



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**ANÁLISE DA APROXIMAÇÃO ENTRE PROFESSORES DAS ÁREAS DE  
ENGENHARIA CIVIL E DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA UFG**

**LILIAN RODRIGUES RIOS**

**GOIÂNIA**

**2009**

**LILIAN RODRIGUES RIOS**

**ANÁLISE DA APROXIMAÇÃO ENTRE PROFESSORES DAS ÁREAS DE  
ENGENHARIA CIVIL E DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA UFG**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Agustina Rosa Echeverría – Orientadora

**GOIÂNIA**

**2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
GPT/BC/UFG**

R586a Rios, Lilian Rodrigues.  
Análise da aproximação entre professores das áreas de engenharia civil e do ensino de ciências na UFG [manuscrito] / Lilian Rodrigues Rios. - 2009.  
90 f.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Agustina Rosa Echeverria.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, 2009.

Bibliografia.

1. Educação em ciências. 2. Epistemologia. 3. Engenharia – Estudo – Ensino Médio. I. Título.

CDU: 37.02: 624

**ANÁLISE DA APROXIMAÇÃO ENTRE PROFESSORES DAS ÁREAS DE  
ENGENHARIA CIVIL E DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA UFG**

Por

**LILIAN RODRIGUES RIOS**

Dissertação aprovada para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Matemática, pela Banca examinadora formada por:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Agustina Rosa Echeverría - Orientador, UFG

---

Prof. Dr. Walter Antonio Bazzo, UFSC

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mirian Pacheco Silva, UFABC

---

Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio, UFG

Goiânia, 04 de dezembro de 2009

À minha família, especialmente minha mãe por seu apoio, amor e sabedoria.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por este sonho realizado.

À professora Agustina Rosa Echeverría, pelo especial apoio e motivação que me levaram a um crescimento intelectual no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores, colegas e coordenador do curso do Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás pela troca de experiências e contribuição na socialização e construção dos conhecimentos adquiridos.

Aos Professores Formadores de Professores e Professores Formadores Engenheiros participantes da pesquisa pela boa vontade em contribuir para o desenvolvimento deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Dra Mirian Pacheco Silva e ao Prof. Dr. Walter Antonio Bazzo pelas relevantes contribuições no exame de qualificação deste trabalho.

À Secretaria de Educação do estado de Goiás pela Licença de Aprimoramento concedida para a realização deste curso de mestrado.

Aos meus amigos da Superintendência de Educação Básica pelo apoio nos momentos críticos, pela amizade e pela oportunidade de convívio.

A minha família por entender os momentos de ausência e de tensão tão comuns durante a realização deste trabalho.

*Quando a gente acha que tem todas as respostas, vem a vida e muda todas as perguntas.*

Luis Fernando Veríssimo

## RESUMO

O presente estudo objetivou estudar a aproximação entre Professores, com diferentes formações iniciais, numa ação pedagógica, para despertar vocações para áreas tecnológicas e para as engenharias em estudantes do Ensino Médio por meio do Ensino de Ciências. O propósito foi identificar aspectos políticos, pedagógicos e epistemológicos que influenciam nessa aproximação, para que essa análise contribua para o aperfeiçoamento de futuras ações conjuntas. Para isso, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com sete Professores Formadores participantes do projeto. Observamos que os profissionais de engenharia passaram por cursos de pós-graduação, em que se priorizou a pesquisa técnica, tornando-os especialistas em determinadas áreas e resultando num distanciamento em relação à formação didático-pedagógica o que nos remete à necessidade de se superar a racionalidade técnica na qual estes profissionais foram formados e de um aprofundamento em história e filosofia das ciências por parte dos Professores Formadores. A pesquisa conclui pelos estudos, reflexões e discussões realizadas a respeito dos temas e problemas envolvidos no projeto, que não existem pessoas com uma formação inicial que dê condições de superar todas as dificuldades encontradas, mas que esta aproximação possibilitou aos sujeitos participantes reconstruírem algumas de suas compreensões didático-pedagógicas e que estas reconstruções foram pautadas numa reflexão crítica.

**Palavras – chave:** Educação em Ciências. Epistemologia. Engenharia no Ensino Médio.



## ABSTRACT

The present research motivated to study the approach of the teachers' trainers with different initial backgrounds into a teaching action to develop the High School students' interest for the technological and engineering areas based on the Science Teaching. The main purpose is to identify the Political, Pedagogical and Epistemological aspects which are an influence in this particular approach intending to contribute for the developing of the future actions. For that, seven Training Teachers, participants on the project, were interviewed. In the results, we identified that one of the difficulties is related to the lack of discussion about the environment problems in the University. We also observed that the engineering professionals had post graduation courses on technical research having become specialists in specific areas, distant from the pedagogical, showing the need to go beyond the technical issue in which these professionals have been gone through in College, proving the extremely importance of Science history and philosophy study by the training teachers. This research is being analyzed by the studies, reflections and discussions on the problems and topics involved in this project we realized that it is difficult to find professionals with initial training who are able to get over all the found difficulties, but this approach was significant for them so the participants could think about their pedagogical knowledge and these thoughts were based on this critical reflection.

**Key - Words:** Science Education. Epistemology. High School Engineering.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1    EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS .....	14
1.1    A NATUREZA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.....	18
1.1.1    O Indutivismo .....	19
1.1.2    O Positivismo .....	24
1.1.3    O Positivismo Lógico do círculo de Viena.....	28
1.1.4    O Novo “Espírito Científico” de Bachelard .....	29
1.1.5    O Racionalismo Crítico de Popper .....	32
1.1.6    Os Programas de Pesquisa de Lakatos .....	35
1.1.7    Os Paradigmas de Kuhn .....	38
1.1.8    A Teoria da Complexidade de Morin .....	43
1.2    EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA DISCUSSÃO EPISTEMOLÓGICA .....	47
2    AS ESCOLAS DE ENGENHARIA.....	50
3    ABORDAGEM METODOLOGICA .....	56
3.1    CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	56
3.2    O CENÁRIO DA PESQUISA.....	56
3.3    PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	57
3.4    INSTRUMENTOS DA PESQUISA .....	58
3.5    A ANÁLISE DE DADOS .....	59
4    RESULTADO E DISCUSSÕES.....	61

4.1	A FORMAÇÃO SOBRE PROBLEMAS AMBIENTAIS DOS PROFESSORES .....	61
4.2	A FORMAÇÃO DO PROFESSOR FORMADOR ENGENHEIRO .....	65
4.3	O PERFIL DO ENGENHEIRO NA VISÃO DE PROFESSORES FORMADORES ENGENHEIROS E DE PROFESSORES FORMADORES DE PROFESSORES .....	67
4.4	O ENSINO DE CIÊNCIAS PARA DESPERTAR VOCAÇÕES PARA A ENGENHARIA.....	70
4.5	A APROXIMAÇÃO ENTRE ENGENHARIA E ENSINO DE CIÊNCIAS.....	72
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
	REFERÊNCIAS .....	80
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA .....	90

## INTRODUÇÃO

Aproximar professores de diferentes áreas do conhecimento como a Engenharia Civil e o Ensino de Ciências para juntos desenvolverem uma ação pedagógica em colégios de Ensino Médio é um grande desafio.

Em uma tentativa de despertar vocações para a Engenharia e áreas tecnológicas por meio do Ensino de Ciências no Ensino Médio foi elaborado um projeto denominado “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” pelo Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciências – NUPEC e a Escola de Engenharia Civil - EEC da Universidade Federal de Goiás, num movimento de aproximação.

Os objetivos do projeto são: 1) capacitar professores do Ensino Médio das escolas envolvidas, visando formar e aperfeiçoar difusores de conhecimento em ciências exatas e naturais aplicadas, contribuindo para a atualização profissional e aprimoramento contínuo do educador; 2) criar ambientes integrados que permitam aos alunos dessas escolas vivenciarem a relação entre a teoria e a solução de problemas reais, visando despertar vocações para as áreas tecnológicas como, por exemplo, a engenharia; 3) promover a integração dos professores do NUPEC e da Escola de Engenharia Civil da UFG com alunos do Ensino Médio e seus professores de ciências naturais, por meio do NUPEC, que reúne professores formadores dos institutos de Química, Física, Biologia e Matemática da UFG; 4) elaborar propostas diferenciadas de ensino e disponibilizá-las às demais escolas de Ensino Médio.

Na Engenharia Civil os professores são formados para desenvolverem pesquisa na área técnica e por este motivo, não recebem formação didático-pedagógica. Além disso, concepções epistemológicas diferentes entre os grupos de Professores Formadores acabam por fornecer diferentes perfis de engenheiros. Os professores do Ensino de Ciências preocupam-se com a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente e capazes de atuarem eficazmente na sociedade do conhecimento e por este motivo, concebem o Ensino de Ciências, no Ensino Médio, diferentemente dos professores de Engenharia.

Mesmos existindo diferenças, este grupo de Professores Formadores está desenvolvendo o projeto “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” em colégios de Ensino Médio.

Devido à importância do projeto para o Ensino de Ciências apresentamos a seguinte pergunta: Como Professores, com diferentes formações iniciais, aproximam-se numa ação pedagógica que intenciona despertar vocações em estudantes do Ensino Médio para áreas tecnológicas e para as engenharias por meio do Ensino de Ciências?

Para responder a esta questão, esta pesquisa foi idealizada a partir de uma situação particular onde aspectos políticos, pedagógicos e epistemológicos convergem e tem como objetivo realizar um estudo da aproximação inédita, na Universidade Federal de Goiás, entre a Engenharia Civil e o Ensino de Ciências para verificar os aspectos de interação que influenciam nessa aproximação e para que essa análise contribua para o aperfeiçoamento de futuras ações conjuntas.

Para estudar o problema deste trabalho de investigação, desenvolvemos esta dissertação que foi organizada contendo cinco capítulos:

Capítulo 1 - discutimos a Educação em Ciências. Discorremos, de forma geral, sobre as diferentes visões epistemológicas a respeito da natureza do conhecimento científico e ainda, sobre a relação entre as visões epistemológicas na Educação em Ciência com a Educação Ambiental. Entendemos que essa discussão é necessária para entender a visão epistemológica dos professores que influenciaram no projeto.

Capítulo 2 - intitulado “Escolas de Engenharia” faremos uma revisão histórica do estabelecimento das Escolas de Engenharia no Brasil e relacionamos ao ensino atual, realizado nas mesmas.

Capítulo 3 – é composto pela metodologia da pesquisa.

Capítulo 4 - analisamos e discutimos os dados obtidos, para com base neles e também na literatura pertinente, concluirmos a investigação.

Capítulo 5 – finalizamos a dissertação apontando as considerações finais do trabalho.

## 1 EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Pesquisas em ensino de ciências mostram que a prática docente e o ensino das ciências estão relacionados a diferentes concepções de ciência e de educação que o professor, no exercício da sua função, possui (BORGES, 2007; MORAES, 2007; CACHAPUZ *et alii*, 2005). Este fato foi considerado por Hernández, ao afirmar que: “Todo professor ou professora é credor de uma determinada concepção de sua matéria, assim como de um conjunto de crenças e de teorias pessoais sobre ensino e aprendizagem” (HERNÁNDEZ, 1997 *apud* Moraes, 2007, p.20).

Por sua vez Borges (2007, p. 84) afirma que: “as concepções sobre a natureza do conhecimento científico envolvem noções quanto ao modo como alcançamos o conhecimento, em qualquer campo do saber. Podem, portanto, influenciar nossa prática docente”. Assim, em um ambiente escolar, onde existe um grande número de professores, é possível encontrar variadas concepções sobre como a aprendizagem dos alunos se realiza.

Essas diferentes concepções correspondem a movimentos históricos e representam reconstruções das teorias de como se produz conhecimento. Correspondem às epistemologias dos professores, diferentes modos de entender como os conhecimentos são produzidos (MORAES, 2007, p. 23).

De um modo geral, no ensino de ciências, trabalham-se questões de aspectos mais conceituais, restrito ao conhecimento pronto, elaborado e que não consideram os processos nos quais a atividade científica é construída, sendo transmissões e repetições de conhecimentos. Para Schnetzler (2002) os conteúdos ensinados nas aulas de ciências não podem ser restritos à lógica interna das disciplinas científicas que valorizam somente o conhecimento de teorias e fatos científicos.

Muitos trabalhos têm mostrado que a natureza do conhecimento científico nem sempre é corretamente entendida e problematizada por professores que trabalham disciplinas científicas, tanto no Ensino Básico como no Ensino Superior (PRAIA *et alii*, 2007; GIL-PEREZ *et alii*, 2001; FERNÁNDEZ *et alii*, 2002). Como consequência, há a transmissão distorcida, para os alunos, da visão sobre como

funciona a ciência. De acordo com Cachapuz *et alii* (2005), isso gera resistências dos estudantes em relação à ciência e ao que se refere a aprender ciência.

Segundo Driver *et alii* (1999, p. 31) o ensino e a aprendizagem de ciências precisam “levar em consideração a natureza do conhecimento a ser ensinado” e, de acordo com estes mesmos autores, a Educação em Ciências é influenciada diretamente por fatores relacionados à prática científica. O conhecimento científico é um conhecimento público, “simbólico por natureza e socialmente negociado e validado” o que implica que, para aprender ciência, o aluno necessita ser “iniciado nas formas científicas de se conhecer”. Para Maldaner (2003):

Cabe ao ensino, dentro das instituições sociais específicas, fazer a mediação intencional para que os novos significados sejam produzidos e um sistema conceitual coerente se constitua em cada indivíduo (MALDANER, 2003, p. 106).

