados, como nos afirma Xavier:

Com o desenvolvimento da informática, estão sendo amplamente utilizados na Educação *softwares* computacionais chamados de sistemas (ou ambientes) de modelagem computacional que permitem a representação de estruturas significantes e eventos de um determinado mundo (Xavier, 2002).

Em que pese o fato da utilização de Ambientes Computacionais na prática da sala de aula permitirem o desenvolvimento de simulação a partir do estudo de tópicos de conteúdos específicos, entre eles a física, como utilização de uma abordagem alternativa valendo-se do conceito de modelagem. *No caso específico do nosso trabalho, nos propusemos a utilizar os mapas conceituais, como instrumento complementar ao questionário, na tentativa de levantar as idéias dos alunos sobre o tema energia elétrica e mais especificamente tentar responder a segunda questão de pesquisa que questiona se os alunos apresentam evidências de pensamento sistêmico (veja capítulo I, seção 1.4.1, p.7).*

### **3.9.3 A Modelagem como Estratégia de Externalização do Pensamento**

Segundo Forrester (1991), como a atividade de modelagem envolve o estabelecimento de relações entre entidades consideradas importantes de um tópico ou sistema em estudo, o processo de construção de um modelo pode auxiliar o estudante a organizar, compreender e estruturar seu conhecimento sobre esse tema. Assim, para Skovsmose (1988), modelos podem ser considerados como modos individuais de interpretação da realidade e como tal representam a estrutura de um sistema de acordo com a visão de quem os constrói, podendo ser considerados como representações de seus modelos mentais.

No entanto modelos são sempre mais simples do que a realidade observada. Isto significa que muita informação é desconsiderada na construção de um modelo. As pessoas não raciocinam naturalmente através de regras formais, sendo que em muitas situações a validade de um conjunto de conclusões é julgada através do conhecimento cotidiano ao invés de qualquer outro procedimento formal (Bliss, 1994).

Em um estágio posterior, através de atividades expressivas, o estudante pode construir seus próprios modelos, externalizando o seu modelo mental a partir de contínua testagem e reestruturação do modelo construído (Kurtz dos Santos et al, 2002).

Kurtz dos Santos (1995), referindo-se a representação por diagramas causais referencia os seguintes autores: Forrester, e Mandinach, conforme afirmação:

A mente humana é bem adaptada para construir e usar modelos que relacionam objetos no espaço. É excelente para manipular modelos associados com palavras e idéias, quando confrontada com sistemas tecnológicos e sociais, mas não é adequada para construir e interpretar modelos dinâmicos que representam mudanças através do tempo em sistemas complexos (Forrester, 1990).

Mandinach (1989) tem a mesma visão e considera que um diagrama de elos causais é realmente um modo de usar a linguagem de elos fechados para expressar um modelo mental, criado a partir do chamado “raciocínio com base numa simples lista de variáveis”; o usuário apenas lista as variáveis relevantes necessárias para descrever o sistema, como um primeiro passo na construção do diagrama causal.

Ainda segundo Kurtz dos Santos (1995), a estratégia geralmente seguida na formulação de um modelo é começar estabelecendo um diagrama causal, passá-lo então para um diagrama de fluxo formulando em seguida as equações referentes às implicações no modelo e, finalmente, simular o modelo no computador. Uma vez que um modelo "executável" foi desenvolvido, pode-se então usá-lo para explorar as conseqüências de considerações alternativas e de políticas de intervenção que venham a ser propostas.

### **3.10 Mapas Conceituais**

Segundo os pressupostos teóricos de Ausubel (2000), assim como na implementação desta teoria, Novak (2000) concebeu os mapas conceituais. Em sua obra *Learning how to Learn* (2006) ele afirma que um mapa conceitual constitui-se de um conjunto de conceitos inter-relacionados, segundo uma estrutura hierárquica proposicional e permite, através de recursos gráficos, enfatizar as relações mais importantes entre conceitos. Complementando esta definição, o autor destaca que a construção de mapas conceituais pode representar uma

forma de os aprendizes encontrarem o significado da aprendizagem, uma vez que os seres humanos pensam com conceitos, de forma que os mapas conceituais servem para exteriorizar os conceitos e, portanto, desenvolver o pensamento ao flexibilizar a estrutura do conhecimento.

Para que neste processo se construa um conhecimento realmente significativo é necessário que o aluno apresente condições prévias para que a nova informação encontre uma condição na qual possa vir a se relacionar com o antigo conhecimento já construído. Mais ainda, é preciso que no resultado da soma do antigo com o novo possa haver uma construção significativa capaz de proporcionar que novos conhecimentos possam surgir como resultado desses que se tornaram recentes, desde que tenha sido realmente apropriado de significação (Moreira, 2006), Novak e Gowin, 2006).

Para Novak e Gowin (2006), mapas Conceituais são representações gráficas semelhantes a diagramas, que indicam relações entre conceitos ligados por palavras. Representam uma estrutura que vai desde os conceitos mais abrangentes até os menos inclusivos. São utilizados para auxiliar a ordenação e a seqüência hierarquizada dos conteúdos de ensino, de forma a oferecer estímulos adequados ao aluno.

De acordo com Novak e Gowin (2006) os mapas conceituais, enquanto ferramentas educacionais são uma forma de ajudar os estudantes e os educadores a ver os significados dos materiais de aprendizagem. Os mapas conceituais têm por objetivo representar relações significativas entre os conceitos na forma de proposições. Ou seja, um mapa conceitual é um recurso de representação esquemática, através de uma estrutura bidimensional de proposições, de significados conceituais. Um exemplo desta possibilidade pode ser encontrado na plataforma educacional *Classroom of the Future*<sup>47</sup>, onde podemos encontrar estratégias educacionais utilizando mapas conceituais em diversificadas áreas do conhecimento.

Os mapas conceituais podem ser vistos como organizadores gráficos que representam relações significativas entre conceitos na forma de proposições (Novak e Gowin, 2006) “A

---

47- Classroom of the future disponível em <http://www.cotf.edu/ete/teacher/indprodassess.html>, acesso 28 de junho 2007.

construção de mapas conceituais é um processo de ajudar os estudantes e os educadores a penetrar na estrutura e significado do conhecimento que eles procuram compreender”.

Segundo Novak e Gowin (2006) os mapas conceituais aplicam-se no conhecimento da estrutura cognitiva, em particular na detecção das concepções errôneas que o aluno possui; além disso, pode colaborar para a revelação da estrutura conceitual de um conteúdo, na preparação e apoio a discursos e inquéritos a alunos e na negociação de idéias fomentadoras da meta-cognição, da auto-avaliação e da avaliação de pares.

Assim, mapas conceituais são representações gráficas semelhantes a diagramas que indicam relações entre conceitos ligados por palavras, pois de acordo com Novak e Gowin (2006) “os mapas conceituais têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos em forma de proposições. Uma proposição consta de dois ou mais conceitos unidos por uma palavra para formar uma unidade semântica”.

Moreira (2006) argumenta que a utilização dos mapas conceituais como instrumento de avaliação não tem como objetivo de testar o conhecimento e atribuir uma nota ao aluno na tentativa de classificar como mais ou menos aptos, mas sim, no intuito de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno vê para um dado conjunto de conceitos.

Desta maneira, para Moreira (2006, p.49), dada a natureza idiossincrática dos mapas conceituais é possível que o aluno ao construir-los encontre uma maneira de exteriorizar o que ele sabe, o entendimento que apresenta sobre determinado assunto.

Pode-se observar que esses mapas, segundo Moreira (2006, p 47), apresentam uma grande organização hierárquica de cima para baixo e do centro para as bordas. Normalmente se encontram mapas onde existe uma tendência a hierarquização vertical, de fato, esta é a grande tônica na construção dos mapas conceituais, e é aceitável que se observe a hierarquização horizontal dos conceitos onde, os mais agrupados no centro apresentam uma relação mais aproximada e os conceitos com relação mais remota ficam mais afastados na dimensão horizontal.

Moreira (2006, p. 60), fala sobre a experiência que os alunos tiveram com mapas conceituais, os quais foram apresentados a eles pelo professor através de um material instrucional. Este contato prévio possibilitou a observação da existência da hierarquia

estabelecida entre os conceitos, o que lhes possibilitou utilizarem-se desta experiência para elaborarem seus próprios mapas posteriormente organizando os conceitos segundo uma posição hierárquica.

Moreira (2006, p. 69), sugere que os mapas conceituais podem perfeitamente serem utilizados como recurso para o planejamento da estrutura curricular além de servirem como instrumento de avaliação, segue apresentando e discutindo o uso dos mapas, nas modalidades mencionadas acima, e salientando que embora esses instrumentos tenham sido utilizados no ensino universitário, o mapeamento conceitual pode ser usado tanto na escola de ensino médio como na fundamental.

No processo de investigação utilizado para demonstrar a formação dos conceitos, é possível trabalhar a capacidade cognitiva que está ligada à memória dinâmica utilizando os mapas conceituais para estruturar de forma organizada nossos conceitos. Segundo Amoretti (2001), observa-se que a elaboração de um mapa conceitual implica aprender a agrupar os conceitos segundo seus traços perceptivos e segundo as categorias que têm significado na vida do sujeito.

Desse modo, para Novak e Gowin (2006), o mapa oferece aos estudantes uma visão entre as partes e o todo conceitual, bem como uma estrutura de redes semânticas, oferecendo, assim, a possibilidade de estratégias para o gerenciamento da aprendizagem, tais como: verificar erros conceituais, observar qual o conhecimento a priori é necessário para a compreensão da nova informação e navegação conceitual.

Os mapas conceituais têm servido como ferramentas em diversos campos temáticos e para alunos de todas as idades, refletindo a forma como eles os organizam. Apresentam, de fato, um caráter idiossincrático: são o espelho dos conceitos e da organização ou estruturação cognitiva, diferente para cada aluno e, no mesmo aluno, em diferentes momentos de aprendizagem.

Como enfatizam Novak e Gowin (2006) e Heinze-Fry (1998), ao possibilitarem um olhar sobre a mente, os mapas de conceitos constituem-se como um bom recurso educativo e constituem instrumentos, quer para o aluno, quer para o professor. Para Giordan (1991) e Valadares, (1995), a partir do conhecimento das concepções manifestadas pelos alunos (os sistemas conceituais alternativos), o professor deve adotar estratégias e materiais que as



ataquem nos seus pontos fracos, facilitando a aprendizagem significativa das idéias cientificamente aceitas.

As Ciências Cognitivas têm como objeto de estudo os processos gerais que regem o tratamento da informação, a percepção, o armazenamento, a recuperação e a utilização da informação, bem como as formas como se organizam as representações das atividades no tratamento da informação. Segundo Novak (2006) o aluno ao conseguir representar a forma como entende o conceito e a conseqüente relação que existe entre este e os demais no mapa conceitual, supõe-se que o aluno conseguiu assimilar novas informações, e que, mais importante ainda, atribuiu significado a essa aprendizagem. Neste sentido, os Mapas Conceituais podem ser adotados como ferramenta cognitiva.

Para Amoretti et al. (2000, p. 106), no mapa conceitual o conhecimento é representado sob a forma de conceitos organizados de forma relacional e modular, em classes e subclasses em que os nós, arquétipos cognitivos ou protótipos integram os atuantes e seus atributos. Desta forma, o protótipo é uma representação mental de um exemplar de uma categoria de estímulos que visa à representação de um exemplar genérico a um determinado grupo social.

Observa-se que para Amoretti et al. (2000) os Mapas Conceituais *“podem ser usados como um instrumento que se aplicam as diversas áreas e níveis do ensino e da aprendizagem, como planejamento de currículos, sistemas, pesquisas em educação e projetos interdisciplinares”*.

No entendimento de Amoretti et al. (2000), o uso de Mapas Conceituais na educação está baseada na idéia fundamental da Psicologia Cognitiva de Ausubel que estabelece que a aprendizagem ocorre por assimilação de novos conceitos e proposições na estrutura cognitiva do aluno conforme foi colocado na seção 3.2, p.70. Novas idéias e informações são aprendidas, na medida em que existem pontos de ancoragem. Aprendizagem implica em modificações na estrutura cognitiva e não apenas em acréscimos.

Amoretti et al. (2000) considera que os mapas conceituais se constituem em uma ferramenta importante para o levantamento das percepções dos alunos. São esquemas mentais que possibilitam ao sujeito identificar, caracterizar diferentes aspectos de um objeto e ao mesmo tempo facilitam ao sujeito encontrar este objeto dentro de uma gama variada de outros objetos com características bem diferentes ou aproximadas. Esta construção dos mapas

conceituais vai facilitar a cultura e a similaridade ideológica do grupo ao qual pertence este sujeito.

Os mapas conceituais pertencem à linhagem das redes semânticas, que são representações espaciais dos conceitos e das suas relações. Os conceitos sendo representados pelos nós e as relações pelos *links*, e quando nós construímos um mapa conceitual ou uma rede semântica, podemos perceber que a relação entre nós e os *links* e outros nós, formam proposições que podem e devem ser analisadas e levadas em conta no momento da elaboração de um curso ou material instrucional idealizados como forma de diagnosticar uma turma.

A importância dos mapas conceituais deve-se ao fato de trabalharem com conceitos, organizando todo o conhecimento de um grupo de indivíduos. Assim, além de um instrumento de organização do conhecimento, vão servir como um instrumento de meta-cognição de maneira que esta construção possa fazer com que os alunos e os professores reflitam sobre o tipo de organização e de recorte do conhecimento que eles estão fazendo (Amoretti e Tarouco, 2000).

Os mapas conceituais também podem ser utilizados como ferramentas na elaboração de um currículo, conforme pode-se observar no artigo *Mapas Conceituais: Uma ferramenta pedagógica na consecução do currículo* de Tavares et al. (2003). Além disso, foram utilizados em unidades didáticas com a pretensão de proporcionar aos alunos a apropriação do conhecimento, em uma abordagem teórico-metodológica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel; com o intuito de permitir aos aprendizes a apropriação do conhecimento.

Segundo Amoretti (2003), toda a teoria que fundamenta os mapas conceituais está baseada na categorização, neste processo vai ser possível mostrar um determinado tipo de mapa conceitual. Segundo a visão de Amoretti os mapas conceituais baseados na categorização podem se dividir em duas modalidades. Existem os mapas conceituais baseados na categorização: este tipo de mapa deve obedecer a uma hierarquia rígida e os conceitos devem ser relacionados a partir de sua inserção em um conceito mais significativo. Este tipo de mapa é mais rigoroso, portanto exige maior domínio por parte de quem o constrói. (Novak e Gowin, 2006).

E existem também os mapas conceituais associativos: nesta modalidade o sujeito pode fazer qualquer tipo de relação ou associação sem ter critérios rígidos de inclusão de um

conceito em outro, os vínculos entre conceitos são feitos somente através de relações próprias, experiências do sujeito, trazidas de suas vivências, constituindo a forma como vê o mundo. *Nesse sentido, acreditamos que esta modalidade permite levantar as idéias dos alunos sobre energia elétrica sem que os mesmos tenham conhecimento aprofundado sobre uso e construção dos mapas conceituais.*

Em face ao exposto, é possível depreender que a utilização dos mapas conceituais pode contribuir de forma significativa no processo de ensino aprendizagem, agindo como facilitador na apropriação do conhecimento e na elucidação das representações por parte dos alunos.

Machado (2005) utilizou o recurso dos mapas conceituais, na modalidade de estudos de casos, como forma de validação do estudo técnico por competências. Foi através dos mapas conceituais que desenvolveu os experimentos de modo a demonstrar a formação dos conceitos, na apresentação da memória dinâmica, e para estruturar de forma organizada os conceitos, conforma palavras de Machado:

O processo de construção dos mapas conceituais foi utilizado (...) como uma ferramenta de avaliação da *performance* cognitiva do aprendiz, uma vez que foram analisados mapas no início, meio e fim das atividades com o AVACircuitos<sup>48</sup>, a fim de comprovarmos se houve alterações significativas no processo de aprendizagem do alunado (Machado, 2005, p. 95).

Os mapas conceituais a princípio, podem ser desenvolvidos com o auxílio de lápis e papel sem qualquer problema, contudo *entendemos pertinente ter utilizado o Software Cmap-Tools como recurso facilitador na construção dos mapas conceituais e assim proporcionar um elemento que auxilie na motivação dos alunos como base para a aprendizagem significativa que foi apresentada na seção 3.2, p. 70. Desta forma acreditamos que com auxílio do Software Cmap-Tools, o mesmo se apresentou como alternativa viável para a realização das atividades expressivas em situações onde era necessário visualizar o entendimento que um determinado grupo tinha a respeito do tema energia elétrica e suas implicações no ambiente, objeto desta pesquisa.*

No caso de se utilizar o computador como elemento de facilitação do processo, mais especificamente através do uso do *Software Cmap-Tools*, esse serve não somente como uma simples ferramenta, mas nele os alunos constroem mapas em conjunto. Neste processo cada

---

<sup>48</sup> **AVACircuitos – Ambiente Virtual de Análise de Circuitos**, para que os alunos participem do processo de aprendizagem por competências à distância e/ou como suporte à educação presencial.

aluno pode modificar a estrutura do mapa do colega, justificando o porquê escolheu colocar um determinado conceito e porque de sua relação com outro conceito. Permite também que os alunos trabalhem com mapas do tipo *associativos*, ao mesmo tempo servem como um instrumento de reflexão sobre os tipos de materiais instrucionais que os professores podem produzir para a educação, levando em conta o processo cognitivo natural, espontâneo que é a categorização.

Estudos utilizando mapas conceituais através do recurso do *software Cmap-Tools*, permitem que os alunos expressem seus pensamentos de modo ilustrativo, segundo uma ferramenta gráfica onde é possível visualizar em duas dimensões o entendimento que apresentam a respeito do tema tratado. Desta forma, o trabalho torna-se atrativo, pois conforme se observa, por exemplo, Bliss et al. (1992), Miller et al. (1993), Kurtz dos Santos e Ogborn (1994), Sampaio (1996), Kurtz dos Santos et al. (1997), Russo (1999), Camiletti e Ferracioli (2001), Ferracioli e Sampaio (2001), Camiletti (2001), Almeida (2001), Xavier (2003) e Orsini (2006), sobre o uso de ferramentas de informática na educação, no qual o aluno dispõe de recursos através do uso do computador, para experimentar e exercitar o pensamento e verificar que pequenos toques produzem efeito imediato na tela, o que torna o computador um importante aliado no processo de ensino-aprendizagem.

Neste sentido, a informática torna-se a ferramenta que oportuniza a simulação de modelos mentais, pois "*um modelo digital não é lido ou interpretado como um texto clássico, ele geralmente é explicado de forma interativa*" (Levy, 1993: 121).

### **3.11 O Uso do Software**

A utilização de Ambientes Computacionais na prática da sala de aula pode ser desenvolvida a partir do estudo de tópicos de conteúdos específicos, entre eles a Física. Com a utilização de uma abordagem alternativa, valendo-se do conceito de modelagem *nosso trabalho consiste em levar o aluno a construir um modelo conceitual sobre o problema em estudo e representá-lo graficamente através de um mapa conceitual*. Como ambiente disponibilizado aos alunos, no caso do nosso trabalho de pesquisa optamos por utilizar *software Cmap-Tools – IHCM Concept Map, desenvolvido pelo Institute of Human and Machine Cognition, da UWF (Universidade de West Florida)*.

O propósito de utilizar *Cmap-Tools*, foi o de oferecer aos alunos um ingrediente que pudesse ser facilitador a tarefa de construção dos mapas (ver capítulo IV, seção 4.3.3, p. 125). Além disso, como poderemos ver, apresentamos no final do capítulo V, seção 5.2.3, p. 173, relatos feitos pelos alunos considerando o uso do computador e a disponibilidade do *software Cmap-Tools*. Desta forma, o ambiente virtual colaborou no sentido de motivar os alunos, isto porque a motivação é uma das condições para que se proceda a aprendizagem significativa Amoretti (2000), pois no entendimento de Dreyfus (1988), os indivíduos motivados à realização sentem-se responsáveis pelos resultados das suas escolhas, tornando-se, assim, engajados emocionalmente. Enfatiza que um indivíduo motivado é prático, ousado e determinado, conforme podemos observar pelas palavras de Dreyfus.

Quando ele encontra um obstáculo, ele começa tentando delinear um modo para contorná-lo em vez de permitir pensamentos para enfatizar o próprio obstáculo. Ele é prático, ousado e determinado – uma combinação formidável com a qual pode alcançar resultados brilhantes (Dreyfus, 1998).

Dessa forma, Machado (2005) fez uma análise do desempenho dos alunos diante das tarefas propostas, verificou que os resultados positivos se deveram em parte ao uso do computador como auxílio na confecção dos mapas conceituais. Machado relata que o recurso serviu como fator de motivação para os alunos, que uma vez motivados utilizaram o ambiente virtual sem evidenciar preocupação com a avaliação final, demonstrando um interesse espontâneo em utilizar seus recursos.

McClelland (1973) salienta que um indivíduo motivado é capaz de agregar elementos tais como conhecimentos, habilidades, ativar adequadamente esquemas mentais, além de realizar ações na execução eficiente do trabalho.

*Nas primeiras aulas em que foi utilizado o Cmap-Tools, deixamos os alunos livres para criarem seus mapas com temas diversos, sem se preocuparem em estabelecer uma relação mais elaborada entre os conceitos. Na realidade, todos os discentes elaboraram um mapa associativo (Amoretti, 2003), onde ocorreu a inclusão dos conceitos sem critérios rígidos, refletindo em muitos casos os esquemas mentais relativos a experiências próprias dos discentes.* Neste sentido o ambiente virtual auxiliou na externalização das idéias conforme afirmação de Amoretti:

Na interação com o *software* o estudante tem um grande envolvimento pessoal na aprendizagem constituindo por estas características, uma pedagogia ativa, na qual os alunos podem elaborar suas conclusões sobre determinado conhecimento a partir da criação de mapas conceituais individuais (Amoretti et al., 2000).

## **CAPÍTULO IV**

*Neste capítulo são apresentados os recursos que foram utilizados com o propósito de obter os dados e informações necessárias para tentar responder as questões de pesquisa.*

### **4 METODOLOGIA**

O presente estudo desenvolvido e apresentado nesta dissertação aproxima-se de um estudo de caso. As atividades desenvolveram-se no decorrer das aulas regulares, mais especificamente na primeira metade do período letivo, correspondendo a exatamente 100 minutos e tiveram a participação de 18 alunos da disciplina de eletricidade, Módulo III, noturno, do Curso de Projetos e Instalações Elétricas do Colégio Técnico Industrial Mário Alquati da Universidade Federal do Rio Grande – RS, durante o segundo semestre de 2007.

#### **4.1 Tipo de Pesquisa**

Nosso trabalho não se enquadra completamente na modalidade de pesquisa qualitativa, pois, também utilizamos dados quantitativos, quando possíveis, que dependendo do contexto, foram essenciais para respondermos a algumas das questões de pesquisa propostas. Assim, entendemos que deveríamos buscar um meio termo entre a pesquisa qualitativa e quantitativa, procurando realizar uma análise qualitativa balanceada com a análise quantitativa, pois “o conjunto de dados quantitativos e qualitativos, porém, não se opõem. Ao contrário, se complementam, pois a realidade abrangida por eles interage dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia” (Minayo, 1994).

Portanto, inicia-se pela definição de como foram coletados os dados, isto é, quais métodos e técnicas foram utilizados no processo de coleta de dados. Pode-se entender métodos como sendo “o conjunto de etapas e de processos a serem vencidos ordenadamente na investigação dos fatos ou na procura da verdade” (Ruiz, 1990).

Sendo assim, o método contribui para dar direção, segurança, ao trabalho que se pretende realizar. O método, além de configurar o processo de pesquisa, ainda contribui para a indicação do processo de investigação. Dessa forma, encontra-se na literatura específica, a posição de que

método refere-se àquelas instruções de como proceder, como pesquisar, por onde começar, qual a seqüência a seguir (Ruiz, 1997).

Necessário se faz definir e explicitar o entendimento que se pode ter do significado da palavra técnica. Segundo Severino (1993), técnicas são procedimentos mais restritos que operacionalizam os métodos, mediante emprego de instrumentos adequados.

## **4.2 Público Alvo**

Participaram de modo voluntário da pesquisa os discentes da disciplina de Eletricidade do Curso de Projetos Elétricos do CTI-FURG, noturno. O grupo em questão foi composto de 18 alunos, de ambos os sexos, com idade que variava dos 20 aos 46 anos, todos com o ensino médio concluído. Os 18 alunos participantes completaram o experimento proposto.

## **4.3 Instrumentos Utilizados para a Coleta dos Dados**

O estudo em questão foi desenvolvido em duas fases, sendo que na primeira desenvolvemos um estudo piloto com a intenção de aprimorar o processo e os instrumentos de coleta dos dados. Na segunda fase optamos pela utilização de dois instrumentos distintos para a coleta de dados, correspondendo ao questionário apresentado na seção 4.3.1.1 e aos mapas conceituais descritos na seção 4.3.2 deste capítulo. Portanto, com o objetivo de responder as questões de pesquisa, retomando o que já foi apresentado no capítulo I, seção 1.4.1, p. 7.

1. Qual o perfil das idéias dos alunos do curso a respeito da energia elétrica no que diz respeito a suas fontes de geração, consumo e conseqüente impacto ambiental?
2. Os estudantes apresentam evidências de pensamento sistêmico ao realizarem as atividades expressivas, após trabalharem temas referentes à energia elétrica e sua relação com o meio ambiente?
3. Como se desenvolve a interação entre os estudantes que trabalham em duplas frente à nova proposta de se abordar os conteúdos da disciplina contemplando aspectos ambientais com o auxílio de *software* específico?

Desta forma um questionário preliminar foi desenvolvido, composto por questões objetivas e dissertativas elaboradas com a finalidade de levantar as idéias que os alunos apresentam sobre a energia elétrica. Como medida de segurança, este instrumento foi

submetido à apreciação de um grupo de especialistas composto por dois doutores em educação e um grupo de cinco doutorandos. Uma característica do grupo de doutorandos é o fato de que quatro são mestres em Educação Ambiental e um mestre em Educação.

Sendo assim, o referido instrumento foi entregue aos avaliadores que após um tempo estabelecido como necessário e suficiente, retornaram ao pesquisador com observações e conseqüentes sugestões. Prosseguiu-se então a fase de aglutinamentos das idéias sugeridas, resultando no instrumento que foi aplicado aos alunos, conforme consta no apêndice A.

Completando os recursos para a coleta de dados foi adotada a técnica de construção de mapas conceituais, disponibilizando aos alunos a oportunidade de construírem seus próprios mapas conceituais com o propósito de externalizarem suas idéias a respeito da energia elétrica e suas conseqüências ao meio ambiente, objetivando complementar de forma gráfica o instrumento anterior.

Como estratégia de facilitação na confecção dos mapas conceituais foi utilizado o recurso de um *software* específico, conforme abordado neste capítulo IV, seção 4.2.3, p.125.

#### **4.3.1 O Método de Utilizar Questionários**

A aplicação de questionários, constantes no apêndice A, foi um dos procedimentos utilizados para o levantamento dos dados, pelo fato do mesmo ter sido utilizado com sucesso em trabalhos anteriores, a exemplo de Kurtz dos Santos (1992), Vianna (1998), Ferraciolli (1994), Bärwald (2002), Farias (2003).

Conforme Carvalho (1991), o questionário é o instrumento de coleta de dados preenchido pelo informante sem a presença do pesquisador. Na elaboração do questionário, é importante determinar quais são as questões mais relevantes a serem propostas, relacionando cada item à pesquisa que está sendo feita e à questão que se quer demonstrar, provar e ou verificar. Isto quer dizer que o pesquisador deve elaborar o questionário somente a partir do momento em que adquirir um conhecimento razoável do tema para a pesquisa.

Questionários são provavelmente os instrumentos de avaliação mais utilizados em todas as áreas humanas. No entendimento de Echeburúa (1997) questionários apresentam



muitas vantagens como instrumentos de avaliação pois, requerem pouco tempo de aplicação, oferecem pontuações objetivas da subjetividade dos respondentes, exploram áreas diversas da interação social e permitem, quando repetidamente aplicados, avaliar a evolução dos padrões de comportamento.

Para Fox (1996), a utilização de questionários disponibilizam uma padronização completa das instruções às quais os participantes são expostos. Para esse autor o uso do método do questionamento requer alguns cuidados ao ser aplicado, sendo necessário considerar o contexto do questionamento; o conteúdo do questionamento; a pergunta ou questão que pode ser definida como o estímulo verbal ao qual o participante será exposto; uma providência para as respostas, que se refere à forma da resposta que se espera que o participante emita; a maneira pela qual a resposta será registrada; a natureza da interação pesquisador-participante.

Diante do que foi exposto, com relação ao uso de questionário, entendemos que seria prudente o desenvolvimento de um estudo piloto como forma de organizar o material e definir estratégias que contribuíssem para a elaboração de um instrumento capaz de proporcionar dados suficientes a serem analisados na tentativa de responder às questões de pesquisa.

Após a aplicação do estudo piloto, que contou com a participação dos alunos do Curso de Projetos Elétricos, passamos a fase de elaboração do primeiro instrumento de pesquisa o questionário (veja apêndice A), o qual teve uma primeira versão utilizando como modelo uma escala de cinco pontos (Duan, H. & Fortner, 2005), que foi submetida à avaliação prévia de alguns especialistas na área de Educação e Educação Ambiental para fins de validação do conteúdo do teste, abordando questões sobre as dimensões da energia elétrica relacionadas à geração, produção e conseqüentes impactos ambientais. Esse material após ter retornado dos examinadores, veio acompanhado de críticas e sugestões. Procedemos então à realização do apanhado de todas as contribuições, sendo o instrumento refeito contemplando as sugestões e críticas dos especialistas, resultando no instrumento 1 que é apresentado a seguir.

#### 4.3.1.1 O Instrumento 1 – O Questionário

O questionário utilizado foi construído contemplando duas modalidades de questões, conforme se pode observar no apêndice A. Nas questões 1 e 2 foi solicitado aos alunos apenas uma resposta objetiva de escolha simples, porém na questão dois foi implementada a solicitação de uma justificativa; das questões 3 a 6 foi solicitado aos alunos que respondessem de forma dissertativa, com este procedimento que constituiu o instrumento em dois momentos distintos procuramos nos acerrar de meios que possibilitassem aos alunos se expressarem de maneira bem ampla, ao mesmo tempo em que proporcionaria ao pesquisador cruzar as informações entre as repostas das questões objetivas e dissertativas com o intuito de melhor compreender as idéias que os alunos apresentavam com relação ao tema proposto.

A aplicação do instrumento se deu durante o segundo semestre de 2007 e ocupou meio período de um encontro de aula, correspondendo a 100 minutos. Com o objetivo de facilitar a interpretação e resposta do mesmo, no início do período foi promovido na sala um debate abordando o tema referente às fontes de geração de energia elétrica, suas causas, conseqüentes implicações, de modo que todos os alunos puderam participar efetivamente das discussões.

O propósito e estrutura deste instrumento podem ser compreendidos fazendo uma análise individual de cada questão conforme podemos observar a seguir.

Conforme abordado no capítulo II, seção 2.4.1, p. 35, podemos observar o gráfico da matriz energética do Brasil, onde é possível verificarmos os percentuais de incidência de participação das fontes de energia utilizadas para a geração de eletricidade. Nesta questão foi solicitado aos alunos que marcassem a opção que mais se aproximava de seu entendimento quanto a este tipo de energia e a intensidade com que é utilizada no Brasil. Desta maneira, foram apresentadas sete alternativas relacionadas a fontes de energia, sendo que para cada fonte de energia foram disponibilizadas cinco alternativas de escolha simples, conforme pode ser observado no exemplo apresentado abaixo.

*1) Este tipo de fonte de energia já é efetivamente muito utilizado pelo Brasil:*

a) Termoelétrica pela utilização de Carvão?

Concordo

Concordo

Tenho

Discordo

Discordo

fortemente		dúvidas		fortemente
( )	( )	( )	( )	( )

b) Termoelétrica pela utilização de óleo Diesel?

Concordo	Concordo	Tenho	Discordo	Discordo
fortemente		dúvidas		fortemente
( )	( )	( )	( )	( )

c) Termoelétrica pela utilização de Combustível Nuclear?

Concordo	Concordo	Tenho	Discordo	Discordo
fortemente		dúvidas		fortemente
( )	( )	( )	( )	( )

d) Hidroelétrica

Concordo	Concordo	Tenho	Discordo	Discordo
fortemente		dúvidas		fortemente
( )	( )	( )	( )	( )

e) Eólica

Concordo	Concordo	Tenho	Discordo	Discordo
fortemente		dúvidas		fortemente
( )	( )	( )	( )	( )

f) Solar

Concordo	Concordo	Tenho	Discordo	Discordo
fortemente		dúvidas		fortemente
( )	( )	( )	( )	( )

g) Outras?

Quanto a alternativa G (outra), o objetivo foi procurar saber se os respondentes dispunham de conhecimento a respeito de outra forma de obtenção de energia elétrica além

das constantes nas questões anteriores, e desta maneira possibilitar que os mesmos relatassem sobre fontes alternativas sem sofrer qualquer tipo de sugestão, como pode ser visto além de solicitar outra forma de energia, foi requisitado que especificassem o tipo.

2) *O Brasil deve adotar e investir intensamente nesta fonte de energia:*

Esta questão vem complementar a questão anterior, na qual buscamos verificar se o aluno mantém uma coerência ao responder as duas questões. Para tanto, na questão dois, adotou-se o mesmo procedimento quanto a forma de posicionamento frente a postura que o Brasil deve adotar com relação a fazer investimentos em determinada fonte de energia, segundo o entendimento dos respondentes, contudo além de marcarem a opção que mais se aproximava a seu entendimento, foi solicitado aos mesmos que justificassem seus pontos de vista, e desta forma permitisse que fosse feito um cruzamento entre as respostas obtidas na questão 1 e além de levantar as preferências, poder dispor de informações que pudessem trazer indícios da possibilidade de os respondentes terem apresentado evidências de pensamento sistêmico, o que compõe uma das questões de pesquisa do presente trabalho conforme apresentado no capítulo I, seção 1.4.1, p. 7.

a) Termoelétrica pela utilização de Carvão?

Esta questão é importante para verificar se os alunos percebem os problemas que estão atrelados ao processo de geração de energia elétrica através da queima do carvão mineral. Pois de acordo com Russomano (1987), o Rendimento Teórico de combustíveis é cerca de 50% em fornos e 60% quando aplicado a caldeiras. Além disso, um dos maiores problemas ambientais está atrelado à geração de gases no processo de queima e com isto, a conseqüente emissão de substâncias como óxidos de nitrogênio na atmosfera, piorando quando se somam ao enxofre provocando a ocorrência de chuva ácida (veja capítulo II, seção 2.5.2, p.58).

b) Termoelétrica pela utilização de óleo Diesel?

A utilização do óleo diesel conforme Russomano (1987), é bem mais eficiente do que a do carvão mineral apresentando índices de 60 a 70% para fornos e 75 a 90 para queima em caldeiras. Contudo, este combustível tem segundo a BEN (2007) seu uso privilegiado para o sistema de transportes do país.

c) Termoelétrica pela utilização de Combustível Nuclear?

Segundo informação divulgada pela CNEN, a utilização da energia nuclear vem crescendo a cada dia. A geração nucleoeétrica é uma das alternativas menos poluentes; permite a obtenção de grande quantidade energia em um espaço físico relativamente pequeno e a instalação de usinas perto dos centros consumidores, reduzindo o custo de distribuição de energia. Porém para no senso comum da população o medo de um acidente nuclear, a exemplo de Chernobyl (veja capítulo II, seção 2.5, p.52), o que poderia resultar em contaminação radioativa do ambiente e causando danos a saúde dos seres vivos.

d) Hidroelétrica

Esta questão busca saber se os alunos têm a compreensão do papel que a energia proveniente dos recursos hídricos ocupa na matriz energética nacional, e os conseqüentes impactos decorrentes de sua utilização (veja capítulo II, seção 2.4.1.1, p.36).

e) Eólica

A energia Eólica como fonte de energia alternativa (veja capítulo II, seção 2.4.1.3, p. 40), representa um grande potencial energético para o País. Contudo, a sua utilização ainda apresenta alguns aspectos que requerem maiores cuidados. Nesse, sentido é interessante saber o que pensam os alunos a respeito desta interessante opção energética.

f) Solar

Da mesma forma que a energia eólica, o Brasil tem um imenso potencial nesse setor (veja capítulo II, seção 2.4.1.4, p. 42). Assim como a energia Eólica a energia Solar apresenta dificuldades na sua implementação. Da mesma forma é importante conhecer a visão que os alunos apresentam a respeito deste recurso energético.

g) Outras: Outra.

Esta alternativa teve como propósito possibilitar ao respondente que manifestasse, se fosse o caso, conhecimento a respeito de outras maneiras de se obter energia elétrica, que propositadamente não foram incluídas, e assim investigar se estes apresentavam conhecimento abrangente sobre o assunto de maneira atualizada.

Conforme já salientado das questões 3 (três) a 6 (seis), foi solicitado aos respondentes que dissertassem sobre as questões propostas seguidas da justificativa correspondente.

*3) Em sua opinião, de que maneira é possível contribuir para a redução do consumo de energia elétrica no país? Justifique:*

Nesta alternativa o propósito desta questão estava diretamente ligada ao que é conhecido como *Locus de Controle Interno* (veja capítulo III, seção 3.5, p. 84), no qual o indivíduo acredita que seu comportamento é guiado pelos seus esforços e decisões e desta maneira pretendia descobrir se o aluno se enxergava como um agente com poder de transformação da sociedade, se tinha conhecimento da importância da consciência cidadã e que conforme argumenta Dias:

*4) Como poderemos como cidadãos brasileiros, agir de forma a garantir a sustentabilidade ecológica no planeta, no que diz respeito ao uso da energia elétrica? Justifique:*

Nesta questão, disponibilizamos um conceito de sustentabilidade na visão de Jacobi (1994), (veja capítulo II, seção 2.2, p. 16), visando dar condições para que todos os alunos tivessem pelo menos o mesmo referencial, de modo a possibilitar a interpretação de suas posições frente aos problemas que afligem o planeta. O objetivo da questão era obter a informação de como os alunos se viam participando na sociedade, no sentido de buscar pela sustentabilidade.

*5) Comente as providências que você vê efetivamente sendo realizadas no Brasil pelos governantes, cujo objetivo seja o de minimizar os impactos ambientais relacionados à energia elétrica. De que maneira tomou consciência desta informação? Justifique:*

Esta questão visava obter a informação do quanto os alunos estavam informados com relação às políticas públicas adotadas pelo governo federal e estaduais com relação aos impactos ambientais e mais ainda a maneira com que esta informação chegou aos seus conhecimentos.

*6) Suponha que você se veja diante de uma campanha de grandes proporções cujo objetivo seja reduzir os impactos ambientais referentes ao uso da energia elétrica, mas que para*

*participar efetivamente você tenha que abrir mão de algum tipo de conforto, afetando diretamente seu estilo de vida. Como você se imagina diante de tal situação? Justifique:*

Esta questão, a exemplo da questão 3 também se refere ao *Locus de Controle Interno*, e tenta além de buscar saber se o indivíduo acredita que suas ações podem ter influência direta sobre sua vida, entender que visão ele tem do papel do homem com relação ao meio onde vive, se esta se caracteriza como uma visão onde a natureza é capaz de atender à satisfação das suas necessidades, inicialmente básicas ou vitais (respirar, comer, beber, dormir, abrigar-se, etc.), como se fosse um grande supermercado natural com inesgotáveis fontes de recursos destinados ao livre uso, conforme Dias (2004, p.96), ou se vê o homem e o meio como unidade um sistema único.

#### **4.3.2 O Instrumento 2 - Os Mapas Conceituais**

Nos estudos de casos, foram utilizados os mapas conceituais de Novak (2006) (veja capítulo III, seção 3.10, p. 107), como recursos para o levantamento das idéias dos alunos com relação aos aspectos da energia. Foi necessário primeiramente buscar informações com relação a forma mais adequada de se aplicar o método. Para tanto, se fez necessário a leitura de artigos relacionados ao tema (ver capítulo II, seção 2, p.11).

Complementando os procedimentos, a investigação também se realizou através do uso dos mapas conceituais nas atividades expressivas, com o auxílio do recurso do computador através do uso do *software Cmap-Tools*, associando aos conceitos o tema relativo à Educação Ambiental, seus pressupostos e a relação que o aluno faz dessa com os conceitos trabalhados na disciplina de eletricidade, do Módulo I, noturno do Curso de Projetos e Instalações Elétricas do CTI-FURG.

Com o intuito de preparar os alunos para a tarefa de construção dos mapas conceituais, foi elaborado um material de apoio impresso abordando os fundamentos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, aplicada à elaboração dos mapas conceituais segundo os pressupostos teóricos de Novak. Com o objetivo de facilitar o trabalho foi apresentado aos alunos, um exemplo de mapa conceitual contemplando como tema ou conceito central o Universo, os corpos celestes que o constitui e suas devidas imbricações.

### 4.3.3 O *Software* de Modelagem Computacional Qualitativa *Cmap-Tools*

Pelo mesmo motivo de facilitar as atividades expressivas, foi elaborado e fornecido aos alunos um tutorial de utilização do *software Cmap-Tools*, em Português, contendo exemplos passo a passo de como utilizar o *software*, o modo como criar um mapa, editar, salvar, etc. possibilitando assim, uma maior liberdade para os alunos.

Num primeiro momento, foi dado aos alunos um tempo para que tomassem consciência do conteúdo do material instrucional (ver apêndice B), imediatamente após o término desse momento foi aberto espaço para as discussões sobre o que haviam entendido quanto ao novo conteúdo do material apresentado, encerrando-se com a explicação em detalhes do método por parte do professor.

As tarefas foram realizadas imediatamente depois de encerradas as discussões e de se ter chegado ao consenso do que deveria ser feito e como deveria ser conduzido. Para tanto, os alunos agruparam-se em duplas, formadas considerando o caráter de afinidade para o trabalho. Este procedimento de organizar os alunos em duplas já foi utilizado com sucesso através de estudos realizados por Xavier (2003) e Orsini (2006), na oportunidade com a utilização do *software STELLA* (capítulo II, seção 3.9, p. 99), em um experimento em sala de aula, sob o enfoque semiquantitativo, com o propósito de investigar o uso desta ferramenta no auxílio à modelagem do pensamento.

Inicialmente pôde-se observar certa hesitação quanto a colocar na tela do computador o entendimento relativo aos conceitos, fornecidos segundo as concepções que eles apresentavam. Isto provavelmente se deve ao fato de estarem habituados a executarem tarefas que condenam o erro, que não permitem espaço para a experimentação.

Diante desse fato, foi salientado novamente que o intuito deste experimento era poder visualizar de forma gráfica a representação do modo como eles conseguiam relacionar os conceitos trabalhados na disciplina e de que maneira eles poderiam estar vinculados à Educação Ambiental. Enfatizou-se que não existe um mapa conceitual errado, pois conforme nos esclarece Moreira (2006), existem mapas conceituais que não apresentam grande riqueza de correlações ou até mesmo, contemplam referências entre conceitos que podem se constituir como objeto de dúvida e de discussões. Tentou-se deixar claro aos alunos que o fato de um aluno não construir adequadamente um mapa pode resultar da falha de conhecimentos dos



conceitos ou da não interligação entre eles, ou ainda, da dificuldade de verbalização de conhecimentos pouco ou mal interiorizados, o que possibilita que sejam corrigidos num processo de contínuo aperfeiçoamento.

#### **4.3.4 Material Instrucional**

Para a realização da atividade investigativa conforme realizado em Xavier (2003) e Orsini (2006), foi desenvolvido um material instrucional, apresentado no apêndice B, o qual consta de um conteúdo explicativo sobre questões relativas ao meio ambiente, energia, impacto ambiental, uso dos Mapas Conceituais, utilização do *software Cmap-Tools*, e um texto abordando um tema relacionado a uma relevante questão se for vista sob a ótica ambiental, bem como os roteiros para a realização das atividades expressivas de construção dos mapas conceituais.

#### **4.3.5 Módulo Expressivo**

Neste módulo, as atividades permitem maior liberdade aos alunos. São disponibilizados temas, conceitos que associados aos conhecimentos prévios e aos desenvolvidos no decorrer do processo, possibilitam aos alunos representar seus entendimentos quanto às questões trabalhadas anteriormente nos textos do material instrucional, configurando-se como atividade expressiva, quando o aluno é solicitado a desenvolver um modelo no Ambiente de Modelagem, em nosso caso o *software Cmap-Tools*.

#### **4.4 A Análise dos Dados Através do Uso das Redes Sistêmicas**

Pela característica dos dados, essencialmente qualitativos, devemos estar atentos conforme o pensamento de Camiletti (2001) quando adverte para a necessidade de que estas informações enquadrem alguns aspectos extremamente importantes, de maneira que possam permitir a estruturação de categorias de uma forma mais abrangente e complexa. Sendo assim, optamos pelo método de construção de redes sistêmicas (Bliss et al., 1983), para organizar essas categorias em estruturas interdependentes, pelo fato do mesmo ter sido utilizado, anteriormente e com sucesso em pesquisas, por pesquisadores do Projeto Modelciências<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> Modelciências : disponível no endereço [www.modelciencias.furg.br](http://www.modelciencias.furg.br)

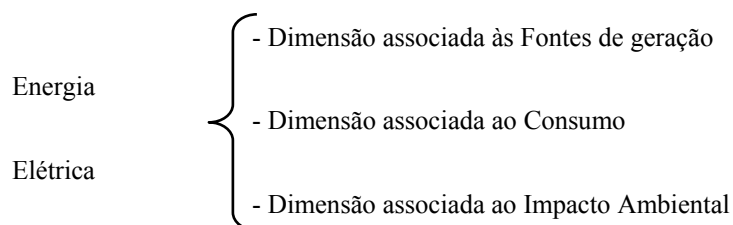
como por exemplo, Farias (2003), Bärwald (2002) e todos os demais pesquisadores citados no capítulo III, seção 3.9, p. 99, a utilização da Modelagem- breve histórico.

As redes sistêmicas podem ser utilizadas como recurso para avaliar dados qualitativos, através da categorização dos dados levantados (Bliss et al., 1983). Para tanto, as redes sistêmicas são constituídas por elementos básicos, comportando colchetes e chaves, onde um colchete é usado para representar qualquer conjunto de escolhas exclusivas e uma chave é usada para representar um conjunto de escolhas que ocorrem simultaneamente.

No entanto, para situações especiais podemos contar com um aparato técnico nas redes sistêmicas denominado de recursão e que é representado pela notação  $\curvearrowright$ . Esse recurso pode ser utilizado sempre que houver possibilidades repetidas, e para tanto devemos passar pelo mesmo colchete quantas vezes forem necessárias, antes de seguir adiante na rede, até se obter a descrição desejada da situação (Bliss et al., 1983).

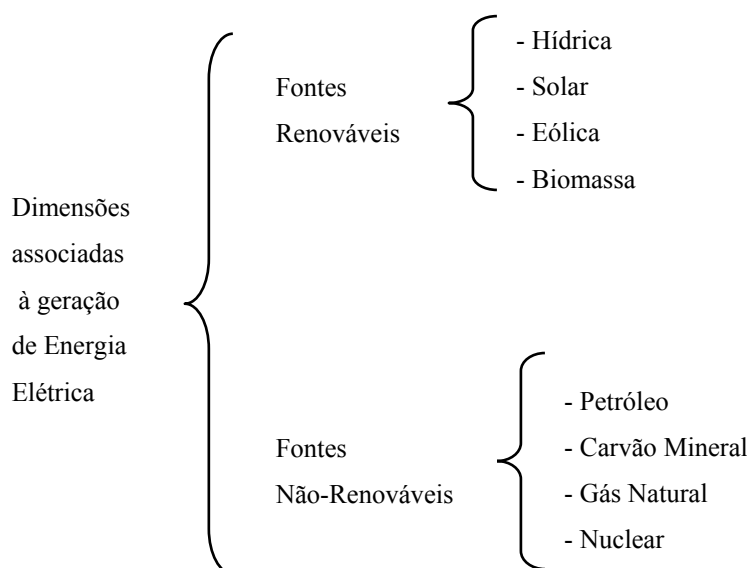
Os dados levantados através do material instrucional e das respostas obtidas nos questionários serão categorizados de modo que obedeçam a uma estrutura que vai da compreensão mais simples até a mais abrangente. Dessa maneira as categorias serão organizadas de modo a formar estruturas interdependentes e com isso será possível construir uma ramificação de categorias com maior abrangência do que apenas uma lista de categorias. Como consequência, a rede sistêmica poderá representar o comportamento dos estudantes ao longo das atividades.

A exemplo de Bärwald (2002), entendeu-se que ao se analisar as idéias e entendimentos que os estudantes apresentam com relação a energia elétrica em todas as suas relações, fez-se necessário estabelecer a seguinte rede sistêmica apresentada na figura 17 a seguir:



**Figura 17 - Rede sistêmica para as Dimensões associadas à energia Elétrica.**

Quanto a dimensão associada à geração da energia elétrica são relacionados a condição de serem renováveis ou não renováveis conforme consta na figura 18 apresentada a seguir. Com relação aos renováveis podemos observar a classificação conforme a fonte seja ela hídrica, solar, eólica ou proveniente das biomassas. Em se tratando de não renováveis são relacionados o petróleo, o carvão mineral, o gás natural e a nuclear.

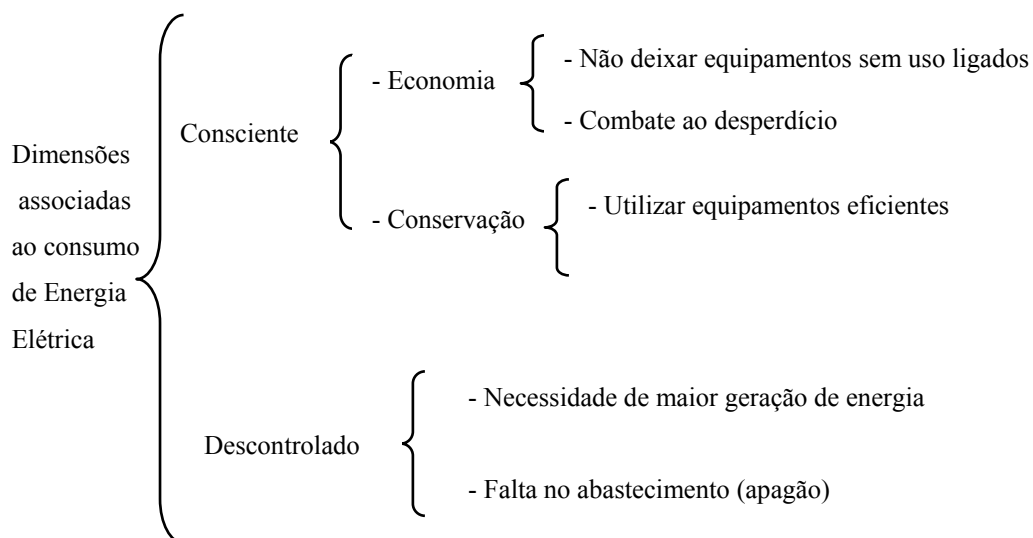


**Figura 18 - Rede sistêmica para a Dimensão associada à geração de energia Elétrica.**

Na dimensão associada ao consumo da energia elétrica disponível pode-se observar na figura 19, a preocupação quanto ao modo como esta pode ser consumida, se de forma consciente ou descontrolado.

Quanto ao modo consciente este está dividido em dois aspectos, primeiro relacionado com a preocupação com a economia referente ao cuidado em não deixar ligados equipamentos sem uso e em segundo a preocupação com relação a conservação da energia elétrica através da utilização de equipamentos eficientes.

Para a forma descontrolada de consumo de energia elétrica nota-se a preocupação com a possibilidade desta ter seu abastecimento interrompido, o que se caracteriza na linguagem técnica como *apagão* elétrico (veja capítulo II, seção 2.6, p.60), e completando a conseqüente necessidade de aumentar a geração de energia em função do consumo exagerado.



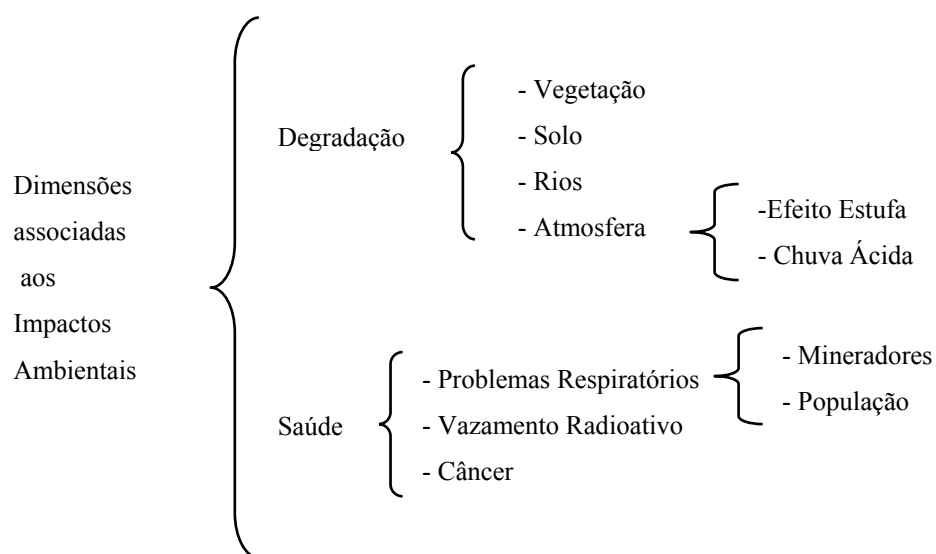
**Figura19 - Rede sistêmica para a Dimensão associada ao consumo de energia Elétrica**

Na última dimensão associada aos possíveis impactos decorrentes tanto dos processos de geração, como dos demais fatores relacionados à energia elétrica, são abordados dois aspectos, o primeiro relacionado a degradação e o segundo relativo a possíveis danos à saúde, conforme pode-se observar na figura 20 apresentada na seqüência.

No que diz respeito à preocupação com a degradação esta se refere a danos provocados à vegetação, ao solo aos rios e finalmente à atmosfera manifestados sob a forma de efeito estufa ou chuva ácida.

Quanto à saúde temos os seguintes aspectos: problemas respiratórios presentes nos operários que trabalham nas mineradoras de carvão e que por se tratarem de atividade de alto risco se justifica a preocupação, e problemas respiratórios na população em geral.

A dimensão referente à possível vazamento radioativo se dá em virtude de acontecimentos trágicos acontecidos no ano de 1986 na usina de Chernobyl, onde dezenas de pessoas morreram e uma imensa nuvem de partículas radioativas se dispersou nos ar afetando a Europa (veja capítulo II, seção 2.5, p.52). Toda esta preocupação já citada com a saúde justifica a última dimensão que está associada à possibilidade de aparecimento de câncer nas pessoas como consequência de problemas respiratórios ou de contaminação por exposição à radiação.



**Figura 20 - Rede sistêmica para a Dimensão associada aos possíveis Impactos ambientais.**

No capítulo seguinte apresentamos a análise dos dados levantados nos dois instrumentos de pesquisa.

## CAPÍTULO V

*Neste capítulo analisamos as idéias apresentadas pelos alunos sobre seu entendimento referente à energia elétrica e sua relação com o meio ambiente, considerando os aspectos de geração, utilização e conseqüente impacto ambiental.*

### 5 ANÁLISE DOS DADOS

Apresentamos primeiramente os resultados e análises dos dados referentes ao instrumento 1, composto pelo questionário aplicado aos alunos, contendo questões abordando o tema energia elétrica. Esse instrumento contempla os aspectos relativos às fontes de energia, o impacto ambiental e a eficiência energética e sustentabilidade, conforme consta no apêndice A. Na seqüência são apresentados os mapas conceituais desenvolvidos pelas nove duplas de estudantes durante as atividades expressivas e que envolveu um texto sugerido pelo pesquisador.

#### 5.1 Primeiro Instrumento – O Questionário

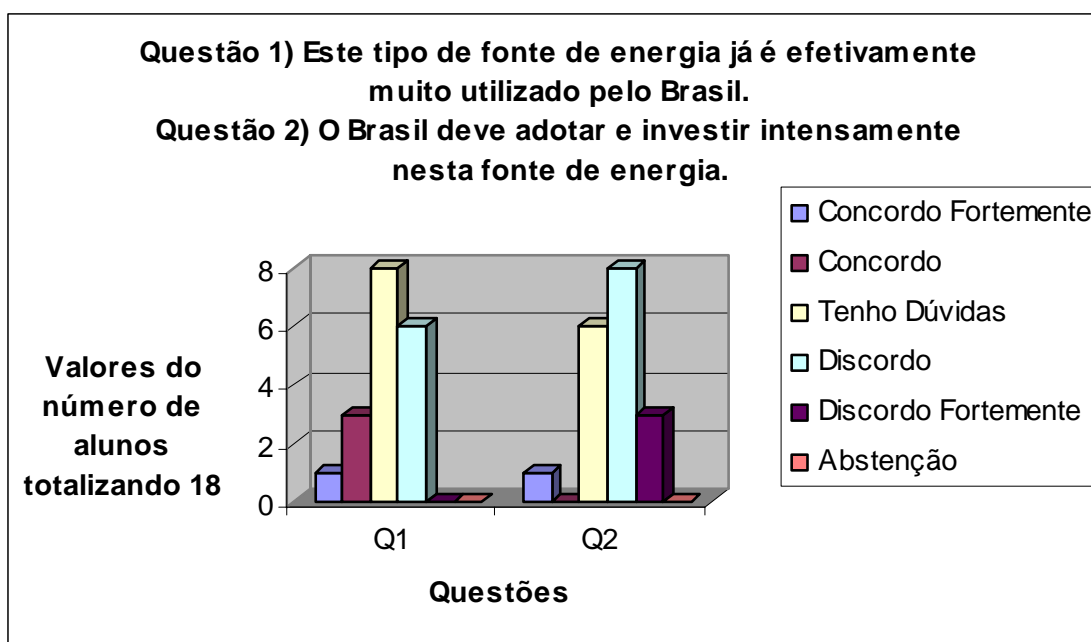
Os dados que surgiram da aplicação do Instrumento 1 (ver apêndice A) cujas questões foram apresentadas e discutidas (ver capítulo IV, seção 4.3.1.1, p. 120), nos possibilitaram construir gráficos e redes com o propósito de analisar essas informações dos quais resultaram as análises que se seguem e que foram feitas mantendo como foco as questões de pesquisa apresentadas no capítulo I, seção 1.4.1, p. 7.

Nas duas primeiras questões do instrumento 1 (ver apêndice A) foram abordados os tipos de energia no que diz respeito à fonte de sua geração. Para a primeira questão o foco se concentrou em saber do aluno que visão ele tem com respeito à intensidade com que cada tipo de fonte de energia é utilizado no Brasil conforme se pode verificar no texto da **Questão 1: *Este tipo de fonte de energia já é efetivamente muito utilizado pelo Brasil.*** Com relação à elaboração da questão 2, o objetivo se concentrou em saber segundo a opinião do aluno, sobre qual dos tipos de fonte de geração de energia elétrica deve merecer mais investimentos por

parte dos governantes; com o adicional composto por uma justificativa conforme demonstrado na **Questão 2: - O Brasil deve adotar e investir intensamente nesta fonte de energia.**

Tanto para a questão 1 como para a questão 2 são relacionadas às mesmas alternativas, conforme instrumento no apêndice A. A intenção deste procedimento foi permitir que através do cruzamento das escolhas feitas nas duas questões, somadas às justificativas, tornou-se possível podermos ter uma visão de como o aluno vê a utilização dos recursos no Brasil, a forma como deveria ser e através das justificativas levantar opiniões que possam dar evidências de uma preocupação com o meio ambiente.

### 5.1.1 Análise da alternativa A refere-se à Termoelétrica pela utilização de Carvão.



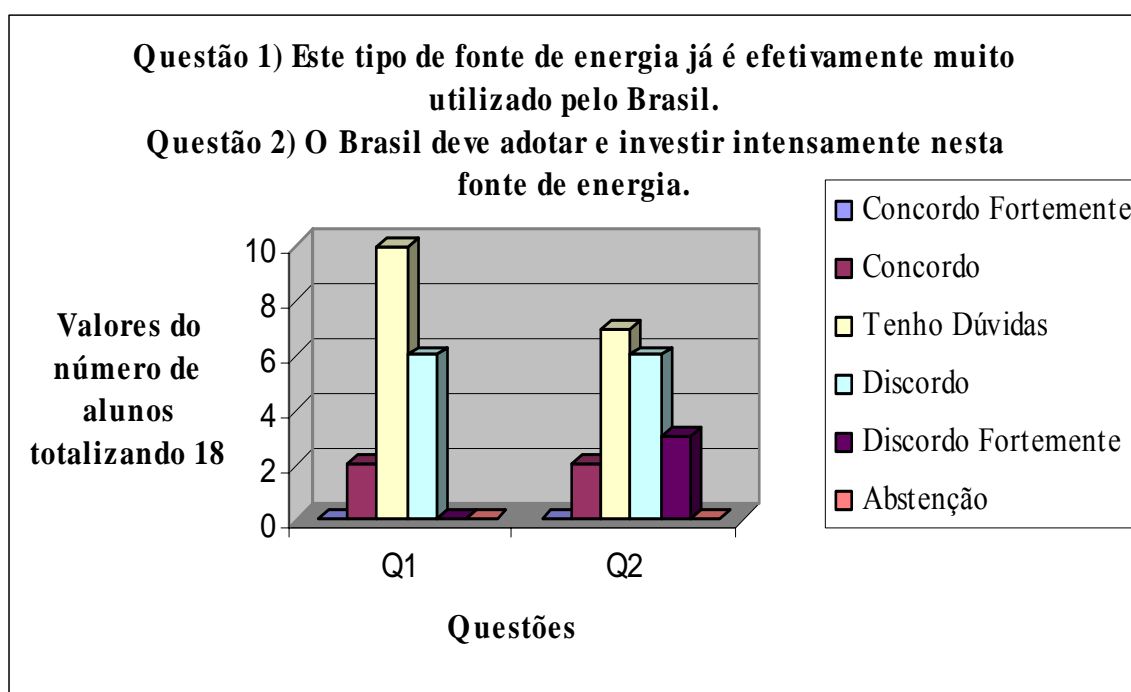
*Figura 21 – Gráfico de comparação entre as questões 1 e 2 para a alternativa A Termoelétrica pela utilização de Carvão.*

Na alternativa A *Termoelétrica pela utilização de Carvão* podemos observar que os alunos, ao responderem à questão 1, apresentam dúvidas ou de fato discordam com a afirmativa de que a geração de eletricidade através de termoelétrica pelo uso de carvão seja significativa no Brasil. Conforme se pode observar no *gráfico 04* acima e tomando como referência BEN 2007 (veja capítulo II, seção 2.4.1, p. 35) a oferta de energia proveniente do carvão mineral correspondeu no ano de 2007 em torno de 1,3% da estrutura da matriz de oferta de energia elétrica no Brasil. Se agruparmos os valores dos alunos que apresentam

dúvidas quanto à veracidade da afirmativa, com os que discordam que ela seja verdadeira, veremos que a grande maioria não vê a utilização do carvão mineral como sendo recurso expressivo na geração de energia elétrica, o que está de acordo.

No tocante a questão 2, a qual questiona se o Brasil deve investir na utilização do carvão mineral, notamos que há uma simetria entre as respostas obtidas na questão 1, apenas alternando os valores entre os que têm dúvidas e que discordam, mas mesmo assim o grande grupo continua com a mesma tendência, apenas confirmando a maioria como discordantes. Estes dados nos levam a crer que os alunos de fato conhecem a realidade da utilização do carvão mineral como sendo de pouca expressão no cenário nacional. Essas mesmas informações nos permitiram concluir que na visão dos alunos o Brasil não deve fazer investimentos neste setor, tendo em vista os altos índices de poluição ocasionados pela queima desse tipo de combustível, a qual influencia na formação da chuva ácida devido à liberação de poluentes como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio durante a combustão (veja capítulo II, seção 2.5.2, p. 58).

### 5.1.2 Análise da alternativa B refere-se à Termoelétrica pela utilização do óleo Diesel.



*Figura 22 - Gráfico de comparação entre as questões 1 e 2 para a alternativa B Termoelétrica pela utilização de Óleo Diesel.*

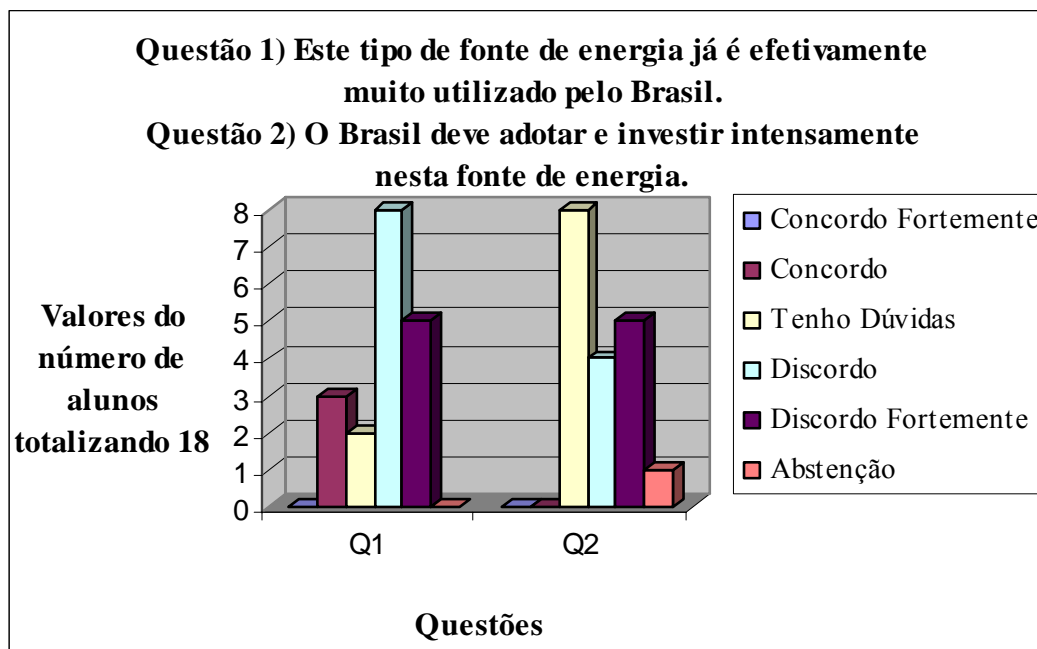


No caso da alternativa **B *Termoelétrica pela utilização de Óleo Diesel*** a qual se questiona se o Brasil deve investir na utilização de Termoelétrica pela utilização do óleo diesel, esta questão tratou exclusivamente do óleo diesel pelo fato de ser o mais utilizado dos derivados do petróleo na produção industrial. Segundo o BEN 2007, juntos os derivados de petróleo foram responsáveis por 2,8% da oferta interna de energia elétrica, o que não corresponde a uma parcela suficientemente significativa na geração de energia elétrica se comparado a outras aplicações que o diesel tem, como por exemplo, nos transportes.

Os valores fornecidos na alternativa **B → *Termoelétrica pela utilização de Óleo Diesel*** tanto para a questão 1, como para a questão 2, revelam que poucos consideram que o diesel é muito utilizado e uma parcela equivalente acredita que não devem ser feitos investimentos na sua utilização, este comportamento se justifica pelo fato do óleo diesel ser um recurso esgotável, capaz de liberar dióxido de carbono na atmosfera, poluindo o ambiente e colaborando para o aquecimento global (veja capítulo II, seção 2.5.1. p.53).

A parcela que discorda tanto da afirmativa relacionada à efetiva utilização atual, como de novos investimentos no óleo diesel, se manteve constante no mesmo valor. A variação se deve ao fato de que uma parte do expressivo número de duvidosos na Questão 1 migrou para os que discordam fortemente com novos investimentos nesse recurso. Este quadro não se diferencia muito do apresentado na alternativa **A → *Termoelétrica pela utilização de Carvão*** que trata do carvão mineral. Muito se deve ao fato de ambos os recursos serem provenientes de reservas não-renováveis e altamente poluidoras, elementos causadores de agressões significativas ao meio ambiente como, por exemplo, o aquecimento global, chuva ácida, etc, conforme visto no capítulo II, seção 2.5.2, p.58.

### 5.1.3 Análise da alternativa C refere-se à Termoelétrica pela utilização de Combustível Nuclear.



*Figura 23 - Gráfico de comparação entre as questões 1 e 2 para a alternativa C Termoelétrica pela utilização de Combustível Nuclear.*

Para esta alternativa que questiona se o Brasil deve investir nas Termoelétricas pela utilização de Combustível Nuclear, observa-se que não foram manifestadas opiniões favoráveis a investimentos neste tipo de recurso, tanto a opção *Concordo Fortemente* como *Concordo*, não tiveram manifestação. Podemos observar que quase metade dos respondentes apresentou dúvidas, restando cerca de um quarto que se caracterizam como discordantes e o restante consolidando os que discordam com muita ênfase. Ao se observar os números associados às respectivas respostas, é possível notarmos que os respondentes que apresentam dúvidas manifestam preocupação quanto à possibilidade de que possa acontecer algum acidente de operação, que poderia estar relacionado às habilidades e competências dos técnicos brasileiros, resultando em vazamento de radiação vindo a causar danos irreparáveis à saúde humana, e grande impacto no ambiente tendo sido referenciado por vezes o acidente com o reator da Usina de Chernobyl (veja capítulo II, seção 2.5, p.52). Somam-se a isto o destino que é dado aos resíduos radioativos, considerando que estes apresentam a característica de necessitarem de todo um aparato tecnológico para seu tratamento e destino final. Uma outra preocupação diz respeito à condição do povo brasileiro, indagando se este

estaria preparado para um acidente envolvendo contaminação radioativa. Não foi lembrado em momento algum o acidente ocorrido em Goiânia, em 1987, que foi causado pela irresponsabilidade dos administradores de uma clínica que não providenciaram o fim adequado ao elemento radioativo utilizado, proporcionando que este elemento fosse para em um ferro-velho, onde acabou por ser tratado como sucata, contaminando membros da população carentes de informação adequada que o manusearam, resultando desta maneira em um incidente que envolveu mortes e repercutiu em toda população uma grande tristeza, conforme consta no capítulo II, seção 2.5, p.53.

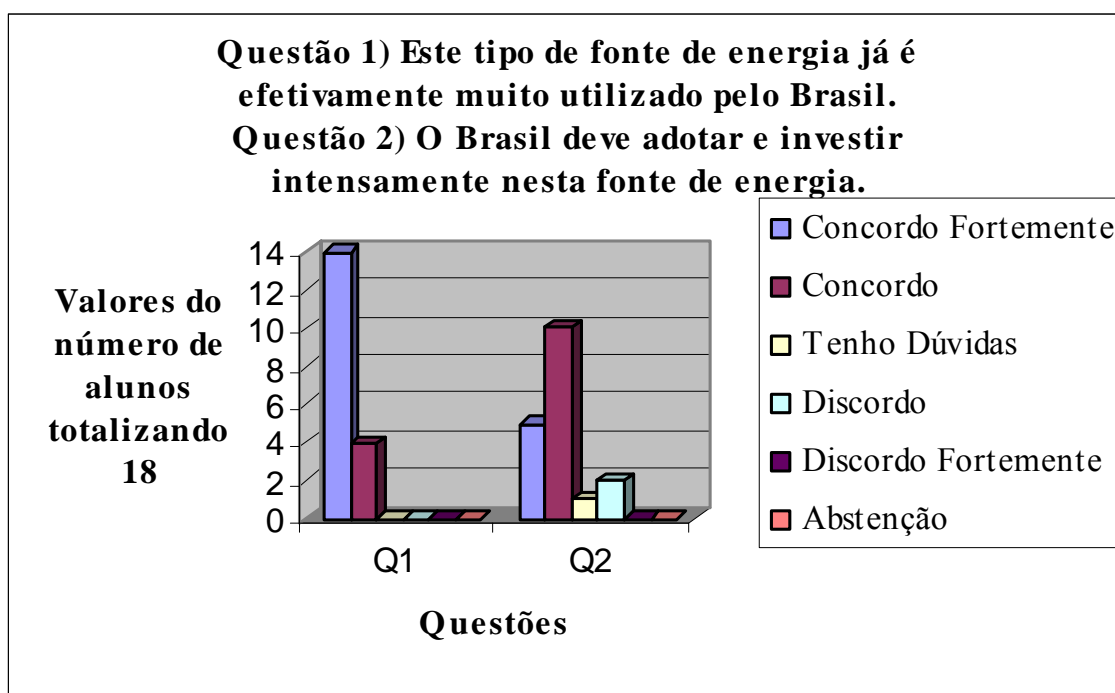
Tanto os alunos que apenas discordaram como os que fortemente discordam justificam sua posição em função do alto custo financeiro das instalações, o já referido perigo de um possível acidente e a falta de informação a respeito do assunto, uma vez que a energia nuclear não faz parte do domínio público e seus conceitos e tecnologias ainda pertencem a grupos muito restritos de pessoas. Esta preocupação se justifica tendo em vista as ações nefastas contra o meio ambiente, ocorridas com o trágico episódio ocorrido em 26 de abril de 1986 na Usina de Chernobyl, que chocou mundo pelos irreversíveis danos de proporções catastróficas que causou no ambiente, sendo considerado, por muitos, como o maior acidente na história da energia nuclear, conforme podemos observar no relato Dias (2004) citado no capítulo II, seção 2.5, p.52.

É significativo considerar o fato de que apenas um respondente considera a energia nuclear como sendo a energia do futuro, pois segundo a Comissão Nacional de energia Nuclear (CNEN), a energia nuclear torna-se cada vez mais uma opção para atender com eficácia à demanda energética no mundo moderno. Se considerarmos que no ano de 2007, segundo BEN, foi responsável por 2,5% da oferta de energia elétrica. Contudo, não se diferencia do grupo que apresenta dúvidas em relação a esta fonte de energia, por considerar que os riscos de acidentes ainda são uma grande ameaça, mesmo levando em conta o avanço tecnológico que houve nos últimos anos. A grande preocupação com relação a um possível acidente perpassa o receio a quase que sentença de morte de membros da população, o impacto ambiental se manifesta por muitos anos, em alguns casos em centenas de anos, e este é um aspecto que assusta muito pela impossibilidade de recuperação do meio ambiente.

A considerar pelo posicionamento dos participantes, nota-se que a energia nuclear ainda é um tabu para a maioria dos alunos. Se for comparada à realidade do quadro de

geração brasileiro preponderantemente hidrelétrico (veja capítulo II, seção 2.4.1, p. 35), cujos riscos de acontecer uma catástrofe são pouco expressivos, torna-se difícil que esta alternativa energética venha a se constituir como promissora e fazer parte das expectativas se mantendo o posicionamento apresentado.

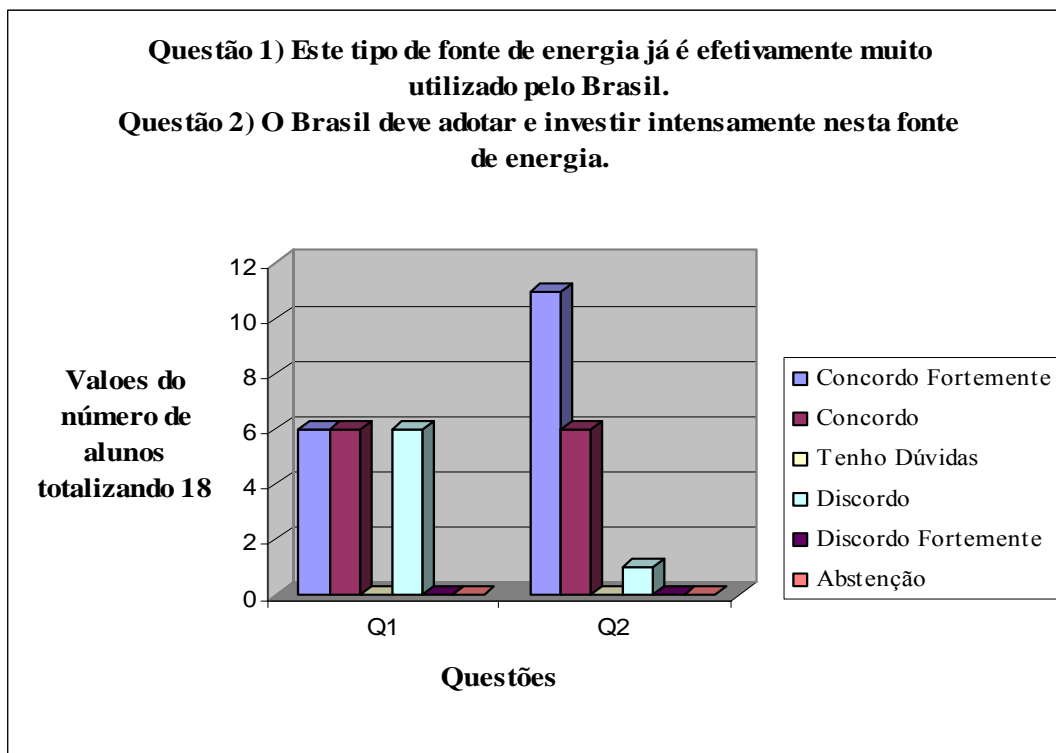
#### 5.1.4 Análise da alternativa D, refere-se a geração de energia elétrica através de usina Hidroelétrica.



*Figura 24 - Gráfico de comparação entre as questões 1 e 2 para a alternativa D Termoelétrica pela utilização de Usina Hidrelétrica.*

O Brasil apresenta uma significativa diferença na participação da energia hidráulica na Matriz de Oferta de Energia Elétrica, de 77,3% ou 85,2% se considerarmos a importação (veja capítulo II, seção 2.4.1.1, p. 36). Esse panorama pode perfeitamente ser notado observando os dados constantes no gráfico 04, relativo à Questão 1, alternativa *A Termoelétrica pela utilização de Carvão*, pelo expressivo número assinalado pelos alunos que entendem que esse tipo de fonte de geração de energia é realmente predominante no Brasil, haja visto que a grande maioria concorda fortemente com a afirmativa e o restante assinalou que apenas concorda o que não demonstra falta de conhecimento, pois deduzimos que esta escolha apenas reflete uma singela falta de convicção.

### 5.1.5 Análise da alternativa E, refere-se à geração de energia elétrica através de usina Eólica.



*Figura 25 - Gráfico de comparação entre as questões 1 e 2 para a alternativa E Termoelétrica pela utilização Energia Eólica.*

Começa aqui uma abordagem com relação às fontes de energia alternativas, o conceito de energia eólica está agregado ao conceito de energia limpa, como forma renovável de geração, não polui o meio ambiente, não gera resíduos e provoca pouco ou quase nenhum impacto ambiental. Um dos poucos, senão o único fator que concorre contra a sua implantação é o fato de ser necessário observar, nos locais onde os estudos indicam grande potencial de incidência de ventos, é se não há a possibilidade estar coincidindo com rotas de aves migratórias. Os resultados obtidos, disponíveis no gráfico 08, demonstram que os alunos dividiram suas opiniões em três grupos com participações distribuídas de modo equivalente entre os que Concordam Fortemente, Concordam e discordam. Não houve presença de manifestações de grupos caracterizados pelo posicionamento Tenho Dúvidas, Discordam Fortemente e Abstenção para o questionamento se esse tipo de fonte não é efetivamente utilizado no Brasil. Ao compararmos estes dados com os fornecidos pelo BEN 2007, os quais apontavam uma participação de 0,1 % e no mesmo relatório para o ano de 2007 esses índices

são tão inexpressivos que não constam na publicação, assim ao fazermos a análise de uma realidade na qual a energia eólica não contribui para a oferta de energia elétrica no Brasil, segundo as fontes oficiais citadas, se somarmos os grupos Concordo e Concordo Fortemente, teremos dois terços do total de alunos que consideram que ela contribui, dessa maneira somos levados a crer que pode haver falta de informação ou um erro na interpretação da mesma.