É necessário que a Educação em Ciências esteja comprometida com uma alfabetização científica e tecnológica para todos, que se imponha “como uma dimensão essencial de uma cultura de cidadania, para fazer frente aos graves problemas com que há de enfrentar-se a humanidade hoje e no futuro” (PRAIA *et alii*, 2007, p. 145). Por alfabetização científica entendemos “o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem” (CHASSOT, 2000, p. 34).

Segundo Cachapuz *et alii* (2005, p. 23), para que os estudantes consigam, efetivamente, fazer uma leitura do mundo em que vivem é necessário que alcancem um nível multidimensional da alfabetização científica, isto é, “desenvolver perspectivas da ciência e da tecnologia que incluam a história das idéias científicas, a natureza da ciência e da tecnologia e o papel de ambas na vida pessoal e social”.

Uma Educação em Ciência preocupada o desenvolvimento de estudantes capazes de lerem o mundo onde se inserem, criticamente, precisa superar a tradição no qual se desenvolveu, a-histórica e dogmática. Nessa perspectiva torna-se necessário, na formação básica de professores de ciências, a fundamentação de uma visão adequada da natureza da ciência, a compreensão de como ocorre uma pesquisa científica, suas implicações sociais, políticas, sua dinâmica e possíveis

consequências. Estas idéias são corroboradas por Cachapuz *et alii* (2005) que, diante da atual realidade da Educação em Ciência afirmam:

Esta preocupante distância entre as expectativas postas na educação científica na formação de cidadãos conscientes das repercussões sociais da ciência – susceptíveis de se incorporarem numa percentagem significativa, às suas tarefas – e a realidade de uma ampla recusa da ciência e da sua aprendizagem, tem terminado por dirigir a atenção para como se está levando a cabo essa educação científica (CACHAPUZ *et alii* 2005, p. 38).

Para ensinar um conhecimento científico o professor precisa conhecê-lo, entendê-lo e saber contextualizá-lo historicamente, ou seja, um professor que ensina ciência necessita, além de compreender profundamente a matéria a ser ensinada, saber como “selecionar conteúdos adequados que proporcionem uma visão atual da Ciência e sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de interesse” (GIL-PÉREZ e CARVALHO, 2003, p. 24).

Pesquisadores destacam que os aspectos históricos e filosóficos das ciências, que na maioria das aulas de ciências possuem uma pequena abordagem ou não são considerados, possibilitam uma compreensão, para os professores, sobre as suas concepções de ciência e permitem assim, que estes possam fundamentar suas ações “pedagógicas – didáticas” (CACHAPUZ *et alii*, 2005). Estes aspectos são reafirmados por Schnetzler (2002, p. 17) que, em relação ao que é necessário para a prática docente e à formação inicial do professor, afirma que

a necessidade docente vai além do que é habitualmente contemplado nos cursos de formação inicial, implicando conhecimentos profissionais relacionados à história e filosofia das ciências, a orientações metodológicas empregadas na construção do conhecimento científico, às relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e perspectivas do desenvolvimento científico.

Jimenez (1994) *apud* Vianna e Carvalho (2001) destacam que pesquisas de vários autores evidenciam o fato de que nos cursos de formação inicial de professores de ciências não há as reflexões ou o estudo a respeito da Filosofia e História da Ciência e que estes ajudariam em uma auto-análise sobre as concepções epistemológicas desses professores, tornando-as mais claras e interferindo na percepção da construção do conhecimento científico dos mesmos. As



pesquisas destas autoras demonstram que para mudar a prática pedagógica é necessário que os professores de ciências reflitam sobre suas visões de como a ciência é construída, permitindo assim, “romper com visões simplistas acerca do ensino e da aprendizagem das Ciências e questionar as idéias docentes de senso comum” (GIL-PÉREZ e CARVALHO, 2003, p. 31).

A epistemologia ajuda os professores a melhorarem as suas próprias concepções de ciência e à fundamentação da sua ação pedagógico-didática. Questionar, discutir e refletir acerca da pertinência de conexões entre ciência/epistemologia/educação em ciência é um exercício necessário aos professores para poderem fundamentadamente fazer as suas opções científico-educacionais (PRAIA *et alii*, 2002, p. 128).

Segundo Fernández *et alii* (2002) é preciso compreender que para mudar o que os professores e alunos fazem nas aulas de ciências é necessário, primeiro, corrigir a epistemologia espontânea dos professores. É importante observar também que, mesmo que os professores possuam concepções corretas a respeito da ciência, isto não significa que desenvolverão práticas docentes coerentes às concepções. Mesmo assim, possuir concepções válidas a respeito da ciência, de acordo com Praia *et alii* (2007) constitui um requisito *sine qua non*. Em relação às pesquisas e estudos atuais que envolvem estas concepções, estes autores afirmam que as “concepções epistemológicas de senso-comum” constituem um dos principais obstáculos ao movimento de renovação da educação em ciências, e, por esse motivo elas se tornaram uma

poderosa linha de investigação, e têm colocado a necessidade de estabelecer o que pode entender-se como uma imagem adequada, não distorcida, sobre a natureza da ciência e da atividade científica, coerente com a epistemologia atual (PRAIA *et alii*, 2007, p. 147).

De acordo com estes autores, a epistemologia atual pode ser expressa como um consenso de vários epistemólogos em:

- 1) recusarem a idéia de método científico como um conjunto de receitas infalíveis;
- 2) recusarem o empirismo que concebe os conhecimentos como resultado da inferência indutiva a partir de “dados puros”;

3) evidenciarem o papel do pensamento divergente na investigação, que se concretiza em aspectos fundamentais e erradamente afastados nas abordagens empiristas;

4) chamarem a atenção para as interpretações simplistas de resultados de experiências e para um possível “reducionismo experimentalista” pois não basta um tratamento experimental para recusar ou verificar uma hipótese; trata-se, sobretudo, da existência, ou não, de coerência global com a referência de um corpus de conhecimentos;

5) compreenderem o caráter social do desenvolvimento científico (PRAIA *et alii*, 2007, p. 148) .

O século XX observou grandes questionamentos e controvérsias epistemológicas, assunto este que será exposto no próximo tópico.

## 1.1 A NATUREZA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Explicar os fenômenos naturais é uma característica comum em diferentes momentos vividos pelo ser humano. A busca por respostas que saciassem sua curiosidade intelectual levou-o, em seus diversos momentos históricos, a elaborar conhecimentos que pretendiam refletir a realidade em que viviam. Isto significa que, no decorrer da história encontramos variadas respostas representadas por diferentes formas de conhecimentos, entre eles o filosófico, o mítico, o teológico, o científico e outros, que manifestam diferentes apreensões do mundo.

O conhecimento científico é compreendido, de acordo com Driver *et alii* (1999) como “construções que foram inventadas e impostas sobre os fenômenos para interpretá-los e explicá-los” e como conhecimento público “é construído e comunicado através da cultura e das instituições sociais da ciência”. Já o conhecimento filosófico possui como característica principal o “esforço da razão para questionar os problemas humanos e poder discernir entre o certo e o errado, unicamente recorrendo às luzes da própria razão humana” (MARCONI e LAKATOS, 2006, p. 78).

A epistemologia é uma área da Filosofia que tem a função de estudar a investigação científica e, conseqüentemente, o conhecimento científico. Segundo

Japiassú (1977, p.24), ao se verificar uma noção simplificada da epistemologia, o significado que se tem, etimologicamente, é o de “discurso (*logos*) sobre a ciência (*episteme*)” cuja principal importância consiste em “(...) refletir sobre os métodos, a significação cultural, o lugar, o alcance e os limites do conhecimento científico” (p. 65). Assim, a epistemologia pode ser compreendida como “o estudo crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados das diversas ciências, destinado a determinar a sua origem lógica (não psicológica), o seu valor e a sua importância objetiva” (LALANDE, 1996, p. 313).

Verifica-se na literatura existente que, até por volta de 1930, quando se tratava de teoria do conhecimento ou gnosiologia, a epistemologia era uma parte desta. De acordo com Bunge (1980, p.6), até este período, o qual ele classifica como “período clássico”, quem cultivava a epistemologia eram matemáticos, cientistas ou filósofos. Os problemas que predominaram estavam relacionados à natureza e ao alcance do conhecimento científico, à classificação das ciências e à possibilidade de, partindo de observações, indutivamente construir a ciência.

As mudanças, nesta forma de trabalhar a epistemologia ocorreram devido ao empirismo lógico do Círculo de Viena onde as reflexões filosóficas deixaram de ser individuais e isoladas e passaram a ser trabalhadas por um grupo de epistemólogos. Isso proporcionou, ao longo do século XX, a ocorrência de diversos estudos, pesquisas e debates epistemológicos que geraram polêmicas e que nos demonstram que não existe um consenso a respeito da natureza do conhecimento científico.

As discordâncias existentes sobre o que possibilita adjetivar uma teoria como científica possibilitaram o surgimento de diversas explicações para este fato. A seguir, apresentaremos algumas delas.

### **1.1.1 O Indutivismo**

Ao longo da história, a forma como a humanidade foi elaborando o conhecimento e a compreensão que teve do mesmo, sofreu transformações. Para os gregos, o conhecimento estava ligado à natureza e sua compreensão ocorria

através da reflexão e da filosofia. No período conhecido por Idade Média, inicialmente, o conhecimento esteve ligado principalmente às escrituras sagradas.

Com o crescimento das cidades e do comércio, inicia-se o desenvolvimento de um pensamento empirista, que cresceu e culminou nos séculos XVI e XVII com a revolução científica, construindo-se o que se denominou método científico.

Para Araújo, é nesse momento histórico que se estabelece a ciência moderna. Ele explica:

A ciência, pois, é uma forma de conhecimento que, compreendida num sentido mais específico, surge historicamente no século XVI, dentro do processo da Modernidade, de ruptura com o mundo feudal e eclesiástico, embasada filosoficamente pelo Iluminismo e originada com o Renascimento (2006, p. 134).

Três personagens se destacam pela preocupação em fundamentar a ciência através de linguagem técnica e argumentação lógica, articulando o que seria o método científico, demarcando o que era a ciência moderna e o que era necessário para se obter o conhecimento científico: René Descartes na França, Francis Bacon na Inglaterra e Galileu Galilei na Itália.

O aspecto metodológico fundamental proposto por Galileu é a matematização e, ao supor uma ordem matemática para o mundo, reuniu a observação, a razão e a experiência na interpretação dos fenômenos físicos, descrevendo duas etapas do método experimental: a indução e a dedução. Assim, ao apresentar hipóteses e submetê-las à experimentação, Galileu inicia a ciência moderna.

Mas, embora tenha concebido o método científico, Galileu não enunciou seus passos. Como explica Chalmers em seu livro “O que é Ciência Afinal?” (1993) foi Francis Bacon, a partir *do Novum organum*, quem “propôs que a meta da ciência é o melhoramento da vida do homem na terra e, para ele, essa meta seria alcançada através da coleta de fatos com observação organizada e derivando teorias a partir daí” (1993, p.17). O método científico, de acordo com Bacon, era um conjunto de regras que se utilizavam na observação de fenômenos e, partindo de tais observações, era possível inferir conclusões.

Para Bacon, o motivo pelo qual a ciência havia estagnado era a utilização de métodos que impediam que ela progredisse, pois:

não partem dos sentidos ou da experiência, mas da tradição, de idéias preconcebidas e se abandonam aos argumentos. O caminho correto para o avanço das ciências estaria na realização de um grande número de experiências ordenadas, das quais seriam retirados os axiomas e, a partir destes, propor-se-iam novos experimentos (ANDERY *et alii*, 2007, p. 197).

Bacon trabalhou com a visão de que, para que o homem conhecesse a natureza, precisaria estar em contato com ela. O avanço científico não ocorreria pelo uso dos sentidos (neutralidade do observador) ou da experiência justificada por argumentos, mas sim, pela realização ordenada de um grande número de experiências, de onde sairiam os axiomas e, a partir deles, novas experiências, até que se chegasse aos princípios de máxima generalidade.

O método de experimentação seguido da indução, como propôs Bacon, ficou conhecido como método científico, e de acordo com Köche (1997, p. 50), para atingir o conhecimento científico era necessário seguir os seguintes passos: 1) experimentação; 2) formulação de hipóteses; 3) repetição da experimentação por outros cientistas; 4) repetição do experimento para a testagem das hipóteses e 5) formulação das generalizações e leis. Esta concepção de ciência, marcada por uma visão na qual o “conhecimento não tem valor em si, mas sim pelos resultados práticos que possa gerar” é denominada indutivismo (*idem*, p. 194). Nesse processo existe uma confiabilidade no conhecimento científico, pois, sendo a ciência objetiva, este será objetivamente provado. Nessa concepção, o início da ciência se dá por observações simples e os cientistas não devem possuir pré-conceitos, registrando fielmente tudo o que puderem observar. Isso significa que, de acordo com o indutivismo, o conhecimento científico, “é construído sobre a base segura da observação, da evidência e dos sentidos”, e, a partir da acumulação de observações, induzem-se leis e teorias para explicá-las. Estas serão utilizadas para fazer novas previsões. (HODSON, 1982, p.2).

Assim, a indução tornou-se o processo no qual, partindo de proposições singulares a respeito do mundo, é possível obter-se, através de argumentos lógicos, generalizações.

Esse indutivismo, chamado por Chalmers (1993) de indutivismo ingênuo, apresenta alguns problemas. Um primeiro problema é verificado quando os indutivistas afirmam que a ciência tem início a partir da observação e que esta

fornece uma base segura para se derivar um conhecimento, sendo dessa forma, independente de qualquer teoria que a antecede. Segundo Hodson (1982) a observação não oferece uma base realmente segura para um conhecimento, pois é “pouco confiável” e “sofre influência do cientista”, ou seja, ela é influenciada pela maneira como o observador enxerga o mundo, o que pressupõe, assim, uma teoria. Hodson afirma:

O que um observador vê depende em parte daquilo que está realmente lá, e em parte de sua experiência passada, seu conhecimento, suas expectativas. Como observadores, nós interpretamos os dados que nós percebemos. (...) Fazer uma observação pressupõe uma visão de mundo, a qual sugere que observações específicas deveriam ser feitas. Em outras palavras: as observações não são imparciais, são dependentes da teoria (HODSON, 1982, p. 3).