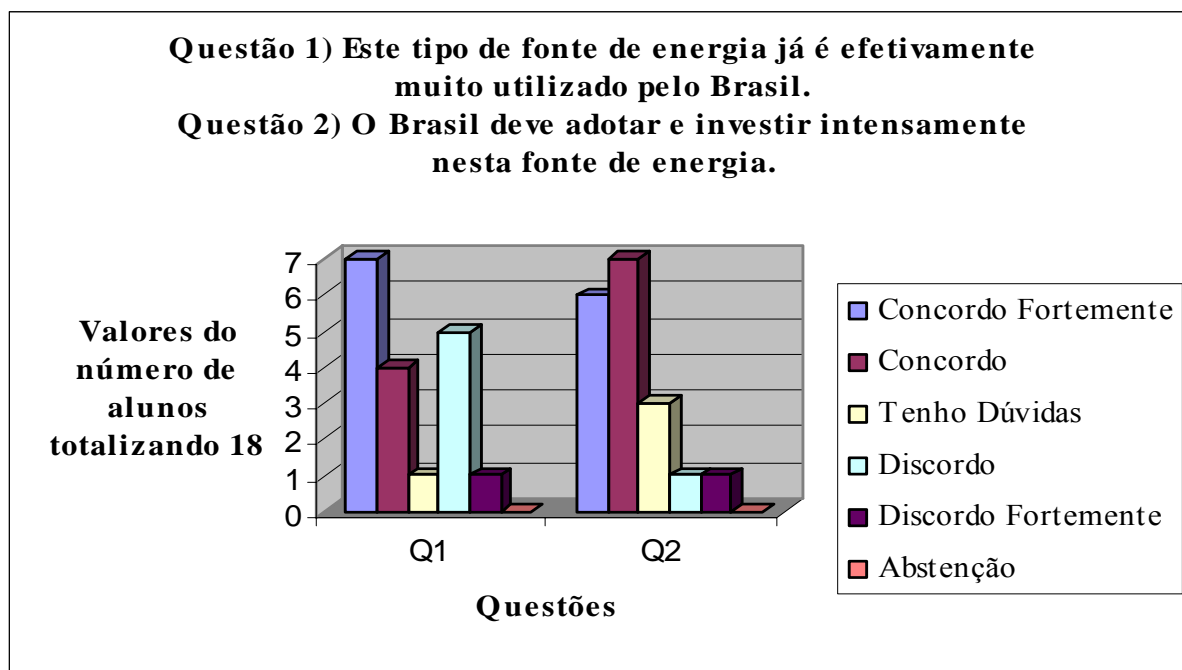
Uma visão mais ampla sobre as respostas dos alunos com relação à energia eólica na geração de energia elétrica, pode ser complementada ao se analisar as respostas para a esta alternativa dadas na Questão 2, onde o grupo de alunos que corresponde a Concordo Fortemente e Concordo aumentou somando quase que a totalidade. Esses dados juntos, nos permitem concluir que houve uma má interpretação entre o papel que a energia eólica ocupa na matriz elétrica e os adjetivos positivos que são dados a ela (ver capítulo II, seção 2.4.1.1, p. 36) como forma de energia limpa.

Aqui, então está detectada uma deficiência considerável e que pode parecer não muito importante. Na verdade é uma visão ingênua acreditar que detectado esta deficiência, a mesma não tenha grande importância, *poderíamos especular*, então, que se um público crê que uma fonte de energia, notadamente considerada como positiva em vários aspectos, pertencente à categoria das fontes renováveis, é muito utilizada, o que de fato não corresponde à verdade, poderia gerar uma situação de acomodação, pois havendo um estado de conformismo poderia acontecer de no futuro não apresentarem interesse por defenderem-na como uma importante opção de investimentos, justamente pelo fato de pensarem que já se constitui como importante e expressiva parcela da matriz elétrica nacional.

#### **5.1.6 Análise da alternativa F refere-se à geração de energia elétrica através de usina que capta a energia Solar.**

Na análise da alternativa F - Termoelétrica pela utilização de Energia solar, sobre o papel da energia solar ou a necessidade de se investir nesse tipo de fonte de energia, um fenômeno semelhante à alternativa anterior referente à energia eólica, parece se repetir. Podemos observar que as escolhas Concordo Fortemente e Concordo, quase totalizam novamente os dois terços apresentados para a fonte eólica, houve o decréscimo de apenas um ponto (num total de 18 alunos). Para a opção de Discordo houve também uma redução de um ponto. Essas diferenças se acumularam respectivamente e com pesos iguais nas opções

Tenho Dúvidas e Discordo Fortemente, o que em nossa análise não altera o panorama para a Questão 1.



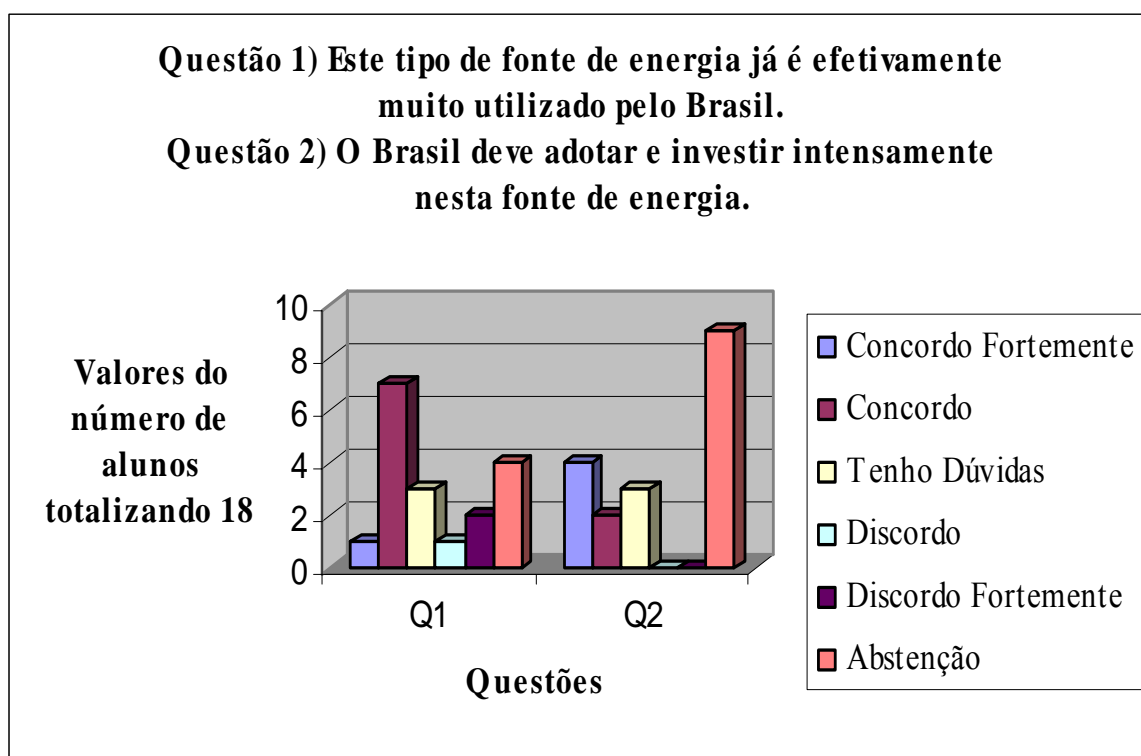
*Figura 26 - Gráfico de comparação entre as questões 1 e 2 para a alternativa.*

***F Termoelétrica pela utilização de Energia solar.***

Quanto à Questão 1 sobre o papel da energia solar a somatória de Concordo Fortemente e Concordo permaneceu quase o mesmo valor diminuindo apenas um ponto. No tocante à Questão 2 que trata da necessidade de investimento, apresentou para o mesmo grupo Concordo Fortemente e Concordo uma pequena redução, totalizando 13 pontos se comparada à energia eólica que havia totalizado 17 pontos. Esta diferença de 4 pontos se deve ao fato de ter havido manifestações de Tenho Dúvidas com 3 e Discordo com 4 pontos respectivamente. Contudo, ainda assim, o grupo que Concordo Fortemente e Concordo mantém um valor expressivo e dominante das respostas. No tocante aos alunos que Discordaram Fortemente permaneceram inalterados. A mudança que se observa é que o montante que reduziu do primeiro grupo Concordo Fortemente e Concordo, migrou com 3 pontos para o grupo Tenho Dúvidas, e um ponto para o grupo Discordo Fortemente. Desta maneira podemos especular que existe uma parcela de duvidosos, senão contrários a idéia de que se deva fazer investimentos nesta fonte de geração de energia.

A análise que se faz desses dados relativos à forma como o aluno vê a energia solar no cenário nacional e a necessidade de se fazer investimentos significativos na sua utilização, é semelhante a que se fez para a energia eólica, isto se justifica pelo fato da energia solar também ocupar um papel pouco significativo na matriz elétrica Nacional, e termos verificado que quase dois terços dos respondentes consideram que a mesma ocupa uma parcela expressiva na referida matriz. Da mesma forma, entendemos que existe uma visão errônea e que este fato deve ser objeto de nossa atenção, inclusive merecendo esforços no sentido de corrigir tais deficiências o que poderia vir como resultados de futuras propostas de inserção do tema nas aulas ministradas nos curso técnicos do CTI.

**5.1.7 Esta alternativa refere-se a uma possível fonte de geração de energia elétrica não mencionada no instrumento 1: \*Outra\* fonte. Especifique qual: Por quê?**



**Figura 27 - Gráfico de comparação entre as questões 1 e 2 para a alternativa. G Termoelétrica pela utilização de Outra Forma de energia.**

Apresentamos os dados referentes à matriz energética nacional, relativa à oferta de energia elétrica, com o intuito de facilitar o acompanhamento da análise dos dados aqui



apresentados. De acordo com o BEN 2007, a oferta de energia elétrica ficou conforme os parâmetros apresentados na tabela 02 (veja capítulo II, seção 2.4.1.1, p. 36).

Podemos observar que o montante dos alunos que assinalaram que têm dúvida é o mesmo tanto para a Questão 1 como para a Questão 2, isso demonstra a princípio certa coerência nas respostas.

Exceto na alternativa referente à energia nuclear, pela característica de oferecer alto risco, que apresentou uma abstenção unitária na Questão 2, em todas as alternativas anteriores os alunos se posicionaram de alguma forma. Neste caso específico das classificadas como “outras” que complementarizam as formas alternativas, pode-se notar que os alunos não demonstraram conhecimento, ou domínio sobre a questão abordada. Ao serem questionados se há outras fontes de energias que ocupam lugar significativo na matriz energética ao responderem a Questão 1, se comparado aos que marcaram a opção de que *Concordam*, a diferença entre elas não é muito expressiva, na verdade se somarmos aos que se *Abstiveram*, os *Duvidosos e Discordantes* com relação à afirmativa da Questão 1, este montante é superior aos que *Concordam* com a referida afirmativa, números que nos levam a crer que falta esclarecimentos a respeito de fontes alternativas de geração de energia elétrica, além das comumente mencionadas eólica e solar, ou então faltou divulgação suficiente por parte dos meios de comunicação de massa, campanhas governamentais e até mesmo ausência do tema no curso de Projetos e Instalações Elétricas, muito embora este tema esteja previsto no programa do referido curso conforme mencionado no capítulo I, seção 1.2, p. 5.

De acordo com os dados contidos na tabela 02 (veja capítulo II, seção 2.4.1.1, p. 36), outras fontes como o gás natural, biomassa, gás industrial e qualquer outra fonte que seja importada totalizam 16 % da oferta de energia elétrica nacional. É possível que pelo fato de juntas representarem apenas 16% do total da matriz da oferta de energia elétrica, e estarmos todos, membros da população brasileira, de tal modo tão dependentes da utilização dos recursos hídricos cerca de 77,3 %, dados que costumam ser veiculados com frequência nos meios de comunicação, apresentando sempre números expressivos, de maneira que é comum ouvir a notícia sobre a hidrelétrica de Itaipu, que por muitos anos foi a maior usina geradora de energia elétrica no mundo, sem falar de estações de geração no rio São Francisco, barragem de Itá na divisa do Rio grande do Sul com Santa Catarina e muitas outras. Todo este cenário pode ser motivo para obscurecer uma pequena propaganda que possa ter sido feita

com relação ao programa de geração de energia elétrica através do uso do bagaço da cana-de-açúcar, por exemplo.

Também se configura como um dado importante, o fato dos alunos ao serem questionados, sobre alguma possível “outra” fonte de energia que deveria receber investimentos significativos por parte dos governantes, os números demonstram uma ausência de informação, pois se somarmos os que concordam fortemente com esta afirmativa e os que simplesmente concordam, chega-se apenas a um terço do contingente de alunos questionados.

Quanto à segunda parte da questão que solicitava ao aluno que especificasse qual a fonte poderia se enquadrar na categoria outra, os resultados são singelos, na grande maioria apenas uma citação, com raros casos em que se pode observar uma justificativa, conforme pode ser observados através da transcrição feita a seguir.

- *“o gás natural”;*
- *“qualquer fonte de energia mais limpa”;*
- *‘não vejo nenhuma outra fonte’;*
- *“as marés, são inesgotável”;*
- *“investir em novas idéias, incentivar projetos e estudos”;*
- *“investir em novas tecnologias como os nano tubos de carbono”;*
- *“energia de geradores onde não há distribuição de energia”;*
- *“biomassas”;*
- *“Biomassa cana-de-açúcar”.*

Algumas respostas se repetiram como o caso das biomassas e as marés e 6 alunos não manifestaram opinião deixando a alternativa em branco.

No geral, observa-se que há um déficit apresentado com relação a fontes alternativas de geração de energia elétrica, esta realidade necessita ser trabalhada e revertida se quisermos ter nos alunos que concluem o Curso de Projetos e Instalações Elétricas o desenvolvimento de um conhecimento que possa levar a construção de uma consciência ambiental.

A partir da segunda parte do questionário foi utilizada outra modalidade de questão. Assim, da questão 3 (três) a 6 (seis), encontramos o seguinte enunciado: Disserte sobre o que se pede.

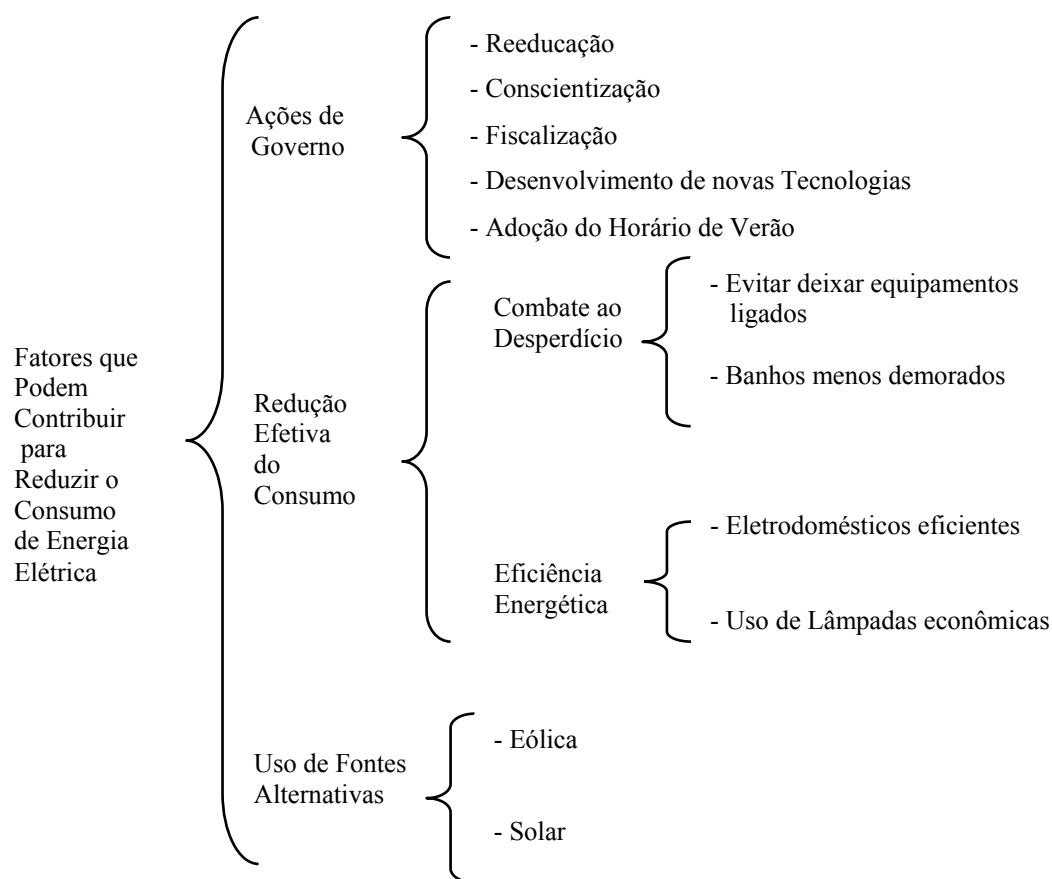
### 5.1.8 Análise da Questão 03

Na formulação desta questão buscamos investigar como o aluno vê as questões relacionadas ao consumo da energia elétrica e isto fica evidente na forma de construção da *Questão 3) Em sua opinião, de que maneira é possível contribuir para a redução do consumo de energia elétrica no país? Justifique.*

As respostas obtidas, para esta questão, giram em torno de medidas já conhecidas pela população e que costumam ser divulgadas com frequência nos veículos de comunicação. Entre estas medidas podemos citar ações promovidas pelo governo no sentido de reeducação conceito que segundo Dias (2004) está atrelado à idéia de reflexão sobre as ações com possíveis mudanças de hábitos, conscientização, fiscalização, incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias e o já conhecido horário de verão. Não poderia ficar de fora a preocupação com a redução efetiva do consumo através do combate ao desperdício e a incidência de eficiência energética, aplicados aos equipamentos industriais e domésticos. Complementando as categorias está presente o uso de fontes alternativas de energia elétrica baseadas no uso das fontes renováveis compostas pelos recursos advindos do Sol e dos ventos. Todas essas possibilidades passam pela reeducação, conscientização da população, medidas capazes de promover novos comportamentos, associados a vinculação direta entre aumento do consumo de energia elétrica e a conseqüente degradação do meio ambiente.

Desta forma, baseados nos dados obtidos do instrumento 1, referentes a questão 3, apresentamos a seguir a rede sistêmica que nos possibilitou fazer a análise da forma como os alunos imaginam equacionar o problema proposto:

Como fatores ou ações que podem contribuir para a redução do consumo de energia elétrica, é possível observarmos a presença de três categorias: Ações de Governo, Redução do Consumo, e uso de Fontes Alternativas de geração de energia elétrica.



**Figura 28 - Rede sistêmica elaborada segundo os posicionamentos dos alunos frente a questão 3) Em sua opinião, de que maneira é possível contribuir para a redução do consumo de energia elétrica no país?**

Os posicionamentos com relação a possíveis ações governamentais estão diretamente ligados à formação de uma consciência cidadã (veja capítulo III, seção 3.5, p. 86), de fato as primeiras duas categorias apresentam características complementares e passam pela reeducação e conscientização, pois ambas visam a construção de uma consciência capaz de perceber o quanto o consumo de energia elétrica está atrelado aos impactos ambientais, e também pela construção de conhecimento até a percepção das relações sistêmicas que envolvem o tema.

Ainda sob o ponto de vista da construção de uma consciência cidadã (veja capítulo III, seção 3.5, p. 86), vemos a presença, apontada pelos alunos, da necessidade de uma fiscalização junto às empresas que consomem esta energia sem a preocupação de que o maior consumo perpassa pela necessidade de extrair do meio ambiente mais recursos.

O desenvolvimento de novas tecnologias capazes de promover uma maior eficiência nos equipamentos também surgiu desse questionamento e como se tratava de alunos de um curso técnico essa preocupação se faz pertinente, pois os mesmos têm no desenvolvimento dos conteúdos a preocupação com estar sintonizado com os avanços tecnológicos do setor elétrico. De fato, existe no plano de ensino do referido curso investigado nesse trabalho, uma preocupação com o uso de dispositivos e tecnologias que contemplem maior eficiência energética. Encerrando as categorias que compõem ações governamentais, temos a adoção do horário de verão. Este procedimento já faz parte da rotina anual de toda a sociedade brasileira, e na visão do governo a população tem participado de maneira positiva dessas campanhas.

Com relação à redução efetiva do consumo de energia elétrica, esta se encontra dividida em dois grupos, combate ao desperdício e eficiência energética. Composto as categorias que integram o combate ao desperdício foram relacionados os casos onde se deva ficar atento para o uso eficiente e notadamente necessário dos equipamentos eletrodomésticos e de lâmpadas de iluminação. Isto se justifica porque é comum encontrarmos ambientes iluminados sem a presença de pessoas ou então eletrodomésticos ligados na mesma situação. Foi também mencionado o caso do uso do chuveiro elétrico, o qual muitas vezes apresenta uma potência elétrica muito elevada no período do inverno, o que muitas vezes não impede que os usuários permaneçam com este equipamento ligado por um período consideravelmente longo para um simples banho de chuveiro.

Ainda com relação ao aspecto consumo, os alunos manifestaram preocupação com relação ao consumo exagerado e fora de controle, fato este muitas vezes resultado da falta de consciência ambiental decorrente da dificuldade em estabelecer a relação de que um consumo maior necessita de maior geração de energia elétrica, e que isto resulta em maiores agressões no meio ambiente, exercício este que requer a existência de Pensamento Sistêmico (veja capítulo III, seção 3.4.1, p.82).

Quanto a categoria referente à eficiência energética, foram mencionados o uso de lâmpadas econômicas e eletrodomésticos mais eficientes. Essa preocupação com a eficiência energética, nos surpreendeu porque o grupo de alunos, que respondeu a esse instrumento, mesmo não tendo ainda, na época da coleta dos dados, tido contato com a disciplina que trata especificamente de eficiência energética pelo fato da mesma só ser disponibilizada no quarto módulo do curso, mesmo assim, mencionaram a necessidade de equipamentos mais eficientes.

Analisando amplamente e levando em conta as observações que foram feitas no decorrer de todo o período de coleta dos dados, as informações que surgiram das respostas da questão nos levaram a crer que o tema eficiência energética, atualmente, faz parte das mais diversas áreas e não fica restrito apenas ao ambiente escolar, ou de uma disciplina específica.

Encerrando a rede sistêmica para a questão 3, encontramos a preocupação quanto ao uso das fontes alternativas, citadas pelos alunos vinculadas à utilização da energia Solar e Eólica. Foi mencionado a necessidade de se fazer investimentos em geração de energia elétrica através da captação de energia emanada do sol (solar), e a utilização do imenso potencial mecânico dos Ventos (eólico), contudo, não apareceu manifestações sobre o uso de biomassa como forma de obtenção de energia elétrica.

Quanto aos aspectos relacionados às consequências ambientais, aqui tratadas como impactos ambientais, concentramos a nossa atenção quanto à preocupação com o consumo da energia elétrica e com possíveis estratégias que possam vir a contribuir com a redução desses mesmos efeitos, e o quanto os alunos estariam, ou se imaginariam comprometidos com ações e campanhas organizadas nesse sentido.

#### **5.1.9 Análise da Questão 04**

*4) Como poderemos como cidadãos brasileiros, agir de forma a garantir a sustentabilidade ecológica no planeta, no que diz respeito ao uso da energia elétrica?*

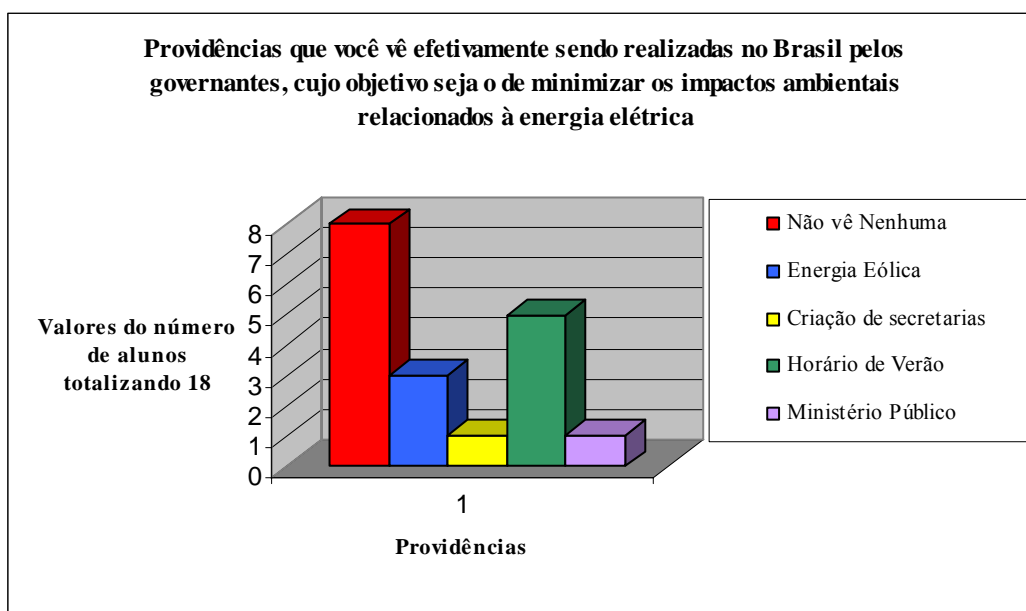
Como modo de promover uma referência básica sobre o assunto tratado na questão, foi disponibilizado aos alunos um conceito amplo e atual de sustentabilidade conforme nos relata Jacobi: “A noção de sustentabilidade implica uma necessária inter-relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte” (Jacobi, 1994). A iniciativa visou auxiliar àqueles que tinham uma idéia não muito clara e assim partindo de uma referência poder refletir sobre o tema segundo sua visão sobre o mesmo.

Várias categorias emergiram como resultado desse questionamento, contudo elas representam uma repetição das categorias que emergiram na questão anterior. Quando questionados sobre como poderemos como cidadãos brasileiros, agir de forma a garantir a

sustentabilidade ecológica no planeta, no que diz respeito ao uso da energia elétrica, os alunos utilizaram conceitos que remetem na sua totalidade às dimensões associadas ao consumo da energia elétrica como, por exemplo: utilizar de forma racional a energia elétrica; sem desperdícios; utilizar aparelhos mais econômicos, mais conscientes; educando as crianças; combater a poluição, garantir a sobrevivência do planeta; conhecer melhor os equipamentos instalados, poupar a energia elétrica, utilizar o biodiesel, energia eólica, solar. Desta forma a análise que se faz é de que eles conseguem visualizar uma maneira de promover a sustentabilidade de uma forma bem objetiva. Não cogitaram a possibilidade de ações de governo através de políticas públicas; enxergam as resoluções atreladas aos atos do dia-a-dia, de certo modo não foge do que preconizam os teóricos ambientalistas quando defendem uma estratégia de pensar globalmente e agir localmente (Dias, 2004).

#### 5.1.10 Análise da Questão 05

Quanto ao posicionamento dos alunos frente à questão 5, e com o objetivo de analisarmos esses dados levantados no instrumento, apresentamos o Gráfico a seguir:

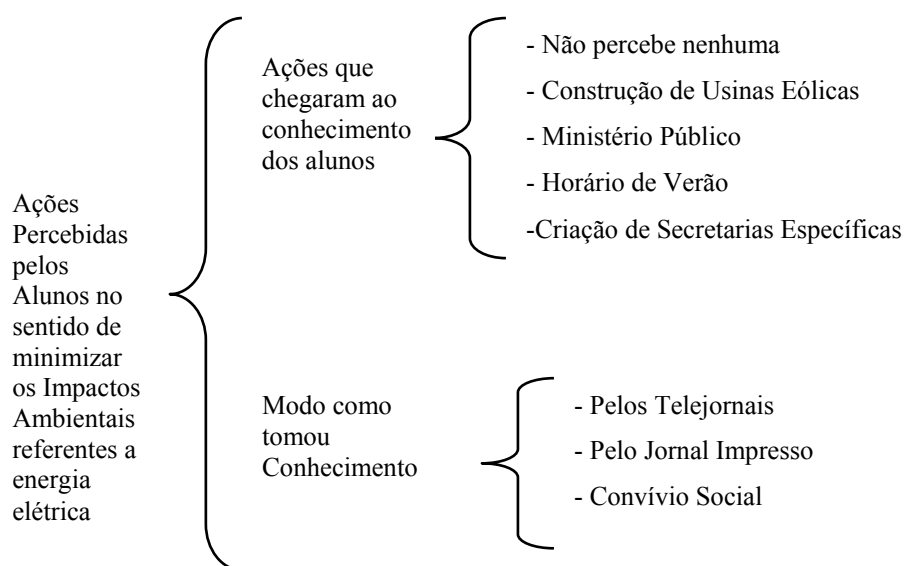


*Figura 29 - Gráfico 11 - referente à questão 05: Comente as providências que você vê efetivamente sendo realizadas no Brasil pelos governantes, cujo objetivo seja o de minimizar os impactos ambientais relacionados à energia elétrica. De que maneira tomou consciência desta informação*

Como podemos ver os parâmetros apresentados no gráfico 11, nos indicam que quase metade dos alunos, não conseguem efetivamente perceber ações desenvolvidas pelos governantes objetivando efetivamente reduzir os impactos ambientais decorrentes da utilização da energia elétrica.

Esse mesmo gráfico acima vem a confirmar que o horário de verão se configura como sendo a única estratégia efetiva adotada como tentativa do Governo Federal no sentido de reduzir o consumo de energia elétrica num determinado período do dia, evitando que o sistema de geração e distribuição fique sobrecarregado no horário de maior consumo.

Com o intuito de facilitar o acompanhamento da análise dos dados que surgiram do questionamento da questão 05, e ilustrados no gráfico 08, elaboramos a rede sistêmica a qual é apresentada a seguir:



**Figura 30 - Rede sistêmica elaborada Segundo os posicionamentos dos alunos frente à Questão 5) Comente as providências que você vê efetivamente sendo realizadas no Brasil pelos governantes, cujo objetivo seja o de minimizar os impactos ambientais relacionados à energia elétrica. De que maneira tomou consciência desta informação?**

Segundo a Agência Nacional de energia elétrica (ANEEL), a implantação do horário de verão tem por principal objetivo o melhor aproveitamento da luz natural ao entardecer, o que proporciona substancial redução na geração da energia elétrica, em tese equivalente àquela que se destinaria à iluminação artificial de qualquer natureza, seja para logradouros e



repartições públicas, uso residencial, comercial, de propaganda ou nos pátios das fábricas e indústrias.

Os resultados positivos decorrentes da adoção do horário de verão fazem com que o governo através de sua agência de energia elétrica continue a promover todos os anos a reedição desta estratégia, acompanhada de plena divulgação nos meios de comunicação. Esta rotina anual produz impacto na vida da população, que faz com que a idéia de se poupar energia se torne evidente e faça parte do senso comum, o que vem a justificar os resultados considerados satisfatórios pelo governo.

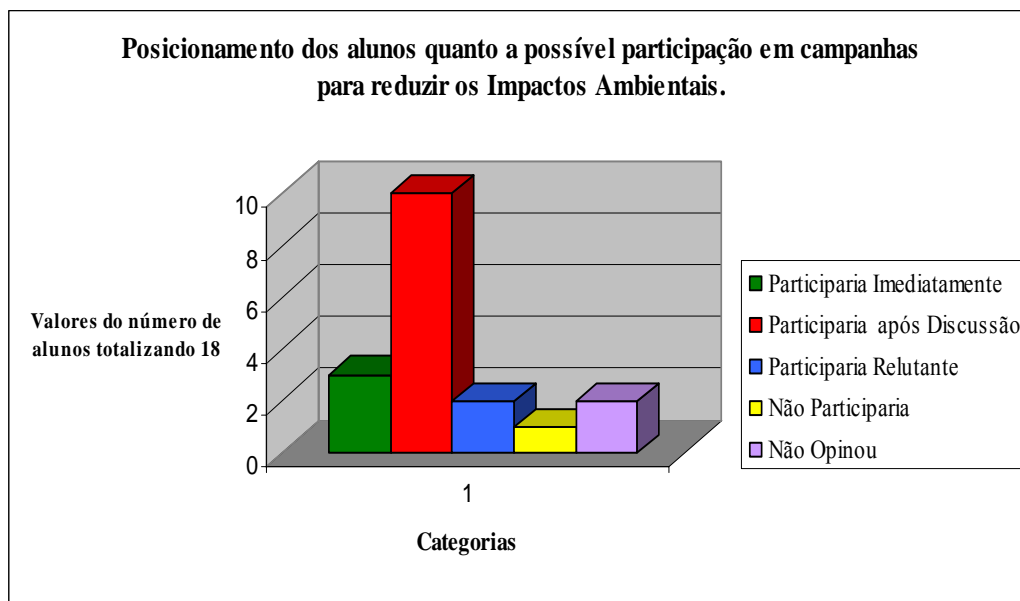
Com relação a criação de usinas eólicas no País, estas ações quando implementadas costumam fazer parte dos noticiários, inclusive como foi o caso da implantação do Parque Eólico de Osório (veja capítulo II, seção 2.4.1.3, p. 40) no estado do rio Grande do Sul. Portanto, é coerente encontrar manifestações que reconhecem investimentos, por parte do governo, na utilização de energia eólica.

Tais informações chegaram ao conhecimento dos alunos principalmente via meios de comunicação de massa, a exemplo de telejornais. Alguns alegaram ter tomado ciência das medidas através do convívio social, aspecto importante, pois sinaliza que o tema circula pela sociedade como um todo.

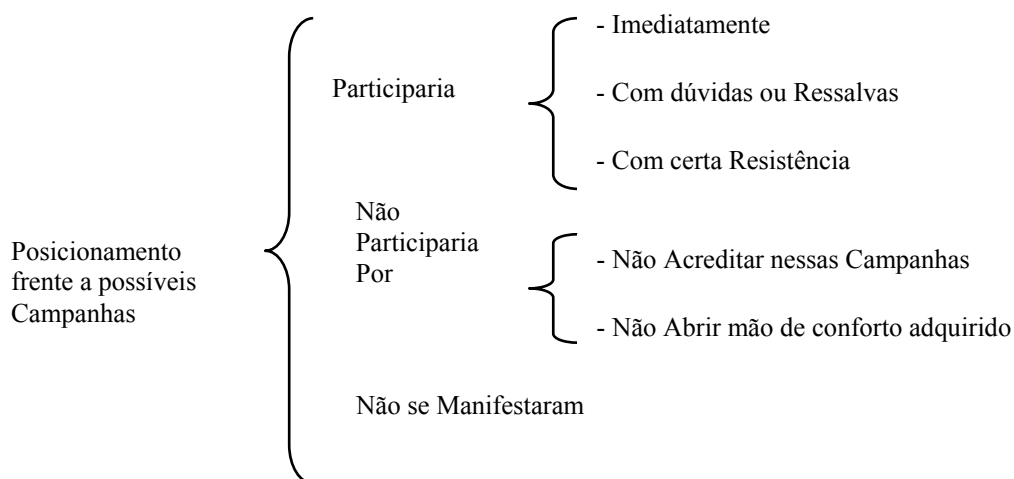
#### **5.1.11 Análise da Questão 06:**

De modo geral as respostas apontam para uma predisposição em cooperar com alguma iniciativa organizada no sentido de reduzir os impactos ambientais, mesmo com o ônus de ter que abrir mão de alguma forma de conforto, isto pode ser observado no gráfico 12, o qual dispõe de valores numéricos referentes às categorias que emergiram desse questionamento e têm por objetivo facilitar a interpretação dos resultados e melhor avaliar a importância das referidas categoria. Assim, apresentamos o gráfico logo abaixo:

Seguindo o procedimento adotado para a questão 05, analisada anteriormente acima, e visando facilitar o acompanhamento da análise dos dados que surgiram do questionamento da questão 06, elaboramos a rede sistêmica a qual é apresentada a seguir na figura 32:



*Figura 31 - Gráfico 12 - Referente a questão 06: Suponha que você se veja diante de uma campanha de grandes proporções cujo objetivo seja reduzir os impactos ambientais referentes ao uso da energia elétrica, mas que para participar efetivamente você tenha que abrir mão de algum tipo de conforto, afetando diretamente seu estilo de vida. Como você se imagina diante de tal situação?*



*Figura 32 - Rede sistêmica elaborada Segundo os posicionamentos dos alunos frente à Questão 6) Suponha que você se veja diante de uma campanha de grandes proporções cujo objetivo seja reduzir os impactos ambientais referentes ao uso da energia elétrica, mas que para participar efetivamente você tenha que abrir mão de algum tipo de conforto, afetando diretamente seu estilo de vida. Como você se imagina diante de tal situação?*

Podemos dizer que para a questão 06, os alunos na sua grande maioria se posicionaram de modo positivo quanto a participarem de possíveis campanhas mesmo que para isto tivessem que abrir mão de certo tipo de conforto. Apenas dois alunos se manifestaram veementemente contrários á idéia de participar de campanhas e um contingente igual não quis opinar e um terceiro disse não se ver apto a responder a questão formulada conforme podemos observar no gráfico 12, apresentado anteriormente.

O grupo dos alunos que se dispõe a participar de imediato, somado ao grupo que gostaria de primeiro fazer uma discussão de campanhas constitui-se da grande maioria dos respondentes, para os quais encontramos as seguintes categorias com relação a maneira como fariam parte das campanhas: Imediatamente, após intensa discussão e os que iriam aderir com alguma relutância.

Entre os que iriam aderir de imediato, como demonstrado no gráfico 12 correspondem a 02 alunos, encontramos pensamentos como, por exemplo:

- *“sou uma pessoa que me adapto facilmente a mudanças, principalmente se for algo sério que produza resultados”;*
- *“me adaptaria ao novo estilo de vida”;*
- *“mesmo o Brasil não sendo o país que mais polui, nesta situação eu apoiaria a campanha e procuraria outro estilo alternativo”.*

No grupo dos duvidosos, mas que acabariam por participar encontramos sentimentos como:

- *“no início eu não iria gostar muito, mas amadurecendo a idéia eu perceberia que é necessário fazer algo para preservar o meio ambiente”;*
- *“eu me imagino em dúvida, mas sem escolha, pois de um lado eu abro mão de um conforto e ajudo a preservação do meio ambiente e de outro não abro mão e destruo o mundo em que vivo destruindo assim a mim mesmo também. Sacrifícios sempre deverão ser feitos para o nosso próprio bem”;*
- *“se esta fosse a melhor alternativa, eu participaria numa boa e tentaria suprir meu conforto de uma outra forma”;*

- *“é uma situação complexa por que muitas vezes nem é um conforto, as vezes são necessidades, tipo desligamentos de geladeiras, problemas com alimentos, também onde há lugares muito quentes onde o uso de ar condicionado é importante, seria o caso da vida moderna. É como voltar aos tempos da caverna”;*
- *“a princípio, seria totalmente favorável, mas ecologia e meio-ambiente devem ser discutidos com profundidade e respeito. Não existe motivo para preservar nada, se não for para o bem estar do homem. Hoje ainda vemos obras importantes para a economia de uma região inteira serem barradas para proteger um vegetal quando não serve para nada, mas está em extinção. Se o terrível Tiranossauro Rex ainda existisse, bestial e carnívoro, seria preservado? Qual a necessidade da sua existência?”;*
- *“seria difícil, mas penso que algo tem que ser feito. As pessoas pensam em si próprias não se preocupando com o futuro, agem como se o mundo fosse acabar amanhã, consumindo o ambiente sem pensar nas conseqüências”;*
- *“já existe hoje comissões governamentais que tratam desses assuntos, pois creio que somente com um movimento coordenado e através de conscientização pela divulgação e informe de pesquisa ambiental é que certamente poderemos tomar uma decisão de forma racional e com isso abrimos mão do que for necessário”;*
- *“acredito que haja certos confortos que chegam a ser excessivos, como por exemplo tantos equipamentos eletrônicos que ficam em stand by, isso não seria um problema viver sem, mas há outros essenciais como o banho quente e refrigerador que não há como viver sem”;*
- *“nos dias atuais as pessoas do nosso país já não tem muito conforto, mas se fosse para reduzir os gastos em minha conta de luz, faria sim um esforço para poupar mais”;*
- *“se for para ajudar o planeta, acho que com o tempo todo mundo se acostumaría, as vezes quando falta energia, e reunimo-nos na mera luz de velas sinto que a família conversa com mais tempo, ficamos mais unidos.”*

Fechando o grupo dos que se manifestaram a favor de uma possível participação estão aqueles que apresentariam alguma Relutância conforme se pode observar segundo as justificativas:

- *“um pouco descontente é óbvio, mas com certeza aderiria à essa campanha desde que não fosse algo essencial para a minha vida, do contrário acataria e me acostumaria a não ter esse tipo de conforto contribuindo para reduzir os impactos ambientais”;*
- *“iria demorar muito tempo para me adaptar”.*

Com respeito aos que se manifestaram contrários a participar e que compõem a categoria Não Participaria de uma possível campanha no sentido de minimizar os impactos ambientais decorrentes do uso da energia elétrica encontramos o seguinte argumento:

- *“dependendo do conforto do qual se abrirá mão eu não ajudaria”.*

Conforme mencionado anteriormente um aluno se absteve de participar e o outro que se disse não estar apto, portanto, configurando a categoria *Não opinou*, ao responder o fez de forma direta conforme se pode observar:

- *“sou classe média baixa e já vivo com o mínimo de conforto, consumo o mínimo e creio que não sou indicado para responder a essa questão”.*

## **5.2 O Segundo Instrumento - Os Mapas Conceituais**

Este trabalho de investigação é referente ao encontro com a turma com o propósito de coletar dados para a pesquisa. A coleta de dados ocorreu na segunda metade do segundo semestre de 2007, tendo como público alvo da investigação a turma do Módulo III do Curso de projetos elétricos, conforme consta no capítulo IV, seção 4.2, p. 117. Como estratégia, adotou-se dois momentos distintos, no primeiro momento foi apresentada aos alunos à proposta de trabalho de caráter expressiva, bem como o material de apoio e as devidas explicações por parte do pesquisador, nesta oportunidade construíram seus mapas sem compromisso, apenas como forma de familiarização com a metodologia proposta. No segundo momento os alunos desenvolveram seus mapas já com o objetivo de externalizarem suas idéias com relação ao tema energia elétrica e suas incidências no ambiente.