Outro problema enfrentado pelos indutivistas está relacionado à utilização de argumentos lógicos para se generalizar um conhecimento. O argumento de justificação indutivista é descrito por Chalmers (1993) da seguinte forma: se o princípio de indução foi bem em uma ocasião  $x_1$ , se o princípio de indução foi bem sucedido numa ocasião  $x_2$  e assim por diante, isso significa que o princípio de indução é sempre bem sucedido.

O filósofo escocês David Hume, criticando essa forma de entendimento sobre como ocorre o desenvolvimento da ciência, argumenta sobre esse problema existente na indução:

como idéias que são individuais, porque se referem a impressões de experiências individuais, que são particulares e localizadas, porque se referem a impressões igualmente particulares e singulares, podem dar origem a um conhecimento que não aparece como singular e particular, imediato e individualizado? (ANDERY *et alii* 2004, p.316).

Hodson (1982), com base nas argumentações do filósofo David Hume, escreve sobre o fato de que uma generalização não pode, simplesmente, ser uma reafirmação de fatos:

Uma generalização derivada de afirmações individuais, ainda que numerosas, pode se mostrar errada. Não importa quantos cisnes brancos nós vejamos, nós nunca teremos justificativas para afirmar que todos os

cisnes são brancos, porque o próximo cisne que olharmos pode ser negro (HODSON, 1982, p. 3).

Embora houvesse questionamentos ao indutivismo, como os de David Hume, de acordo com Borges (2007), ele próprio acabou fortalecendo os pensamentos empiristas ao admitir que as leis naturais e os efeitos produzidos por determinadas causas, só poderiam ser estabelecidos através da experiência, o que fez com que o pensamento empirista e indutivista predominassem, formando assim, base para o positivismo.

Mas a base do positivismo contou ainda com os pensamentos de Descartes que acreditava que o conhecimento era possível pela utilização da razão: "(...) por meio de recursos metodológicos, propõe a utilização adequada da razão, de forma a obter idéias claras e distintas (verdades indubitáveis), ponto de partida para alcançar novas verdades indubitáveis" (ANDERY *et alii*, 2007, p. 202).

A ênfase que Descartes atribui à razão indica a utilização de um único método na busca de verdades. Ao duvidar de tudo, concluiu que era um ser pensante: "Penso, logo existo". Descartes afirma que é um ser pensante e dessa forma, existe:

em vez de observar a natureza em busca das causas dos fenômenos com os dados de observação, assume que a elaboração das relações causais se dará por deduções racionais em que, partindo-se de princípios gerais, se chegaria às suas decorrências ou efeitos. A experiência (observação e experimentação) caberia, portanto, o papel de confirmar as possíveis "suposições" deduzidas dos princípios gerais. Além disso, é também aos sentidos que cabe o conhecimento da existência das coisas, assim como o papel de "desempate", ou seja, dentre todos os efeitos possíveis de se deduzir das leis gerais da natureza, é a experiência que auxilia na verificação de quais os que efetivamente se realizam (*idem*, p. 208).

Para Descartes, a dedução era superior à indução e todas as verdades derivavam de uma verdade indubitável, a existência do pensamento humano. A ênfase que deu à razão não significou a opção por um método contemplativo, mas sim por um método único para buscar verdades que fossem principalmente úteis ao homem, possibilitando o controle sobre o mundo (ANDERY *et alii* 2004, p.203). A experiência, segundo Descartes, possuía um papel comprobatório e estava subordinada à razão; para conhecer o mundo era necessário partir de certezas.

Descartes utilizou um modelo de raciocínio no qual a matemática, considerada atemporal e imutável, era a linguagem adequada para o estudo da natureza e separou o campo do objeto - campo científico, representado pela mensuração e pela precisão do campo do sujeito, que ficou reservado à filosofia.

### 1.1.2 O Positivismo

O positivismo representou um movimento de pensamento que marcou a Europa nos séculos XIX e XX. Iniciado por Auguste Comte, este movimento, que entendia como único método de conhecimento o das ciências naturais considerava que os fatos eram acumulados por observação, mas para se estabelecer leis gerais aos quais estes fatos estariam submetidos, era necessário antes, buscar uma relação entre os fatos, estabelecida através do raciocínio. De acordo com esse movimento, o conhecimento é feito por leis que são provadas por fatos: “A lei é necessária para prever e a previsão é necessária para a ação do homem sobre a natureza” (REALE e ANTISERI, 2003, p. 300). Como dogma, as leis deveriam traduzir, exatamente, o que ocorria na natureza.

Para essa filosofia, obrigatoriamente, o desenvolvimento do espírito humano passa por três estados: teológico, metafísico e positivo.

Pela própria natureza do espírito humano, cada ramo de nossos conhecimentos está necessariamente sujeito, em sua marcha, a passar sucessivamente por três estados teóricos diferentes: o estado teológico ou fictício, o metafísico ou abstrato, e, enfim, o científico ou positivo (COMTE, 1822, *apud* BENOIT, 2002, p. 114).

Segundo Benoit (2002, p. 67) para a filosofia positivista “espírito humano” é uma expressão que significa conhecimento científico e “(...) ao se referir aos três estados do espírito humano, Comte nos remete, a certas fases da história das ciências”.

O estado teológico indica o início da trajetória intelectual do ser humano. Nessa fase o ser humano “personifica os corpos materiais, atribuindo-lhes uma vida análoga à vida humana” ou ainda, “concebe agentes sobrenaturais invisíveis que,



dotados de vontades também análogas à vontade humana, intervêm de modo misterioso na produção dos fenômenos” (ARANA, 2007, p.13). Esses agentes sobrenaturais encontrados no estado teológico intervêm e explicam todas as anomalias do universo. De acordo com Benoit (2002, p. 68): “na verdade, as explicações teológicas, seriam aquelas que, apoiando-se em causas imaginárias, tentavam explicar a totalidade do mundo” e a importância dessas explicações está no fato de que estas “(...) ajudaram a inteligência humana a sair do estado de torpor e debilidade, próprio da ignorância primitiva, e a se aventurar em novas observações, na busca de novos conhecimentos” (*idem*).

O estado metafísico é caracterizado como intermediário, pois se trata do período no qual o homem começa a passar do estado teológico para o estado positivo. No estado teológico os fenômenos são explicados pela determinação de entidades abstratas. Cada fenômeno observado consiste em uma entidade correspondente. Para Benoit “(...) os nossos conhecimentos são metafísicos quando, em suas enunciações, há o entrecruzamento de idéias teológicas com idéias positivistas”. Assim, nesse estado, de acordo com Comte “não é mais a pura imaginação que domina e não é ainda a verdadeira observação, mas o raciocínio [as explicações verbais, o discurso argumentativo] adquire nesta fase extensão e prepara-se confusamente para o verdadeiro exercício científico” (COMTE, 1976 *apud* ARANA, 2007, p. 13).

O estado positivo é marcado pelo reconhecimento do homem de sua impossibilidade em obter um conhecimento absoluto da realidade. Assim, o homem renuncia “(...) a conhecer as causas íntimas dos fenômenos” e deixa, dessa forma, sua busca pela origem e o destino do universo para se preocupar apenas “(...) em descobrir, graças ao uso bem combinado do raciocínio e da observação suas leis efetivas, a saber, as relações invariáveis de sucessão e de similitude” (COMTE, Curso de filosofia positiva 1ª lição, *apud* ANDERY *et alii*, 2007, p. 378).

Segundo Arana (2007, p. 5) o positivismo atém-se ao que é dado, os fatos e suas leis positivas, rejeitando a teologia e a metafísica: “(...) positivo diz-se o que é dado, o que é franqueado ao conhecimento; o que efetivamente está ao alcance do homem conhecer”. Assim, de acordo com Borges (2007, p.34), para o positivismo, era “impossível conhecer as causas ou as razões dos fenômenos” e às ciências caberia apenas o estabelecimento de leis dos fenômenos que traduziriam o que

acontece na natureza, sendo o estado positivo, dessa forma, um estado definitivo e no qual, sendo atingido, seria o mais elevado patamar do espírito humano.

Comte acreditava que o conhecimento científico positivo era marcado por duas características: tratava-se de um conhecimento sempre certo e que não admitia conjecturas e era também um conhecimento que sempre apresentava um grau de precisão, sendo que este grau variava de ciência para ciência e do objeto de estudo de cada uma delas (ANDERY *et alii*, 2007). Além disso, Comte propõe a criação de uma ciência da sociedade ou física social que, semelhante às ciências naturais, seria governada por leis que não dependeriam da vontade dos indivíduos e seriam, portanto, imutáveis, “neutras e livres de juízos de valor” (BORGES, 2007, p. 34). Dessa forma, para que a teoria da sociedade se tornasse uma ciência positiva era necessária a utilização dos procedimentos epistemológicos que foram utilizados pelas ciências que Comte chamou de fundamentais:

Eis a grande, mas, evidentemente, única lacuna que se trata de preencher para constituir a filosofia positiva. Já agora que o espírito humano fundou a física celeste; a física terrestre quer mecânica, quer química; a física orgânica, seja vegetal, seja animal, resta-lhe para terminar o sistema das ciências de observação, fundar a física social. Tal é hoje, em várias direções capitais, a maior e mais urgente necessidade de nossa inteligência. Tal é, ousado dizer, o primeiro objetivo deste curso, sua meta especial (COMTE, Curso de filosofia positiva 1ª lição, *apud* ANDERY *et alii*, 2007, p. 388).

O atraso no desenvolvimento da física social era, segundo Comte, devido ao fato desta estar fundamentada na fisiologia e na história natural, além de depender ainda de conhecimentos sobre meio ambiente, que são compostos ainda, por conceitos da astronomia, da física e da química: “Tal incomensurável dependência epistemológica, (..) teria sido o principal motivo do atraso com que o pensamento social chegou ao estado positivo” (BENOIT, 2002, p. 74). Comte revela, dessa forma, uma ordem e uma hierarquia de poder entre as ciências, segundo a complexidade e a generalidade dos objetos de estudo de cada uma:

A filosofia positiva se encontra, pois, naturalmente dividida em cinco ciências fundamentais, cuja sucessão é determinada pela subordinação necessária e invariável, fundada, independentemente de toda opinião hipotética, na simples comparação aprofundada dos fenômenos correspondentes: a astronomia, a física, a química, a fisiologia e, enfim, a física social. A primeira considera os fenômenos mais gerais, mais simples, mais abstratos e afastados da humanidade, e que influenciam todos os outros sem serem influenciados por estes. Os fenômenos considerados pela

última são, ao contrário, mais particulares, mais complicados, mais concretos e mais diretamente interessantes para o homem; dependem, mais ou menos, de todos os precedentes sem exercer sobre eles influência alguma. (COMTE, Curso de filosofia positiva 2ª lição, *apud* BENOIT, 2002, p. 124).

Comte defende a idéia de que todas as ciências façam uso de um único método. Segundo Andery *et alii*, a unicidade do método não significa que todas as ciências estivessem submetidas aos mesmos procedimentos de investigação, mas sim, que a filosofia positiva fosse aplicada a todas as áreas do conhecimento:

Nesse sentido pode-se entender como unidade do método a aplicação dos procedimentos que levem à descoberta e descrição das leis que regem os fenômenos, a partir dos fatos e do raciocínio que permitem relacioná-los segundo essas leis, a fim de alcançar um conhecimento positivo que, (...) deve ser: real, útil, certo, preciso, que busca organizar e não destruir e que é relativo (*idem*, p. 387)

A influência duradoura do pensamento de Comte sobre pensamentos posteriores, de acordo com Reale e Antiseri (2003, p. 305) deve-se a:

- idéia da importância da ciência para o progresso da humanidade;
- crítica ao pensamento metafísico não provado;
- idéia da sociologia como ciência autônoma não redutível a outras ciências;
- insistência na importância da tradição;
- reconhecimento da historicidade dos fatos humanos e da própria ciência;
- tomada de posição em relação à unicidade do método científico e do valor cognoscitivo (e não somente prático) da ciência.

As reflexões e questionamentos a respeito do método científico foram impulsionados por um grupo de cientistas-filósofos de várias áreas de investigação, no início do século XX, na Universidade de Viena, onde formaram o célebre Círculo de Viena.

Esse grupo, denominado positivismo lógico ou neopositivismo é caracterizado por atitudes antimetafísicas e por análises aprofundadas que envolviam a linguagem, a estrutura e o método das ciências naturais e os

fundamentos da matemática, fundamentando e desenvolvendo um critério de demarcação científica que fosse claro e preciso.

### 1.1.3 O Positivismo Lógico do círculo de Viena

O Círculo de Viena teve início em 1924 quando Hebert Feigl, Friedrich Waismann e Moritz Schlick formaram um grupo de discussão, através de colóquios realizados nas sextas feiras à noite, onde refletiam sobre questões de filosofia da ciência. Participavam deste grupo, intelectuais como Hans Hahn e Kurt Reidemeister (matemáticos), Otto Neurath (economista e sociólogo), Victor Kraft (filósofo), Rudolf Carnap (filósofo).

A pergunta em torno do que esses homens se reuniam, segundo Arana (2007, p.36) era: “Como conciliar o lógico e o empírico nas ciências?”. Assim, o escrito programático dos positivistas lógicos do Círculo de Viena possuía linhas essenciais que compreendiam: a formação de uma ciência única e capaz de abranger todos os conhecimentos que eram fornecidos pela física, pelas ciências naturais, pela psicologia, pela sociologia, etc; a utilização do método lógico de análise para se chegar a essa ciência unificada e a aplicação desse método às ciências empíricas para poder, dessa forma, eliminar a metafísica e clarificar conceitos e teorias da ciência empírica e dos fundamentos da matemática.

Em relação às teses de fundo da filosofia dos positivistas lógicos, Reale e Antiseri descrevem as afirmações feitas por esse grupo: 1) o princípio de verificação constitui o critério de distinção entre proposições sensatas e proposições insensatas; 2) com base nesse princípio, só tem sentido as proposições possíveis de verificação empírica ou factual, isto é, as afirmações das ciências empíricas; 3) a matemática e a lógica constituem conjuntos de tautologias<sup>1</sup>, convencionalmente estipuladas e incapazes de dizer algo sobre o mundo; 4) a metafísica, juntamente com a ética e a religião, por não serem constituídas de conceitos e proposições factualmente verificáveis, são questões aparentes e que se baseiam em pseudociências; 5) o trabalho do filósofo sério é o da análise da semântica e da sintática do discurso

---

<sup>1</sup> Tautologia (Lóg.), de acordo com o novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, é o raciocínio que consiste em repetir com outras palavras o que se pretende demonstrar.

científico; 6) a filosofia não é doutrina, mas uma atividade clarificadora da linguagem. Essas idéias foram defendidas através do Manifesto do Círculo de Viena, de 1929, “Concepção Científica do Mundo” (REALE e ANTISERI 2003, p. 994).

O principal projeto do Círculo de Viena foi o de tentar unificar o saber científico e elaborar um método científico que fosse comum a todas as ciências, pois, para esse grupo, “todos os conhecimentos possíveis encontravam-se nas Ciências Naturais, na Lógica e na Matemática” (BORGES, 2007, p. 35). “(...) Cabe à ciência positiva, diz o positivismo lógico, entender-se com a verdade das proposições. Cabe à filosofia positiva indagar o sentido das proposições” (ARANA, 2007, p. 113). Assim, de acordo com os neopositivistas, à filosofia cabia apenas a função de analisar logicamente as ciências e os pseudoproblemas deveriam ser evitados para que não atravancassem as discussões epistemológicas.

Os neopositivistas não conseguiram acabar com a metafísica e nem separar a filosofia da ciência, como pretendiam. As principais críticas a essa concepção, segundo Borges (*idem*) refere-se ao fato dela apresentar-se como uma “visão idealizada e a-histórica do conhecimento científico”. Karl Popper critica ainda o critério de verificabilidade do positivismo lógico do Círculo de Viena, que ele chamou de “O Problema da Demarcação”, por não oferecer adequado “sinal diferenciador de demarcação”, ou seja, um critério que “(...) habilite a distinguir entre as ciências empíricas, de uma parte, e a Matemática e Lógica, bem como os sistemas ‘metafísicos’, de outra” (POPPER, 2001, p. 35).

#### **1.1.4 O Novo “Espírito Científico” de Bachelard**

Nesse mesmo período foi elaborada, na França por Gaston Bachelard, uma filosofia não-positivista da ciência. Diferentemente dos filósofos do Círculo de Viena, Bachelard não admitia que a cientificidade das ciências pudesse ser pré-estabelecida através de um princípio, como acreditavam os neopositivistas, que possibilitasse a separação entre ciência e não-ciência, além de não rejeitar a história da ciência. Ao analisar este filósofo, Reali e Antiseri afirmam que, de acordo com o pensamento de Bachelard:

se o conhecimento tem história, então o instrumento privilegiado para as investigações de filosofia da ciência não é a lógica, como acontece no caso dos neopositivistas, e sim a história da ciência, concebida como a identificação das fases efetivas atravessadas pelo desenvolvimento do saber científico (REALI e ANTISERI 2003, p. 1012).

Segundo a filosofia bachelariana, o empirismo tradicional e o racionalismo idealista não conseguem explicar a efetiva prática científica. Para Lopes (1996, p. 251) Bachelard inaugura uma epistemologia histórica na qual “ciência é um objeto construído socialmente, cujos critérios de cientificidade são coletivos e setoriais às diferentes ciências”.

Bachelard analisa os avanços da história da ciência como rupturas epistemológicas, isto é, a negação de um conhecimento anterior, seguido por uma retificação do mesmo. Em relação a essa filosofia do não, Lopes (1996, p. 266) afirma que:

Não existe um contínuo racional na história do conhecimento científico: a Física Relativística diz não à Física Newtoniana, a Geometria de Lobatchevsky diz não à Geometria Euclidiana, a Química Quântica diz não à Química Lavoisieriana.

De acordo com essa filosofia do não, o que é considerado verdade é um erro que foi reestruturado, e, para isso, teorias anteriores não foram abandonadas, foram reordenadas. Lopes (idem) afirma tratar-se “(...) de ir além de seus pressupostos, por introduzir uma nova racionalidade.

Em “A Formação do Espírito Científico” Bachelard organiza a evolução histórica do pensamento científico em períodos: o primeiro período é chamado de estado pré-científico e compreende a Antiguidade clássica, os séculos do renascimento e os séculos XVI, XVII e XVIII. O segundo período é o estado científico e compreende o fim do século XVIII, século XIX e início do século XX e o terceiro período, chamado de novo espírito científico, representado pelo ano de 1905, considerado por Bachelard como o momento em que a Teoria da Relatividade de Albert Einstein “deforma conceitos primordiais que eram tidos como fixados para sempre” (BACHELARD, 1996, p. 9).

Para Bachelard o avanço do conhecimento científico ocorre através de sucessivas retificações das teorias anteriores: “(...) é no momento que um conceito muda de sentido que ele tem mais sentido... Com a relatividade, o espírito científico

constitui-se juiz do seu passado espiritual” (BACHELARD, 1986 apud BORGES, 2007, p. 52). Assim, não há uma verdade primeira e o que existem são primeiros erros e para avançar é necessário que se tenha coragem de errar.

Bachelard (1996) afirma ainda que, para o espírito científico, todo o conhecimento terá que ser sempre uma resposta a uma pergunta e “(...) se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído” (p. 18). Se, para haver um conhecimento científico, é preciso que haja uma ruptura epistemológica, faz-se necessário, então, na reestruturação de um conhecimento, romper com os obstáculos epistemológicos. Os obstáculos epistemológicos são idéias que impedem ou bloqueiam novas idéias, isto é, os hábitos intelectuais que se cristalizaram, a inércia que provoca o estagnamento de culturas, as teorias científicas que são ensinadas como dogmas e os dogmas ideológicos que dominam várias ciências (REALI e ANTISERI, 2003, p. 1015). O primeiro obstáculo, segundo Bachelard (1996, p. 29) que deve ser superado é a experiência primeira, por ser colocada antes e acima da crítica: “(...) a crítica é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. Já que a crítica não pode intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura”.

Outro importante obstáculo que precisa ser superado, para o progresso do conhecimento científico, é, de acordo com Bachelard, o conhecimento geral: “Nada prejudicou tanto o progresso do conhecimento científico quanto a falsa doutrina do geral, que dominou de Aristóteles a Bacon, e que continua sendo, para muitos, uma doutrina fundamental do saber” (*idem*, p. 69).

Bachelard afirma que muitas leis gerais, como a de “todos os corpos caem”, possuem um valor epistemológico quando comparadas a outros conhecimentos falhos que elas substituíram, mas, atualmente elas acabam bloqueando novas idéias, pois elas “respondem de modo global” ou “respondem sem que haja pergunta”. As leis gerais acabam por identificar tudo e “quanto mais breve é o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental” (*idem*, p. 71). Por exemplo, em uma aula experimental de queda livre, em um tubo que se faz vácuo, é possível verificar que “todos os corpos caem, no vácuo, com a mesma velocidade”. De acordo com Bachelard este tipo de enunciado é útil e constitui a

base real de um empirismo exato, mas, devido à sua generalidade, imobiliza o pensamento:

Com a satisfação do pensamento generalizante, o pensamento perdeu o estímulo. Deve-se estudar apenas o arremesso de uma pedra na vertical? Tem-se logo a impressão de que faltam elementos de análise. (...) A noção de velocidade esconde a noção de aceleração. É, no entanto, a noção de aceleração que corresponde à realidade dominante (*idem*, p. 72).

Outros obstáculos epistemológicos analisados por Bachelard são: o obstáculo substancialista, que acaba por condensar em um objeto todos os conhecimentos relacionados a diferentes papéis desempenhados pelo objeto, “consiste na sedução da idéia de substância” (REALI e ANTISERI, 2003, P. 1016) e o obstáculo animista, que está relacionado ao “caráter mal colocado do fenômeno biológico”, e que constitui em “um verdadeiro fetichismo da vida, com cara de ciência” encaminhando o espírito pré - científico sempre na busca de um concreto e de uma experiência individualizada:

O que mostra com mais clareza o caráter mal colocado do fenômeno biológico é a importância conferida à noção dos três reinos da natureza e o lugar preponderante que é dado aos reinos vegetal e animal em comparação com o reino animal. (...) Tudo o que se baseia na analogia dos três reinos sempre deprecia o reino mineral; e, na passagem de um para outro reino, é a finalidade e não a causa que é o tema diretor, seguindo, por isso, uma intuição valorizante (*idem*, 1996, p. 187).

Para Bachelard diante de todos os obstáculos epistemológicos, o progresso do conhecimento científico só é possível através da identificação e remoção dos mesmos. Bachelard analisa ainda que a ciência de ontem só é possível de ser lida e interpretada a partir da ciência de hoje e se o conhecimento científico pode ser sempre reescrito e aprofundado, então a evolução do conhecimento científico não tem fim.

### **1.1.5 O Racionalismo Crítico de Popper**

Paralelamente às obras de Bachelard, os problemas dos neopositivistas do Círculo de Viena foi reproposto, em outras bases, por Karl Popper que foi crítico dessa escola. Investigando o chamado problema da indução, que tratava de saber



se as inferências indutivas poderiam ser justificadas, e quais as condições para isso, Popper escreveu:

Ora, a meu ver, não existe a chamada indução. Nestes termos, inferências que levam a teorias, partindo-se de enunciados singulares 'verificados por experiência' (não importa o que isso possa significar) são logicamente inadmissíveis (2001, p. 41).

Para Popper, se não há indução, então não existe o chamado problema da indução.

Ainda em relação aos indutivistas, Popper afirmou que a mente não é uma tabula rasa e que a observação, que é seletiva, é sempre orientada e pressuposta por expectativas teóricas, ou seja, que ela exige um objeto a ser observado, através de um determinado ponto de vista ou de um interesse em especial, indicando dessa forma, que a pesquisa científica não parte de observações, mas tem início através de problemas que serão investigados pelos cientistas:

O conhecimento não parte do nada – de uma tabula rasa – como também não nasce da observação; seu progresso consiste, fundamentalmente, na modificação do conhecimento precedente. (...) a significação das descobertas que fazemos depende em geral do seu poder de modificar as teorias precedentes. (...) toda solução dada a um problema levanta novos problemas (POPPER, 1982, p. 56).

O trabalho filosófico de Popper, chamado de racionalismo crítico, é verificado, inicialmente, em sua obra *A Lógica da Pesquisa Científica*, de 1934. Segundo Popper, para um sistema ser reconhecido como científico era necessário que ele fosse sujeito de comprovação, através da experiência, isto é, o critério que define o status de científico de uma teoria era a sua capacidade de ser testada ou refutada. Popper propõe, dessa forma, como critério de demarcação a falseabilidade de um sistema e não a verificabilidade, como foi pensado pelos neopositivistas do Círculo de Viena:

O critério da refutabilidade é a solução para o problema da demarcação, pois afirma que, para serem classificadas como científicas, as assertivas ou sistemas de assertivas devem ser capazes de entrar em conflito com observações possíveis ou concebíveis (POPPER, 1982, p. 68).

Este critério é o que permite distinguir as ciências empíricas das pseudociências ou da metafísica. Teorias não testáveis, irrefutáveis ou que procuram explicar tudo e no qual existem diversas verificações no mundo não são científicas. Estes são os casos, para Popper, do marxismo, da teoria da psicanálise de Freud, da psicologia individual de Adler ou ainda de crenças supersticiosas, religiosas, de interpretação de sonhos, ou da astrologia. Analisando a epistemologia de Popper, Japiassú afirma que esta teoria admite que: “(...) Quanto mais específicos forem os enunciados empíricos, mais probabilidades eles terão de se revelarem errôneos, mas também, maiores chances de fornecerem melhores e mais úteis conteúdos informativos” (1977, p. 108).

Popper (1982) afirma que o critério da refutabilidade permite, como característica mais importante da ciência, a abordagem crítica, pois, segundo este teórico, o início da ciência não está nas observações, mas, relacionadas aos mitos e à crítica a esses mitos. Ele afirmou que: “A atitude crítica requer – como ‘matéria – prima’, por assim dizer – teorias ou crenças aceitas mais ou menos dogmaticamente” (1982, p. 80) e ainda que: “(...) para avaliar uma teoria o cientista deve indagar se pode ser criticada – se se expõe a críticas de todos os tipos e, em caso afirmativo, se resiste a essas críticas” (*idem*, p. 282).