O objetivo principal foi verificar se na construção de mapas conceituais, era possível encontrar evidências de pensamento sistêmico, segundo o entendimento de Kurtz dos Santos

(1997) já discutido no (capítulo III, seção 3.4.1, p. 84), no qual considerou que a existência de pelo menos um elo de retroalimentação nas representações feitas pelos alunos aponta para uma visão sistêmica. Para tanto, preparamos um material Instrucional abordando conceitos, iniciativas e fundamentos da EA, com o propósito de proporcionar aos alunos subsídios que atendam a formação de organizadores prévios, Moreira (2006), e assim permitir aos mesmos que disponham de um mote de conhecimentos sobre o tema de forma básica. Para tanto, fez-se uso de um material instrucional dividido em dois tópicos conforme disposto a seguir:

a) primeiro foi dado aos alunos um texto abordando a questão da energia, sua utilização e o impacto ambiental decorrente;

b) segundo foi disponibilizado um tutorial de utilização do *software Cmap-Tools*, com o objetivo de facilitar e possibilitar a utilização adequada do mesmo.

Todas as atividades expressivas desenvolveram-se no decorrer das aulas regulares, mais especificamente na primeira metade do período, correspondendo a exatamente 100 minutos. Optou-se pela primeira metade por se entender que nesse período da aula é mais adequado para os alunos do curso noturno, que apresenta a característica de ter indivíduos que em sua maioria exercem atividades de trabalho durante o dia, e costumam reduzir sua capacidade produtiva na medida em que as horas avançam. Sendo estas atividades de natureza intelectual, procurou-se obter deles o máximo de concentração e disposição para a realização das mesmas, sem com isto, desconsiderar a preocupação com o desenvolvimento do conteúdo programático. Sendo assim, na segunda metade do período se optou por realizar experiências práticas, pelo fato destas sempre despertarem grande interesse aos alunos.

### **5.2.1 A Primeira Atividade de Construção dos Mapas**

Na primeira atividade foi proposta aos alunos a construção de um mapa conceitual, utilizando como tema central o conceito de circuito elétrico, para tanto foi elaborado um texto com o objetivo de proporcionar aos alunos uma visão sobre os mapas conceituais. No documento era possível para um principiante ter a noção concreta do que vem a ser um mapa conceitual, sua origem, suas características e o modo como construí-lo. Foi utilizado como

referencial um texto adaptado do artigo escrito por Novak<sup>50</sup>, o qual sugeria como exemplo um mapa tendo como conceito central o universo e os demais conceitos os corpos celestes que o compõem. Este conteúdo é apresentado no apêndice B.

Paralelamente ao material instrucional de apoio a respeito dos mapas conceituais, foi adotada a técnica da explosão de idéias<sup>51</sup>, fazendo um chamado para a importância de se discutir aspectos relacionados à Educação Ambiental e a sua incidência no Curso de Projetos Elétricos. Sendo assim, foi solicitado aos alunos que ao relacionar os conceitos procurassem fazê-los com a visão de quem tem uma preocupação com as atividades técnicas e suas conseqüências no ambiente. Desta maneira, desde o início procurou-se direcionar e tornar claro o caráter ambiental do trabalho.

Nesta primeira atividade, os alunos trabalharam individualmente, este procedimento visou proporcionar um maior impacto ao primeiro contato com a proposta, de modo que este viesse a mobilizar os alunos e na seqüência expor suas inquietações; o que poderia não ocorrer ou ser mascarado se agissem em grupos. Na oportunidade foi possível notar certa hesitação por parte dos alunos logo após terminarem de ler o texto, isto se deu pelo fato de que eles teriam que construir um mapa, mas não tinham o parâmetro de que o mapa seria considerado como modelo ideal a ser construído. No entanto, esse impasse foi rapidamente solucionado ao se esclarecer aos alunos que de fato não existem mapas conceituais errados, podem sim, haver mapas incompletos, menos elaborados, mas estes não podem ser considerados errados, pois eles retratam o entendimento de quem os constrói em função de um objeto tratado. Este argumento foi aceito por todos e pôde-se assim, prosseguir nas atividades.

Os alunos procederam então à construção de seus mapas de forma manual, durante a execução da tarefa os mesmos apagaram e reescreveram repetidas vezes os mapas até que estivessem satisfeitos com o resultado. Durante a construção dos mapas freqüentemente era comum ouvir os alunos fazerem observações quanto ao andamento de suas construções. Foi possível constatar em todo o decorrer das atividades o envolvimento com a proposta, uma novidade, foi como os alunos caracterizaram a experiência.

---

<sup>50</sup> Disponível no endereço: [http://www.ied.ufla.br/disciplinas/internet\\_educacao/mapas\\_conceituais.htm](http://www.ied.ufla.br/disciplinas/internet_educacao/mapas_conceituais.htm)

<sup>51</sup> Procedimento didático no qual se provoca a discussão sobre um tema apresentado, o propósito é promover o envolvimento dos participantes, permitindo a estes que contribuam na implementação do debate segundo o entendimento que apresentam.

Ao término da construção dos mapas, ficaram evidentes suas preocupações quanto à possibilidade futura de virem a construir novos mapas, pois entendiam que se tivessem uma nova oportunidade poderiam construir representações melhores e mais elaboradas.

Ao final do encontro, foi possível obter dos alunos mapas apresentando as mais variadas construções, que refletiram desde o pensamento mais linear até construções que apresentavam relações de pares e até mesmo algumas que se constituem por elos de retroalimentação.

Cabe salientar que a insegurança apresentada no início da atividade de construção dos mapas, deu lugar ao prazer de ver registrado no papel o quanto eles lembravam dos conceitos e conseguiam dar conta de suas relações. Pode-se afirmar que os alunos manifestaram grande interesse pela proposta e que demonstraram satisfação ao desenvolver as atividades de construção dos mapas.

### **5.2.2 A Segunda Atividade de Construção dos Mapas**

No caso específico, essas atividades expressivas serviram como dados para esta pesquisa e para tanto foram analisadas e sobre isto, fazemos a seguinte apresentação.

No segundo momento, conforme já exposto anteriormente na seção 5.2 no início deste capítulo, as duplas desenvolveram seus próprios mapas e como forma de auxiliar na construção e representação gráfica tiveram o auxílio do *software Cmap-Tools*. Na oportunidade em que se desenvolveram essas atividades, tivemos como tema central tratado a questão da energia elétrica, foco do nosso trabalho, envolvendo a produção, distribuição, consumo e a conseqüente utilização dos recursos naturais em todo o processo, assim como os impactos que são observados na natureza. Durante as atividades foram efetuadas observações pelo pesquisador, além dos registros dos mapas confeccionados pelos alunos no ambiente virtual do computador, com o objetivo de se produzir dados suficientes para que se proceda à análise dos mesmos visando levantar as idéias que os alunos têm com relação ao tema tratado.

Os seguintes aspectos foram considerados importantes para que se proporcionasse um ambiente adequado para a coleta dos dados.



a) um bom ambiente de interação entre o professor e os alunos. Para tanto foi colocado a eles de forma clara e objetiva a intenção do trabalho, a forma como se desenvolveria e a importância do papel deles no processo de investigação;

b) o requisito de que todos tivessem um conhecimento mínimo com relação ao tema tratado daí a importância do material instrucional disponibilizado (Moreira, 2006);

c) a conscientização da necessidade de que a utilização de uma ferramenta de modelagem qualitativa, através do uso do *software Cmap-Tools*, não como um obstáculo, mas sim num elemento facilitador, conforme Machado (2005) citado no capítulo III, seção 3.10, p. 113.

Para que a análise desses aspectos se tornasse possível, o produto das *atividades expressivas* desenvolvidas no papel pelos alunos foi transportado para a tela do computador utilizando o software *Cmap-Tools*. Essas atividades elaboradas no computador foram salvas como imagem para o *Word*, sendo apresentado no corpo do presente capítulo. De forma análoga os comentários feitos pelos alunos durante a utilização do *Cmap-Tools* no momento da confecção dos mapas conceituais, foram transcritos e são utilizados no corpo desta dissertação. Para facilitar o acompanhamento da análise dos mapas, elaborados pelos alunos, optou-se por digitalizar alguns destes e assim, fazer uma reflexão sobre o material coletado, com o objetivo de avaliar além da pertinência quanto à coerência dos conceitos utilizados, a existência de pensamento sistêmico por parte dos alunos, que corresponde a uma das questões de pesquisa do nosso trabalho. Para tanto, utilizando os seguintes critérios para realizar a análise:

- Se há coerência nas relações, estabelecidas entre os conceitos, quanto à hierarquia;
- Se há recorrência nas relações;
- Natureza das relações; se existe nos mapas a presença de pelo menos um elo de retroalimentação independente do modo como este possa a vir a se caracterizar ver (capítulo III, seção 3.6.3, p. 87), tipos de elos de retroalimentação.

Com relação à segunda atividade expressiva, na qual foi estabelecido que a energia elétrica fosse o conceito central, tendo os demais conceitos relacionados no mapa ficado à vontade dos alunos. Adotamos esta estratégia por entender que nenhum mapa é igual a outro, mesmo se

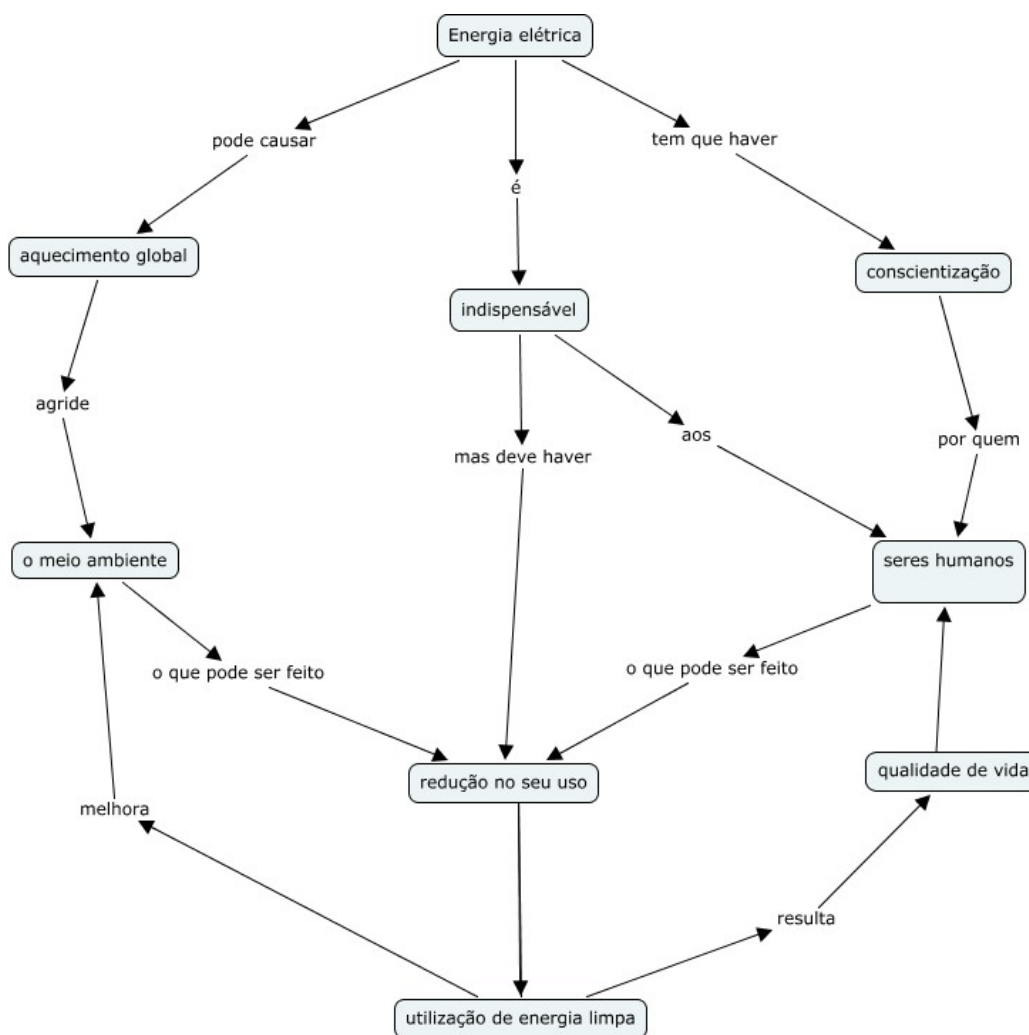
tratando do mesmo tema pessoa diferentes, ou até mesmo especialistas sobre determinado tema, uma vez solicitados a elaborar um mapa conceitual, não se pode esperar que tenhamos mapas idênticos (Moreira, 2006).

Durante a elaboração dos mapas conceituais, foi realizada uma série de observações com o objetivo de interpretar a forma de interação dos alunos e facilitar a tarefa deles na construção dos mapas que serviram para coletar dados para auxiliarem na tentativa de responder as questões de pesquisa (ver capítulo I, seção 1.4.1, p.7). Foi dada a atenção aos seguintes aspectos como: como se desenvolvia a interação entre os membros das duplas, que relação era estabelecida entre eles o computador e o software de construção dos mapas, e que conceitos apareciam nos mapas juntamente com suas relações.

Os alunos puderam contar com a ajuda do pesquisador sempre que manifestaram alguma dificuldade quanto à utilização do *software* ou quanto à existência de dúvida se uma palavra que haviam pensado poderia ser utilizada como conceito e se essa estabelecia uma relação coerente com o raciocínio que estava sendo desenvolvido.

A seguir apresentamos os mapas, que foram elaborados pelos alunos, durante a segunda atividade expressiva, acompanhados de uma análise na qual pudemos visualizar alguns conceitos que expressam o entendimento dos alunos sobre o tema energia elétrica e suas implicações no ambiente, bem como algumas evidências de pensamento sistêmico por parte dos alunos ao externalizarem suas percepções com respeito à Educação Ambiental.

Começamos analisando o mapa conceitual feito pelos alunos da dupla nº1, que pode ser observada na figura 33, apresentada a seguir:

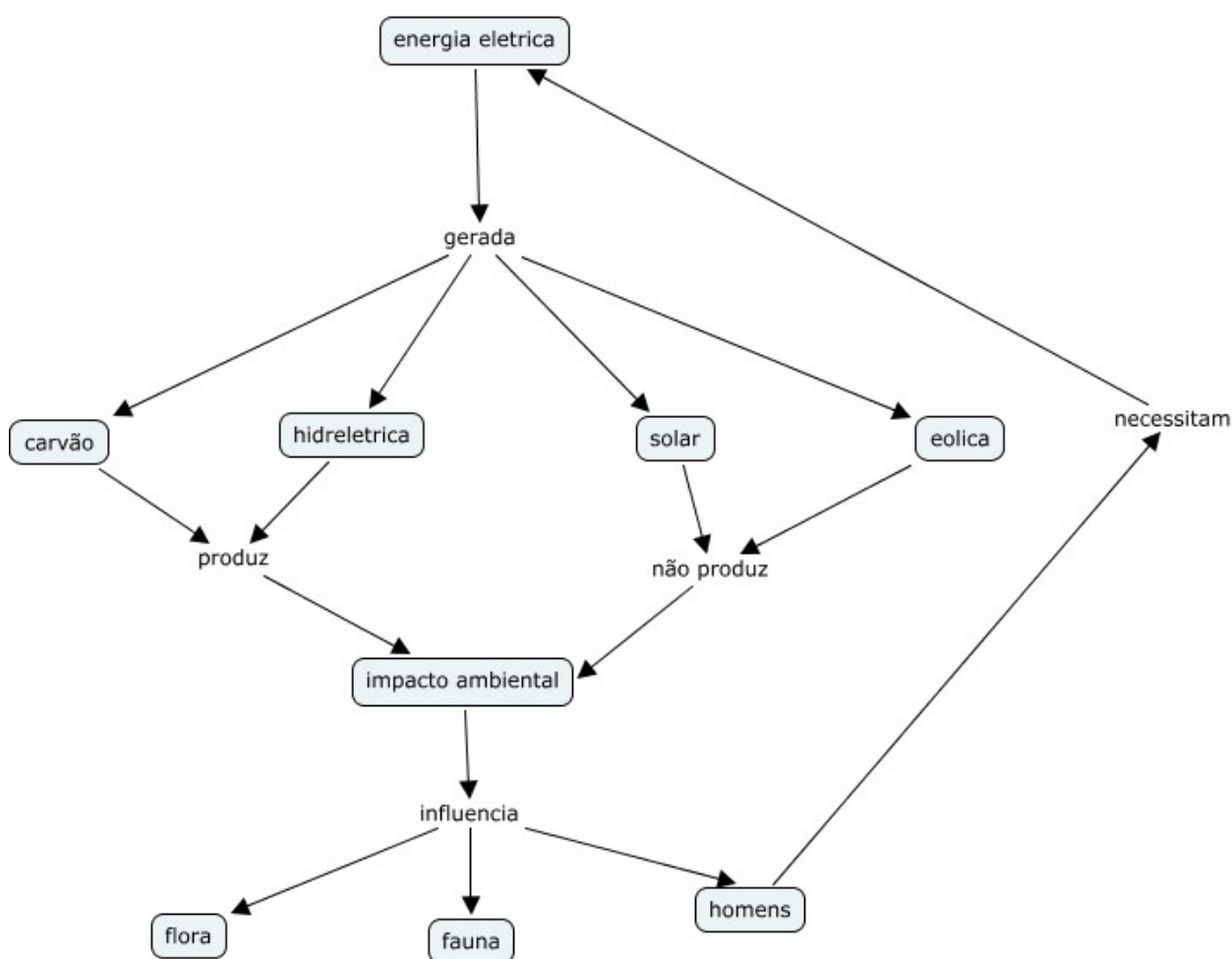


**Figura 33 - Mapa construído pela dupla n°1.**

Na representação feita pela dupla n°1, podemos observar conceitos como conscientização, ser humano, qualidade de vida, redução do uso, meio ambiente, aquecimento global, indispensável, utilização de energia limpa que vem a ser as fontes de energia que não produzem resíduos nocivos ao ambiente apresentadas no capítulo II, seção 2.4.1, p. 33. São conceitos que estão dentro do universo das discussões que envolvem Educação Ambiental, mais ainda podemos perceber coerência entre as relações estabelecidas se olharmos para o mapa é possível notarmos que embora tenhamos várias relações estabelecidas e pertinentes sob o ponto de vista ambiental (Dias, 2004), fica difícil definir um elo de retroalimentação num primeiro olhar, conforme se estabeleceu no capítulo III, seção 3.6.3, p. 87. Isto porque a energia elétrica ficou situada no topo do mapa, vamos imaginar que na parte inferior à direita possa haver um elo de retroalimentação, imaginemos pelo que está exposto, se por acaso o ser humano reduzir o seu uso, utilizando mais energia limpa resultará em qualidade de vida para

o próprio ser humano (Jannuzzi, 2004). Da mesma forma, é possível visualizarmos um outro elo de retroalimentação, na parte inferior à esquerda, envolvendo as entidades redução no eu uso (energia elétrica) através da utilização de energia limpa que melhora o meio ambiente fechando com redução no seu uso. O raciocínio parece coerente, e *assim teríamos dois elos de retroalimentação no mapa elaborado pela dupla número 1*. Contudo na entidade (redução no seu uso), nós teríamos que considerar que ali está implícito o uso de energia elétrica, para aí sim se configurar um elo de retroalimentação, pois estaria configurada uma relação de causa e efeito. Entretanto é praxe encontramos estas relações de forma direta em estudos que avaliam elos de retroalimentação.

Na seqüência apresentamos e analisamos o mapa conceitual feito pelos alunos da dupla nº2, que pode ser observada na figura 34, apresentada a seguir:



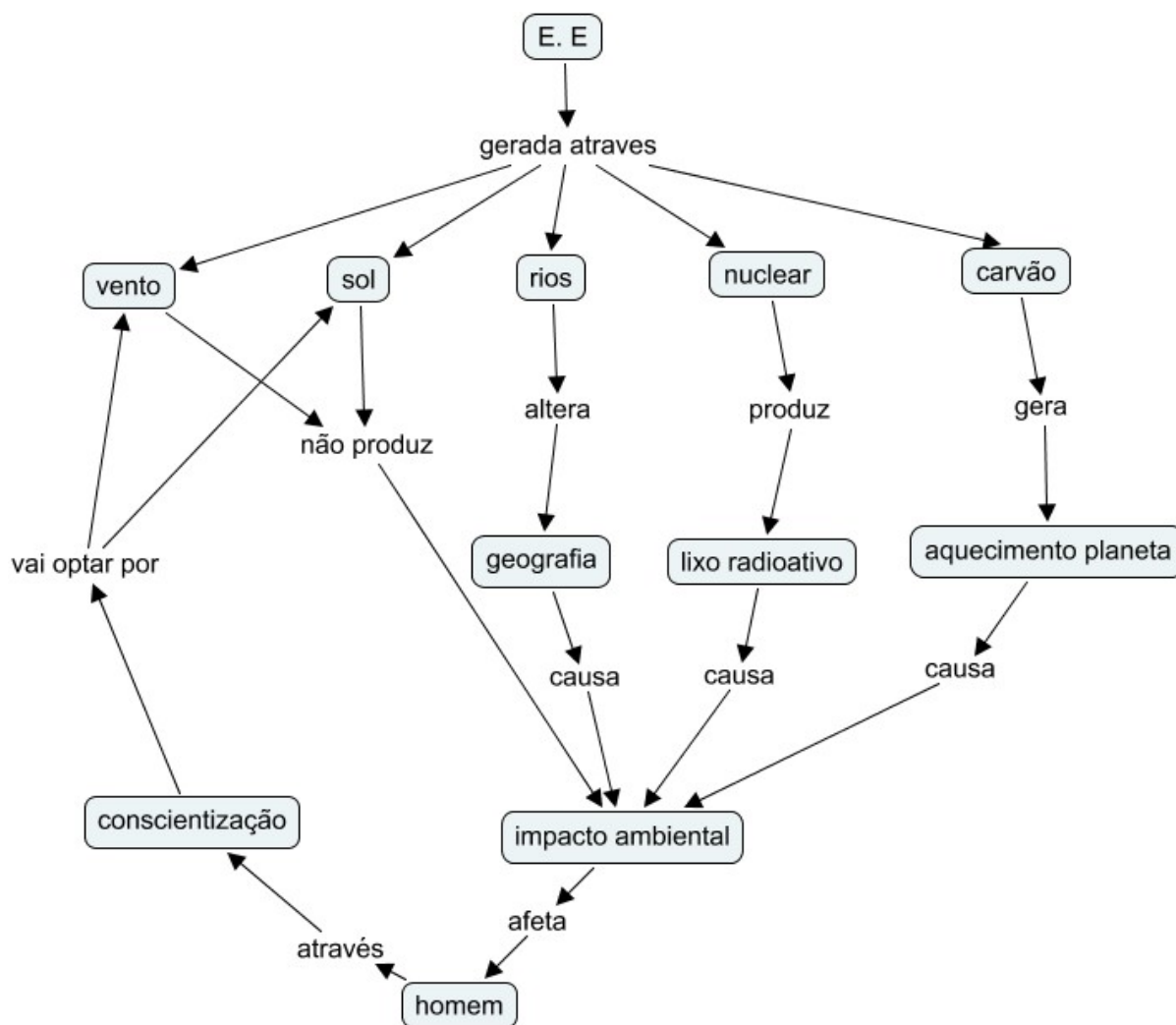
**Figura 34 - Mapa construído pela dupla nº2.**

Neste mapa é possível observar que a dupla apresentou uma preocupação em relacionar a energia elétrica diretamente com as fontes de geração da mesma. No caso específico, foram relacionadas quatro fontes de obtenção, porém nenhuma referência foi feita a uma forma alternativa, no caso das biomassas. Neste caso, foram feitas conexões com relação às fontes de geração que produzem impacto ambiental, a dupla relacionou o uso do carvão e das hidrelétricas, neste caso como se trata de fontes de energia o correto seria o termo Recurso hídrico, rios ou simplesmente água, segundo o que foi exposto na fundamentação teórica, (ver capítulo II, seção 2.4.1.1, p. 36), com relação às fontes solar e eólica é perfeitamente coerente relacioná-las como não impactantes.

Na seqüência o impacto ambiental influencia a flora, a fauna e o homem, contudo estes não estão inter-relacionados, demonstrando que estes conceitos são vistos talvez como elementos não conectados ou que não fazem parte de um todo, o que condiz com o pensamento ingênuo de que o homem e o ambiente são coisas separadas.

Porém, é possível notar que a dupla faz um elo de retroalimentação quando diz que os homens são dependentes da energia ao colocarem o elo necessitam de energia, independente da forma como esta é obtida, produzirá ou não impacto ambiental que incidirá sobre o homem. Este raciocínio se caracteriza a princípio como um elo de retroalimentação, contudo se formos considerar que é possível fazer esse exercício de raciocínio, com as mesmas entidades mudando as fontes de geração (carvão, hidrelétrica, solar e eólica), *expandindo, desse modo, as possibilidades de um para quatro elos de retroalimentação presentes no mapa elaborado pela dupla número 2*. Vale lembrar que segundo o entendimento de Kurtz dos santos (1997), é suficiente para caracterizar a presença de pensamento sistêmico.

Passamos agora à análise do mapa conceitual feito pelos alunos da dupla nº3, que pode ser observada na figura 35, apresentada a seguir:

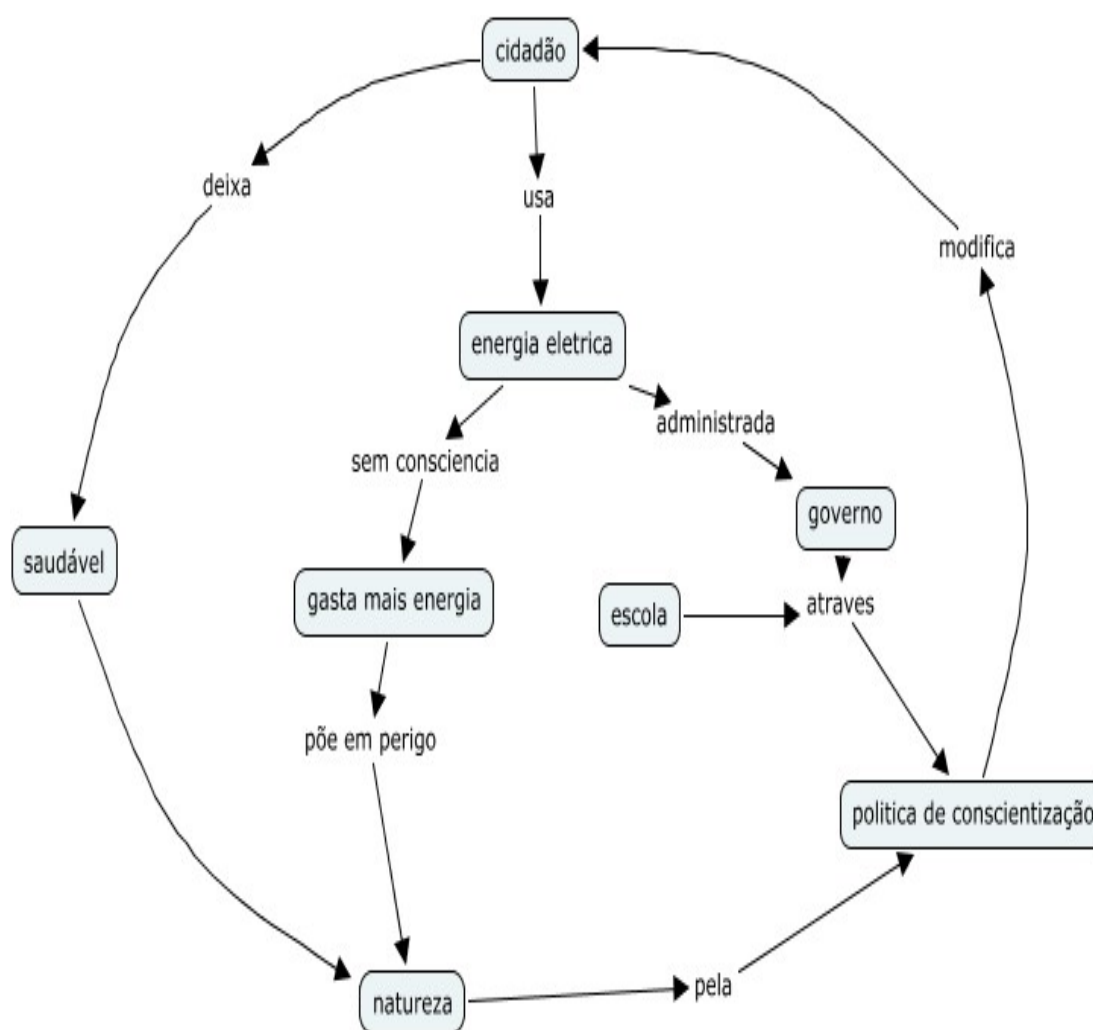


**Figura 35 - Mapa construído pela dupla n°3.**

Podemos observar que esta dupla teve a preocupação de elicitar as principais fontes de geração de energia, contudo fica evidente a deficiência quanto à nomenclatura correta das mesmas, no caso quando se referem ao vento o correto seria escrever eólica, para o sol a expressão correta seria solar e no caso dos rios ou qualquer recurso de água o termo utilizado de modo correto seria hidrelétrica ou hidroelétrica. Entretanto, a dupla mostra que reconheceu entre as fontes aquelas que produzem impacto ambiental e aquelas que não apresentam este aspecto negativo, mais ainda evidenciou o conhecimento de que na existência de qualquer tipo de impacto ambiental, a possibilidade de impedir a ocorrência nociva passa pela conscientização. Se nos detivermos ao vento como fonte de energia que não produz Impacto Ambiental o qual afeta o Homem, que através da conscientização irá optar por utilizar mais essa fonte, é possível vislumbrar um elo de retroalimentação. Raciocínio semelhante pode ser feito com as mesmas entidades, porém, substituindo o conceito vento pelo Sol. *Desse modo,*

teríamos dois elos de retroalimentação presentes no mapa elaborado pela dupla número 3. Vamos exercitar o raciocínio; Supondo que o impacto ambiental aumente, isto afetará mais o homem, se este tiver uma conscientização maior sobre tudo que envolve esta realidade irá optar por utilizar mais a fonte limpa no caso os ventos (ver Bueno, 1998, capítulo II, seção 2.2, p. 17), com isto haverá uma diminuição do impacto ambiental sobre o homem, se houver a manutenção da idéia de usar mais ainda a fonte não poluente o impacto deverá continuar a diminuir.

Passamos agora a análise do mapa da dupla nº. 4, notamos que nesta representação não houve a preocupação com elicitar as fontes de geração de energia elétrica. Inclusive é interessante notar que embora a Energia Elétrica seja o tema principal, ao contrário das duplas anteriores esta representação não tem este conceito iniciando o mapa que pode ser acompanhado na figura 36, apresentada a seguir:



**Figura 36 - Mapa construído pela dupla nº4.**

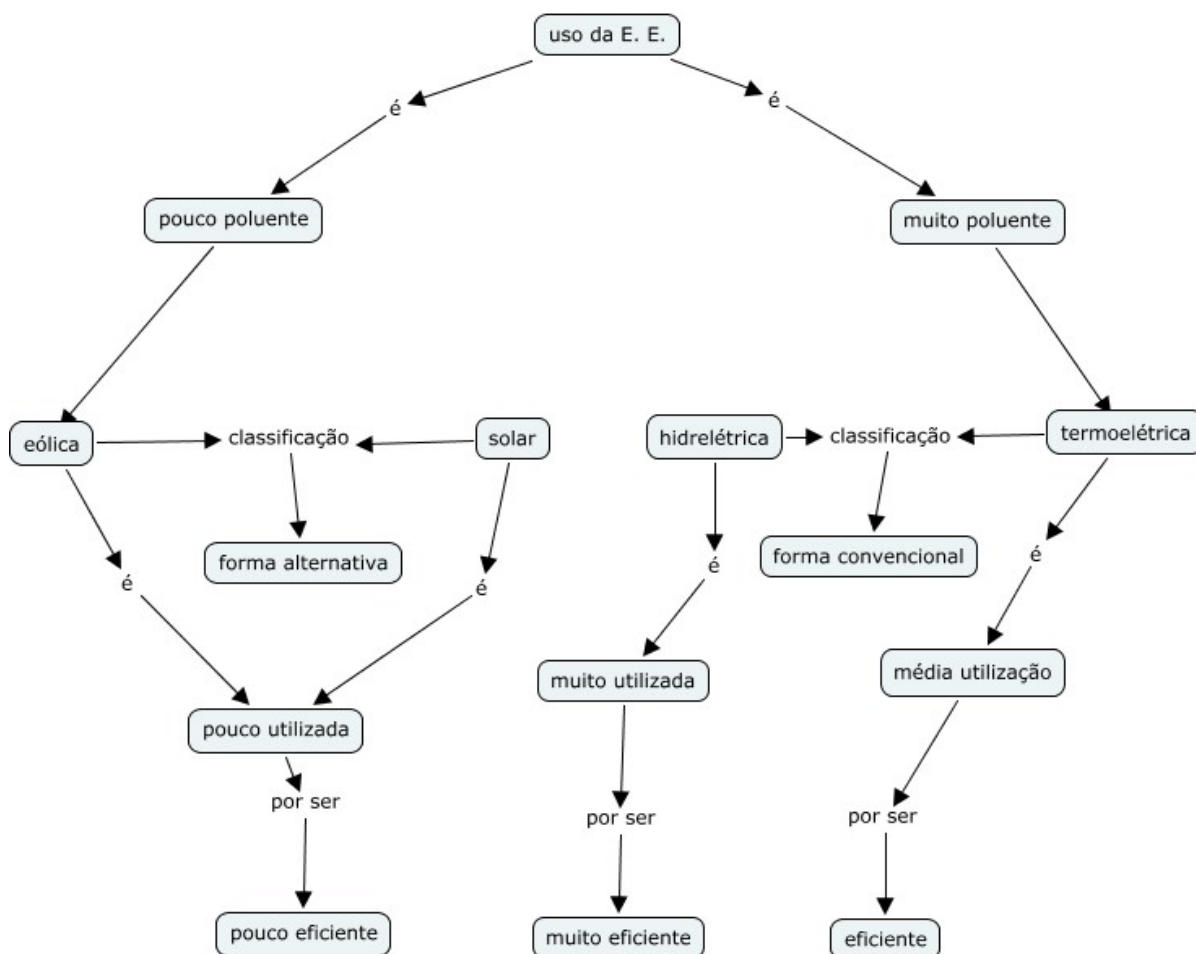
Vemos nesse mapa que tudo começa com o cidadão. Podemos começar com o no qual o homem usa a energia elétrica, e esta prática pode ser feita de duas formas, se for utilizada sem preocupação, ocorrerá um consumo excessivo pondo em perigo a natureza, porém se for bem administrada, através de políticas públicas (ver capítulo II, seção 2.7, p. 62) poderá modificar o próprio cidadão, que promoverá a saúde da natureza. Desse modo temos dois elos de retroalimentação, pois mesmo que a energia seja usada de forma exacerbada, poderá segundo o raciocínio dos alunos, incorrerem na tentativa de minimizar estes aspectos negativos, através da conscientização. A observação que se faz neste caso, pelas ligações que são apresentadas é de que a dupla de alunos vê a relação cidadão e uso da energia como sendo inevitável, contudo ela coloca que passando pela conscientização, será possível fazer um controle sobre as relações estabelecidas, concorrendo para a manutenção da saúde da própria natureza. Podemos ainda visualizar um terceiro elo de retroalimentação descrevendo um caminho pelo perímetro do mapa, através das entidades cidadão, saúde, natureza, prática de conscientização voltando para o cidadão. Novamente Homem e Natureza aparecem dissociados, pelo menos não temos evidência de que uma vez comprometida à saúde da natureza este fato tenha implicações diretas com o Homem.

Passamos agora à análise do mapa conceitual feito pelos alunos da dupla nº5, que pode ser observada na figura 37, apresentada a seguir:

No mapa desenvolvido pela dupla nº5 é possível notarmos a preocupação em estabelecer uma relação direta entre o uso da energia elétrica e a forma utilizada para a sua geração, classificando-as como pouco poluentes e muito poluentes respectivamente. Bem ao contrário do mapa da dupla nº3 que elencou as fontes que servem para a geração da energia elétrica. Esta representação classificando os processos de geração de energia elétrica está correta conforme discutido no capítulo II, seção 2.4, p. 31. A energia nuclear, biomassas, etc., não aparecem no mapa e mesmo assim, não comprometem a coerência do mesmo pelo fato da intenção ter ficado por conta de demonstrar os processos de geração e não as fontes de onde se tira o poder energético, isto a nosso ver demonstra significativo entendimento de pensamento ambiental, até mesmo por conseguir identificar o que se caracteriza como forma alternativa e forma convencional (veja capítulo II, seção 2.4.1, p. 33). Parece-nos que não há possibilidade de estabelecer elos de retroalimentação, apenas pares de causa e efeito, dessa maneira não é possível conforme Kurtz dos Santos (1997), determinar se existe a presença de pensamento sistêmico de acordo com o mapa elaborado pela dupla nº5. Mesmo assim, no



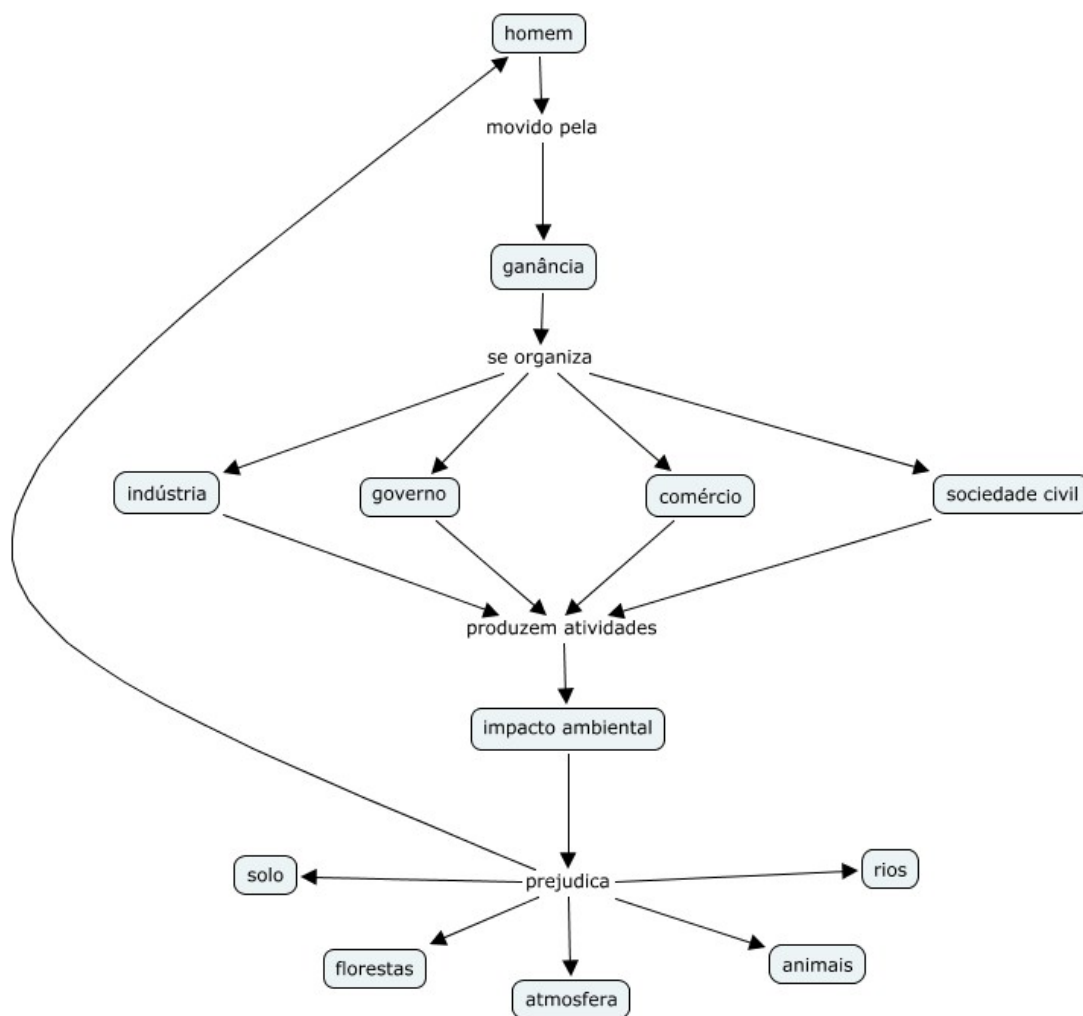
conjunto o mapa apresenta coerência no que se dispõe representar, em nosso entendimento nenhum conceito ou relação pode ser considerado inadequado



**Figura 37 - Mapa construído pela dupla n°5.**

Passamos à análise do mapa conceitual feito pelos alunos da dupla n°6, que pode ser observada na figura 28, apresentada a seguir:

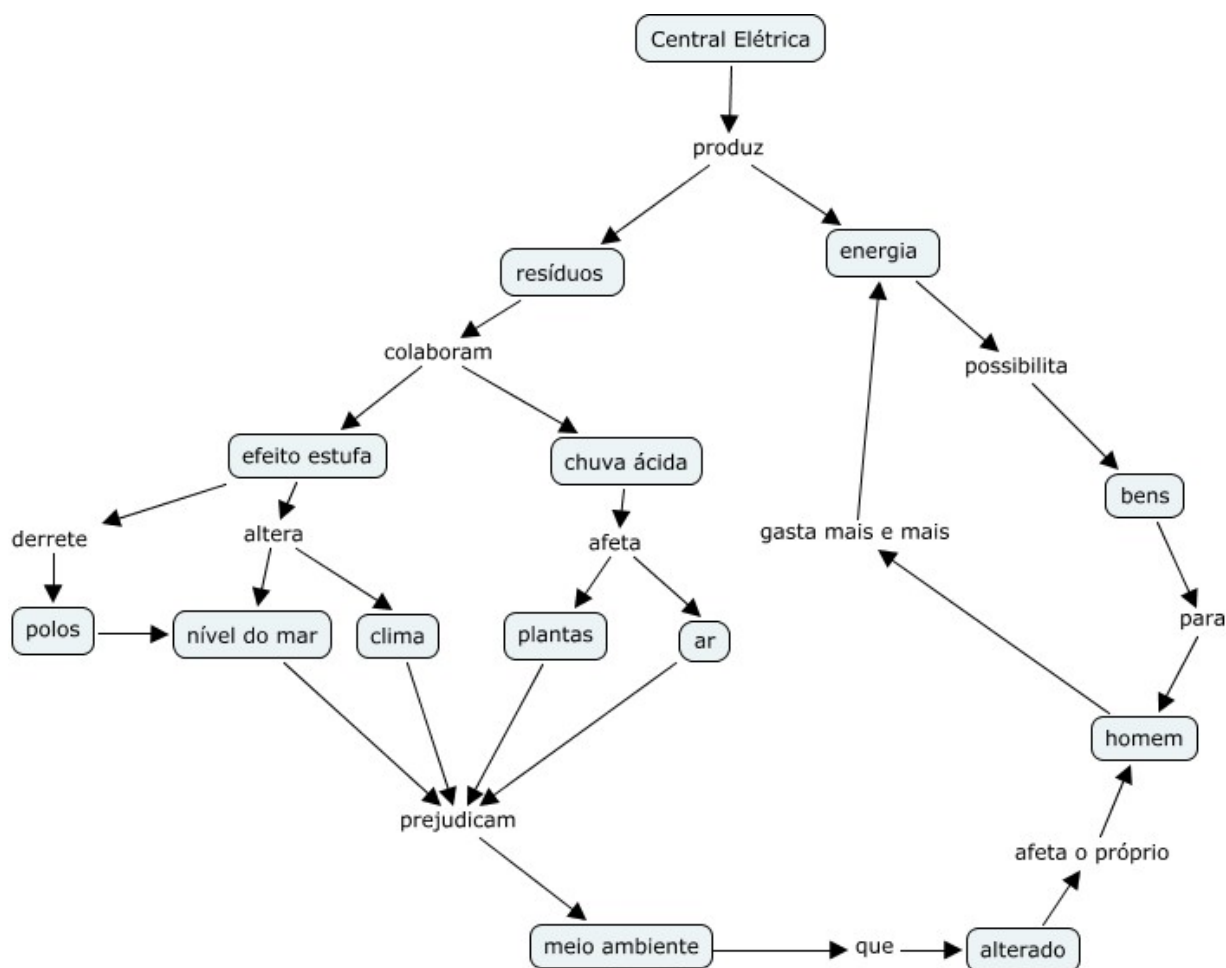
A dificuldade mais comum apresentada pelos alunos durante o processo de elaboração e construção dos mapas conceituais foi com relação à definição do termo a ser usado como elemento de ligação entre os conceitos, o conectivo. Como estratégia para facilitar o andamento das atividades, o professor pesquisador propôs aos alunos que procurassem listar uma série de palavras que pudessem se encaixar como elemento de ligação, o que foi aceito por todos, ainda assim, algumas vezes houve alguma dúvida se um determinado termo poderia ser usado como *link*, o que após algumas discussões terminava por ser eliminado ou registrado para depois ser escolhido o mais apropriado.