Para Popper, se a pesquisa é iniciada através de problemas, gerados por conflitos ou expectativas relacionadas a um conhecimento prévio, então é necessário tentar solucioná-los por meio da elaboração de hipóteses (conjecturas). As hipóteses propostas são submetidas a provas, através de observações e testes rigorosos, retirando-se conseqüências destas hipóteses e verificando se essas conseqüências podem ser corroboradas provisoriamente ou falseadas através de novas observações e experimentações. Esse processo é descrito por Reali e Antiseri ao escreverem: “(...) dado um problema P e uma teoria T, proposta como sua solução: se T é verdadeira, então devem se dar as conseqüências  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ ; se elas se dão, confirmam a teoria; se ao contrário, não se dão, a desmentem ou falseiam” (2003, p. 1026).

De acordo com este critério de demarcação, para que uma nova hipótese substitua uma anterior é necessário que ela seja mais falsificável do que a que ela pretende substituir, ou seja, o falsificacionista admite uma nova teoria como melhor que uma anterior quando esta se mostra com sucesso onde a primeira também se

mostrava e ainda responde positivamente em relação ao ponto em que a primeira foi refutada. Quando aceita, esta nova teoria passa, então, a ser observada e testada repetidas vezes, na tentativa de refutá-la. Sobre essa visão que o falsificacionista possui a respeito da ciência, Chalmers (1993, p. 87) escreve:

A meta da ciência é falsificar teorias e substituí-las por outras melhores, que demonstrem maior possibilidade de serem testadas. (...) Uma vez que uma teoria audaciosa recém-proposta teve sucesso em sua concorrente, ela se torna então um novo alvo para o qual os testes devem ser dirigidos, testes projetados com a ajuda de teorias ulteriores audaciosamente conjecturadas.

Na substituição do método indutivo pelo método hipotético – dedutivo, no qual partindo de um problema e da elaboração de hipóteses, o cientista submete a hipóteses a critérios lógicos e empíricos procurando deduzir logicamente consequências e tentando falseá-las, Popper afirma que o progresso da ciência ocorre através de conjecturas e refutações e incluiu algumas considerações no conceito de ciência, assim resumidas:

- a verossimilhança de uma teoria não pode ser garantida por qualquer confirmação, é necessário que esta confirmação permita previsões arriscadas e que possam ser corroboradas através de tentativas fracassadas de refutá-la;
- teorias boas não podem ser irrefutáveis ou teorias que tudo explicam, quanto mais fatos uma teoria proíbe, melhor ela é;
- as pseudociências negam ou contornam as refutações através da utilização de hipóteses *ad hoc*, uma boa teoria não pode possuir caráter *ad hoc*;
- por mais corroborada que seja uma teoria, nunca se tem a certeza de que ela é verdadeira pois não existem verdades absolutas na ciência, as corroborações apenas aumentam a garantia que é dada à teoria.

### 1.1.6 Os Programas de Pesquisa de Lakatos

Em sua obra “La metodología de los programas de investigación científica” Lakatos (1989, p. 180) considera as idéias de Popper como “(...) o mais importante desenvolvimento filosófico do século XX” e assume: “Minha dívida pessoal com ele é

imensa: ele mudou a minha vida mais do que ninguém”. Mas, ao questionar o que distingue o conhecimento científico da ignorância e a ciência da pseudociência, diante da incapacidade de se provar as teorias científicas, Lakatos considera que o indutivismo e o falsificacionismo são fragmentados e incapazes de explicarem adequadamente a criação e o desenvolvimento de teorias complexas e que a unidade descritiva dos grandes avanços científicos é caracterizada por programas de investigação e não apenas por hipóteses isoladas. Por esse motivo, a epistemologia proposta por Lakatos não trabalha com o termo teorias, mas com programas de pesquisa científica.

Segundo Chalmers (1993) são três os motivos que justificam o fato das teorias serem apresentadas como programas de pesquisa científica:

1) o estudo da história da ciência no qual se verifica que as teorias possuem a característica de estruturas organizadas, como é o caso, por exemplo, da teoria gravitacional de Newton que poderia ter sido falsificada nos primeiros anos de sua existência por observações feitas da órbita da Lua e posteriormente por observações da órbita de Mercúrio, mas não foi abandonada porque os fatos, inicialmente, não a confirmaram;

2) o sentido preciso de um conceito e o papel que ele estabelece numa teoria somente podem ser estabelecidos por meio de programas estruturados coerentemente;

3) o avanço científico é facilitado quando as teorias são estruturadas de forma que contenham, em seu interior, um conjunto de normas a serem seguidas ou que devem ser evitadas.

Chalmers (1993, p. 117) destaca ainda, duas condições essenciais que precisam ser observadas em um programa de pesquisa para que ele se qualifique como científico: “(...) deve possuir um grau de coerência que envolva o mapeamento de um programa definido para a pesquisa futura” e “(...) deve levar à descoberta de fenômenos novos, ao menos ocasionalmente”.

Como tentativa de aprimorar o falsificacionismo de Popper, a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica, considerada por Lakatos (1989, p. 229) como uma “nova metodologia de demarcação” apresenta o programa de pesquisa como uma sucessão de teorias, desenvolvidas a partir de um núcleo firme e que, por decisão teórico-metodológica, pois, o programa de pesquisa reflete a idéia que é

comum a uma comunidade científica, não pode ser falsificado. O núcleo firme possui uma heurística que contém um conjunto de técnicas para serem utilizadas na solução de problemas.

A proteção do programa de pesquisa ocorre através de um cinturão protetor, que é constituído por hipóteses auxiliares que formam a base onde são estabelecidas as condições iniciais da pesquisa. Quando os cientistas se encontram diante de uma anomalia que não foi prevista teoricamente, o cinturão protetor pode ser adequado, ampliado, modificado ou totalmente substituído por estes, desde que sigam os caminhos, orientações e sugestões estabelecidas no programa, na tentativa de resolvê-la – heurística positiva, enquanto o núcleo firme deve permanecer irrefutável – heurística negativa.

A heurística negativa especifica o núcleo firme do programa que é “irrefutável” por decisão metodológica de seus defensores; a heurística positiva consiste de um conjunto, parcialmente estruturado, de sugestões ou pistas sobre como mudar ou desenvolver “versões refutáveis” do programa de investigação, sobre como modificar e complicar o cinturão protetor “refutável” (*idem*, 1989, p. 69, tradução nossa).

Os programas de pesquisa podem ser avaliados, segundo Lakatos, como progressivos ou regressivos. O programa de pesquisa é considerado teoricamente progressivo quando as modificações realizadas no cinturão protetor proporcionam novas e inesperadas predições e é considerado empiricamente progressivo quando algumas das predições feitas são corroboradas. A Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica não admite hipóteses *ad hoc* e hipóteses que não podem, independentemente, serem testadas. Assim, se os cientistas utilizam de manobras *ad hoc* ou de explicações *post hoc*, e, mesmo depois de sucessivas alterações no cinturão protetor, o programa de pesquisa não é capaz de antecipar novos fatos ou se não consegue corroborar fatos que foram previstos, então, o programa é considerado regressivo ou degenerativo. Este é o caso, por exemplo, do freudismo ou do programa marxista. Segundo Lakatos, o marxismo além de prever fatos que nunca ocorreram, explicaram seus fracassos por meio de hipóteses *ad hoc*:

As primeiras previsões do marxismo eram audazes e surpreendentes, porém fracassaram. Os marxistas explicaram todos os fracassos: explicaram a elevação do nível de vida da classe trabalhadora criando uma teoria do imperialismo; inclusive explicaram as razões para que a primeira revolução socialista tenha ocorrido em um país industrialmente atrasado como a Rússia. ‘Explicaram’ os acontecimentos de Berlim em 1953,

Budapeste em 1956 e Praga em 1968. ‘Explicaram’ o conflito russo-chinês. Porém todas as suas hipóteses auxiliares foram fabricadas após os acontecimentos para proteger a teoria dos fatos (*idem*, 1989, p. 15, tradução nossa).

Uma revolução científica é, para Lakatos, um processo racional no qual há uma superação de um programa de pesquisa por outro. Uma revolução científica ocorre quando um programa de pesquisa, em relação ao seu rival, possui “(...) um excesso de conteúdo de verdade, no sentido de que prediz progressivamente tudo o que corretamente prediz seu rival, e algumas coisas adicionais” (1989, p. 231). Assim, uma revolução científica significa que, na existência de uma rivalidade entre dois programas de pesquisa, sendo um progressivo e o outro degenerescente, haverá uma tendência de adesão, dos cientistas, pelo programa progressivo.

Se a ciência é um “campo de batalhas entre programas de pesquisa” (REALI e ANTISERI, 2003, p. 1050), então, para que haja o desenvolvimento do conhecimento científico, a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica de Lakatos, reconhece que, historicamente, é necessária a existência um pluralismo teórico, ou seja, o desenvolvimento do conhecimento científico depende da existência de programas de pesquisa rivais.

### **1.1.7 Os Paradigmas de Kuhn**

Thomas Kuhn, que possuía uma carreira acadêmica na área de Física teórica, ao iniciar estudos sobre história da ciência (ministrou um curso para apresentar a ciência física para não-cientistas) concluiu que a concepção tradicional de ciência não era adequada à forma como a ciência desenvolvia-se historicamente. Em “A Estrutura das Revoluções Científicas” (2007), Kuhn escreveu que qualquer que fosse a utilização pedagógica, as concepções a respeito da natureza do conhecimento científico que ele possuía não se adequavam ao que ele verificava em seus estudos históricos. Kuhn afirmou que a história das ciências, assim como acontece com as sociedades, passa por revoluções. Ao escrever sobre o caráter a – histórico dado aos conteúdos científicos e o conceito de ciência que estes conteúdos transmitem e que são encontrados em livros e textos científicos, Kuhn (2007, p. 20) afirma que:

têm sido interpretados como se afirmassem que os métodos científicos são simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados manuais; juntamente com as operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas desses manuais. O resultado tem sido um conceito de ciência com implicações profundas no que diz respeito à sua natureza e desenvolvimento.

A teoria da ciência de Kuhn, de acordo com Chalmers (1993, p. 123), surge “... como uma tentativa de fornecer uma teoria mais coerente com a situação histórica tal como ele via”. As contribuições de Thomas Kuhn para modificar e transformar a visão de ciência possuem implicações históricas e sociológicas a respeito do que é o empreendimento científico, como ele acontece e o que ele pode ou não realizar. Kuhn entende que a visão de ciência deve ser orientada historicamente, pois as concepções de conhecimento científico sofrem mudanças ontológicas de um período para outro, por isso, devem ser interpretadas de acordo com o contexto da época em que foram propostas.

O progresso da ciência ocorre em uma estrutura aberta constituída da seguinte forma: pré-ciência (fase pré-paradigmática), ciência normal, crise, revolução, nova ciência normal, nova crise... (CHALMERS 1993, p. 124).

A fase pré-paradigmática corresponde ao período em que diferentes grupos de pesquisas confrontam-se com um conjunto de mesmos fenômenos e os entendem e descrevem de maneiras diferenciadas e divergentes. Não existe ainda uma base, leis gerais ou suposições teóricas em relação ao campo de estudo. As observações e as experiências ocorrem de forma livre e ainda não há um conjunto de métodos, instrumentos e técnicas no qual os estudiosos da área sejam capazes de explicar e utilizar de forma padronizada.

O período pré-paradigmático, em particular, é regularmente marcado por debates freqüentes e profundos a respeito de métodos, problemas e padrões de solução legítimos – embora esses debates sirvam mais para definir escolas do que para produzir um acordo (KUHN, 2007, p. 73).

É justamente esta fase, marcada por profundas discussões e debates, que antecede ao caráter científico de uma disciplina. O desaparecimento dessas

diferenças ocorre quando um grupo de pesquisadores consegue atrair a maioria dos praticantes da ciência e outras escolas, por consequência, vão desaparecendo.

Uma característica vital na teoria de Thomas Kuhn é o conceito de paradigma. Um paradigma, termo usado em mais de um sentido, é descrito por Kuhn (*idem*, p. 13) como os fundamentos nos quais uma comunidade científica poderá desenvolver suas pesquisas, isto é, “(...) as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência”. Na visão de Morin (1990, p. 37), “O paradigma é também qualquer coisa que não decorre das observações. (...) é o que está no início da construção das teorias, é o cerne obscuro que orienta os discursos teóricos neste ou naquele sentido”. Neste sentido, que foi ampliado por Morin, a função do paradigma é a de proporcionar um o modelo de pensamento completo que permita a compreensão e a explicação de pontos de vista a respeito de uma realidade, ou seja, exemplificar a maneira pelo qual se olha para o mundo.

Segundo Kuhn, a função dos paradigmas pode ser verificada nos manuais científicos que servem para atrair adeptos, mantendo-os afastados de outras atividades científicas, e que possuem as realizações expostas de uma forma aberta para que os cientistas possam resolver qualquer espécie de problemas.

Os cientistas nunca aprendem leis, conceitos e teorias de uma forma abstrata e isoladamente. Em lugar disso, esses instrumentos intelectuais são, desde o início, encontrados numa unidade histórica e pedagogicamente anterior, onde são apresentados juntamente com suas aplicações e através delas (KUHN, 2007, p. 71).

Como se pode notar é o estudo destes paradigmas que vai preparar um estudante para ser iniciado em uma comunidade científica na qual ele atuará posteriormente e, assim, ele raramente possuirá uma prática posterior que não esteja de acordo com o paradigma.

A opção por um paradigma e pelas pesquisas permitidas por ele é necessária para que um campo de pesquisa seja reconhecido como científico. Dessa forma, Thomas Kuhn, assume o paradigma como critério de substituição aos critérios indutivista e falsificacionista de demarcação científica:



Na ausência de um paradigma ou de algum candidato a paradigma, todos os fatos que possivelmente pertencem ao desenvolvimento de determinada ciência têm a probabilidade de parecerem igualmente relevantes. Como consequência disso, as primeiras coletas de fatos se aproximam muito mais de uma atividade ao acaso do que aquelas que o desenvolvimento subsequente da ciência torna familiar (*idem*, p. 35).