**Figura 28 - Mapa construído pela dupla n°6.**

Verificamos nesse mapa a existência de pelo menos uma retroalimentação básica que envolve as entidades homem, movido pela ganância se organiza através da sociedade civil produzindo atividades que resultam em impacto afetando o próprio homem. É possível fazer o mesmo raciocínio alternando a entidade sociedade civil pelas entidades indústria, governo e comércio, o que expande de um para quatro elos de retroalimentação no mapa elaborado pela dupla de alunos número 6 e dessa maneira evidenciando indícios de pensamento sistêmico.

Passamos agora à análise do mapa conceitual feito pelos alunos da dupla n°7, que pode ser observado na figura 29, apresentada a seguir:

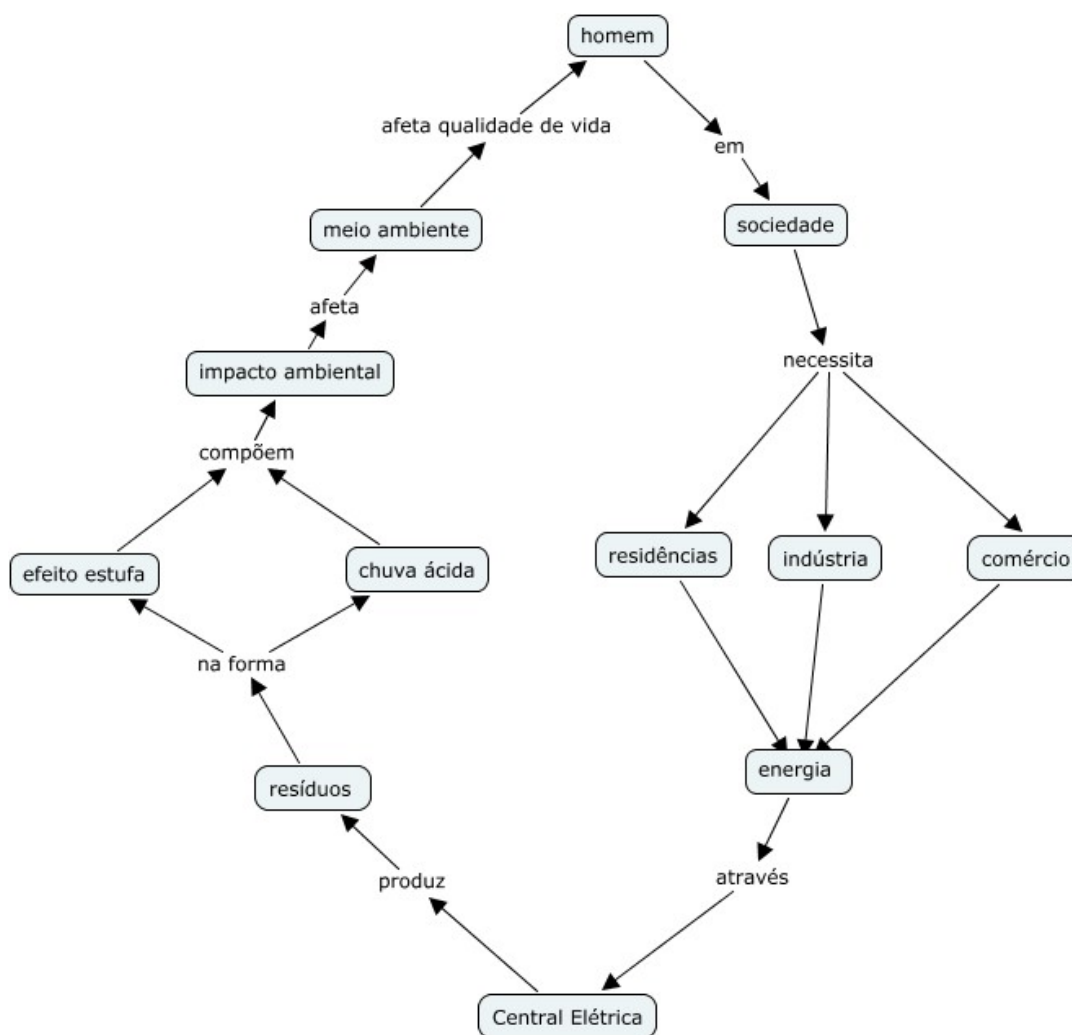


**Figura 29 - Mapa construído pela dupla nº7.**

No mapa confeccionado pela dupla nº7, embora o tema proposto seja a energia elétrica, a dupla não a coloca no centro das atenções, há pelo que nos parece uma contextualização, os alunos procuraram definir a energia a partir do ponto de produção. Como podemos visualizar tudo começa na central elétrica onde a energia elétrica é gerada, desse ponto em diante o raciocínio se dá procurando definir que no momento da produção da energia elétrica um outro evento acontece também, no caso os resíduos, este raciocínio é interessante e condiz com o fato de que toda e qualquer atividade produtiva gera resíduos de vários tipos. (ver capítulo II, seção 2.5, p. 52). A exposição das idéias apresenta significativo entendimento das questões referentes aos impactos ambientais. Vemos pela primeira vez aparecer conceitos como efeito estufa e chuva ácida. Os efeitos decorrentes desses eventos e citados no mapa são pertinentes e apresentam, portanto, incidência sobre o meio ambiente que uma vez alterado afeta diretamente o Homem.

Ao olharmos para o lado direito do mapa e analisando os conceitos ali contidos, parece-nos possível exercitar o seguinte raciocínio: tomemos os conceitos pela ordem, os conceitos de energia, bens, homem e novamente energia. Neste circuito podemos visualizar um elo de retroalimentação, pois se a energia possibilita bens para o homem e este gasta cada vez mais energia para satisfazer as suas necessidades produzindo para isto mais bens de consumo. Neste caso os alunos atentam para um fenômeno que apresenta um aspecto negativo, pois alertam para a incidência de um círculo vicioso envolvendo a energia, bens, homens energia, o que é motivo de preocupação de ambientalistas e pesquisadores a exemplo de Dias no seu Modelo de Desenvolvimento Econômico de Dias (2004) apresentado no Capítulo II, seção 2.2, p 22.

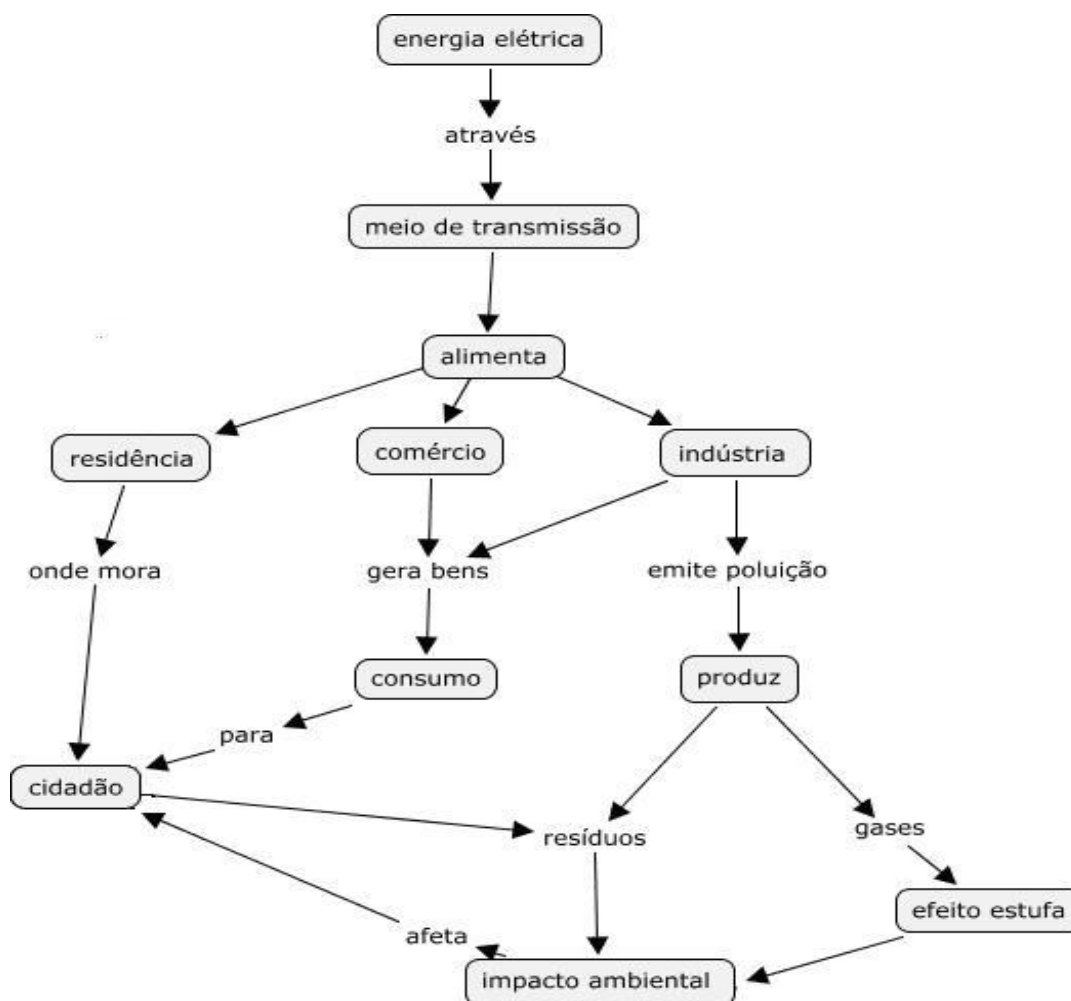
Passamos agora à análise do mapa conceitual feito pelos alunos da dupla nº8, que pode ser observada na figura 30, apresentada a seguir:



**Figura 30 - Mapa construído pela dupla nº8.**

O mapa construído pela dupla nº8 apresenta um aspecto interessante. Os alunos estabeleceram uma seqüência entre os conceitos (sentido horário) partindo do Homem em sociedade para qual se faz necessário à existência de moradia se utilizando de energia obtida através da central elétrica. Esta por sua vez produz resíduos na forma de efeito estufa e ou chuva ácida provocando impacto ambiental que acaba por afetar a qualidade de vida do próprio homem. Temos nessa seqüência dois possíveis elos de retroalimentação, um fazendo o circuito pelo efeito estufa e outro pela chuva ácida. A exemplo do mapa da dupla número 6, se fizermos o mesmo exercício de expansão das possibilidades de percurso, podemos traçar outros caminhos passando pela indústria e depois pelo comércio, o que resulta na totalização de seis elos de retroalimentação para o mapa da dupla número 8.

Por último temos o mapa conceitual construído pelos alunos da dupla nº9, que pode ser observada na figura 31, apresentada a seguir:



*Figura 31 - Mapa construído pela dupla nº9.*

Este mapa apresenta uma leve semelhança com o mapa construído pela dupla de alunos nº6. Ambos mostram setores da atividade humana como consumidores da energia produzida. O raciocínio parte da energia elétrica que através dos meios de transmissão alimenta as residências, o comércio e a indústria, sendo que todas essas entidades servem ao homem. Podemos observar que a dupla atribui a poluição apenas à indústria e ao homem. Não faz relação do comércio a esse tipo de dano. De certa forma toda atividade humana produz impacto no ambiente (Dias, 2004). É possível observarmos um pequeno elo de retroalimentação através das relações estabelecidas entre as entidades cidadão que gera resíduos causando impacto ambiental que afeta o cidadão. Assim, mesmo sendo um elo singelo com apenas três entidades, a relação estabelecida entre ela apresenta coerência, tornando o elo de retroalimentação válido na nossa análise.

### 5.2.3 Interação dos alunos com o *Software Cmap-Tools*

A foto de dois alunos da turma que participou da pesquisa é mostrada na seqüência conforme figura 32, salientando que registra o momento em que é apresentado à turma o ambiente do *Cmap-Tools*.



*Figura 32 – dupla de alunos do Módulo III do CTI que participou da pesquisa*

Durante as atividades expressivas registramos comentários do tipo:

- “pode-se citar que no computador foi mais bem organizado facilitando mais o entendimento, enquanto em folhas, fazendo-se o mapa a mão-livre demorava-se mais para fazê-lo organizadamente.”
- “facilidade em aprender a usar o computador para esse fim, pois, em nosso entendimento, ao usar o computador aprende-se mais e em menor tempo, enquanto na teoria fica mais difícil e lento.”
- “achamos que a aula dessa forma, com o PC foi mais produtiva em todos os aspectos.”

Um dos aspectos salientados como positivos pelos alunos foi a utilização do computador como ferramenta de auxílio ao trabalho. Isto se confirmou mediante os comentários feitos pelos alunos e registrados em arquivo formato documento modelo (txt) e posteriormente salvos em formato de documento do *Word*.

Passamos então, a apresentar os comentários realizados, pelas duplas de alunos, referentes às atividades realizadas na construção dos mapas conceituais com auxílio do computador.

Dupla 1, *“na confecção dos mapas conceituais o trabalho em grupo favoreceu na criação de novas idéias visto que apareceram novos pensamentos criativos. Usar o Cmap-Tools motiva a criar mais”*.

Dupla 2, *“a experiência foi muito proveitosa, pois o uso de mapas conceituais da à oportunidade de mostrarmos, realmente, o que conseguimos entender e absorver do conhecimento que nos foi passado”*.

*“Fazendo em dupla e no computador torna mais interessante a utilização dos mapas não só pela oportunidade de podermos discutir com o colega nossos conhecimentos e idéias também o software torna este trabalho mais interativo”*.

Dupla 3, *“o mapa de conceito, em se tratando de trabalho em dupla, pode ser bom e ruim, pelos seguintes aspectos. Pode ser bom pela variedade idéias que surgem nas diferentes concepções da mente dos envolvidos, o fato ruim do trabalho em dupla se resume na divergência de idéias conceituais, pois ninguém pensa igual. Esse problema ruim pode ser facilmente resolvido, se houver união e respeito às idéias do outro, tentando juntar as*

*variadas opiniões e formar um mapa conceitual que contenha ambas as opiniões. Muito bom usar o computador é fácil corrigir os erros”.*

Dupla 4, *“executando este trabalho no computador tornou-se mais fácil e interessante do que fazer manualmente, pois com software e mais ágil e interativo”.*

*“E como este trabalho foi realizado em dupla, isso gerou mais discussão levando a uma análise mais profunda do tema que foi abordado”.*

Dupla 5, *“foi muito válido trabalhar com mapas conceituais usando o pc como ferramenta, o que facilitou muito o desenvolvimento da prática, pois não foi preciso perder tempo corrigindo erros, visto que com apenas **"um clic"** é possível corrigir e formatar todo o documento”.*

*“Também foi muito valido trabalhar em dupla onde foi possível a troca de conhecimentos sobre o assunto tratado’.*

Dupla 6, *“consideramos uma boa dinâmica, pois ela permite ao aluno visualizar o que aprendeu, e relembrar alguns conhecimentos não tão importantes que foram esquecidos ao longo do curso, principalmente os teóricos. As dificuldades que tivemos foram em visualizar o esquema do mapa e tentar interligá-los, mas depois que começa o resto fica mais fácil”.*

Dupla 7, *“a execução deste trabalho foi muito interessante, pois nos possibilitou a utilização de novas ferramentas de aprendizado. Quanto ao fato do modo de trabalho podemos dizer que trabalhar em dupla ajuda no complemento das idéias de cada parte, embora a execução da tarefa de forma individual possibilite a melhor organização e exposição das idéias próprias”.*

Dupla 8, *“trabalhando em equipe podemos compartilhar os conhecimentos adquiridos durante o curso. Podendo elaborar um mapa de forma mais complexa. Em matéria de apresentação, o trabalho realizado através do computador fica superior ao feito manualmente”.*



Dupla 9, “*em relação a fazer em grupo foi mais produtivo por ter troca de idéias, assim chegando-se, talvez, a uma melhor conclusão do mapa do construído com a união de conhecimentos dos mesmos*”.

#### **5.2.4 Performance dos Mapas Conceituais**

As tendências das representações dispostas nos mapas conceituais da maioria das duplas, sob a ótica do modelo de desenvolvimento econômico de Dias (2004), apresentado no (Capítulo II, seção 2.2, p. 22), sugerem que o grupo apresenta compreensão sobre o universo que cerca o papel da energia elétrica na atividade humana. Embora não tenha sido possível constatar elos de retroalimentação em todos os mapas nem tão pouco uma grande incidência quando aparecem. De modo geral as duplas de alunos apresentaram conhecimento sobre as relações que envolvem a produção, distribuição, e consumo e conseqüentes danos decorrentes da necessidade da energia elétrica nas atividades humanas.

Os conceitos apresentados nos mapas e as relações estabelecidas entre eles, condizem com o discurso dos pesquisadores exposto no capítulo da Fundamentação Teórica dos capítulos II e III.

#### **5.2.5 A Presença de Elos de Retroalimentação**

Quanto ao aspecto atinente ao status dos Elos de retroalimentação, a tendência da maioria das duplas de alunos foi desenvolvê-los de maneira razoável. Não foi objetivo dessa presente pesquisa avaliar em que nível se estabelecem os elos, mas sim se há a presença dos mesmos nas representações feitas pelos alunos ao externalizarem suas idéias, apenas detectar então se havia ou não a presença dos mesmos, para então, conforme estabeleceu Kurtz dos Santos (1997), inferir sobre a existência de idéias de pensamento sistêmico. Desta maneira os elos uma vez evidenciados embora tenham sido tanto positivos como negativos, aproximam-se pela natureza das relações estabelecidas entre os conceitos utilizados com o Diagrama desenvolvido por Dias (2004) para o Modelo de Desenvolvimento Econômico apresentado no capítulo II, seção 2.2, p. 22.

Quanto à Coerência, foi possível observar, com base no diagramas de MDE elaborado por Dias (2004) (veja no capítulo II, seção 2.2, p. 22) e pelo discurso dos demais pesquisadores referenciados, que a maioria das duplas estruturou seus mapas com coerência,

visto que, mesmo havendo uma ou outra divergência entre a forma como a energia elétrica foi contextualizada. Desta maneira, conforme Moreira (2006) e Amoretti (2000) consideramos os mapas válidos, até mesmo porque se tratam de representações idiossincráticas, que expressam o entendimento do sujeito sobre determinado assunto, até mesmo porque segundo Moreira (1983, 2006) não existem mapas incorretos, pois existem maneiras de organizar os conteúdos na estrutura cognitiva dos sujeitos.

### **5.2.6 Interação entre os Participantes**

Foi possível observar ao longo de todas as atividades expressivas que possibilitaram a construção dos mapas conceituais os diálogos estabelecidos entre os participantes das nove duplas. Este se caracterizou por uma tendência ao uso correto dos termos a serem utilizados como elemento de ligação entre conceitos.

### **5.2.7 O Uso do Software**

Com relação ao uso do *Software Cmap-Tools*, a tarefa de construir mapas na tela do computador, ocorreu de forma tranqüila. O fato de poderem contar com material instrucional, no qual continha um tutorial de utilização do referido software (ver apêndice B) e desta forma todas as atividades desenvolvidas transcorreram de modo tranqüilo com algumas solicitações de ajuda ao professor pesquisador. Atribui-se a esta condição o fato de que o primeiro mapa que foi construído pelos alunos foi elaborado de modo livre, em caráter preparatório para a atividade principal a qual serviu como fonte de coleta de dados para a presente pesquisa.

Finalizando a presente análise dos instrumentos, podemos dizer que quanto às associações feitas pelos alunos com relação ao tema energia elétrica, suas incidências no ambiente, não houve dificuldade por parte da maioria das duplas de alunos quanto a responder ao primeiro instrumento de pesquisa, o questionário (veja seção 5.1, deste capítulo). Nem tão pouco em participar das atividades expressivas na elaboração dos mapas conceituais e assim externalizarem suas idéias prévias. Podemos dizer que o material sugerido como apoio contribuiu para o fortalecimento dos conceitos dos alunos, e a implementação das atividades propostas conforme observados nos relatos dos próprios alunos apresentados nas p. 173, 174 e 175 deste capítulo.

Assim, do todo até então observado, foi possível concluir que até aqui, de maneira geral, a tendência da maioria das duplas de alunos foi a de manter interações com questionamentos em torno das atividades desenvolvidas. Na etapa de conclusões, apresentaremos maiores considerações sobre os resultados obtidos dessa avaliação realizada nos dados procedentes dos instrumentos de pesquisa.

## **CAPÍTULO VI**

### **6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este capítulo apresenta as conclusões deste estudo descrevendo-as em relação: ao entendimento apresentado pelos alunos a respeito do tema energia elétrica e suas implicações no ambiente. Procuramos apresentar argumentos que tentam responder as questões de pesquisa descritas no capítulo I, seção 1.4.1, p.7; para tanto fazemos uma síntese da análise dos dados realizada no capítulo V, referente ao instrumento 1 (veja capítulo V, seção 5.1, p. 132), aos dados que surgiram da aplicação dos mapas conceituais discutidos no mesmo capítulo na seção 5.2, com o objetivo de responder às três questões de pesquisa apresentadas no capítulo I, seção 1.4.1, p. 7. Na seqüência apresentamos um comentário sobre os instrumentos utilizados para a coleta de dados, seguido de uma reflexão apontando as limitações de nossa pesquisa e conseqüentes conclusões. Finalizando o presente capítulo fazemos alguns comentários que levam à sugestões para futuras pesquisas.

A origem deste trabalho se deu em função do seguinte problema de pesquisa: Se existe no curso de projetos e instalações elétricas a preocupação em se discutir as questões referentes à energia elétrica e de que forma os alunos vêem estas questões. Com o propósito de elucidar essa dúvida, surgiram três questões de pesquisa as quais, procuramos responder através dos instrumentos de pesquisa (veja capítulo IV, seção 4.3 p. 117). Assim, apresentamos agora novamente cada questão de pesquisa acompanhada de uma análise e conseqüente conclusão.

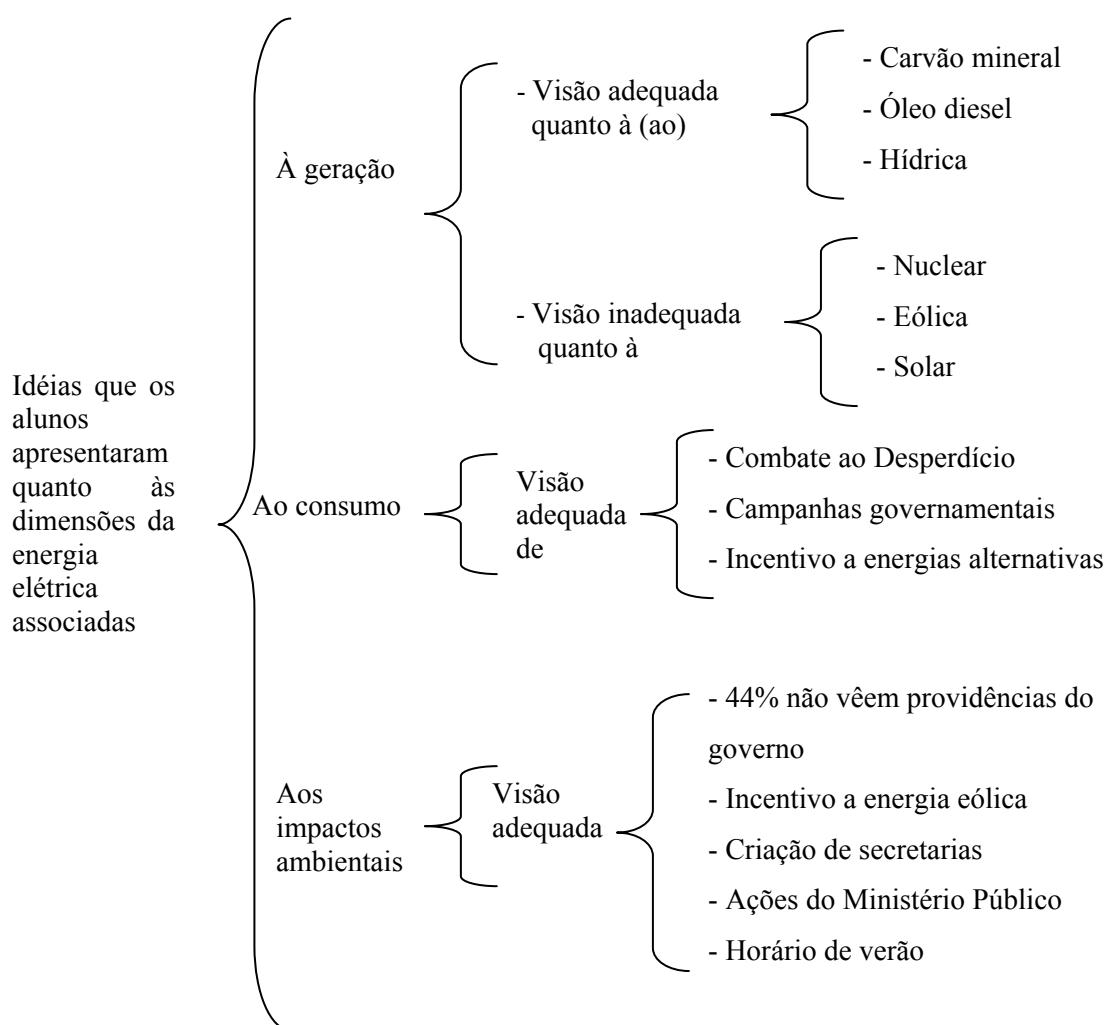
#### **6.1 Resposta à questão de pesquisa 01**

Qual o perfil das idéias dos alunos do curso a respeito da energia elétrica no que diz respeito a suas fontes de geração, consumo e conseqüente impacto ambiental?

Como forma de encaminhar a resposta a essa questão, foram elaboradas, no instrumento de pesquisa 01 (ver apêndice A), as questões 01 e 02, ambas de escolha simples, porém no caso da questão 2 houve o acréscimo da possibilidade dos alunos justificarem suas respostas. Dessa maneira procuramos dispor de um meio proporcionasse ao pesquisador

cruzar as informações entre as repostas das questões objetivas e dissertativas com o intuito de melhor compreender as idéias que os alunos apresentavam com relação ao tema proposto. Das repostas fornecidas pelos alunos ao questionário, foi possível fazer uma categorização que nos permitiu fazer a análise das mesmas conforme apresentado no capítulo IV, seção 4.4, p.127.

O objetivo da questão 1 se concentra em conhecer as idéias que os alunos têm a respeito da energia elétrica considerando as dimensões de geração, consumo e impactos no ambiente (veja capítulo IV, seção 4.4, p. 127). Ao fazermos uma síntese do que foi apresentado na análise do questionário surgiu a rede sistêmica que apresentamos a seguir.



**Figura 33 - Rede sistêmica para as idéias dos alunos com relação as dimensões associadas a energia elétrica.**

No tocante à dimensão associada à geração da energia elétrica, essa dimensão foi tratada de modo mais específico nas questões 1 e 2 do instrumento 1 (veja apêndice A). Podemos perceber que a energia elétrica gerada a partir do carvão mineral, de acordo com o

BEN (2007) (ver capítulo II, seção 2.4.1, p. 35), é responsável por 13% da matriz de geração de energia elétrica no Brasil. Contudo os alunos ao serem questionados se este tipo de fonte de energia é efetivamente significativo na geração de eletricidade e se devem ser implementados investimentos na sua utilização, manifestaram na sua grande maioria de forma duvidosa e discordante dessa afirmação. Pelas respostas obtidas percebemos que os alunos apresentam um nível de entendimento razoável com relação ao papel que o carvão mineral tem na matriz de geração de energia elétrica no Brasil.

Com relação ao Óleo diesel, que tem participação de apenas 2,8% da matriz de geração de eletricidade nacional, pelos dados obtidos no questionário podemos afirmar que os alunos têm a consciência de que se trata de um recurso esgotável a exemplo do carvão mineral conforme exposto no capítulo II, seção 2.4.2, p. 46, e que como conseqüências da sua utilização, resultam grandes quantidades de poluentes na atmosfera, além de colaborar para o aumento do aquecimento global (veja capítulo II, seção, 2.5, p.53).

As respostas para os questionamentos sobre o carvão mineral e o óleo diesel apresentam muitas semelhanças, isso se deve ao fato dos alunos reconhecerem que ambas as fontes de energia são de natureza não renovável e que são causadoras de impactos ambientais, pois ao serem utilizadas produzem resíduos que são emitidos na atmosfera contribuindo para o efeito estufa e o aquecimento global.

No que diz respeito à energia nuclear, vários alunos se manifestaram contrários que sejam feitos investimentos e uma grande parcela se declarou com dúvidas. Os resultados registram que os alunos têm a consciência de que esse tipo de energia não é significativo para o País, na verdade representou 2,5% da matriz de geração de eletricidade conforme apresentado na tabela 02 (veja capítulo II, seção 2.4.1, p.36). Além disso, eles não consideram que o País deva fazer investimento na energia nuclear, pois, eles acreditam que a utilização desse tipo de energia está atrelada a possibilidade de que ocorram acidentes em virtude de duvidarem da qualificação técnica das pessoas responsáveis pela operação dos equipamentos. Na oportunidade foi lembrado o acidente de Chernobyl (veja capítulo II, seção 2.5, p.52), que abalou o mundo, porém não houve menção alguma ao não menos grave acidente que ocorreu na cidade de Goiânia apresentado na mesma seção.

Embora o relatório do BEN 2007 aponte a energia nuclear como sendo a energia do futuro, apenas um aluno manifestou esse entendimento, a análise que fazemos é de que existe

um receio quanto a sua utilização justificável pelos fatos trágicos ocorridos a exemplo de Chernobyl. De fato, esta preocupação é tão forte que se sobrepõe a todo e qualquer argumento que possa vir a adjetivar a energia nuclear como sendo a energia do futuro, citada no BEN 2007.

No tocante as fontes renováveis, especificamente as hídricas os alunos na sua grande maioria apresentaram o entendimento adequado de que este potencial energético corresponde segundo dados do BEN 2007 a 77,3% da matriz de geração de eletricidade.

Quanto à energia eólica e solar houve semelhanças quanto aos posicionamentos feitos pelos alunos. Foi observado nas respostas dos alunos que os mesmos ao considerarem a energia eólica como muito utilizada, apresentam uma idéia inadequada com relação à participação dessas duas modalidades na matriz de geração de eletricidade. Isso porque segundo os dados fornecidos no BEN 2007 a contribuição da energia eólica registrou índice de 0,1% na matriz de geração, um índice tão pequeno que só é citado na observação registrada na tabela 02 (veja capítulo II, seção 2.4.1, p. 36) incluindo-a na categoria das biomassas. Fato semelhante aconteceu com relação à energia solar. O que podemos observar é uma idéia ingênua, pouco aprofundada sobre o assunto, as razões para isso não foram possíveis de serem apuradas, o que deve servir de objeto de atenção dos professores que desenvolvem esses conteúdos no curso de Projetos e Instalações Elétricas do CTI.

Com relação a dimensão associada ao consumo da energia elétrica, a visão que os alunos apresentaram, na nossa análise é bem adequada ao que preconiza a Educação Ambiental. De fato os alunos fizeram referências à necessidade de controlar os gastos através do combate ao desperdício e pela utilização de equipamentos mais eficientes. Além disso, enfatizaram a necessidade da existência de ações governamentais que incentivem e promovam a redução do consumo de energia elétrica, porém foram céticos quanto à capacidade dos governantes em promover estas campanhas e complementaram este cenário com a necessidade de políticas que incentivem o uso de energias alternativas.

A interpretação que fazemos é de que para as fontes relativas ao carvão mineral, óleo diesel e hídrica os alunos apresentaram um entendimento razoável, fazendo articulações adequadas entre as fontes de energia e sua importância no cenário energético nacional. O mesmo não se verificou para as fontes eólica, solar e nuclear, pois os alunos apresentaram uma visão inadequada do papel que as fontes eólica e solar ocupam na matriz de geração de

eletricidade e apresentam uma concepção alternativa errônea quanto às potencialidades de se utilizar a energia nuclear de modo produtivo e seguro. O resultado da análise dos dados referente à dimensão da energia elétrica associada à geração nos aponta para a existência de algumas deficiências que merecem ser trabalhadas futuramente no curso.

No que diz respeito à dimensão associada aos impactos ambientais decorrentes da utilização da energia elétrica, a conclusão que chegamos é a de que uma grande parcela dos alunos não percebe nos governantes uma preocupação efetiva em promover ações no sentido de minimizar os impactos ambientais. Foram citadas algumas iniciativas de implantação de fontes alternativas de energia a exemplo da energia eólica que não produz resíduos, a reedição do já conhecido horário de verão, mas estas são ações que incidem diretamente sobre o consumo de energia elétrica e por consequência reduzindo os impactos ambientais.

No tocante as fontes de energia elétrica, a visão apresentada pelos alunos é de que eles conseguem relacionar que a geração da energia elétrica implica em alterações no ambiente. Foram lembrados os danos que são causados pela utilização dos combustíveis fósseis, através da geração de gases na atmosfera contribuindo para o efeito estufa e o aquecimento global (veja capítulo II, seção 2.5.1, p. 53). Da mesma forma a utilização da hidroeletricidade também resulta em alterações da geografia nos locais onde são construídas as barragens discutida no capítulo II, seção 2.4.1.1, p.38, e a mais marcante de todas as energias a energia nuclear, justificada pelos terríveis acidentes registrados na história e que foram responsáveis por ceifarem milhares de vidas discutida no mesmo capítulo, seção 2.5, p.52. A análise que fazemos implica em considerar que os alunos apresentam um grau de entendimento sobre a relação direta que existe na produção de energia elétrica e que minimizar os impactos ambientais requer o uso de fontes alternativas, a redução do consumo e uso de equipamentos mais eficientes.

## **6.2 Resposta à questão de pesquisa 02**

*Os estudantes apresentam evidências de pensamento sistêmico ao realizarem as atividades expressivas, após trabalharem temas referentes à energia elétrica e sua relação com o meio ambiente?*

Para responder a essa questão tomamos como referência Kurtz dos Santos (1997), que determinou ser possível estabelecer como evidência da existência de pensamento sistêmico,



quando os alunos ao realizarem atividades expressivas, articulam suas representações de modo tal que apareça, em suas explicações pelo menos um elo de retroalimentação.

As idéias representadas nos mapas conceituais estão de acordo com os modelos conceituais aceitos pela comunidade acadêmica, tendo suas entidades familiaridade com os conceitos contidos no Modelo de Desenvolvimento Econômico de Dias (2004, p 96), apresentado em nosso trabalho no capítulo II, seção 2.2, p. 22. Os mapas elaborados pelos alunos sugerem que o grupo apresenta compreensão sobre o tema energia elétrica e suas implicações ao ambiente. De modo geral as duplas de alunos evidenciaram conhecimento sobre as relações que envolvem a produção, distribuição, e consumo e conseqüentes danos decorrentes da necessidade da energia elétrica nas atividades humanas.

Foi possível observar nos mapas conceituais construídos pelos alunos a tendência em fazer representações utilizando conceitos pertinentes sob a ótica da Educação Ambiental, coerências nas relações estabelecidas entre eles e na quase totalidade dos mapas conceituais, exceto o mapa da dupla 09 que no seu raciocínio estabeleceu vínculo do impacto ambiental ao homem e a atividade industrial, deixando a atividade comercial isenta de participação na produção de resíduos e conseqüente impacto ambiental.

Quanto à Coerência nas relações estabelecidas entre os conceitos, foi possível observar, com base no esquema do MDE elaborado por Dias (2004) (veja no capítulo II, seção 2.2, p. 22) e pelo discurso dos demais pesquisadores referenciados, que a maioria das duplas estruturou seus mapas de forma a apresentar coerência nas relações entre conceitos utilizados, mesmo havendo uma ou outra divergência, em alguns mapas, entre a forma como a energia elétrica foi contextualizada. Desta maneira, consideramos os mapas válidos, até mesmo porque se tratam de representações idiossincráticas conforme estabelecem Moreira (2006) e Amoretti (2000) que expressam o entendimento do sujeito sobre determinado assunto, até mesmo porque segundo Moreira (1983, 2006) não existem mapas incorretos, isto porque existem várias maneiras de organizar os conteúdos na estrutura cognitiva dos sujeitos.

A Presença de elos de retroalimentação nos mapas conceituais foi um aspecto marcante. Apenas em um dos mapas conceituais não foi possível observar a presença de pelo menos um elo de retroalimentação. Nos demais mapas, verificamos a presença de pelo menos um elo de retroalimentação, registrando inclusive casos de quatro e até seis elos de retroalimentação. Conforme relatado no capítulo V, seção 5.2.4, p. 175, não foi intenção de

nossa pesquisa investigar a natureza dos elos, nem tão pouco avaliar em que nível eles se estabelecem, mas sim se há a presença dos mesmos nas representações feitas pelos alunos ao externalizarem suas idéias, para então, conforme estabeleceu Kurtz dos Santos (1997), determinar se os alunos sejam capazes de pensar de maneira sistêmica. Dessa maneira, para facilitar o entendimento da nossa análise, apresentamos uma síntese do que foi observado nos nove mapas conceituais elaborados pelos alunos, nas atividades expressivas, conforme pode ser observado na tabela 03 a seguir.