É justamente a adoção de um paradigma que dá início, em uma comunidade científica, a uma fase chamada por Kuhn de ciência normal, indicando o início de uma pesquisa que está baseada em realizações científicas anteriores, pois segundo suas próprias palavras: “Nenhuma história natural pode ser interpretada na ausência de pelo menos algum corpo implícito de crenças metodológicas e teorias interligadas que permitam seleção, avaliação e crítica” (*idem*, p. 37).

A ciência normal é entendida por Kuhn como uma atividade rotineira de resolução de quebra-cabeças (puzzles) que podem ser instrumentais, conceituais ou matemáticos. Esta fase corresponde ao período em que uma comunidade científica amplia seus conhecimentos a respeito de fatos que foram apresentados como relevantes pelo paradigma e aumentam as correlações entre os fatos e as previsões do paradigma. Segundo Kuhn: “Esse empreendimento parece ser uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma” (*idem*, p. 44).

Assim, a ciência normal é contrária a novidades e desprovida de crítica, fica limitada aos limites que o paradigma fornece, em áreas pequenas e especializadas. Visa, dessa forma, apenas a articulação dos fenômenos e das teorias que foram fornecidos pelo paradigma. Quando um paradigma é bem sucedido isso significa que os membros da comunidade foram comprometidos com o paradigma, sem o qual, jamais teriam imaginado uma solução. Se o resultado de uma pesquisa não coincide com a previsão do paradigma, o fracasso da pesquisa é visto como uma falha do cientista e não como uma falha do paradigma. Um cientista deve sempre insistir na utilização das regras e princípios que foram previstos pelo paradigma. “O trabalho orientado por um paradigma só pode ser orientado dessa maneira. Abandonar um paradigma é deixar de praticar a ciência que este define” (*idem*, p. 56).

Uma descoberta, segundo Kuhn, tem início com a consciência de uma anomalia, ou seja, com a consciência de que a “natureza violou as expectativas

paradigmáticas que governam a ciência normal” (*idem*, p. 78). Iniciam-se, nesse momento, estudos na área em que ocorreu a anomalia, na tentativa de ajustar o paradigma à situação e para que se consiga reverter a anomalia em algo esperado: “O fracasso com um novo tipo de problema é muitas vezes decepcionante, mas nunca surpreendente. Em geral, nem os problemas e nem os quebra-cabeças cedem ao primeiro ataque” (*idem*, p. 103).

Se as anomalias se multiplicam e, depois de repetidos esforços, por meio dos procedimentos previstos pelo paradigma, as anomalias não podem ser ajustadas às expectativas profissionais, os cientistas perdem a confiança no paradigma. Inicia-se uma crise do paradigma, período chamado de ciência extraordinária. Mas o paradigma vigente não é abandonado até que ocorra o surgimento de um novo paradigma que se mostre superior ao primeiro, em todos os aspectos.

O novo paradigma é descrito por Kuhn (*idem*, p. 116) como “uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios, reconstruções que alteram algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muito de seus métodos e aplicações”. O novo paradigma é incompatível com anterior, pois vê o mundo de formas diferentes, com base nos princípios e pressupostos no qual estão organizados.

Quando um novo paradigma substitui um anterior ocorre uma revolução científica. Segundo Kuhn (*idem*, p. 125): “Consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior.” A revolução rompe totalmente com o modelo que prevalecia anteriormente e estabelece, dessa forma, uma incomensurabilidade entre o antes e o depois. Os cientistas agora utilizarão um novo paradigma, adotarão novos instrumentos e orientarão seus olhares em direções novas. Para que haja sucesso do novo paradigma, Kuhn afirma que é necessário “ter fé na capacidade do novo paradigma para resolver os grandes problemas com que se defronta” (*idem*, p. 201). Para que um paradigma consiga vencer qualquer resistência é necessário que seus partidários iniciais o desenvolvam e que seus objetivos sejam produzidos e multiplicados.

Assim, para que haja o progresso da ciência, a teoria da ciência de Kuhn considera a ciência normal e as revoluções como necessárias, onde a mudança do paradigma é considerada um sucesso da ciência, mas, é somente num estado normal que as comunidades científicas conseguem resolver os quebra-cabeças que formam definidos pelo paradigma adotado, e, a resolução desses problemas leva, inevitavelmente, ao progresso da ciência.

### **1.1.8 A Teoria da Complexidade de Morin**

Sociólogo e filósofo francês, Morin nasceu em Paris em 8 de julho de 1921. Foi durante a Segunda Guerra Mundial que, segundo Morin, sua vida mudou por completo. Em 1940 a França foi invadida pelos nazistas e pelos fascistas e Morin se refugiou em Toulouse, área livre. Lá, em contato com a Resistência e com correntes comunistas clandestinas, Morin inicia sua busca por critérios para compreender e tentar “neutralizar a desintegração antro-po-socio-política” envolvida na guerra (VALLEJO-GOMEZ, 2002). Morin afirmou: “assim começa e prossegue o meu diálogo interior entre a esperança/desesperança, dúvida/fé, e de outro ângulo, entre verdades do coração e verdades da razão” (MORIN, 1994 apud VALLEJO-GOMEZ, 2002, tradução nossa).

Em seu livro “Introdução ao Pensamento Complexo”, Morin escreveu:

Em toda minha vida, jamais pude me resignar ao saber fragmentado, pude isolar um objeto de estudo de seu contexto, de seus antecedentes, de seu devenir. Sempre aspirei a um pensamento multidimensional. Jamais pude eliminar a contradição interna. Sempre senti que verdades profundas, antagônicas umas às outras, eram para mim complementares, sem deixarem de ser antagônicas. Jamais quis reduzir à força a incerteza e a ambigüidade (MORIN, 2005, p. 7).

Morin reconhece em suas obras que o mito da simplicidade foi fecundo para o conhecimento científico e este, responsável por enorme progresso do saber. Mas consciente dos problemas sociais enfrentados e da crise do racionalismo, critica a especialização excessiva do conhecimento e alerta-nos para a necessidade de compreender a complexidade encontrada no cerne da ciência.

Num primeiro momento, a complexidade é o que é tecido junto, “um tecido de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas”. A complexidade, num segundo momento, é efetivamente o “tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico” (*idem*, p. 13).

Segundo Morin, vivemos sob os princípios de disjunção, de redução e de abstração, chamado de paradigma da simplificação. O conhecimento, sob este paradigma, possui um rigor e uma operacionalidade com bases fundamentadas em medidas e no cálculo: “a matematização, e a formalização desintegram os seres e os entes para só considerar como únicas realidades as fórmulas e equações que governam as entidades quantificadas” (*idem*, p. 12). O “lado mau” que o conhecimento científico apresenta, sob o paradigma da simplificação, é apresentado no livro “Ciência com Consciência” (MORIN, 1990, p. 14) e diz respeito a:

1) as vantagens da divisão do trabalho, trazidas pelo desenvolvimento disciplinar da ciências, são acompanhadas pelo enclausuramento ou a fragmentação do saber;

2) com a disjunção entre as ciências da natureza e as chamadas ciências dos homens, as ciências da natureza excluem o espírito e a cultura que produzem estas mesmas ciências e em relação às ciências dos homens, ficamos incapazes de nos pensarmos, a nós, seres humanos dotados de espírito e de consciência, enquanto seres biologicamente constituídos;

3) as ciências antropológicas adquirem todos os vícios da especialização sem nenhuma das vantagens. Os conceitos molares de homem, de indivíduo, de sociedade, que abrangem várias disciplinas, são esmagados entre estas disciplinas, sem poderem ser reconstituídos pelas tentativas interdisciplinares;

4) a tendência para a fragmentação, para a disjunção, para a esoterização do saber científico arrasta a tendência para a anonimização. O saber, deixando de ser pensado, meditado, refletido, discutido por seres humanos, integrado na investigação individual de conhecimento e de sabedoria, se destina cada vez mais a ser acumulado nos banco de dados, depois computados por instâncias manipuladores, em primeiro lugar, o Estado;

5) o progresso científico produz tanto potencialidades benéficas, como potencialidades subjugadoras ou mortais. Os poderes criados pela atividade

científica escapam totalmente aos científicos. Os científicos produzem um poder sobre o qual não têm poder. Este poder permanece reconcentrado nos níveis dos poderes econômicos e políticos.

Para Morin, o conhecimento científico, de tanto acreditar que se tratava de um reflexo do real, tornou-se incapaz de pensar-se a si mesmo. Morin critica os trabalhos de epistemólogos anglo-saxões como Popper, Kuhn, Lakatos entre outros, argumentando que estes possuem um traço comum: ‘mostrarem que as teorias científicas, como os icebergues têm uma enorme parte imersa que não é científica, mas que é indispensável para o desenvolvimento da ciência’ (*idem*, p. 18). A esta parte imersa, de não-cientificidade, Morin chama de zona cega da ciência devido à falta de atenção a complexidade do conhecimento científico.

Ao analisar os debates da epistemologia anglo-saxônica, Morin afirma que estes não tratam da questão da complexidade, apenas das questões da racionalidade, da cientificidade ou da não cientificidade. A única exceção é Bachelard. Segundo Morin, “Gaston Bachelard considerou a complexidade um problema fundamental, visto que, segundo ele, não há nada simples na natureza, só há coisas simplificadas” (*idem*, p. 137).

Existem três princípios para entender o pensamento complexo. O primeiro, refere-se à ordem e a desordem que são idéias antagônicas, mas complementares. Morin chama de princípio dialógico:

O que digo a respeito da ordem e da desordem pode ser concebido em termos dialógicos. A ordem e a desordem são dois inimigos: um suprime o outro, mas ao mesmo tempo, em certos casos, eles colaboram e produzem organização e complexidade. O princípio dialógico nos permite manter a dualidade no seio da unidade. (Morin, 2005, p. 73).

Para exemplificar o princípio dialógico, Morin fala sobre o espanto que sentimos ao ver um animal mamífero comendo seu filhote, sacrificando sua descendência para manter sua própria sobrevivência. Neste processo temos duas idéias que são mutuamente exclusivas, mas que se unem e tornam inseparáveis dentro do fenômeno observado, formando assim uma unidualidade complexa.

O segundo princípio é denominado recursão organizacional. O processo recursivo, segundo Morin, é aquele em que os produtos e os efeitos são, simultaneamente, causa e produtor do que os produz.

A sociedade é produzida pela interação entre indivíduos, mas a sociedade, uma vez produzida, retroage sobre os indivíduos e os produz. Se não houvesse a sociedade e sua cultura, uma linguagem, um saber adquirido, não seríamos indivíduos humanos. Somos ao mesmo tempo produtos e produtores (*Idem*, p. 74).

O princípio da recursão organizacional rompe com a idéia de linearidade, o que existe é um ciclo auto-organizado e autoprodutor. Este princípio é vital para se pensar na organização de um sistema complexo.

O terceiro princípio é o princípio hologramático e refere-se ao fato de que, em uma organização, o todo está na parte e a parte esta no todo. Marín e Jiménez (2002, p. 118, tradução nossa) apresentam três maneiras no qual o todo está nas partes:

Modalidade	Definição	Exemplo
Holonômica	O todo como um todo pode governar as atividades locais.	O cérebro como um todo, rege os núcleos dos neurônios, que o regem.
Hologramática	O todo pode, aproximadamente, estar gravado ou engramado na parte gravada no todo.	Em cada célula está o total de informação genética do corpo.
Holoscópica	O todo pode estar contido numa representação parcial de um fenômeno ou de uma situação.	Isto é o que acontece nos processos de lembranças e de percepção.

Segundo Morin (2005), o princípio hologramático encontra-se tanto no mundo biológico como no mundo sociológico. É por meio do pensamento complexo, da ligação do todo com as partes e das partes com o todo, que se evita cair no

paradigma da simplificação. A complexidade não comporta reducionismos, ela propõe uma visão para o desenvolvimento científico, não linear e não acumulativa.

Uma apropriada compreensão da complexidade não deve ser direcionada de maneira a reduzir o complexo ao simples. A complexidade não é uma resposta, mas um desafio que surge como uma dificuldade.

## 1.2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA DISCUSSÃO EPISTEMOLÓGICA

O século XX observou também, principalmente a partir da Segunda Guerra Mundial, um excessivo crescimento científico e tecnológico que provocou sérias alterações ambientais: poluição do ar, poluição química, poluição sonora, congestionamentos nas grandes cidades, estresse físico e psicológico, entre muitos outros, colocando em risco a sociedade humana e o próprio planeta.

Dentre as causas dessa problemática ambiental, destaca-se o paradigma imposto pela ciência moderna: uma relação entre o homem e a natureza, racional e dominadora:

Se a razão – a objetividade, faz-se presente para definir as relações dos seres humanos entre si e o ambiente em que vivem, o ponto de partida da relação homem-natureza é determinada pelos conhecimentos objetivos e inquestionáveis, porque científicos – produzidos por esses próprios homens. (...) não é mais a natureza natural que ocupa a centralidade da vida social, mas a ciência – empírica, mecânica, positiva, racional e cartesiana (TOZZONI-REIS, 2001, p. 39).

A partir da década de 60, foram crescentes os questionamentos sobre as intervenções do homem no ambiente e os impactos gerados por esta intervenção. Em 1972 foi realizada a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, a Conferência de Estocolmo, que marcou internacionalmente a necessidade de políticas ambientais, transmitiu a mensagem de que desenvolvimento social e meio ambiente não podem ser de forma alguma dissociados e lançou assim, as “bases de uma legislação internacional de meio ambiente” (SACHS, 2000; ANGOTTI e AUTH, 2001).