Tabela 03 – Entidade e os elos de retroalimentação existentes nos mapas conceituais construídos pelas duplas nas atividades expressivas.

Mapa da dupla	Nº de entidades	Existe coerência	Nº de elos
01	09	S	02
02	09	S	04
03	12	S	02
04	08	S	03
05	15	S	Nenhum
06	12	S	04
07	14	S	01
08	12	S	06
09	11	S	01

Podemos observar pelo que está exposto na tabela 03, acima, que oito entre nove mapas elaborados pelos alunos (o que corresponde a mais de 88%), apresentam pelo menos um elo de retroalimentação. A análise que fazemos é que os alunos na sua grande maioria apresentam evidências de pensamento sistêmico, pois conforme estabeleceu Kurtz dos Santos et al. (1997) é preciso que exista pelo menos um elo de retroalimentação, e o que podemos verificar é que dos oito mapas elaborados contendo elos de retroalimentação, apenas dois deles possui um único elo. Os números apresentados, acima na tabela 03, nos permitem responder sim à segunda questão de pesquisa que indaga se os estudantes apresentam evidências de pensamento sistêmico ao realizarem as atividades expressivas, após trabalharem temas referentes à energia elétrica e sua relação com o meio ambiente.

### 6.3 Resposta à questão de pesquisa 03

Como se desenvolve a interação entre os estudantes que trabalham em duplas frente à nova proposta de se abordar os conteúdos da disciplina contemplando aspectos ambientais com o auxílio de software específico?

Conforme relatado pelos alunos e registrado no capítulo V, as atividades desenvolvidas no computador utilizando o *software Cmap-Tools*, realizaram-se de maneira agradável e produtiva. O ambiente do computador permitiu que os alunos lançassem mão da intuição no momento de reproduzir suas idéias, além disso, a possibilidade de corrigir os esquemas sem ter que apagar tudo, o acabamento final das representações na tela do computador surpreenderam os alunos. Todos esses detalhes foram relatados pelos alunos e registrados no computador, sendo transcritos para o formato *word* e posteriormente apresentados no capítulo V, seção 5.2.3, p. 173.

Conforme entendimento de Amoretti et al. (2000) o *software* proporcionou aos alunos um envolvimento pessoal no processo, permitindo que eles articulassem, suas idéias e por conseqüência chegassem a conclusões a respeito do produto de suas atividades. Neste sentido, pudemos observar no decorrer das atividades expressivas que o ambiente virtual auxiliou na externalização das idéias através dos mapas conceituais elaborados com o auxílio do *software Cmap-Tools*.

Durantes as atividades também foi possível observarmos alunos motivados frente às atividades propostas pelo professor pesquisador. Essa motivação conforme entendimento de McClelland (1973) ocorreu como um fator positivo, pois conforme salienta o autor “um indivíduo motivado é capaz de agregar elementos tais como conhecimentos, habilidades, ativar adequadamente esquemas mentais, além de realizar ações na execução eficiente do trabalho”.

Os resultados obtidos com os mapas conceituais nas atividades expressivas nós classificamos como sendo positivos se assemelham aos verificados por Machado (2005) (veja capítulo III, seção 3.11, p. 114), pois de modo análogo ao seu experimento também foi possível constatar que os alunos atingiram um desempenho aceitável, na construção dos mapas conceituais, apresentando nas representações de suas idéias variedade de conceitos, acabamento e clareza, que segundo seus próprios relatos apresentados no final do capítulo V, seção 5.2.3, p. 173, foram conseqüência das facilidades proporcionadas pelo uso do computador como auxílio

*software Cmap-tools*. Desta forma, o ambiente virtual colaborou no sentido de motivar os alunos, isto porque a motivação é uma das condições para que se proceda à aprendizagem significativa (Amoretti, 2000).

#### **6.4 Os Instrumentos de coleta de dados**

Quanto ao questionário, a análise que fazemos é de que o instrumento serviu como fonte de produção de dados que abasteceram essa pesquisa com informações suficientes para podermos chegar à conclusão de que os alunos mostraram-se motivados a participar da investigação proposta. No conjunto de informações resultantes da aplicação desse instrumento, observamos a participação efetiva dos alunos, pudemos notar que eles se engajaram na tentativa de demonstrar o que pensam a respeito do tema energia elétrica e suas implicações ao ambiente.

Com relação aos mapas conceituais (veja capítulo III, seção 3.10, p. 107), foi possível observar que os mesmos apresentam um forte ingrediente que incentiva a intuição, de fato pelas nossas observações feitas durante a elaboração dos mapas, podemos afirmar que os alunos não apresentaram dificuldades em construir representações que externalizassem o entendimento que dispunham sobre o tema tratado na atividade que estava sendo executada. Isto porque, os alunos construíram inicialmente um modelo utilizando o lápis e o papel. Os desafios ficaram por conta do domínio dos comandos necessários para a construção dos mapas na tela do computador, o que foi atenuado em virtude do tutorial disponibilizado com a finalidade de facilitar a tarefa de utilização do *Software Cmap-Tools*.

Entretanto, pelas nossas observações e mais ainda pelo produto das atividades expressivas, uma vez que superadas as dificuldades iniciais podemos considerar que o *Software Cmap-Tools* pode ser considerado uma boa alternativa de ferramenta de ensino/aprendizagem aplicada às atividades expressivas. Isso se justifica pela maneira agradável como se manifestaram as atividades conforme registro dos relatos feitos pelas duplas (veja capítulo V, seção 5.2.3, p. 173), consistindo assim, em uma nova forma de interação do estudante com os conteúdos escolares, onde foi possível observar que os alunos puderam constatar e questionar as conseqüências que se estabelecem das relações que são decorrentes da produção, consumo da energia elétrica com o ambiente considerando como referencial o MDE utilizado, à luz dos ensinamentos de Dias (2006) (veja capítulo II, seção 2.2, p.22).

## 6.5 Limitações da Pesquisa

Quando a aprendizagem significativa ocorre, a partir da construção dos Mapas conceituais ela produz uma série de alterações dentro da estrutura cognitiva, modificando os conceitos existentes e formando novas conexões entre os conceitos. Segundo Amoretti e Tarouco (2001) a modelagem da representação do conhecimento sob a forma de mapas conceituais, desenvolve novas relações conceituais de uma forma dinâmica e criativa, resultando na externalização do pensamento (Kurtz dos Santos et Al., 2002). Também pode nos auxiliar a trabalhar melhor com esses conceitos e com a percepção e compreensão de seus significados. Este fato possibilita o aprofundamento desses novos conceitos e dando idéia do impacto na percepção dos significados conceituais trabalhados e relacionados através de seus links (conexões) e nós (conceitos dentro dos conceitos) (Amoretti et al., 2000).

Durante o desenvolvimento das atividades expressivas, foi observado que os estudantes encontraram algumas dificuldades, a princípio por receio de estarem construindo mapas errados, problema que foi resolvido mediante intervenção do professor pesquisador quando esclareceu que segundo Moreira (2006) não existe mapas errados, pois os mesmos são idiossincráticos e na maioria das vezes merecem esclarecimentos de quem os constrói. Houve também alguma dificuldade no primeiro contato com o software no momento de transcrever os mapas elaborados com lápis e papel, esse impasse foi reduzindo até que se estabeleceu, ao longo das atividades expressivas, um clima de intimidade com o computador e a interface do *Cmap-Tools*. Essas dificuldades, em nosso entendimento poderiam ter sido minimizadas se tivesse havido mais tempo disponível para aproximar os alunos com a metodologia, a exemplo do que fizeram Xavier (2003) e Orsini (2006) que promoveram um curso sobre as ferramentas utilizadas nas atividades expressivas. No caso do nosso trabalho esse procedimento não foi possível por se tratar de um público composto por alunos do curso noturno que apresentava pouca ou quase nenhuma flexibilidade na administração dos horários dos docentes, ao contrário do público do curso diurno utilizado pelos pesquisadores anteriormente citados.

Após do desenvolvimento dessa pesquisa podemos perceber que a mesma apresenta algumas limitações. Concluímos que a natureza do grupo de alunos tomado como amostra, foi determinante para que o desenvolvimento dessa pesquisa se desse da maneira como ocorreu, isto pelo fato do curso ser na modalidade modular, o tempo disponível para a coleta de dados

foi muito breve, correspondendo a apenas nove encontros, nos quais além da aplicação dos procedimentos estabelecidos e relatados na metodologia (ver capítulo IV, p. 116), ainda tivemos que desenvolver os conteúdos programáticos da disciplina. Assim, concluímos que se houvesse um período maior para o desenvolvimento desse trabalho com o grupo de alunos, poderíamos ter desenvolvido um maior número de atividades expressivas na construção dos mapas conceituais e ter explorado com mais intensidade o potencial desse instrumento pedagógico.

## **6.6 Conclusões**

No que tange a dimensão da energia elétrica associada ao consumo esta pesquisa apontou que os alunos de nível técnico profissionalizante do Curso de Projetos e Instalações Elétricas Noturno do CTI, apresentam um grau razoável de entendimento sobre as conseqüências ambientais relacionadas à geração e consumo da energia elétrica, tomando como referências os pesquisadores citados no capítulo II, os alunos também se demonstraram capazes de pensar em nível sistêmico segundo entendimento de Kurtz dos Santos (1997). Associado a isso, os alunos conseguiram trabalhar em duplas frente ao computador de maneira satisfatória, de modo semelhante ao que foi observado por Xavier (2003) e Orsini (2006).

Os resultados encontrados embora não possam ser generalizados, nos permitem chegar à conclusão de que este trabalho de pesquisa gerou questões que demandam o desenvolvimento de novos estudos no sentido de tentar respondê-las, como por exemplo:

- Como poderíamos qualificar o pensamento sistêmico apresentado pelos alunos envolvidos nesta pesquisa?

- Poderíamos estabelecer evidências de que esse pensamento apresentado pelos alunos se desenvolve de forma complexa conforme entendimento de Morin (1998, 2000)?

## **6.7 Sugestões para Trabalhos Futuros**

Esse trabalho, com certeza não teve a pretensão de esgotar o tema Energia elétrica e suas implicações ao Ambiente, contudo pelo fato de ter sido o pioneiro no Projeto

Modelciências e no PPGEA a utilizar como instrumento de coleta de dados, como uma alternativa complementar ao uso do questionário, os mapas conceituais de Novak (2000), Moreira (2006) e Amoretti et Al. (2000). Observamos que esse procedimento permitiu aos alunos uma maior liberdade no momento de exporem suas idéias, embora segundo Moreira (2006) a utilização dos mapas conceituais requeira uma maior intimidade e domínio por parte de quem os faz, notamos que mesmo com pouco tempo trabalhado nesse sentido, os mapas conceituais mostraram-se muito intuitivos para os alunos. No entanto sugerimos que tentativas futuras de utilização dos mapas conceituais em trabalhos semelhantes procurem formas de extrair dessa ferramenta pedagógica muito mais do potencial que certamente ela dispõe.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. T. A. - *Um estudo sobre uma possível utilização da modelagem semiquantitativa na educação ambiental para a explicitação de concepções de alunos de uma escola de ensino fundamental do Rio Grande sobre problemas sócio-ambientais. Rio Grande-RS, 2001.* 212p. Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental) - Coordenadoria de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

AMORETTI, MARIA SUZANA MARC e TAROUCO, LIANE. (2000) - *Mapas Conceituais: Modelagem Colaborativa do Conhecimento.* Revista Informática na Educação: teoria e prática. PGIE/ UFRGS, v.3,n.1, setembro 2000.

AMORETTI, MARIA SUZANA MARC. (2001) - *“Protótipos e Estereótipos: aprendizagem de conceitos. Mapas Conceituais: Experiência em Educação à Distância”*, Revista Informática na Educação: Teoria & Prática, PGIE, UFRGS, dezembro de 2001.

AMORETTI, MARIA SUZANA MARC ET ALII. Artigo (2002) - *“Representação de conceitos em EAD: mapas conceituais colaborativos”* publicado nos Seminários sobre Tecnologias de Informática para Ensino à Distância, Cadernos de Informática, volume 2, Nº 1, pp.125-133 e apresentado no IV Seminário de Tecnologias de Informática para Ensino à Distância: Representação do Conhecimento em EAD, organizado pelo Instituto de Informática da UFRGS, ISSN 1519-132X.

AMORETTI, MARIA SUZANA MARC (2003) - *Protótipos e estereótipos: aprendizagem de conceitos. Mapas conceituais: experiência em Educação à Distância.* EAD - Unicamp – SP. Disponível em: <<http://www.rau-tu.unicamp.br/nou-rau/ead/document/?code=19>> acesso em setembro de 2007.

AURÉLIO, - *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*, 2ª edição, revisada. Editora Nova Fronteira, 2000.

AUSUBEL, D., NOVAK, J. & HANESIAN, H. - *Education Psychology: A Cognitive View.* 2nd. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1978.

AUSUBEL, D. - *The acquisition and Retention of Knowledge.* Kluwer academic Publishers. New York, USA. ISBN 0-7923-6505-4. 2000.

BAJAY, SERGIO VALDIR e ELIANE BEZERRA de CARVALHO (1998). - *“Planejamento indicativo: Pré-requisito para uma boa regulação do setor elétrico”* in Anais do 3o Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Unicamp / USP / Efe / SE-SP / SBPE, São Paulo, p. 324-8.

BAJAY, SERGIO VALDIR (2001) - *Reestruturação do MME e Criação de um Órgão de Apoio, Relatório Técnico do Departamento Nacional de Política Energética, Secretaria de Energia, Ministério de Minas e Energia, Brasília.*

BAJAY, SERGIO VALDIR (2004) - *Formulação de políticas públicas, planejamento e regulação de mercados de energia: as visões das administrações FHC e Lula e os desafios pendentes.* Disponível em: <[www.comciencia.br/reportagens/2004/12/07.shtml](http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/07.shtml)>. acesso em julho de 2008.



BEHAR, PATRICIA A. - *Análise lógico-operatória de ferramentas computacionais de uso individual e cooperativo*. Porto Alegre: Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 1998. Tese de Doutorado.

BERTALANFFY, L. von. - *General System Theory; Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, 1968.

BLISS, J. et. al. (1992) - *Reasoning Supported by Computational Tools. Computer Education*. Vol.18. p1-9.

BLISS, J., OGBORN, J. - *Tools for Exploratory Learning. A Research Programme*. Journal of Computer Assisted Learning, 5:37-50, 1989.

BLISS, J. From - *Mental Models to Modelling*. In: MELLAR, H.; BLISS, J. BOOHAN, R.; OGBORN, J.; TOPSETT, C. (ed.). *Learning with Artificial Worlds: computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press, 1994. p. 117-27.

BÄRWALD, GIANI MARIZA (2002) - *Um Estudo com alunos do CEFET/RS sobre energia elétrica e ambiente, enfatizando a educação ambiental*. Dissertação de Mestrado – Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Mestrado em Educação Ambiental.

BRASIL. *Lei n. 9.795, de 27 de abril 1999*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999.

BRASIL, *LEI Nº 9.991, de 24 de julho de 2000*. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Fonte: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/LEI20009991.pdf>.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Formação e Desenvolvimento Profissional. *Educação profissional: um projeto para o desenvolvimento sustentado*. Brasília, 1995.

\_\_\_\_\_. *Educação profissional. Referenciais curriculares nacionais da educação profissional de nível técnico. Área profissional: Indústria*. Brasília: MEC, 2000.

BRAATHEN, PER CHRISTIAN. - *A Case Study of Prior Knowledge, Learning approach and conceptual change in an Introductory College Chemistry Tutorial Program*. Madison, University of Wisconsin, 1987.

BRITISH PETROLEUM, <<http://www.bp.com/home.do?categoryId=1>>, acesso em setembro de 2008.

BRUNDTLAND, G.H. et al. - *Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

BUENO, CECÍLIA - *Conservação de Biodiversidade nos Parques Urbanos: O Caso do Parque Nacional da Tijuca*. Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental, UNESA, RJ, 1998. 153p.

CAMILETTI, G. (2001) - *Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários*. Vitória, ES,

**Curso de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo.**  
Dissertação de Mestrado em Pesquisa em Ensino de Física.

CAMILETTI, G. & FERRACIOLI, L. (2001) - *A Utilização da Modelagem Computacional Quantitativa no Aprendizado Exploratório de Física*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 18(2): 214-28.

CAPRA, F. - *Pertencendo ao Universo*, Ed. Cultrix, 1995.

CAPRA, F. - *A Teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. Traduzido por Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 1996.

CAPRA, F. - *O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente*. São Paulo: Cultrix, 1982.

CAPRA,FRITJOF. - *Sabedoria Incomum*. Cultrix. São Paulo, 1993.

CARVALHO, MARIA CECÍLIA M. de. - *Construindo o Saber: metodologia científica, fundamentos e técnicas*, 3 ed, Campinas, editora Papirus, 1991.

CARVALHO, M. L. (1993), - *Construtivismo: fundamentos e práticas*. São Paulo, Editora Lisa.

CASTORINA, J. A - *A Psicologia Genética e o problema do conhecimento de domínio*. Em: *Banks-Leite* (org.): Percursos Piagetianos. São Paulo: Cortez, 1997.

COLE, M. & COLE, S. - *O Desenvolvimento da criança e do adolescente*. Porto Alegre: Artes Médicas (2003).

CREDIDIO, FERNANDO. - *A Consciência Cidadã*. 2004. Disponível em: <[http://www.administradores.com.br/artigos/consciencia\\_cidada/31/](http://www.administradores.com.br/artigos/consciencia_cidada/31/)>, acesso em março de 2008.

DIAS, GENEBALDO FREIRE, - *Educação Ambiental: Princípios e Práticas*/ Genebaldo Freire Dias – 9 ed. – São Paulo: Gaia, 2004.

DREYFUS, HUBERT L. - *A dimensão filosófica do conexionismo*. In: ANDLER, Daniel (org.). Introdução às ciências cognitivas. Trad. de Maria Suzana Marc Amoretti. São Leopoldo: UNISINOS, 1998. 430p.

DRIVER. R. - *Science – Study and Teaching*. Inglaterra: Open University Press, 1983. reprinted, 1986.

DRIVER, R.; GUESNE, E. & TIBERGHEN, - *A Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press, 1985.

Duan, H. & Fortner, R. W. - *Chinese College Students' Perceptions About Global Versus Local Environmental Issues*. The Journal of Environmental Education, v.36, n.4, summer 2005.

DUIT, R. (2002), - *“Bibliography: Students’ and Teachers’ Conceptions and Science. Education”*, disponível em <<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>>, acesso em setembro de 2007.

EPSTEIN, ISAAC (2002). *Aquecimento Global*. Disponível em: <[www.comciencia.br/reportagens/clima/clima11.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima11.htm)>. acesso em julho 2008.

ECHEBURÚA, E. (1997). - *Vencendo a timidez*. São Paulo: Mandarin.

ERICSON, L. GAALLEN. - *Clidrens’s Conceptions of Heat and Temperature. Science Education*, v63. N. 2. John Wiley & Sons, Inc, 1979. p.221-230.

FARIAS, MÁRIO LUIZ de (2003): - *Combustão e seus efeitos: um estudo sobre concepções de alunos do ensino técnico do CEFET/RS, visando à educação ambiental* – Rio Grande, 2003, Dissertação de Mestrado – Fundação Universidade do Rio Grande.

FERRACIOLI, L. (1994) - *Commonsense Reasoning About Processes: A Study of Ideas about Reversibility*. Ph.D. Thesis. London: Institute of Education University of London.

FERRACIOLI, L. - *Concepções de Senso Comum em Termodinâmica: um estudo em um Curso Universitário Utilizando Entrevista Clínica*. Dissertação Mestrado em Física- Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do sul, 1986.

FERRACIOLI, L & SAMPAIO, F. F. (2001) - *Informação, Ciência, Tecnologia & Inovação Curricular em Cursos de Licenciatura*. Revista Brasileira de Informática na Educação, 8(1): 77-85, 2001.

FERRACIOLI, L. (2001). - *Aprendizagem, Desenvolvimento e Conhecimento na Obra de Jean Piaget: Uma Análise do Processo de Ensino-Aprendizagem em Ciências*. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos. 80 (194): 5-18.

FORRESTER, J. - *Principles of Systems*. Cambridge, Ma: Wright-Allen Press, (1968) .

FORRESTER, J. W. - *Principles of Systems*. Wright-Allen Press, 1971.

FORRESTER, J. W. - *World Dynamics*. Wright-Allen Press, Inc., Cambridge, Massachusetts, (1973).

FORRESTER, J. W. - *The Beginning of Systems Dynamics. Banquet Talk at the International Meeting of the Systems Dynamics Society*. Stuttgart - Germany, July 13, 1989.

FORRESTER, J. W. - *Principles of Systems*. Portland, OR.: Productivity Press, 1990.

FORRESTER, J. W. - *System Dynamics and the Lessons of 35 years*. In Grenne, K. B.. The Systemic Basis of Policy Making in the 1990's. Cambridge (MA): The MIT Press, 1991.

FORRESTER, J. W. (1990) - *Principles of Systems*. Productivity Press, Portland, OR.

FOX, D. J. (1996). - *The research method in education*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.

GIORDAN, A. (1991), - "*Un environnement pédagogique pour apprendre le modèle allostérique*", Revista Portuguesa de Educação, 3 (1), pp. 15-36.

GIORDAN, A. & VECHI, G. - *As Origens do Saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GOMES, T. A. - *Modelagem Computacional Qualitativa no Estudo de Tópicos de Ciências. Um Estudo com Estudantes Universitários*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, dez 2003.

GOWIN, D. B. - *Educating*. Ithaca: Cornell University Press, (1981), 210 p.

GUERRINI, I. M. - *Fontes alternativas de energia*, CDCC - USP - São Carlos; 24/08/2001; Disponível em: <[http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes\\_eletrica.html](http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes_eletrica.html)>. acesso em 23 de agosto de 2008.

GILBERT, A. - *Origens Históricas da Física Moderna*. Lisboa: Fundação Calouste. Gulbenkian, 1982.

GILBERT, J.K. & WATTS, M. (1983). - *Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education*. *Studies in Science Education*, 10: 61-98.

GUILLÉN, FEDRO CARLOS (1996). - *Educación, medio ambiente y desarrollo sostenible*. Revista 11, *Educación Ambiental*. Biblioteca Virtual OEI, Disponível em: site [www.oei.com.es](http://www.oei.com.es), acesso em setembro de 2005.

HEINZE-FRY, J. A. (1998), "*Concept mapping: weaving conceptual connections*", in R. Abrams (Ed.). *Weaving Connections: cultures and environments – Selected Papers from the 26th Annual North American Association of Environmental Education Conference (NAAEE)*, Troy, OH, pp. 138-147.

HODGSON, A. M. (1994) - *Hexagons for Systems Thinking*. In MORECROFT, J. D. W. & STERMAN, J. S. (eds) *Modelling for Learning Organizations*. Productivity Press, Portland, Oregon.

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Apresenta os totais populacionais provenientes da Contagem da População, com data de referência em 1º de abril de 2007, dos 5 435 municípios brasileiros, com até 170 mil habitantes, que foram objetos desse levantamento censitário, o Brasil tem atualmente 183,9 milhões de habitantes. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. acesso setembro 2008.

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change. At its 29th Session Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/index.htm>> acesso dezembro de 2007.

JACOBI, PEDRO - *Pesquisa sobre problemas ambientais e qualidade de vida na cidade de São Paulo*. Cedec/SEI, 1994.

JACOBI, PEDRO - *Cidade e Meio ambiente, percepções e práticas em São Paulo*, 2ª edição, 1997. ISBN 85 7419 1027.

JACOBI, PEDRO - *Meio ambiente e educação para a cidadania: o que está em jogo nas grandes cidades?* In: SANTOS, J.E.; SATO, M. A contribuição da educação ambiental: a esperança de Pandora. Ed. Rima, 2001. p. 423-437.

JACOBI, PEDRO - *Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade*. In: Cadernos de Pesquisa-I. 118- março 2003- Fundação Carlos Chagas. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade - Publicado em Cadernos de Pesquisa- vol. 118- março 2003.

JANNUZZI, G. M. - *Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado*. Gilberto de Martino Jannuzzi N° de Páginas: 144 ps N° da Edição: 1ª Edição (2000).

JANNUZZI, G. M. - *A Conservação e uso eficiente de energia no Brasil*. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/Comciencia12-040.pdf>> (2004). Acesso em agosto 2008.

JANNUZZI, G. M. - *Energia e Meio Ambiente*. 2001. disponível em <<http://www.consciência.br>>, acesso em maio de 2007.

JANNUZZI, G. M. & SWISHER, J. - *Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos: Meio Ambiente, conservação de Energia e Fontes Renováveis*. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 1997.

JANNUZZI, G. M. - *Energia e Mudanças Climáticas: barreiras e oportunidades para o Brasil*. (Revista Comciência 2002).

JANNUZZI, G. M. (2008). - *Tendências Tecnológicas do Setor de Energia*". Apresentação em 23/Julho2008. Espaço Cultural da FINEP, Rio de Janeiro.

JANNUZZI, G. M (2005). - *Eficiência Energética sob Risco de Apagão*. Boletim Eficiência Energética no. 38/05. ABESCO.

JOHNSON-LAIRD, PHILIP N. (1983). - *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513 p.

KAWAKAME, PATRÍCIA MOITA GARCIA. - *Índice de qualidade de vida (IQV)* São Paulo; s.n; 2001. 117 p. Biblioteca Virtual em Saúde. Disponível em: <<http://wxislind.exe/iah/online/IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=BDENF&lang=p&nxtAction=lnk&exprSearch=10560&index=ID>>. Acesso em agosto de 2008.

KUHN, T. A. - *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press, 1962.

KUHN, T. A. - *Estrutura das Revoluções Científicas*, Ed. Perspectiva, 1990.

KURTZ dos SANTOS, A. C. - *Computacional Modelling In Science Education: A Study of Studentes' Ability to Manage Some Different Approaches to Modelling*. Institute of Education University of london. Unpublished PhD thesis. 359p., 1992.

KURTZ dos SANTOS, A. C. & OGBORN, J. - *Sixth form student's ability to engage in computational modelling*. *Journal of Computer Assisted Learning*. 1994. 10. p. 182-200.

KURTZ dos SANTOS, A. C. - *Introdução à Modelagem Computacional na Educação*. Rio Grande-RS: Editora da FURG, 1995.

KURTZ dos SANTOS, A. C. - *O trabalho de estudantes do 1º grau em modelagem semiquantitativa focalizando problemas ambientais*. *Ambiente & Educação*, v. 2: p. 39-53, 1997.

KURTZ dos SANTOS, A. C. et al. - *Students Modelling Environmental Issues*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1997. 13. p. 35-47.

KURTZ dos SANTOS, A. C.; GONÇALVES, G.P. & ARAUJO, I.S. 1999. - *A modelagem semiquantitativa e o pensamento sistêmico sobre um problema ambiental*. *Ambiente e Educação*, v.4 & *Revista Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.* ISSN 1517-1256.

KURTZ dos SANTOS, A. C. et al. (2002) - *Modelagem Computacional Utilizando STELLA - considerações teóricas e aplicações em Gerenciamento, Física e Ecologia de Sistemas*. Editora da FURG, Rio Grande.

LAKATOS, E.M. & MARCONI, M. A. - *Técnicas de Pesquisa: Planejamento e Execução de Pesquisas, amostragens e Técnicas de Pesquisa, Elaboração, Análise e Interpretação de Dados*. 2ª ed. São Paulo, editora Atlas, 1990, 231p.

LANDULFO, EDUARDO. - *Meio Ambiente & Física*. São Paulo: Editora Senac, 2005.

LAYRARGUES, P. P. - *Educação para a gestão ambiental: a cidadania no enfrentamento político dos conflitos socioambientais*. Cortez, 2000.

LÉVY, P. As tecnologias da inteligência. - *O futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LIMA-E-SILVA, P. P. - *Uma luz no fim do túnel*. *Revista Arché*, No. 25, 25p., Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, Fev. 2000. Disponível em <<http://www.dnec.ucam.edu.br/html/ambiente.asp>>. Acesso em 28 de out. 2002.

LOUREIRO, C. F. B. - *Trajatória e fundamentos da educação ambiental*. São Paulo: Cortez, 2004.

LUTFI, MANSUR. - *Cotidiano e Educação em Química: os Aditivos em Alimentos como Proposta para o Ensino de Química no 2º Grau*. Ijuí (RS): UNIJUÍ, 1988.

LUFFIEGO, G. MÁXIMO & RABADÁN, V.J. MARÍA. - *La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza*. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 18, no. 3, p.476 a 483, 2000.

MACEDO, I. C I. -I *Seminário Créditos de Carbono e Mudanças Climáticas /Propostas e Desafios para a Sustentabilidade Ambiental. 28 de maio de 2008 A Indústria e Reduções de GEE: Indústria da cana de açúcar.*. Coordenadoria de Tecnologia. Disponível em:

<[www.jornalparana.com.br/materia/ver\\_edicao.php?id=704&tipo=44](http://www.jornalparana.com.br/materia/ver_edicao.php?id=704&tipo=44)> aceso setembro de 2008.

MACEDO, I, C. - ***Painel Bioenergia: Etanol e Biodiesel***. IEA-USP, 9-11-2005 ,Tecnologia para o etanol combustível: situação atual e perspectivas , – NIPE, UNICAMP, Disponível em: <[http://www.inovacao.unicamp.br/etanol/report/ethanol-summit\\_IsaiasMacedo.pdf](http://www.inovacao.unicamp.br/etanol/report/ethanol-summit_IsaiasMacedo.pdf)>) acesso em julho de 2008.

MACEDO. I, C. - ***Energia: fontes e usos finais no Brasil, 2002***. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/05.shtml>. acesso julho, 2008.

MACHADO, C. E. M. e ALZUGUIR, F., - ***Os peixes e as Barragens no Brasil***. Anais do Primeiro Encontro Nacional sobre Limnologia, Piscicultura e Pesca Continental, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1976.

MACHADO, ALEXANDRE JESUS DA SILVA. - ***Competências interprofissionais: modalidade presencial e à distância da educação profissional*** / Alexandre Jesus da Silva Machado; orientadora Maria Suzana Marc Amoretti. – Porto Alegre: PPGIE da UFRGS, 2005. 371 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre BR-RS, 2005.

MACHADO, VIRGÍNIA MARIA, (2005b). - ***A Atividade Crítica e Criativa na Formação Complexa do Professor***: Elementos de uma Didática Sistêmica à Educação Ambiental. Rev. Eletrônica Mestrado em Educação. Ambiental - FURG. ISSN 1517-1256, Volume 15, Julho a dezembro de 2005.

MANDINACH, E. B. - ***The Systems Thinking and Curriculum Innovation Project***. Princeton, NJ: TR 87-6 Educational Testing Service, 1987.

McCLELLAND, David C.; - ***Testing for competence rather than intelligence***. American Psychologist, n. 28, p. 1-14, 1973.

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. - ***Primeiro Inventário Brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa, Relatórios de referência: emissões e remoções de dióxido de carbono por mudanças nos estoques de florestas plantadas***. Brasília, 2002. 47p.

MILACH, ÂNGELA MACHADO e POERSCH, LUIS HENRIQUE. – ***Utilização da Modelagem Qualitativa e Semiquantitativa na Análise da Sustentabilidade Ecológica do Cultivo do Camarão Farfantepenaeus paulensis no Estuário da Lagoa dos Patos, RS, BRASIL***. Rev. eletrônica Mestrado Educação Ambiental. ISSN 1517-1256, v.17, julho a dezembro de 2006. 214, ***Volume 17, julho a dezembro de 2006***.

MILLER, R et al. - ***Educational Tools for Computational Modelling. Computers Education***. v. 21. n. 3. 1993. p. 205-261.

MINAYO, M. C. S. (org). - ***Pesquisa social – teoria, método e criatividade***. Rio de janeiro: Vozes, 1994.

MIZUKAMI, MARIA DA GRAÇA. - ***No Ensino: As Abordagens do Processo***. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MOREIRA, Marco e MASINI, Elcie (1982). - "*Aprendizagem Significativa - A teoria de David Ausubel*". São Paulo: Editora Moraes.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO - *Uma abordagem cognitiva ao ensino de Física, a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de Ciências*. Porto Alegre. Editora da Universidade. UFRGS. 1983.

MOREIRA, M. A. & BUCHWEITZ, B. - *Novas estratégias de ensino e aprendizagem*. 1a ed. Lisboa: Plátano edições técnicas, 1993.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. - *A teoria da Aprendizagem Significativa me Sala de Aula* / Marco Antônio Moreira. – Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MORIN, EDGAR. - *O Método 4 - As Idéias - Habitat, costumes, organização*. Porto Alegre: Editora Sulina: 1998.

MORIN, EDGAR. - *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2000.

MORIN, EDGAR. - *Ciência com consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1998.

MOSCOVICI, SERGE. - *A Representação Social da Psicanálise*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

NEELANKAVIL, F. - *Computer Simulation and Modelling*. New York: John Wiley & Sons, 1987. Newsletter "The Systems Thinker" (Pegasus Communications - Cambridge - Massachusetts).

NORMAN, D. A. - *Some Observations on Mental Models*. In GENTNER D & STEVENS, A. L. . *Mental Models*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1983. p. 7-14.

NOVAK, J. D. (1977/1981), - *Uma Teoria de Educação* (trad.), São Paulo, Livraria Pioneira Editora.

NOVAK, Joseph D. - *Helping Students Learn how to Learn*. In: UNESCO, New Trends in Biology Teaching, Paris, 1987.

NOVAK, Joseph D. - *The theory underlying concept maps and how to construct them*. Disponível em: <<http://cmap.coginst.uwf.edu/info/printer.html>>. Acesso em: 17 jul. 2005.

NOVAK, J. D. E GOWIN, D. B. (2006). - *Learning how to Learn*, New York, Cambridge University Press. 20th printing, 2006.

NOVO, M. - *LA Educación Ambiental: Bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Madrid: Ed. Universitas, 1996.

ODUM, E. P. - *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.



ODUM, H. ODUM, T. E. C. BROWN. M.T. LAHART, D. , BERSOK, J. SENDZIMIR. - *Sistemas Ambientais e Políticas Públicas e Para Edições Internacionais*: Graeme B. Scott, David Scienceman y Nikki Meith. Julho de 1987

ODUM, E. P. - *Fundamentos de Ecologia*. Lisboa: Editora Fundação Calouste Gulbenkian. 5 ed., 1997.

OGBORN, J. - *The Nature of Modelling*. In: Mellar, H. et al. Learning with Artificial Worlds. London: Graphicraft typesetters Ltd, 1994. p. 11-15.

ORSINI, RONALDO NUNES - *Uma proposta de educação ambiental tendo como base a dinâmica de sistemas dentro da disciplina gestão pela qualidade total ministrada no Colégio Técnico Industrial da FURG / Ronaldo Nunes Orsini – Rio Grande: FURG, 2006.356 p.* Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2006.

PEGADO, C.; MELO J.; RAMOS, T. Ecoblock: - *Método de avaliação do desempenho ambiental*, 2001. Disponível em: <[http://gasa.dcea.fct.unl.pt/ecoblock/Apea\\_01.pdf](http://gasa.dcea.fct.unl.pt/ecoblock/Apea_01.pdf)> Acesso em: 03 de maio de 2006.

PETRAGLIA, IZABEL CRISTINA – *Edgar Morin: A educação e a complexidade do ser e do saber/ Izabel Cristina Petraglis – Petrópolis, RJ : Vozes, 1995.*

PIAGET, J. A. - *Formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

POSTMAN, NEIL & WEINGARTNER, CHARLES (1969). - *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co. 219p.

POZO, J. I. - *Teorias cognitivas da aprendizagem*, 3ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

QUIOTO, PROTOCOLO de. Protocolo de Quioto. - *Convenção-Quadro das 104 Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Ministério da Ciência e Tecnologia c/ apoio do Ministério das Relações exteriores da República Federativa do Brasil. 1997. 29 p.

REIGOTA, M, - *O que é Educação Ambiental*. Coleção Primeiros Passos – São Paulo: ed. Brasiliense, 1994. 63p.

REIGOTA, M. - *Educação ambiental*. São Paulo: Brasiliense, 1998.

REIGOTA, Marcos. - *Meio Ambiente e Representação Social*. São Paulo: Editora Cortez, 2002, 88 p.

REVISTA ÉPOCA, de 15 de maio de 2007, edição 494.

REZENDE, ALCIDES, et al. - *Liderança empreendedora e participativa nas cidades e prefeituras*. Editora Saraiva - São Paulo - 2006 - 346p.

ROTTER, J. (1966). - *Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcements*. *Psychological Monographs*, 80, Whole No. 609.

ROTTER, J. B. (1975). - *Some problems and misconceptions related to the construct of internal versus external control of reinforcement*. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 43, 56 – 67.

RUIZ J. A. - *Metodologia Científica*. Guia para eficiência nos estudos. São Paulo; Ed Atlas : 1990.

RUIZ, A. R.; BELLINI, L. M. - *Ensino e conhecimento: elementos para uma pedagogia da ação*. Londrina: Ed. UEL, 1998.

RUSSO, D. H. S. - *A Modelagem Semiquantitativa para a Educação Ambiental: Um Estudo com Alunos da 5ª Série do Ensino Fundamental*. Rio Grande-RS, 1999. 183p. *Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental)* - Coordenadoria de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

RUSSOMANO, V. H. - *Introdução à Administração de Energia na Indústria*. São Paulo: Pioneira: Editora Universidade de São Paulo, 1987.

SALLES, PAULO. ANJOS BRUNO VERSIANI dos - *Modelagem em Raciocínio Qualitativo sobre Degradação de Vegetação Ripária em Microbacias Semi-Urbanizadas do Cerrado*, Rev. eletrônica Mestrado em . Educação. Ambiental. ISSN 1517-1256, v.17, julho a dezembro de 2006.

SAMPAIO, F. F. - *Linklt: Desingn, Development and testing of a Semi-Quantitative Computer Modelling Tool*. Londres, 1996. (Ph.D. Thesis) - Department of Science and Technology, Institute of Education, University of London.

SEVERINO, ANTÔNIO JOAQUIM. - *Filosofia*. São Paulo, 1983.

SILVA, D. - *Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura*. 1995. 316 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SILVA, D. e LATTOUF, R. - *Eletricidade: atividade de ensino coerente com um modelo construtivista*. *Proposições*, Campinas, v. 7, n. 19, p. 41-57, 1996.

SILVA, ETELVINA; FARIAS, CARLOS V. e TEIXEIRA, M. do Carmo. *Metodologia do ensino*. Brasília: ABEAS, 2001.

SILVA, (2001b) ENNIO PERES da, CAMARGO JOÃO CARLOS, SORDI ALEXANDRE , SANTOS ANA MARIA RESENDE. - *Recursos energéticos, meio ambiente e desenvolvimento*. Disponível em: <[http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_01/A4\\_SilvaCamargo\\_port.PDF](http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A4_SilvaCamargo_port.PDF)> acesso em junho de 2008.

SILVA, ENNIO PERES da (2005). - *Fontes renováveis de energia para o desenvolvimento sustentável*. Publicado em 07/10/2005. 00:01. Disponível em: <[http://www.universia.com.br/html/materia/materia\\_ihgi.html](http://www.universia.com.br/html/materia/materia_ihgi.html) >Acessado em junho de 2008.

SILVA DANIEL FERNANDO (2006) - *Educação orientada para o uso eficiente de energia elétrica nas escolas*. Disponível em: <[http://www.unimesp.edu.br/arquivos/mat/tcc06/Artigo\\_Daniel\\_Fernando\\_Silva.pdf](http://www.unimesp.edu.br/arquivos/mat/tcc06/Artigo_Daniel_Fernando_Silva.pdf)> acesso junho 2006.

SKOVSMOSE, O. - *Mathematics as Part of Technology. Elements of Philosophy of na Applied Oriented Mathematical Education. Educational Studies in Mathematics*, 19: 23-41, 1988.

TAVARES, ROMERO e SANTOS, JOSÉ N (2003) - *Animação interativa como organizador pré-vio IV Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa* – Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/02aProjeteisMovimento/site/organizador.pdf>>, acesso em abril de 2008.

TRAZZI PATRÍCIA SILVEIRA DA SILVA. - *Educação Ambiental E Processos Grupais: Um Encontro de Valor(Es).* \*Artigo Publicado nos Anais do VI Encontro de Pesquisa Em Educação da Região Sudeste: Política, Conhecimento E Cidadania, UERJ, Rio De Janeiro, 3 A 6 De Maio de 2004. Disponível em: <[Http://Www.Encontroacp.Psc.Br/Educacao\\_Ambiental.Htm](Http://Www.Encontroacp.Psc.Br/Educacao_Ambiental.Htm)>, Acessado Em 01/09/2008.