Desde a Conferência de Estocolmo, outras importantes conferências internacionais<sup>2</sup> foram realizadas para atender as recomendações feitas em Estocolmo e mostrar que o aumento das desigualdades sociais e a degradação ambiental presentes no modelo hegemônico de desenvolvimento, constituem uma crise da sociedade contemporânea que necessita ser superada. Essa crise ambiental é complexa: apresenta problemas interligados e interdependentes. Segundo Garcia (1986, *apud* ALMEIDA, 2008, p. 20):

A desorganização ecossistêmica do planeta e a crescente entropia dos processos produtivos, guiados pela lógica de mercado e razão tecnológica, necessitam de enfoques integradores do conhecimento para se compreender as causas e dinâmicas destes processos socioambientais complexos.

A visão fragmentada, de um mundo decomposto em partes isoladas, que gera um conhecimento desarticulado e que pode ser verificada nas estruturas disciplinares das universidades, embora tenha sido fundamental para o avanço do conhecimento, tem se mostrado insuficiente para abordar a complexidade dos problemas que a sociedade contemporânea enfrenta. A modernidade fragmentada, pautada na racionalidade científica que constrói, mas também destrói o mundo levou a humanidade a uma crise ambiental que está posta para toda a sociedade e, pensar em soluções põe em questionamento os conhecimentos que estas possuem, levando assim, a uma crise do conhecimento. Nessa perspectiva, Leff (2003) argumenta que:

A problemática ambiental, mais do que uma crise ecológica, é um questionamento do pensamento e do entendimento da ontologia e da epistemologia com os quais a civilização ocidental compreendeu o ser, os entes e as coisas; da ciência e da razão tecnológica com os quais a natureza foi dominada e o mundo moderno economizado (LEFF, 2003, p. 19).

Assim, a problemática ambiental, quando analisada a partir da Educação em Ciências, levanta questionamentos epistemológicos, éticos e políticos em relação à

---

<sup>2</sup> Conferência de Belgrado (1975), Conferência de Tbilisi (1977) e Conferência de Moscou (1977), promovidas pela UNESCO. Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO 92) e a Conferência de Joanesburgo (2002) promovidas pela ONU, entre outras.



própria ciência: que tipo de ciência está sendo produzida? Qual a finalidade da ciência que é produzida? Como e para que se produz ciência? Quem patrocina e qual o compromisso dos cientistas com esse patrocínio? Ao realizarem uma pesquisa os cientistas se preocupam com os complexos problemas ambientais do mundo?

Devido a um Ensino de Ciências limitado a transmitir conhecimentos elaborados e à falta de reflexão crítica a respeito da construção do conhecimento científico e da própria natureza da ciência, o Ensino de Ciências têm transmitido uma visão empobrecida e deformada a respeito da Educação Ambiental, da própria ciência e também da tecnologia.

Para que estudantes possam desenvolver capacidades de lidar com essa complexidade e de interrogar os aspectos econômicos, políticos, sociais e culturais envolvidos na atividade científica, ou seja, para que homens e mulheres sejam alfabetizados cientificamente e assim, possam fazer uma leitura crítica do mundo onde vivem, considerando a complexidade de todas as suas interações e superando a fragmentação do conhecimento, é necessário que a Educação Ambiental, enquanto sistema complexo seja considerada nos currículos e projetos educacionais que envolvem a área de ciências.

## 2 AS ESCOLAS DE ENGENHARIA

Antes de discutirmos os fatores complexos envolvidos na aproximação da Engenharia com o Ensino de ciências, faz-se necessário, a apresentação de um breve histórico sobre o surgimento das Escolas de Engenharia no Brasil.

No início do século XVIII, com a publicação do livro *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* de Isaac Newton (1687), criou-se uma nova concepção de mundo: o mecanicismo.

A descoberta de um método matemático, o cálculo infinitesimal ou das fluxões, que possibilitava converter princípios físicos em resultados quantitativos, verificáveis pela observação, e, reciprocamente, chegar aos princípios físicos a partir da observação, foi extremamente importante para as proposições de Newton (ANDERY *et alii* 2004, p. 239).

Para Newton, os estudos da natureza precisariam ser transformados em fórmulas precisas e possíveis de serem observadas, sem a mediação de hipóteses, exceto as que se derivavam diretamente dos dados. enxergava o universo como qualquer máquina onde, o movimento era seu estado natural (concepção dinâmica do universo) e, além de ser infinito, era possível de ser conhecido quantitativamente.

A partir do mecanicismo, o conhecimento alcança a objetividade. Ao fazer uso de um “método-científico experimental indutivista e confirmabilista”, Newton proporciona ao homem um “conhecimento ‘comprovado’, inquestionável e desprovido de interferências subjetivas” (KÖCHE, 1997, p. 57).

As concepções mecanicistas influenciaram, na primeira metade do século XVIII, a filosofia iluminista. Por meio da chamada Enciclopédia, pensadores franceses divulgavam suas idéias. Nesse período houve a tentativa de compreender os fenômenos humanos e culturais a partir dos estudos de fenômenos físicos. Esses pensadores valorizavam a observação da natureza e a experiência, acreditavam que a razão era o instrumento pela qual se poderia obter conhecimento e modificar a realidade, além de criticarem a religião (antidogmatismo).

Durante os séculos XVIII e XIX ocorreram duas grandes revoluções: a Revolução industrial, de caráter econômico, inicialmente na Inglaterra e depois na Alemanha, e a Revolução Francesa, de caráter político. Sobre a importância da Revolução Industrial, Andery *et alii* afirma que:

A Revolução Industrial significou um conjunto de transformações em diferentes aspectos da atividade econômica (indústria, agricultura, transportes, bancos, etc.) que levou a uma afirmação do capitalismo como modo de produção dominante, com suas duas classes básicas: a burguesia, detentora do meio de produção e concentrando grande quantidade de dinheiro; e o proletariado que, desprovido dos meios de produção, vende sua força de trabalho para subsistir (2004, p. 257).

A Revolução Industrial provocou uma revolução no processo de trabalho, isto é, uma especialização do trabalho, limitando a função do trabalhador que ficou reduzido à realização de simples tarefas e possibilitou, ainda, a introdução das máquinas que substituíram a força humana, limitando a função do operário a vigiar a máquina e gerando um excesso de mão de obra.

Embora a Revolução Industrial não tenha sido uma consequência direta do avanço que ocorria na ciência, foi a partir do século XVIII, com o avanço do capitalismo, que a ciência passou a dedicar-se à solução de problemas produtivos e as investigações voltaram-se para aplicações práticas. Aliada à produção a ciência desenvolveu-se, tornou-se uma profissão reconhecida e organizada, ao mesmo tempo em que perdeu sua independência e passou a atender aos “interesses da produção e de uma classe detentora dos meios de produção” (ANDERY *et alii*, 2004, p. 293).

A educação também sofreu mudanças. Como os sistemas fabris necessitavam de operários que possuíssem uma educação elementar, os burgueses passaram a defender uma educação para o povo. Segundo Andery *et alii* (2004, p. 284) a burguesia defendia instruções diferentes, para diferentes tipos de operários: “educação primária para a massa de trabalhadores não especializados, educação média para os trabalhadores especializados e educação superior para os altamente especializados”. Foi neste período histórico que a educação técnica e científica passou a ser estimulada.

Nesse contexto de desenvolvimento capitalista começaram a surgir, juntos às fábricas, as escolas politécnicas. De acordo com Ponce, “favorecer o trabalho científico, mediante escolas técnicas e laboratórios de altos estudos, foi, desde esta época, uma questão vital para o capitalismo” e “as escolas tradicionais não estavam em condições de satisfazer essa exigência” (PONCE, 1994, p. 146).

Com a intenção de ser uma escola de formação de técnicos de todas as especialidades, em 1795, foi fundada, em Paris, a École Polytechnique (HOBBSAWM, 2004, p. 385). Segundo Telles (1994, p. 3) foi esta escola o grande “modelo para outras escolas de engenharia pelo mundo afora”. De acordo com este mesmo autor, a École Polytechnique, possuía um currículo com duração de três anos onde, as matérias básicas de engenharia eram ministradas por professores de alto nível, entre eles, Fourier, Lagrange, Poisson, e outros. Após os estudos das disciplinas básicas os alunos eram encaminhados para outras escolas especializadas francesas: École Nationale des Ponts et Chaussées, École Nationale Supérieure des Mines, Escola de Engenharia Militar (Génie) de Mezières (*idem*).

Assim, a engenharia moderna, enquanto um conjunto de conhecimentos organizados, com base científica e que podem ser aplicados às construções, nasceu no século XVIII, período em que foi possível a sistematização e a ordenação de doutrinas que constituíram uma base teórica para a engenharia.

Para Bazzo *et alii* (2000) a novidade que as escolas especializadas francesas mostraram estava relacionada à valorização do viés científico, afastando a educação enciclopédica do ensino das práticas produtivas.

Com a adoção de uma linguagem própria, em relação ao trabalho de produção, os funcionários-engenheiros dotaram-se de uma diferente cultura em relação aos conhecimentos e a tecnologia empírica que os trabalhadores manuais possuíam. Ficou estabelecido, assim, o discurso técnico-científico, o que permitiu ainda que as práticas de observação e experimentação também estivessem relacionadas ao ensino: “(...) O ensino passou a cuidar de uma nova forma de tratar o trabalho, que passou a ser intermediado, em sua fase de aprendizagem, pelo laboratório e não mais apenas pela prática cotidiana” (*ibidem*, p. 21).

Schön (1998) afirma que para adentrar as universidades e profissionalizar as ocupações, como a engenharia, foi necessário pagar um preço por isso: “tiveram

que aceitar a epistemologia positivista da prática que agora estava incorporada no mesmo tecido das universidades” (SCHÖN, 1998, p. 45, tradução nossa).

As primeiras escolas de engenharia preocupavam-se em preparar funcionários especializados para o Estado Francês. Ainda de acordo com Bazzo *et alii* (2000), o Estado, ao colocar a seu serviço todos os resultados práticos e teóricos que eram pesquisados, monopolizou o processo de formação desses profissionais técnicos.

Dessa forma, os profissionais adquiriam boa formação, articulação saber-poder e certa autonomia, mas continuavam, ainda, sob a autoridade do Estado. Essa característica foi determinante no currículo de engenharia, ou seja, na redefinição de quais conteúdos seriam transmitidos e exigidos.

Resulta daí uma característica marcante inaugurada por estas instituições de ensino (...): a substituição dos conhecimentos heterogêneos adquiridos ao sabor da experiência ou de estudos fragmentados por um elenco único de conhecimentos científicos e técnicos escolarizados (*idem*, p. 23).

No Brasil, o ensino de engenharia começou em 1792, com a criação da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, no Rio de Janeiro. Este é o antecedente mais antigo que deu origem, em linha direta, à atual Escola de Engenharia da UFRJ (TELLES, 1994). A Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho foi o primeiro instituto de ensino superior que Portugal permitiu que fosse criado no Brasil. Nessa Academia havia um chamado “curso matemático”, com duração de seis anos, no qual o último ano era dedicado exclusivamente à engenharia civil. Para se formar oficial de infantaria e cavalaria era necessário cursar os três primeiros anos; os oficiais de artilharia freqüentavam os cinco primeiros anos e os oficiais de engenharia faziam o curso completo.

Em 4 de dezembro de 1810, o Príncipe Regente D. João VI criou a Academia Real Militar, que sucedeu e substituiu a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho. Essa academia, embora um estabelecimento militar, era destinada ao ensino das ciências exatas e de engenharia. Segundo Telles (1994, p. 89), os cursos que essa Academia oferecia eram: curso teórico em Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais, curso de Engenharia e Ciências Militares e curso

de Engenharia civil. Esses cursos eram ministrados em 7 anos. No primeiro ano os alunos eram “preparados” devido à quase inexistência de um ensino secundário. No segundo, terceiro, e quarto ano os alunos estudavam disciplinas básicas do ensino superior e no quinto, sexto e sétimo ano estudavam disciplinas militares e de engenharia.

A direção da Academia era responsabilidade de uma junta formada por um presidente, um tenente – general de artilharia ou de engenharia e quatro deputados - oficiais com postos de coronel para cima.

Em relação ao corpo docente da Academia Real Militar, Telles (1994, p. 92) afirma que:

Todos os professores eram nomeados por indicação da junta, devendo ser “oficiais de distintas luzes”, teriam as mesmas “honras e graças” concedidas aos professores das Academias do Exército e da Marinha de Lisboa. Gozariam também de “todos os privilégios, indultos e franquias que têm e gozam os lentes da Universidade de Coimbra”, sendo “tidos e havidos como membros da Faculdade de Matemática” daquela Universidade.

Além dessas exigências os professores ainda precisavam preparar um compêndio, de autoria própria ou a tradução de um livro estrangeiro, para o curso que ministrariam. Esse compêndio era publicado pelo Governo e distribuído aos alunos.

Na tentativa de conciliar o ensino militar com o ensino de engenharia, a Academia Real Militar passou por diversas reformas. Segundo Telles (1994) o grande problema relacionado às reformas era o fato destas melhorar o ensino militar, prejudicando assim, a engenharia ou vice-versa. Em 1839, uma reforma fez com que a Academia Real Militar voltasse a ser uma instituição exclusivamente militar e seu nome foi mudado para Escola Militar da Corte.

Por meio do Decreto nº 2.116 de 1º de março de 1858, a Escola Militar da Corte passou a ser chamada de Escola Central e ficou responsável pelo “ensino das Matemáticas e Ciências Físicas e Naturais, e também das doutrinas próprias da Engenharia Civil” (*idem*, p. 106).