VALADARES & M. GRAÇA. - (1998). - *Avaliando para melhorar a aprendizagem*. 1998, adaptado de J. Novak, 1992, p. 15, Lisboa: Plátano.

VALADARES, J. A. (1995), - *Concepções alternativas no ensino da Física à luz da Filosofia da Ciência*, dissertação de doutoramento em Ciências da Educação, especialidade Didática da Física. vols. I e II, Lisboa, Universidade Aberta.

VALENTE, J, A. - *Diferentes usos do Computador na Educação*. Brasília: v. 12, n. 57, p. 3 - 16, jan./mar., 1993.

VALENTE, J. A. - *Informática na educação: conformar ou transformar a escola*. Florianópolis: CED/UFSC, 1996. (VIII ENDIPE) *Technology*, 1991.

VAN WYLEN, GORDON JOHN. - *Fundamentos da Termodinâmica Clássica*, Gordon J. Van Wylen e Richard E. Sontag; tradutores: Eitaro Yamane e outros. 2ª edição. São Paulo, Edgard Blücher, 1976.

VIANNA, JOÃO C. T. - *Uma proposta de implantação de Educação Ambiental com ênfase em Meteorologia no ensino de ciências nas escola de 1º grau de Pelotas*. Rio Grande: FURG. 1998. 233p. Dissertação ( Mestrado em Educação Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 1998.

VIEIRA, MAURÍCIO AIRES. - *Um Estudo com Alunos do Ensino Médio de Pelotas/RS e Capão do Leão/RS, das Concepções de Energia com Enfoque para a Educação Ambiental*. Maurício Aires – Rio Grande, 2002, 218p: il, Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade do Rio Grande, Mestrado em Educação Ambiental.

VYGOTSKY, L. S. - *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

VIGOTSKY, L. - *A Formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WWF - *Fundo Mundial para a Natureza*, <http://www.wwf.org.br/>, acesso em abril de 2007.

XAVIER, FLÁVIO GALDINO. - *A modelagem computacional, utilizando o laboratório de aprendizagem experimental com animação para o pensamento sistêmico (STELLA), em tópicos relacionados à educação ambiental. um estudo com alunos do ensino técnico profissionalizante do Colégio Técnico Industrial da FURG.* / Flávio Galdino Xavier. - Rio Grande: Fundação Universidade do Rio Grande, 2003.

### **Sites pesquisados:**

Brasilecola

<http://www.brasilecola.com/geografia/inversao-termica.htm>, acesso em 22 de setembro de 2008.

Comissão Nacional de Energia Nuclear

<http://www.cnen.gov.br/>

Centro de Pesquisa de Energia elétrica

<http://www.cate.cepel.br/setatuacomerc/index.htm>.

Eletrobrás

<http://www.elektrobras.gov.br/erquivos/biblioteca>

Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

[http://www.ibama.gov.br/novo\\_ibama/index.php](http://www.ibama.gov.br/novo_ibama/index.php)

Ministério da Educação

<http://mec.gov.br>.

Ministério da Minas e energia

<http://www.mme.gov.br>.

Ministério do Planejamento, Orçamento e gestão. Instituto de Geografia e estatística.

<http://www.ibge.gov.br/home/>

Ministério do Meio Ambiente

<http://www.mma.gov.br/>

Petrobras.

<http://www2.petrobras.com.br/portugues/index.asp>

Sistema Integrado Nacional.

<http://www.ons.org.br/sin>

Universidade de São Paulo - USP

<http://www4.usp.br/>

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
<http://www.unicamp.br/unicamp/>

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
<http://www.ufsc.br/>

Universidade Federal do Rio Grande - FURG  
<http://www.furg.br/>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
<http://www.ufrgs.br/ufrgs>

# APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE ENERGIA ELÉTRICA.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

MESTRADO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Prezado(a) aluno(a).

Procure responder as seguintes questões, tomando por base seus conhecimentos prévios sobre o tema energia elétrica.

Salientamos que a sua participação é muito importante, agradecemos pela sinceridade de suas respostas, pois só assim os resultados serão válidos.

Este questionário utiliza nas primeiras questões, opções que devem ser escolhidas (ou respondidas), com o propósito de representar seu entendimento sobre o tema. Para cada questão procure se posicionar escolhendo uma das opções que estão disponíveis.

1) Este tipo de fonte de energia já é efetivamente muito utilizado pelo Brasil:

a) Termoelétrica pela utilização de Carvão.

Concordo fortemente ( )	Concordo ( )	Tenho dúvidas ( )	Discordo ( )	Discordo fortemente ( )
----------------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------------

b) Termoelétrica pela utilização do óleo Diesel.

Concordo fortemente ( )	Concordo ( )	Tenho dúvidas ( )	Discordo ( )	Discordo fortemente ( )
----------------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------------

c) Termoelétrica pela utilização de Combustível Nuclear.

Concordo fortemente ( )	Concordo ( )	Tenho dúvidas ( )	Discordo ( )	Discordo fortemente ( )
----------------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------------

d) Hidroelétrica.

Concordo fortemente ( )	Concordo ( )	Tenho dúvidas ( )	Discordo ( )	Discordo fortemente ( )
----------------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------------

e) Eólica.

Concordo fortemente ( )	Concordo ( )	Tenho dúvidas ( )	Discordo ( )	Discordo fortemente ( )
----------------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------------

f) Solar.

Concordo fortemente ( )	Concordo ( )	Tenho dúvidas ( )	Discordo ( )	Discordo fortemente ( )
----------------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------------

g) \*Outra.

Concordo fortemente  
( )

Concordo  
( )

Tenho dúvidas  
( )

Discordo  
( )

Discordo fortemente  
( )

\*Especifique qual:

2) O Brasil deve adotar e investir intensamente nesta fonte de energia:

a) Termoelétrica pela utilização de Carvão.

Concordo fortemente  
( )

Concordo  
( )

Tenho dúvidas  
( )

Discordo  
( )

Discordo fortemente  
( )

Por quê?

b) Termoelétrica pela utilização de óleo Diesel.

Concordo fortemente  
( )

Concordo  
( )

Tenho dúvidas  
( )

Discordo  
( )

Discordo fortemente  
( )

Por quê?

## c) Termoelétrica pela utilização de Combustível Nuclear.

Concordo fortemente  
( )Concordo  
( )Tenho dúvidas  
( )Discordo  
( )Discordo fortemente  
( )

Por quê?

## d) Hidroelétrica.

Concordo fortemente  
( )Concordo  
( )Tenho dúvidas  
( )Discordo  
( )Discordo fortemente  
( )

Por quê?

## e) Eólica.

Concordo fortemente  
( )Concordo  
( )Tenho dúvidas  
( )Discordo  
( )Discordo fortemente  
( )

Por quê?



f) Solar.

Concordo fortemente  
( )

Concordo  
( )

Tenho dúvidas  
( )

Discordo  
( )

Discordo fortemente  
( )

Por quê?

g) \*Outra.

Concordo fortemente  
( )

Concordo  
( )

Tenho dúvidas  
( )

Discordo  
( )

Discordo fortemente  
( )

\*Especifique qual:

Por quê?

Da questão 3 (três) a 6 (seis), disserte sobre o que se pede.

3) Em sua opinião, de que maneira é possível contribuir para a redução do consumo de energia elétrica no país?

Justifique:

4) Como poderemos como cidadãos brasileiros, agir de forma a garantir a sustentabilidade ecológica no planeta, no que diz respeito ao uso da energia elétrica?

**A noção de sustentabilidade implica uma necessária inter-relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte (Jacobi, 1994).**

Justifique:

5) Comente as providências que você vê efetivamente sendo realizadas no Brasil pelos governantes, cujo objetivo seja o de minimizar os impactos ambientais relacionados à energia elétrica. De que maneira tomou consciência desta informação?

Justifique:

6) Suponha que você se veja diante de uma campanha de grandes proporções cujo objetivo seja reduzir os impactos ambientais referentes ao uso da energia elétrica, mas que para participar efetivamente você tenha que abrir mão de algum tipo de conforto, afetando diretamente seu estilo de vida. Como você se imagina diante de tal situação?

Justifique:

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JACOBI, Pedro - *Pesquisa sobre problemas ambientais e qualidade de vida na cidade de São Paulo*. Cedec/SEI, 1994.

## **APÊNDICE B – MATERIAL INSTRUCIONAL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL  
NÍVEL MESTRADO  
MATERIAL INSTRUCIONAL**

Material organizado como o propósito de investigar as idéias dos alunos quanto a questões relativas à Educação Ambiental no Curso de Projetos e Instalações Elétricas.

### **1 OBJETIVO DO MATERIAL**

Este material Instrucional possibilitou que este pesquisador coletasse informações sobre as idéias apresentadas pelos alunos do curso de Projetos e Instalações Elétricas bem como, ao mesmo tempo teve a preocupação de sistematizar os trabalhos sugeridos para este fim, facilitando para o aluno o entendimento da metodologia, ao mesmo tempo em que procurou disponibilizar ferramentas para a sua realização.

Além disso, este material foi produzido com o propósito de proporcionar condições para que os alunos pudessem desenvolver atividades expressivas através de mapas conceituais, fazendo uso dos conceitos já trabalhados anteriormente e a visão que dispunham sobre o tema proposto. Para tanto, como forma de facilitar a tarefa tiveram o auxílio do *software Cmap tools*.

Os trabalhos foram desenvolvidos em seis encontros distribuindo os alunos em pares, no período correspondente ao reservado para atividades em sala de aula, sem prejuízo ao cumprimento dos conteúdos, perfazendo assim um total de 12 horas.

### **2 Estrutura do Material**

O Material Instrucional foi disponibilizado aos alunos na forma impressa, possibilitando que os mesmos pudessem utilizá-lo como um roteiro das atividades e ainda como fonte de consulta quanto aos temas tratados. Caracterizou-se como um processo de coleta de dados de caráter qualitativo e está dividido em dois momentos distintos nos quais pretendeu-se realizar atividades de natureza expressiva. Para tanto, foram utilizados recursos de Informática, como o uso de computadores e o auxílio do software *Cmap Tools*.

O Processo investigatório teve uma carga horária de 12 horas, por par de alunos, sendo estruturado a partir de uma metodologia que articulou problemas do dia-a-dia, conteúdos curriculares específicos e atividades de modelagens expressivas.

### **3 MATERIAL DE APOIO**

#### **3.1 Considerações Básicas sobre o que é Educação Ambiental**

Na Conferência de Tbilisi (1977), que é considerado um marco importante na história da Educação Ambiental, essa foi definida como sendo:

Uma dimensão dada ao conteúdo e à prática da educação, orientada para a resolução dos problemas concretos do meio ambiente através de enfoques interdisciplinares e de uma participação ativa e responsável de cada indivíduo e da coletividade (Dias, 1994 p.26).

Na legislação brasileira, temos a Lei no 9795, de 27/04/99, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental. No artigo 1o. da referida lei, temos:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades e atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem do uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (Lei 9795).

Além destas definições, podemos destacar o que cita Reigota referente à Educação Ambiental. Segundo Reigota (1994):

Assim a educação ambiental deve ser entendida como educação política, no sentido de que ela reivindica e prepara os cidadãos para exigir justiça social, cidadania nacional e planetária, autogestão e ética nas relações sociais e com a natureza. A educação ambiental como educação política enfatiza antes a questão “por que” fazer do que “como” fazer. Considerando que a educação ambiental surge e se consolida num momento histórico de grandes mudanças no mundo ela tende a questionar as opções políticas atuais e o próprio conceito de educação vigente, exigindo-a, por princípio, criativa, inovadora e crítica. (Reigota, 1994 p.10)

Percebemos que o autor apresenta a definição de educação ambiental citando uma educação política e, sem deixar de ir ao encontro de Tbilisi e da própria legislação brasileira. Esse autor apresenta uma definição atualizada e mostra um avanço conceitual, já que as idéias preliminares de Educação Ambiental remetiam apenas aos aspectos ecológico e natural. Hoje a concepção de problema ambiental está ampliada, pois envolve as relações econômicas, políticas, sociais e culturais entre os seres humanos e entre esses e a natureza.

### **3.1.1 Impacto Ambiental**

Pode-se definir Impacto Ambiental como sendo uma alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade. Essas alterações precisam ser quantificadas, pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas.

Toda atividade econômica gera trabalho, renda e divisas para o Estado. Mas a extração de recursos naturais, seu processamento industrial e o descarte dos resíduos gerados nesses processos podem representar riscos ao equilíbrio dos diversos sistemas ecológicos.

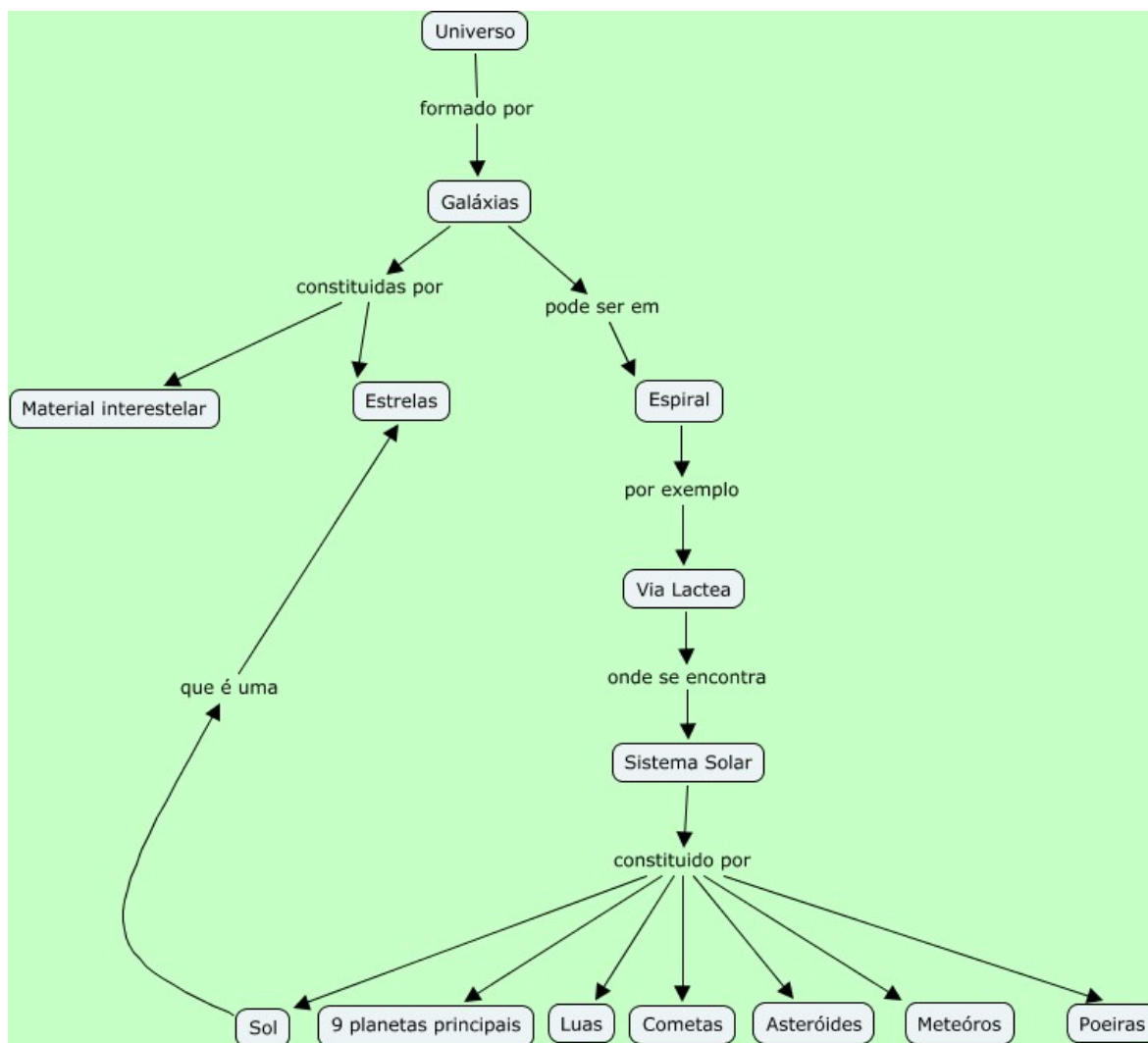
### **3.1.2 O que são Mapas Conceituais**

São ferramentas usadas para organizar e representar um corpo de conhecimento. Incluem conceitos, geralmente envolvidos por círculos ou caixas, e as relações entre os mesmos ou proposições, que aparecem como uma linha, contendo uma palavra, que liga dois conceitos. Essa palavra (de ligação) especifica a relação entre os dois conceitos, atribuindo um significado à relação.

Definimos conceitos como uma regularidade nos acontecimentos ou nos objetos que se designa por um certo termo. O termo para a maioria dos conceitos é uma palavra, embora por vezes se possa usar símbolos tais como + ou %. Proposições são afirmações sobre algum objeto ou acontecimento no universo, quer de ocorrência natural, quer construído. As proposições contêm dois ou mais conceitos ligados por palavras de modo a formar uma frase com significado. Muitas vezes são chamadas de unidades semânticas, ou unidades de significado.

Na sua forma mais simples, um mapa de conceitos consta apenas de dois conceitos unidos por uma palavra de ligação de modo a formar uma proposição. Por exemplo, “Universo formado por galáxias” representa um mapa conceitual simples formado por uma proposição válida referente aos conceitos “Universo” e “Galáxias”.

Podemos ver um exemplo do que é um mapa conceitual observando a figura 01 a seguir:



**Figura 01 – exemplo de mapa conceitual.**

*Fonte: Joseph D. Novak, Cornell University (adaptado do texto original em Inglês).*

Uma outra característica dos mapas de conceitos é que os mesmos são representados de uma forma hierárquica, com os conceitos mais gerais e inclusivos no topo do mapa e os mais específicos, portanto os conceitos menos gerais, dispostos hierarquicamente por baixo. A estrutura hierárquica para um domínio particular do conhecimento também depende do contexto no qual esse conhecimento está a ser aplicado ou considerado. Desse modo, é preferível construir mapas conceituais com referência a uma determinada questão que se procura esclarecer ou alguma situação ou acontecimento que se procura perceber, através da organização hierárquica de um corpo de conhecimento, na forma de um mapa conceitual.

Ainda outra característica importante dos mapas conceituais é a inclusão de linhas cruzadas. Estas são relações (proposições) entre conceitos de diferentes domínios existentes no mesmo mapa. As ligações cruzadas ajudam-nos a perceber como alguns domínios de

conhecimento representados no mapa se relacionam uns com os outros. Na criação de novo conhecimento, estas ligações cruzadas representam muitas vezes um grande salto criativo por parte do autor. Existem duas características dos mapas de conceitos que são importantes por desenvolverem o pensamento criativo: a estrutura hierárquica que é representada num bom mapa e a capacidade para procurar e caracterizar ligações cruzadas. Uma última qualidade que se pode adicionar a um mapa conceptual é a adição de exemplos específicos de acontecimentos ou objectos, que ajudem a clarificar o significado de um determinado conceito.

Os mapas conceituais foram desenvolvidos no decurso da investigação de J. Novak e D. Gowin, na qual procuraram seguir e perceber a evolução de conhecimentos e idéias de ciência nas crianças. Este programa baseou-se na Teoria de aprendizagem de David Ausubel (1963, 1968, 1978, 2000).

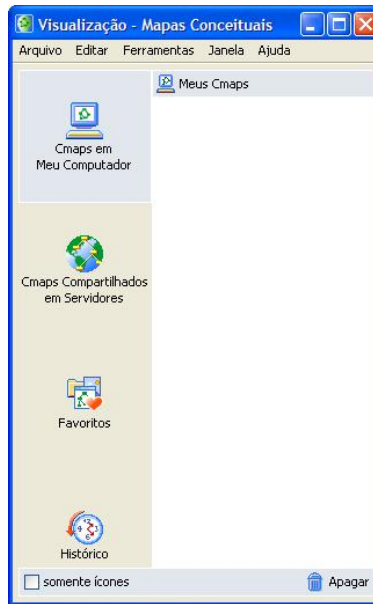
### **3.1.3 Tutorial e Utilização do Software *Cmap-Tools*.**

Este tutorial apresenta a descrição geral, instruções para a construção, seqüência de eventos, comandos do software *CMap-Tools*. Foi confeccionado supondo-se a familiaridade com a utilização de microcomputadores padrão IBM-PC e ambiente operacional *Windows*.

O motivo para elaboração deste pequeno manual deve-se a dois fatos importantes. Em primeiro lugar, embora a versão do *software* (4.03) que será usada tenha seus menus em Português, quando houver a necessidade de solicitar ajuda ao guia de ajuda na barra de ferramentas, este se apresenta no idioma Inglês. Em segundo, porque entendemos que para se construir um mapa conceitual, deve-se observar alguns passos, para tanto foi elaborado um roteiro respeitando a seqüência exigida pelo programa, para que se tenham condições de elaborar mapas inéditos. O roteiro não abrange todas as funções do *software*, contudo os passos abordados são suficientes para que se possa reproduzir um mapa com os mesmos recursos do mapa apresentado na figura 01.

Para utilizar o *Cmap-Tools* é necessário seguir alguns passos. Tudo começa quando abrimos o programa *Cmap-Tools*.

1) Ao abrir o *Cmap-Tools* é exibida a primeira tela.

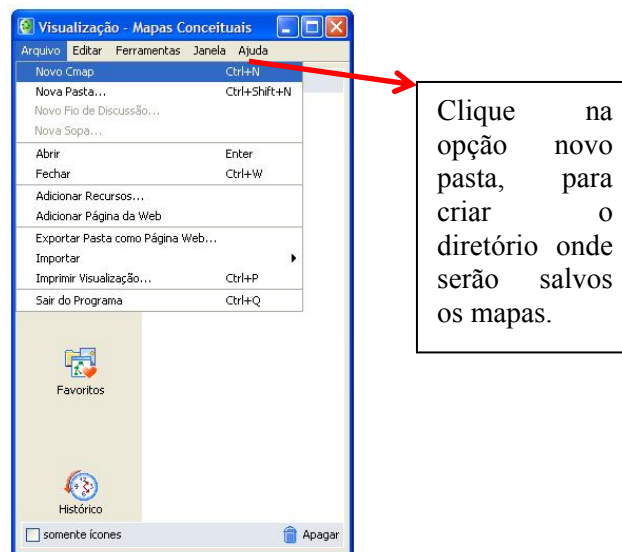


**Figura 02 Tela inicial do Cmap-Tools**

A construção de uma mapa conceitual no *CMap Tools*, passa pela categoria de um projeto a ser construído e para tanto, deve-se em primeiro lugar selecionar o diretório onde se pretende armazená-lo.

2) Como cria um projeto.

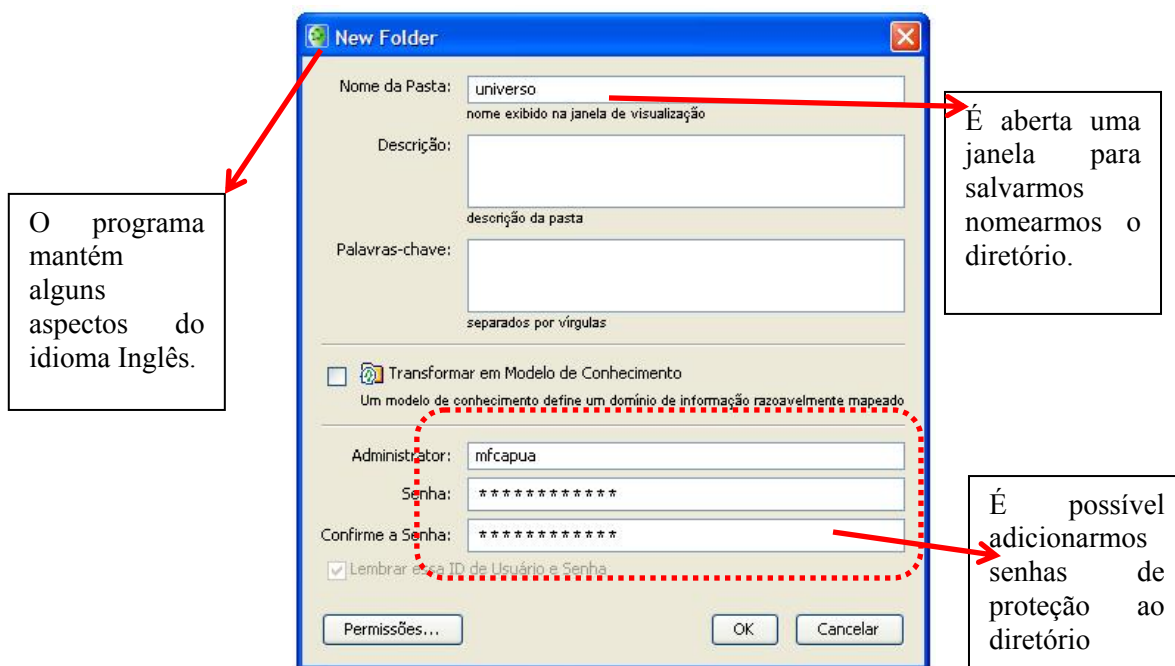
2.1) Criar diretório: precisamos criar um diretório no qual iremos salvar nossos mapas construídos.



**Figura 03 - Criando um diretório**

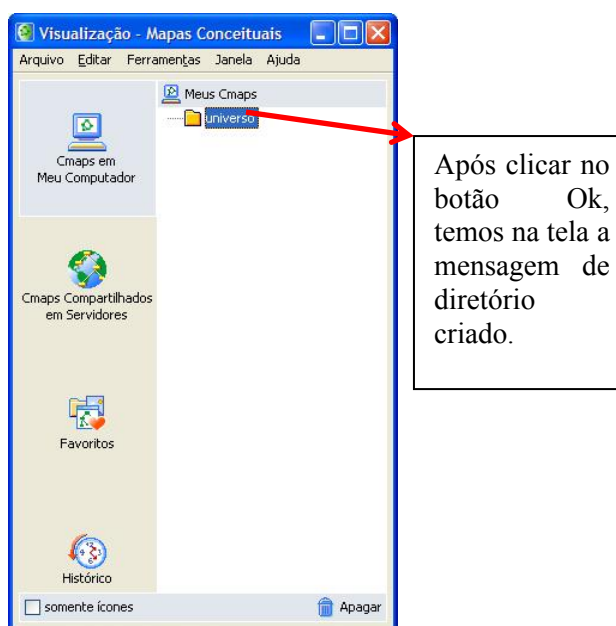


Logo após ter clicado na opção **nova pasta**, será exibida a tela para nomear o diretório.



**Figura 04 - Nomeando o diretório.**

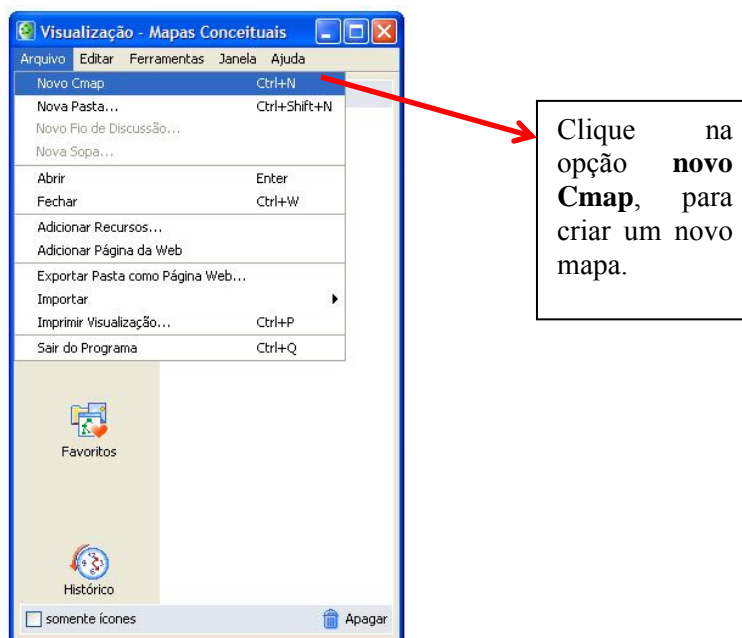
Após criarmos a pasta onde iremos salvar os mapas, devemos clicar OK. E será exibida a próxima tela com o nome do diretório criado.



**Figura 05- Tela de edição do diretório.**

## 2.2) Criar um mapa conceitual.

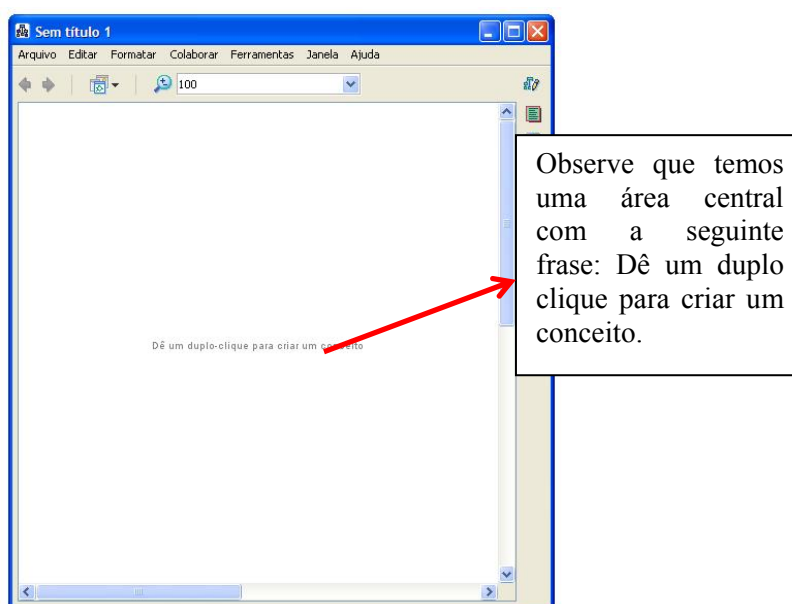
Vamos começar a criar o mapa conceitual. Para isso, devemos executar o caminho abaixo: Arquivo, **Novo CMap**.



**Figura 06 - Criando um novo mapa conceitual.**

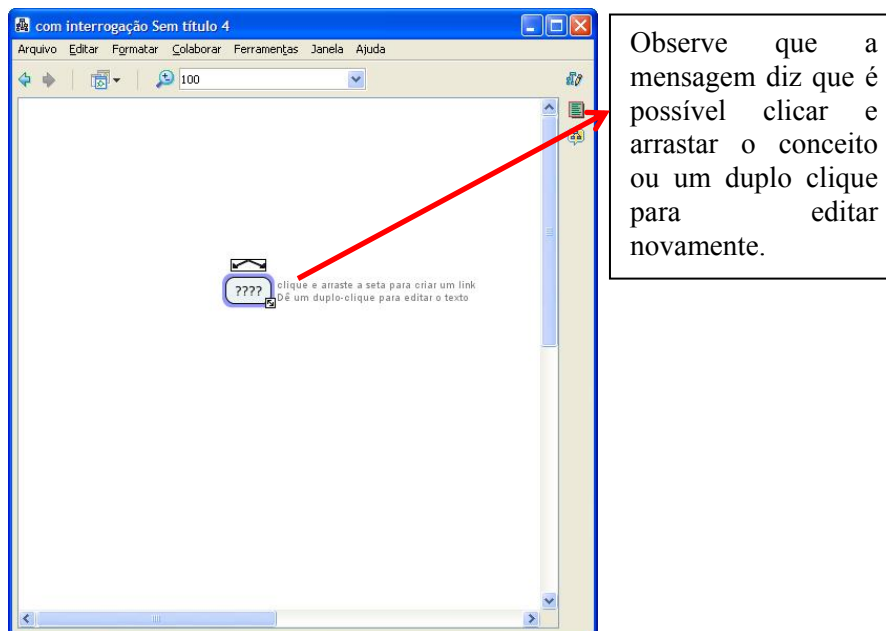
### 2.2.1) Adicionando um conceito.

Após solicitar na barra de ferramentas, arquivo, novo mapa é apresentada a seguinte tela.



**Figura 07 - Tela de edição para a colocação dos conceitos.**

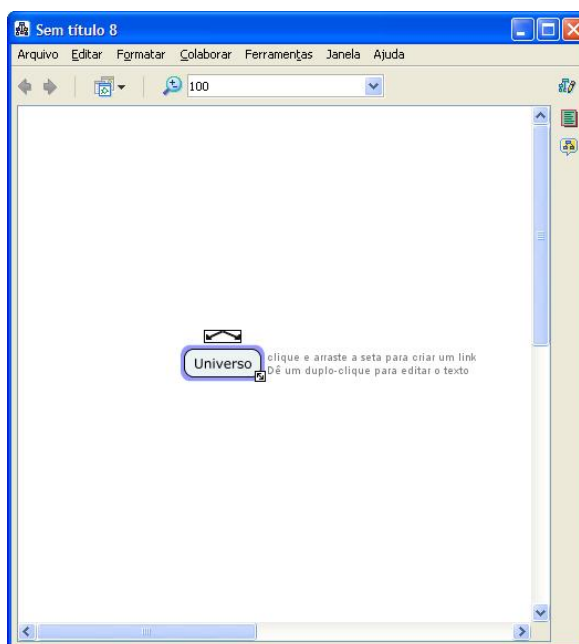
Ao clicar duas vezes com o botão esquerdo do mouse na tela, note que a caixa onde será nomeado o conceito fica preenchida de interrogações. Como exemplo, iremos elencar um tema: “O universo”. Observe a figura abaixo:



*Figura 08 - Tela de edição pronta para inserir o nome do conceito.*

#### 2.2.2) Nomeando o conceito.

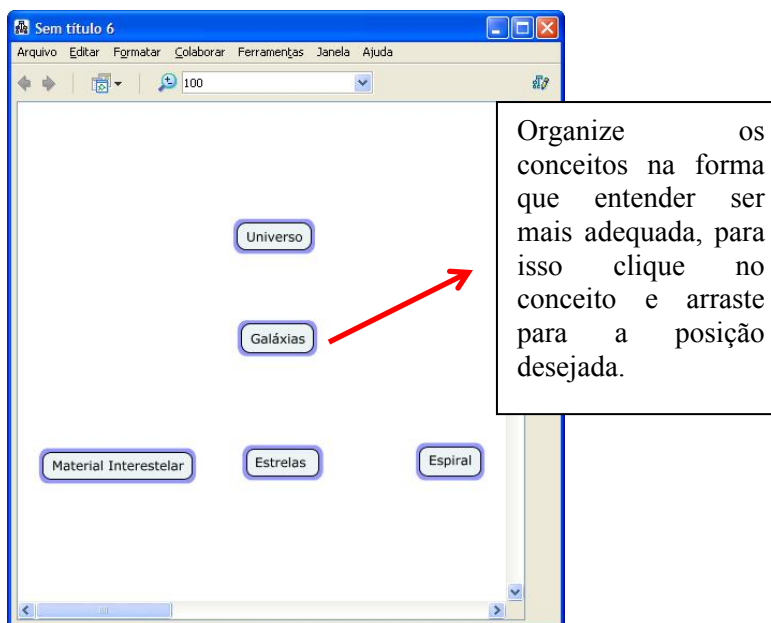
Nomeie o conceito, se necessário faça correções. No nosso caso o conceito é Universo.



*Figura 09 - Nomeando um conceito.*

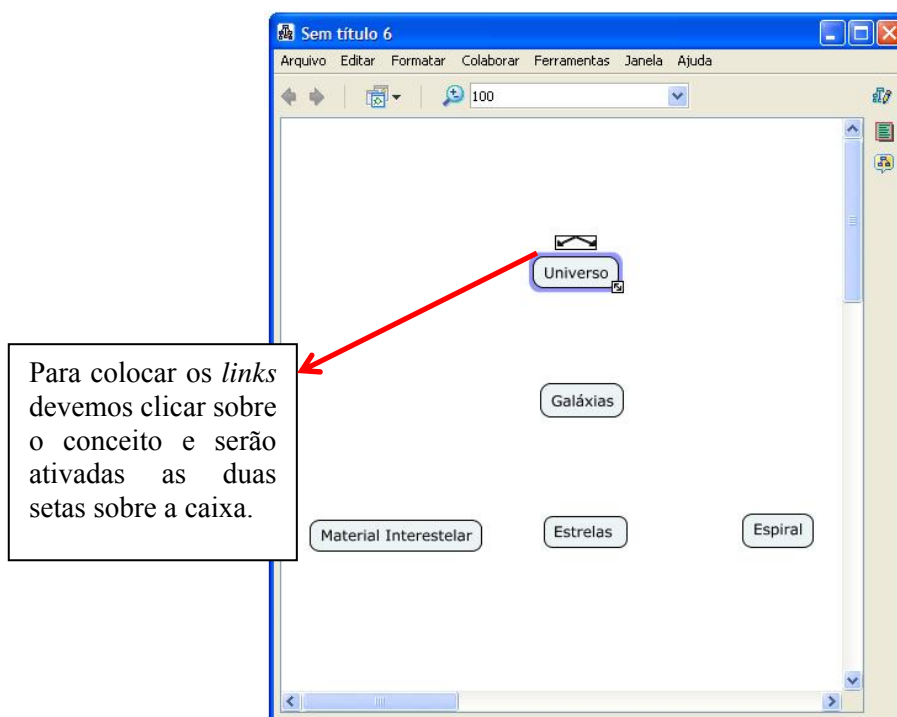
### 2.2.3) Adicionando mais conceitos.

Para continuarmos a montagem do mapa, devemos repetir a seqüência colocando novos conceitos, e posicionando-os conforme de modo convenientes e necessários à construção do mapa.



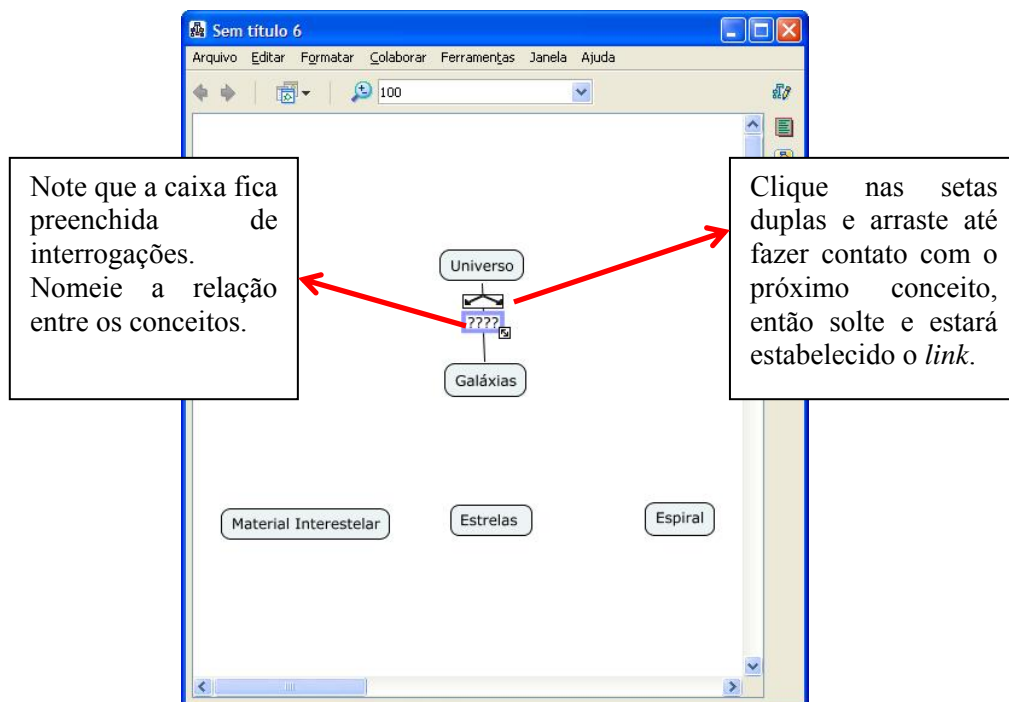
*Figura 10 - Adicionando novos conceitos ao mapa.*

### 2.2.4) Adicionando links entre os conceitos.



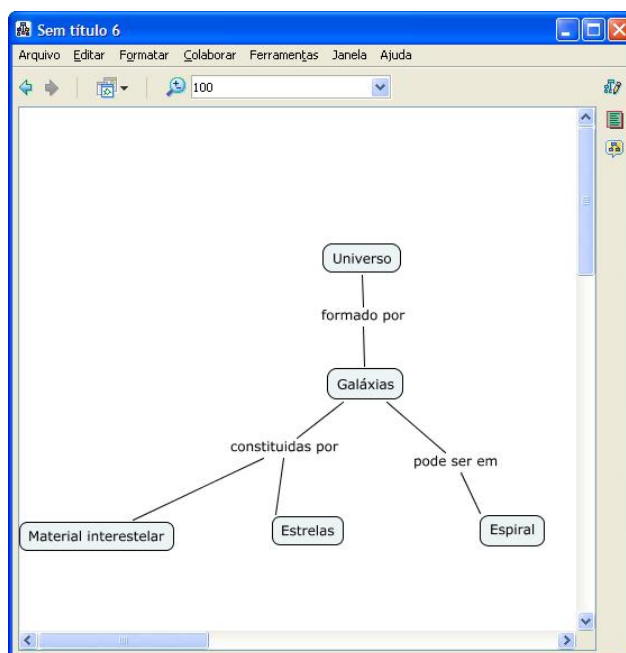
*Figura 11 - Colocando os links que estabelecem as relações entre os conceitos.*

### 2.2.5) Nomeando as relações entre conceitos.



**Figura 12 – Estabelecendo as relações entre os conceitos.**

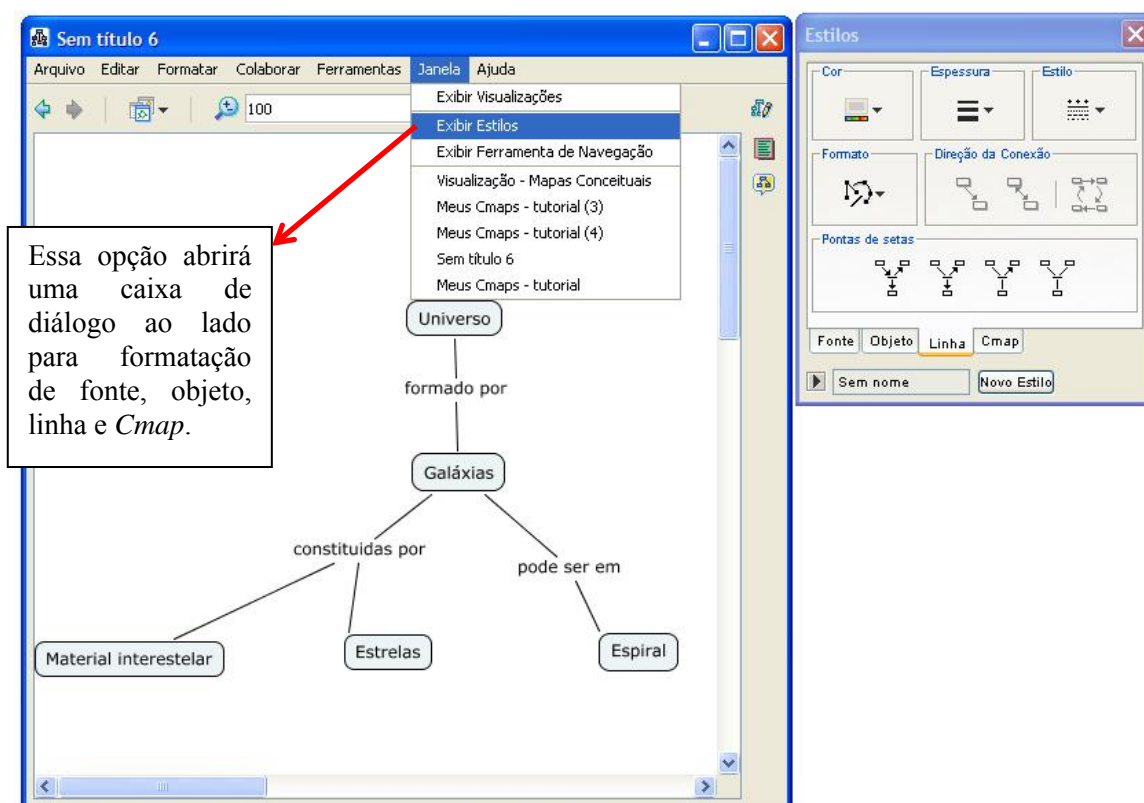
Após estabelecer e nomear os links entre os conceitos, o resultado poderá ser visualizado na figura 13 a seguir:



**Figura 13 – Mapa parcial do Universo.**

### 3) Formatando o mapa conceitual.

Podemos a qualquer momento alterar o texto ou acrescentar novas caixas ao mapa. Também podemos mudar a fonte, cor da letra, aplicar negrito e ou itálico a cada um dos conceitos. É possível também colocar setas de direção ao estabelecer as relações entre os conceitos, aplicar pano de fundo ao mapa, etc. Assim, você estará personalizando a apresentação do trabalho final. Para isso, clique na opção janela da barra de ferramentas, exibir estilos.



*Figura 14 - Usando o recurso de aplicar estilos ao mapa.*

Para alterar um item na formatação seja da fonte, dos objetos (caixa com conceitos) ou Cmap (aplicar pano de fundo), selecione as caixas de texto antes de escolher a formatação desejada.

#### 3.1) Formatando o tipo de fonte utilizada no mapa

Para alterar a fonte que está sendo usada no mapa, utilize o recurso Guia de formatação da fonte, apresentado na figura 15 a seguir.

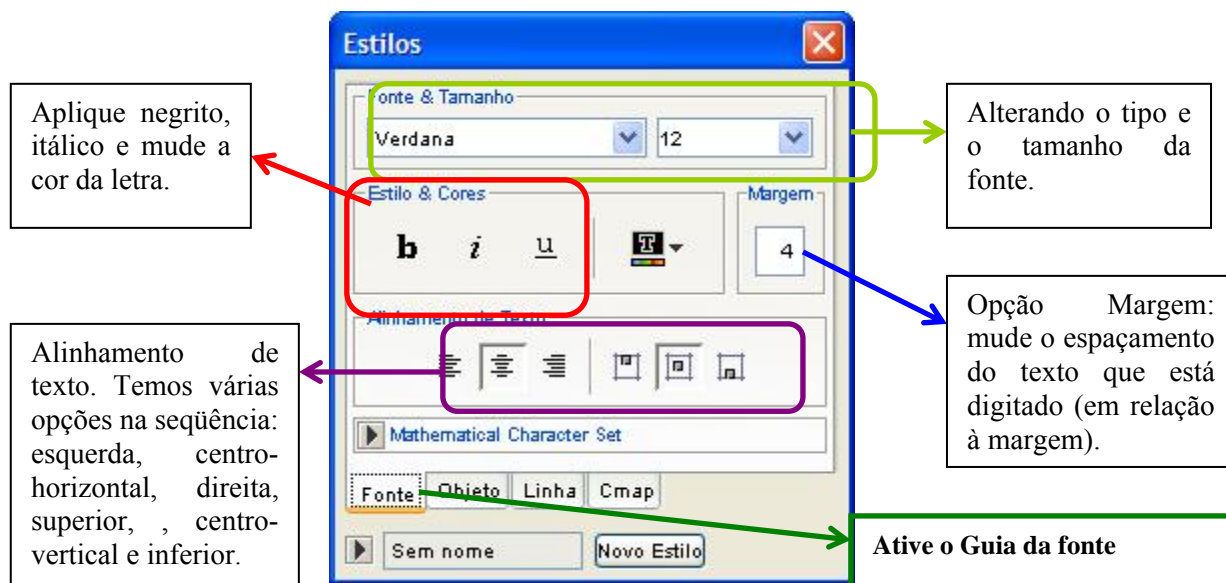


Figura 15 – Formatando a fonte

### 3.1.1) Aplicando linhas de ligação.

Para colocar as seta que estabelecem o sentido das relações entre os conceitos devemos utilizar o recurso *Guia de formatação da linha* .

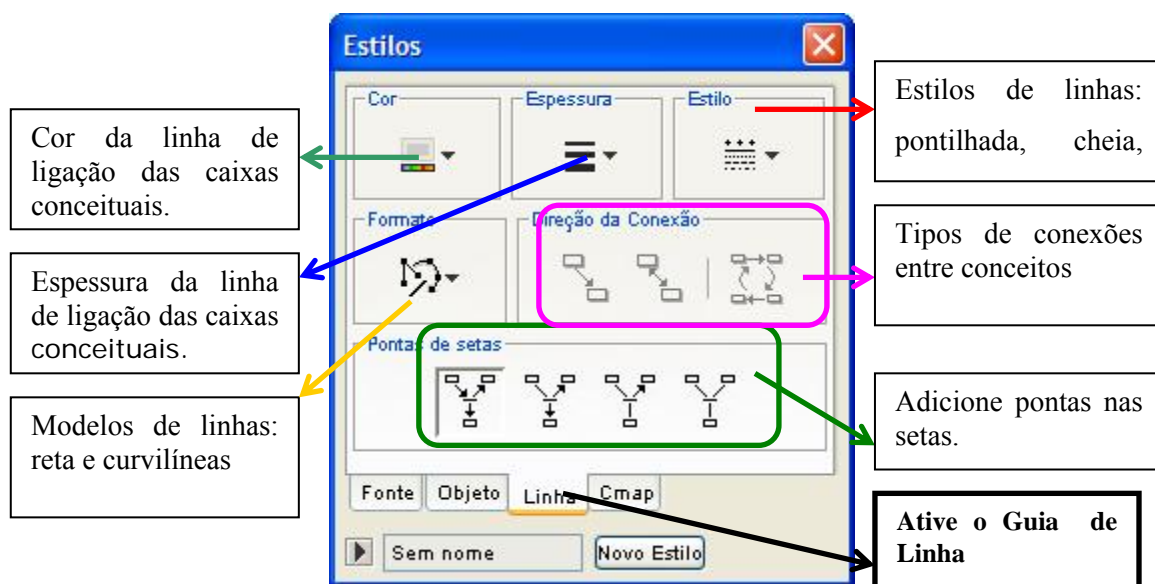


Figura 16 - Formatando as linhas dos links.

É possível no *CMap-Tools* adicionar setas de direção no mapa conceitual. Isso facilita a leitura e o entendimento do mesmo. Observe no exemplo a seguir o uso desse recurso:

Também há a possibilidade de alterarmos o formato das linhas de ligação ou da borda de cada conceito. Para isso, não devemos esquecer de primeiramente selecionar os objetos que serão alterados e que receberão o formato customizado pelo usuário.

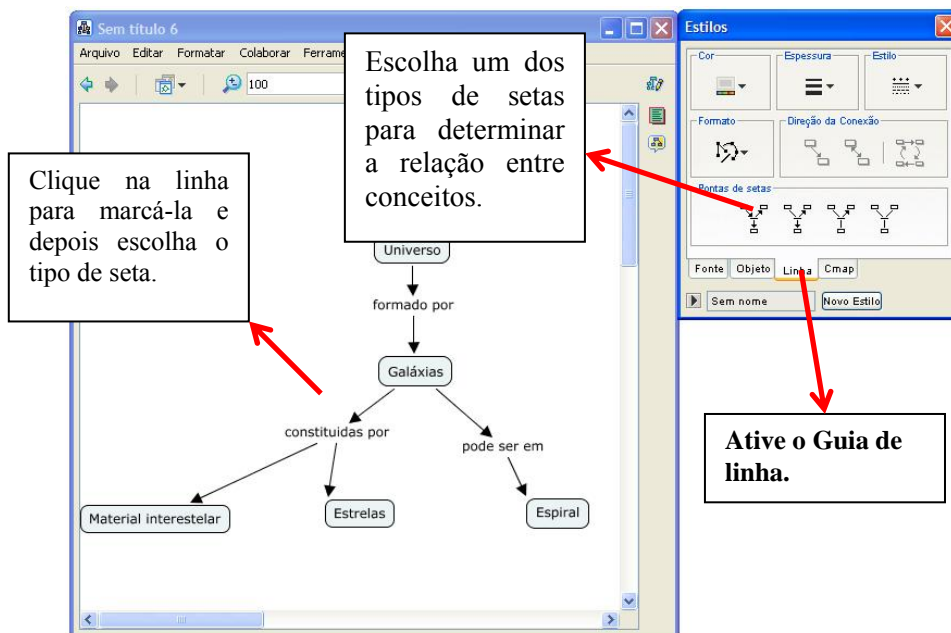


Figura 17 – Formatando as linhas de ligação entre os conceitos.

### 3.2) Formatando o **estilo das caixas** dos conceitos.

Através do Guia Objeto é possível alterar a cor, modelo, plano de fundo, alinhamento, espaçamento das caixas conceituais (ou conceitos).

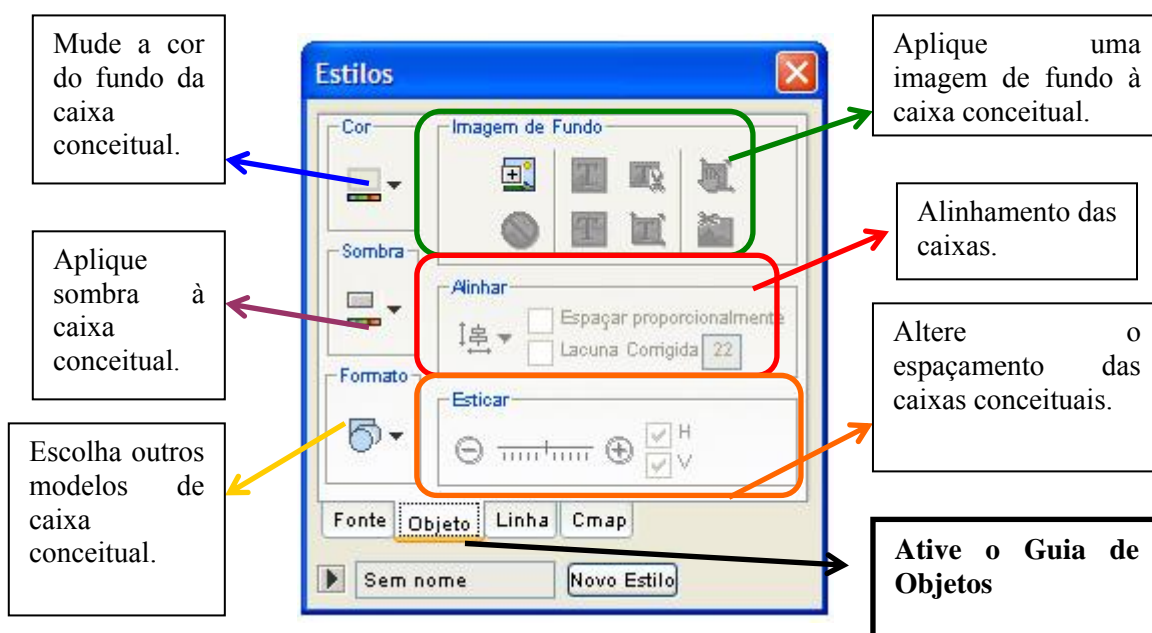


Figura 18 – Formatando as caixas dos conceitos.



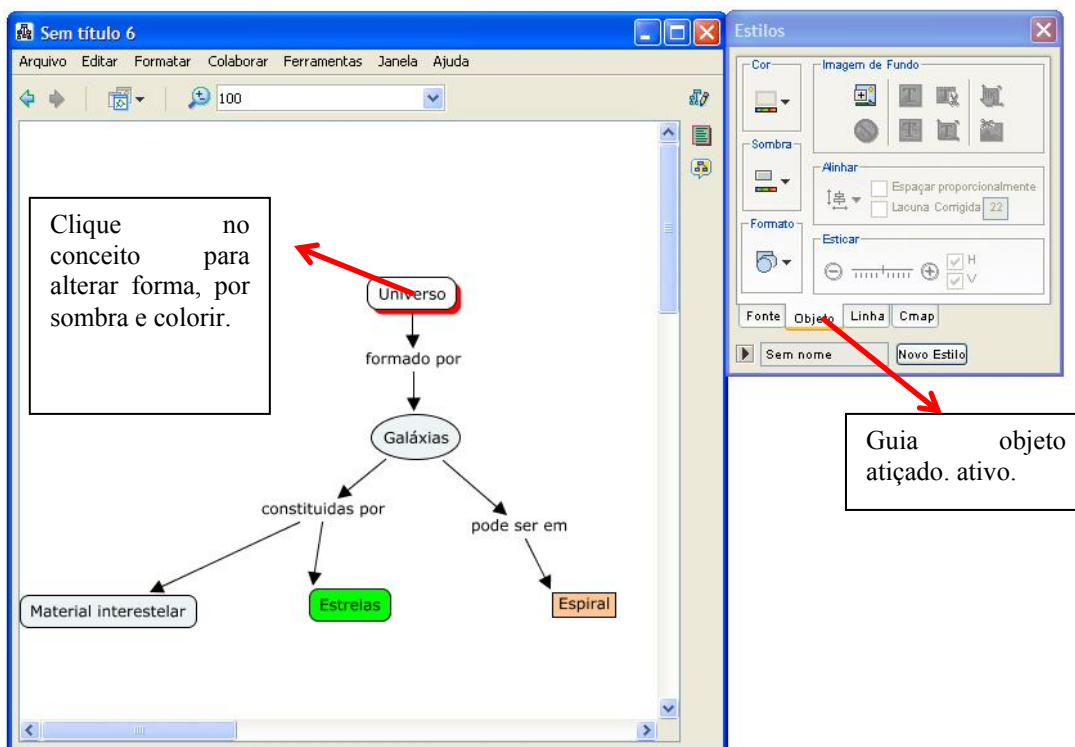


Figura 19 – Adicionando setas as relações entre conceitos.

### 3.3) Colocando **pano de fundo** no mapa.

Da mesma forma que alteramos os conceitos e as linhas de ligação, também podemos alterar o plano de fundo da janela em que estamos trabalhando. É possível criarmos Marca d'água para o fundo da tela *Ativando o Guia do Cmap*.

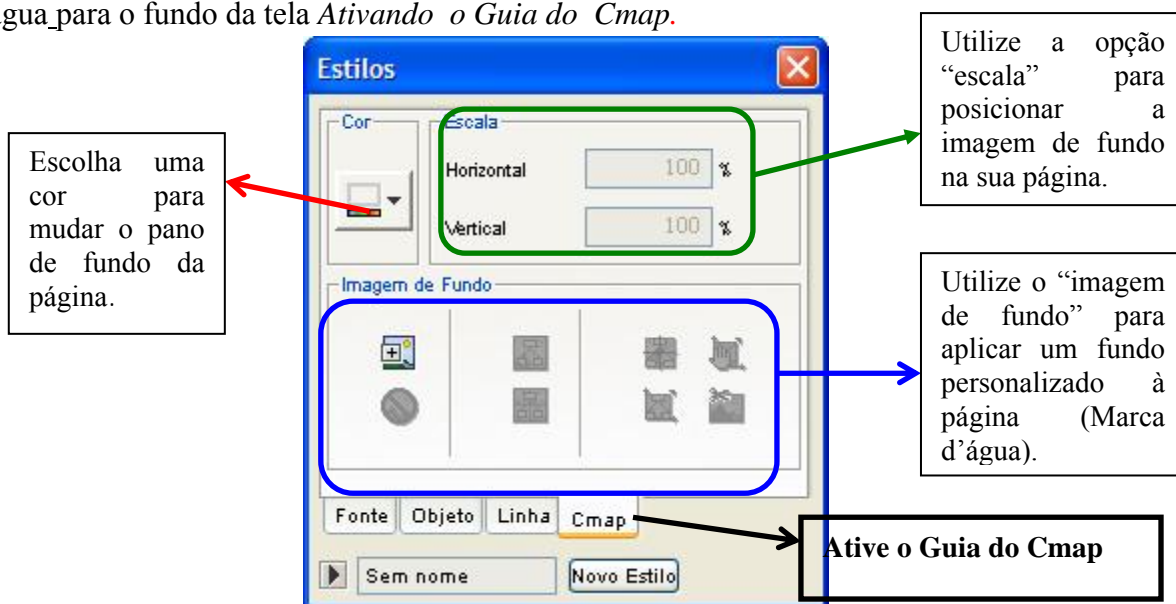


Figura 20 – Adicionando o pano de fundo ao mapa.

Escolha uma cor e adicione como pano de fundo, o resultado será como o exibido na figura 21.

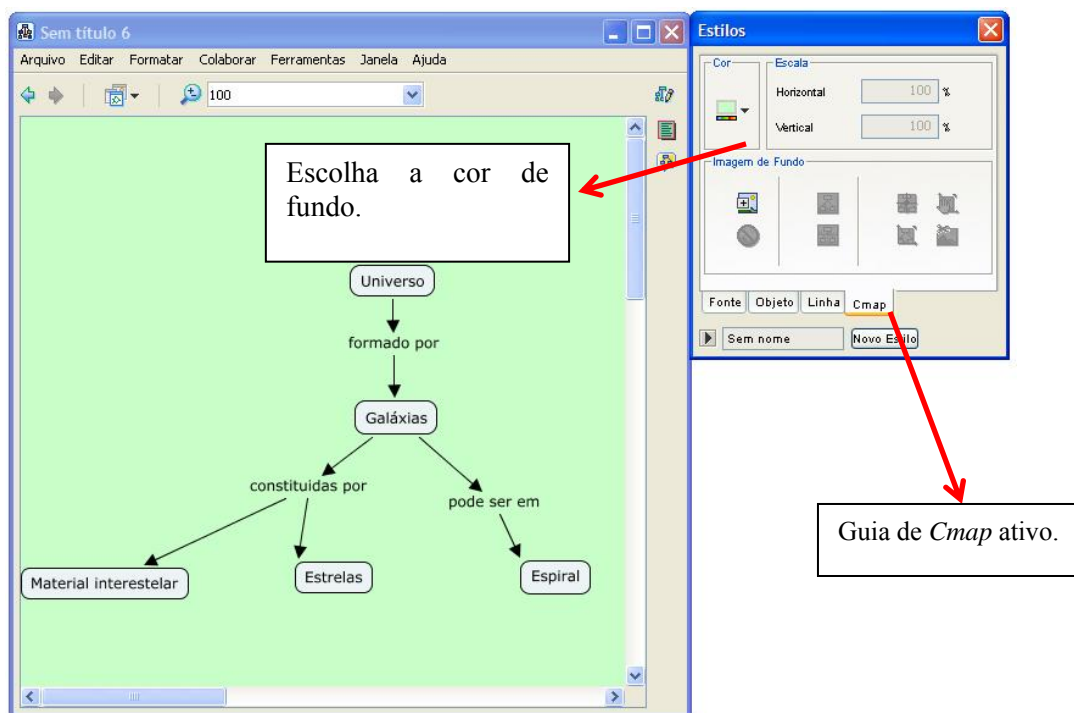


Figura 21 – Pano de fundo colorido adicionado ao mapa.

#### 4) Salvando um mapa no *Cmap-Tools*:

Para salvar um mapa que estamos construindo, devemos utilizar a seqüência Arquivo, Salvar Como.

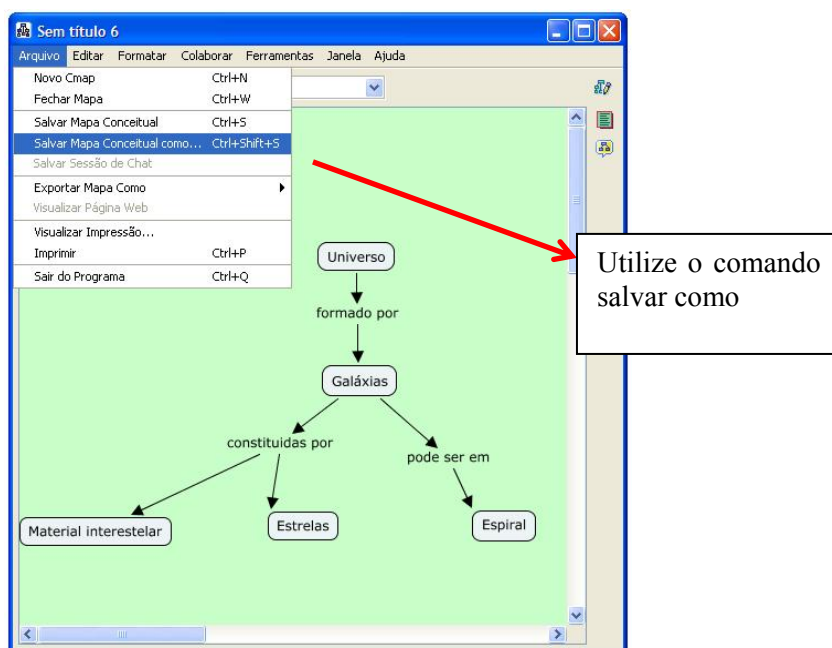
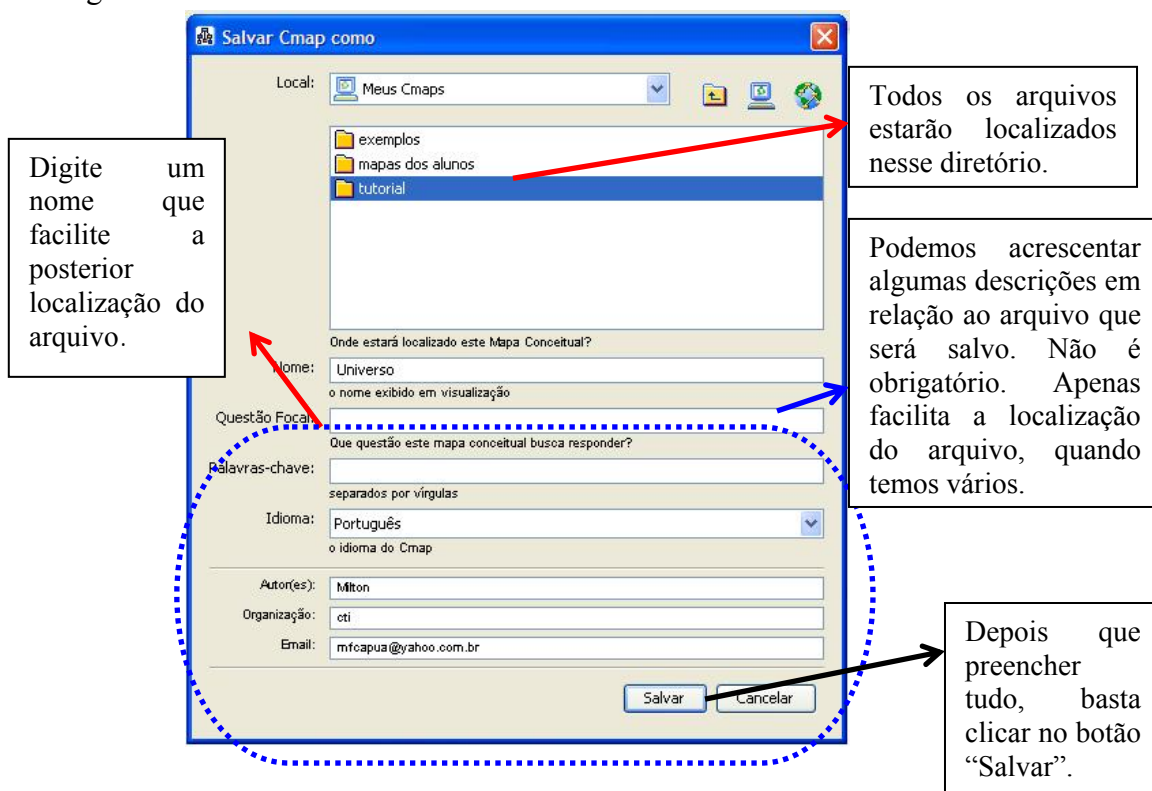


Figura 21 – Salvando um mapa conceitual.

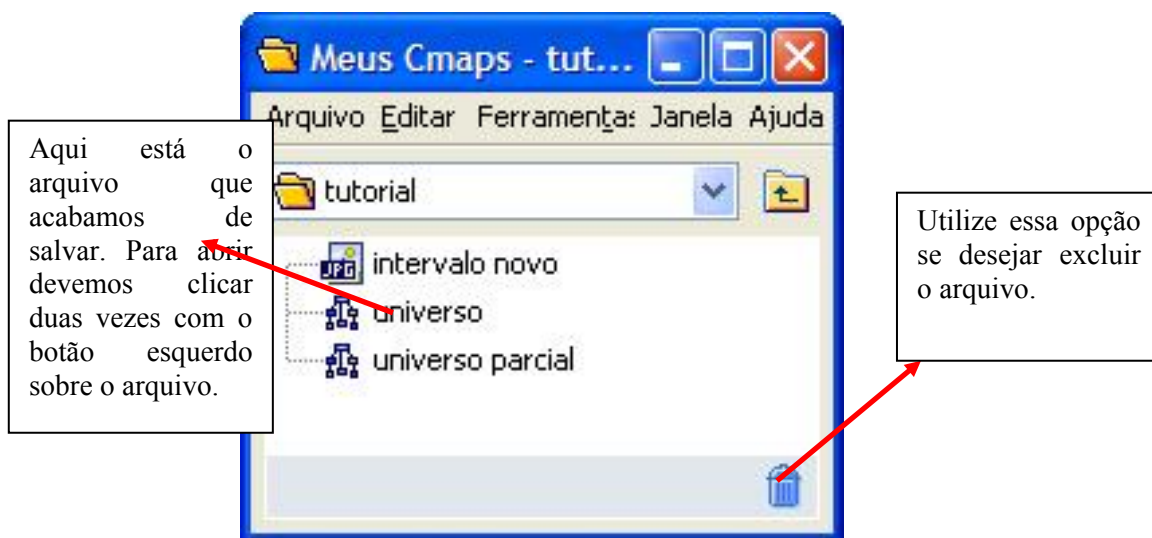
Após clicar na opção salvar mapa conceitual como, será exibida a tela apresentada na figura 22 a seguir.



**Figura 22 - Salvando o mapa, nomeando e guardando-o no diretório desejado.**

#### 5) Abrindo arquivos no *Cmap-tools*:

É possível alterar os arquivos salvos no *CMAPS* sempre que achar conveniente. Para isso temos que salvar com um nome que facilite a localização do mesmo, caso contrário teremos que abrir arquivo por arquivo, até encontrar o correto.



**Figura 23 – Abrindo mapas que já foram salvos.**

## **4 ATIVIDADES EXPRESSIVAS SOBRE O TEMA ENERGIA ELÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES.**

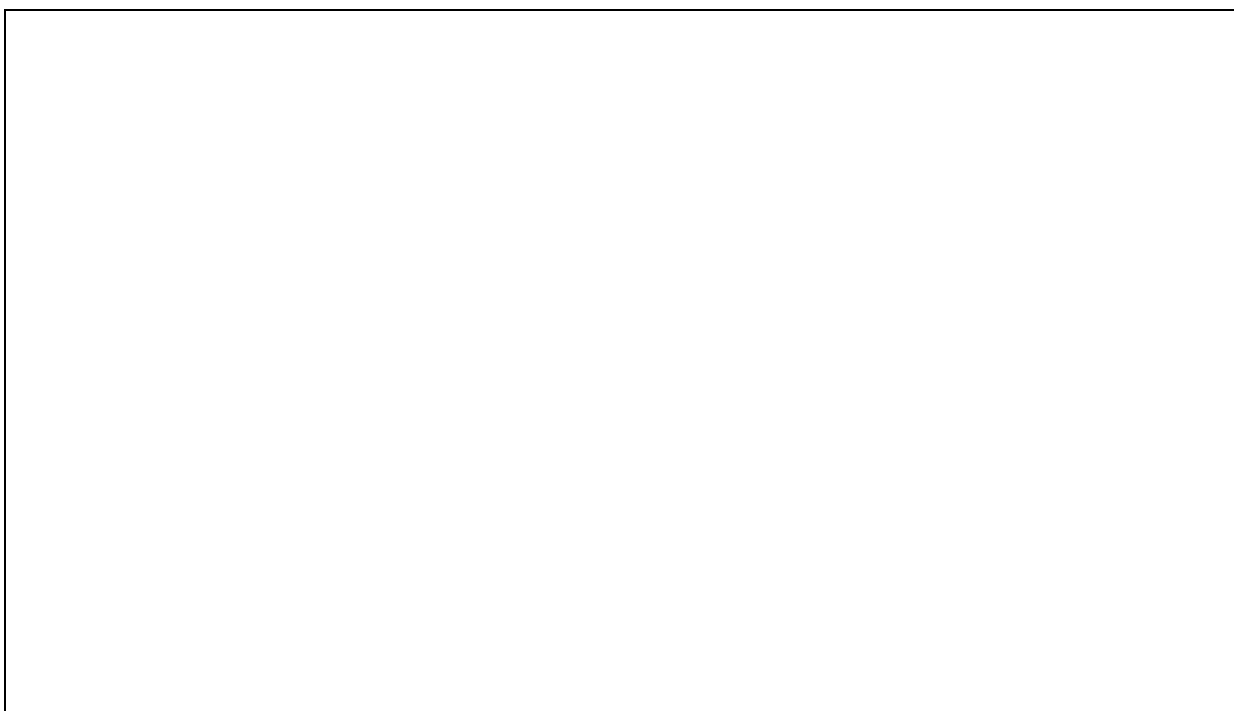
### **4.1 Modo de Investigação Expressivo:**

Nesta etapa da investigação os alunos tiveram a sua disposição um tema relativo as questões de interesse da pesquisa e fizeram uso dos conceitos que conheciam para assim criarem mapas conceituais segundo o nível de compreensão que apresentarem.

#### **4.1.1 Primeira atividade de produção de um Mapa Conceitual.**

Neste encontro tome por base o mapa conceitual apresentado no material de apoio e com o auxílio do Tutorial do *Cmap Tools*, tente reproduzi-lo na tela do computador. Para deixá-lo mais a vontade, utilize como conceito central de circuito elétrico pelo fato de ser um conceito que faz parte do universo da Disciplina de eletricidade deve servir como elemento facilitador da tarefa. Desta forma, construa um mapa conceitual livre, com o único compromisso de estabelecer relações pertinentes entre os conceitos, de modo a se familiarizar com a metodologia proposta.

- Para facilitar faça um esboço do mapa no espaço abaixo:



Agora que já fez seu esboço procure reproduzir na tela o mapa feito no rascunho.

#### **4.1.2 Material de Apoio**

Leia com atenção o texto abaixo, pois ele nos dará subsídios para o desenvolvimento da atividade expressiva.

### **Transposição do Rio São Francisco**

A realidade hídrica, principalmente nos aspectos atinentes à oferta e uso das águas, é tema que, historicamente, tem marcado o debate sobre o Semi-árido. Essas preocupações têm sido enfocadas nos estudos da Fundação Joaquim Nabuco nos últimos anos e os esforços de seus pesquisadores vêm-se concentrando na busca da compreensão da relação existente entre o solo, a água e as plantas e sua importância para a população.

Após o agravamento da crise do abastecimento hídrico do Nordeste no ano de 1999, a transposição do rio São Francisco passou a ser vista como a única alternativa de solução do problema. Atualmente, existem dois cenários bem definidos com relação ao tema. O primeiro é o cenário do imediatismo, caracterizado pela ânsia de fazer chegar água, a todo custo, nas torneiras da população (pensamento muito comum na classe política), sem haver, no entanto, a preocupação com as conseqüências impostas ao ambiente ao se adotar essa alternativa e o segundo é o cenário da ponderação, caracterizado por preocupações constantes (principalmente na classe técnica) com relação às limitações das fontes hídricas na condução do processo transpositório. O primeiro cenário diz respeito às questões do Brasil virtual e, o segundo, às questões do Brasil real.

O presente documento trata de uma coletânea, em ordem cronológica, dos textos sobre a transposição do Rio São Francisco elaborados pelo pesquisador João Suassuna na última década, representando a sua contribuição à hidrologia nordestina, com a discussão do assunto através da fundamentação em fatos concretos, com alternativas e soluções em torno de questões que ainda se arrastam no esquecimento e, quiçá, na ignorância do povo, tudo no contexto do Brasil real.

Existindo o alerta às limitações do rio São Francisco para o atendimento à navegação, geração de energia, irrigação e abastecimento das populações sedentas do Nordeste, torna-se evidente a necessidade da realização de um planejamento hidráulico em sua bacia hidrográfica, de forma a possibilitar as subtrações volumétricas pretendidas.

Finalmente, com a divulgação desse trabalho, a Fundação Joaquim Nabuco não poderá vir a ser acusada, no futuro, de ser omissa perante os problemas que por ventura venham a existir com a transposição do São Francisco nos moldes atualmente previstos. Esse assunto é considerado por todos como de extrema importância para os desígnios da região.



*Figura 37*

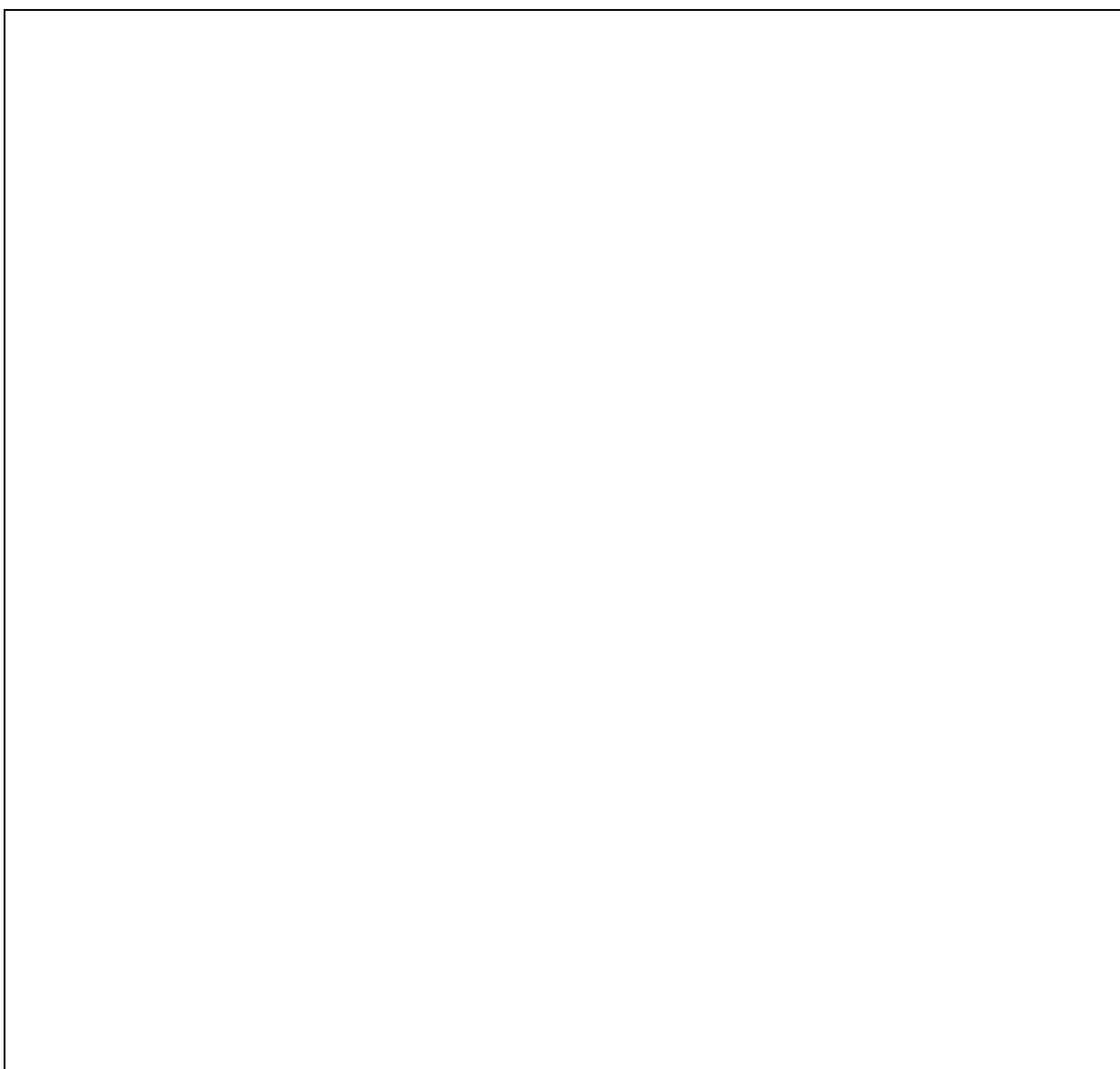
Lembre-se de que no nordeste brasileiro, grande parte dos rios tem caráter temporário. Portanto, realizar a transposição do rio São Francisco como forma de fazer com que áreas carentes de água, possam ter esse recurso, trará certamente conseqüências ao ambiente. A grande pergunta que fica é a seguinte: A Transposição das águas do Rio São Francisco para o abastecimento do Nordeste semi-árido é de fato uma solução ou problema?

Fonte: João Suassuna, Pesquisador da Fundação Joaquim Nabuco.  
<http://fundaj.gov.br/docs/tropicicos/desat/fran.html>.

### 4.1.3 Segunda atividade de produção de um Mapa Conceitual.

Nesta atividade você terá a oportunidade de exteriorizar o seu entendimento quanto as questões referentes à energia elétrica e suas relações com a Educação Ambiental.

Agora que você já teve a experiência de construir um mapa conceitual de forma livre, procure desenvolver outro segundo seu entendimento sobre o tema proposto: A Energia Elétrica e sua incidência no Meio ambiente. Utilize o espaço abaixo para fazer um rascunho do seu mapa conceitual:



Descreva como foi para você a experiência de ter que reconstruir os mapas, utilizar o computador e o software como ferramenta, para tanto faça suas considerações no computador através de um arquivo txt.