Embora as escolas de engenharia pioneiras no Brasil tenham sido iniciadas pelos portugueses, segundo Bazzo *et alii* (2000), toda a sua fundamentação teórica estava relacionada ao ensino francês. O regulamento da Academia Real Militar

baseava-se no que era regido pela escola Politécnica de Paris. Assim, ao iniciar o ensino de engenharia no Brasil, as Escolas de Engenharia fundamentaram suas bases sobre orientações positivistas, que caracterizou a Europa nos séculos XIX e XX.

Em pleno século XXI não se pode afirmar que o ensino de Engenharia tenha sofrido grandes mudanças. Nas universidades atuais, a formação da maioria dos professores está voltada para a pesquisa técnica. Os professores universitários das atuais Escolas de Engenharia são pesquisadores que não possuem formação em educação. Como consequência para o atual ensino de Engenharia, a maioria dos professores costumam ministrar suas aulas repetindo as mesmas metodologias de antigos professores, acriticamente.

A fragmentação da ciência e da educação e a superespecialização das variadas áreas do conhecimento já não conseguem responder aos problemas do mundo contemporâneo. Os conteúdos ensinados nas Escolas de Engenharia, antes estáveis, são questionados em relação à compreensão e as intervenções que os estudantes precisam fazer em uma realidade dinâmica.

Para Bazzo (2009, p.7) “ser professor de engenharia não se restringe a ter os conhecimentos técnicos bem estruturados, ministrar aulas estanques e bem delimitadas, com conteúdos definidos e fechados. É preciso antes de tudo ser um educador”.

É necessário que o professor de Engenharia entenda que para ser profissional de educação, ou seja, um intelectual que é responsável por uma área específica de conhecimento, precisa se apropriar de conteúdos da ciência, mas também, precisa se apropriar de pesquisa pedagógica.

### 3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho de investigação educativa configura-se como pesquisa de natureza qualitativa com enfoque interpretativo.

Bogdan e Biklen (1994) afirmam que na pesquisa qualitativa está envolvida a obtenção de dados descritivos através de palavras, por meio de contato direto entre o pesquisador e a situação estudada, enfatizando mais o processo que o produto, buscando entender o modo como expectativas se traduzem em atividades, procedimentos e interações e preocupando-se ainda, em retratar a perspectiva dos participantes.

A investigação interpretativa busca entender os significados no âmbito da realidade natural onde as interações sociais acontecem, para assim, conhecer essa realidade. Essa investigação se preocupa também com a compreensão “dos aspectos singulares, anômalos, imprevistos, diferenciadores” (SACRISTÁN e GÓMEZ, 1998, p.104) da realidade envolvida na pesquisa para tornar possível o estudo dessa realidade complexa, permitir a compreensão dos fenômenos e acontecimentos sociais envolvidos e conseqüentemente, poder refletir a respeito dos estudos realizados. “A finalidade da investigação não é a previsão nem o controle, mas a compreensão dos fenômenos e a formação dos que participam deles para que sua atuação seja mais reflexiva, rica e eficaz” (*idem*).

#### 3.2 O CENÁRIO DA PESQUISA

A pesquisa se desenvolveu no âmbito do Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciências - NUPEC do IQ-UFG. Este núcleo passou a desenvolver, a partir da aprovação do projeto “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” em 2007, diversas reuniões nas quais houve a apresentação do projeto e o estudo de temas relacionados à engenharia e ao ensino de ciências. Nessas reuniões, acontecidas na universidade, as diferentes áreas



socializaram seus campos de estudos e de pesquisas e discutiram ainda, a inserção dos conteúdos relacionados à engenharia no currículo escolar de quatro colégios públicos de Ensino Médio e um Centro Federal de Educação Tecnológica, por meio de subprojetos, que ficaram definidos da seguinte forma: **Colégio P** - Construção de um aquecedor solar com materiais alternativos: uma experiência de energia limpa no Ensino Médio; **Colégio Q** - As Obras de Arte da Engenharia: os Viadutos de Goiânia; **Colégio X** - Água, saúde e sobrevivência; **Colégio Y** - Projeto Biodigestor e Biodecompositor Doméstico: uma proposta em construção para o Curso Técnico Integrado em Serviços de Alimentação – PROEJA na perspectiva da economia solidária; **Colégio Z** - Conforto ambiental.

Reuniões aconteceram também nas escolas, onde os subprojetos foram discutidos com o grupo gestor e com o corpo docente. A escolha destas escolas foi devido à presença de representantes das mesmas, na época da aprovação do edital, participando do Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciências – NUPEC.

### 3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Realizamos a investigação com sete Professores participantes do projeto. Dos sete Professores, quatro possuem formação básica em Engenharia Civil e são identificados, neste trabalho, como Professor Formador Engenheiro - PFE. Os outros três Professores que participaram desta pesquisa, por atuarem, entre outras atividades, na formação de licenciados, são identificados como Professor Formador de Professor – PFP.

Dos quatro PFE três possuem doutorado em Engenharia Civil, em diferentes áreas: PFE 1 hidráulica e saneamento, PFE 2 estruturas e PFE 4 recursos hídricos. O tempo de trabalho na universidade dos PFE como docentes da EEC da UFG varia entre quatro e vinte cinco anos.

Dos PFP entrevistados, dois possuem formação básica em Química (licenciatura). O PFP1 possui doutorado em Química (ensino de Química) e sete anos de trabalho como docente no IQ da UFG e o PFP3 possui doutorado em Química (Química Inorgânica) e três anos de trabalho como docente no IQ da mesma instituição. Participou ainda, PFP2 que possui formação básica em Ciências

Biológicas (bacharelado e licenciatura) e doutorado em Genética e Biologia Molecular. Este PFP possui quatro anos de trabalho como docente do Instituto de Ciências Biológicas da UFG.

Na tentativa de obter o máximo de informações, permitindo aos sujeitos pesquisados uma maior liberdade e espontaneidade em suas respostas, todas as entrevistas foram realizadas, individualmente, nos locais de trabalhos dos PF, em seus gabinetes.

### 3.4 INSTRUMENTOS DA PESQUISA

Utilizamos como instrumento de coleta de dados a entrevista semi-estruturada. A importância deste instrumento está no fato dele permitir “a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos” (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 34).

Concordamos com Sacristán e Gómez (1998, p.109) que, a respeito da entrevista semi-estruturada, afirmam que esta

pretende indagar nas diferentes representações, no pensamento e nas atitudes, superando as verbalizações imediatas e habituais, buscando os pontos críticos, as teorias implícitas, as proposições latentes, os processos contraditórios nas próprias crenças e esquemas mentais, bem como nas relações entre o pensamento e os modos de sentir e o pensamento e os modos de atuar.

As perguntas do roteiro de entrevista foram elaboradas em função do que queríamos entender sobre os Professores Formadores. Realizou-se, primeiramente, uma entrevista piloto, com um PF, para confirmar a validade e a eficácia do roteiro elaborado. A análise desta entrevista piloto ajudou a compreender quais elementos, necessários aos objetivos da investigação o roteiro não contemplava; se as perguntas elaboradas eram compreendidas pelos PF ou ainda, se havia fluidez entre as perguntas elaboradas. Após os ajustes necessários no roteiro, prosseguiu-se com a realização das entrevistas com os PF.

A entrevista semi-estruturada (roteiro no apêndice A) permitiu uma interrogação direta aos PF, possibilitando uma flexibilidade e aprofundamento de

questões consideradas relevantes para este estudo. Todas as entrevistas foram registradas, com o consentimento dos Professores Formadores, por meio de registro em áudio utilizando-se um gravador digital. As entrevistas tiveram duração média de 34 minutos e foram imediatamente transcritas, na íntegra, para a análise e estudo.

### 3.5 A ANÁLISE DE DADOS

Após leituras sucessivas das transcrições, a organização e classificação em unidade de estudos, de acordo com as perguntas feitas aos PF e também às respostas dadas pelos mesmos, foram construídas cinco categorias de análises.

Das perguntas “Uma das problemáticas envolvidas no Projeto FINEP que tem como título “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” é a questão ambiental. Sabemos que hoje é grande a preocupação envolvendo esta problemática. Na formação do Sr(a), houve esta preocupação (ou discussão)?”; “E nos cursos de formação de engenheiros hoje, como é discutido ou abordado este problema?” e “A questão ambiental (principalmente impactos ambientais) está sendo discutida em todo o mundo. Como o Sr(a) acredita que este problema efetivamente se resolve?” criamos a Categoria 1 na qual analisaremos a formação à sobre os problemas ambientais na formação inicial dos PF.

A Categoria 2 foi criada a partir das respostas obtidas a pergunta “A Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 trata da formação do professor do Ensino Básico (fundamental e médio), mas é omissa em relação ao Ensino Superior. No Ensino Superior os profissionais (como médicos, advogados, engenheiros, etc) exercem a função docente sem a formação específica para esta atividade. Na opinião do Sr(a), o que implica (vantagens ou desvantagens) na formação do engenheiro atual, a ausência de uma lei que regulamenta a docência no Ensino Superior?” Nesta categoria analisaremos a formação didático-pedagógica dos PFE.

A partir da pergunta “O Projeto FINEP prevê ainda uma aproximação inédita entre as engenharias e o ensino de ciências com o objetivo de despertar vocações em alunos de Ensino Médio para áreas tecnológicas como a engenharia. Qual o perfil do engenheiro que o Sr(a) acha que deve ser apresentado no Ensino Médio?”

criamos a Categoria 3 onde analisaremos de que forma os PF pretendem apresentar o profissional de Engenharia Civil para estudantes do EM.

Em relação à pergunta “E como o Sr(a) acredita que deverá ocorrer o ensino de ciências no Ensino Médio para despertar as vocações previstas no projeto?” criamos a Categoria 4, onde analisaremos como deve ocorrer o Ensino de Ciências, segundo os PF, para despertar vocações para a Engenharia.

A Categoria 5 foi criada a partir das respostas que os PF deram às perguntas “Diante dessa aproximação de diferentes profissionais (engenheiros, educadores químicos, físicos, biólogos, etc), como o Sr(a) se vê neste projeto?” e “Na opinião do Sr(a), quais são os motivos que levaram o governo a elaborar este Edital?”. Nesta categoria, analisaremos a aproximação entre a Engenharia e o Ensino de Ciências.

## 4 RESULTADO E DISCUSSÕES

A interpretação dos dados foi feita à luz de teorias e de estudos já realizados durante a revisão bibliográfica. A seguir é apresentada a análise e discussão dos resultados.

### 4.1 A FORMAÇÃO SOBRE PROBLEMAS AMBIENTAIS DOS PROFESSORES

Nesta categoria analisamos a questão ambiental na formação inicial dos PF. O projeto, no qual estes PF passaram a atuar juntos, aborda em todos os seus subprojetos a problemática ambiental. Por isso foi de nosso interesse identificar como a questão ambiental tinha sido abordada na formação inicial do Professor Formador Engenheiro e do Professor Formador de Professores.

Sou originalmente da área de estruturas na engenharia. A área de estruturas é uma área voltada basicamente para a parte de desenvolvimento de projetos estruturais, edificações, pontes e grandes estruturas. Então, normalmente nessa parte da engenharia, a gente não costuma ter preocupação ambiental. (PFE2).

Na graduação, em termos de ambiente, tive uma disciplina. Mas meu curso ainda era, vamos dizer assim, menos ambientalista (...) Era mais questão de construção, sempre prevendo construção e nada ou muito pouco vendo a questão de impacto ambiental e meio ambiente. (PFE1).

As falas PFE2 e PFE1 evidenciam que a formação desses professores foi fragmentada, linear e que não levou em consideração os problemas ambientais.

As falas destes professores sobre sua formação inicial demonstram que ela não foi integrada a uma concepção de conjunto do objeto, considerando apenas um único aspecto ou uma única parte.

A especialização e dela derivada a hiperespecialização são exaustivamente abordadas por vários teóricos do denominado pós-modernismo. Segundo Boaventura de Sousa Santos, “o conhecimento é tanto mais rigoroso quanto mais restrito é o objeto sobre que incide” (SANTOS, 2008, p. 74). Para Morin (1990), a principal consequência da hiperespecialização do conhecimento é o fato de ter se

criado uma clausura disciplinar em que cada um é proprietário de um pequeno território do conhecimento, tornando-se incapaz de refletir sobre os territórios dos outros.

As escolas de engenharia acompanhando um processo histórico de racionalização dos procedimentos científicos e sociais e de alterações no sistema de produção estabeleceram uma “linguagem universalizante que dotou os funcionários-engenheiros de uma cultura distinta dos conhecimentos empíricos dos trabalhadores manuais” (BAZZO *et alii*, 2000, p. 21).

Devido a essa herança, as escolas de engenharia passaram a trabalhar sob o paradigma em que as disciplinas são ensinadas isoladamente, não favorecendo assim, que o estudante compreenda como reestruturá-las com base na realidade. Ainda segundo Bazzo *et alii* (2000) o ensino de engenharia retrata precisamente essa hierarquização, pois possui sequências de pré-requisitos rígidas entre as disciplinas o que lhe confere uma sequência linear.

É interessante apontar que desde o surgimento, na pauta internacional, da discussão ambiental, o Brasil foi signatário dessas discussões, que foram incorporadas, inclusive, na Constituição Brasileira de 1988 (Art. 225)<sup>3</sup>. Embora os PFE sejam jovens e tenham feito sua formação inicial num período em que os problemas ambientais já estavam sendo debatidas mundialmente, parece que essas questões chegaram com atraso ao ensino de engenharia:

Eu tive uma disciplina, Ciências do Ambiente, em que a questão ambiental era tratada de forma mais geral. A minha turma deve ter sido uma das primeiras turmas em que a disciplina Ciências do Ambiente passou a ser exigida pelo Conselho Federal de Educação. Então eu não fui formada. A intervenção da engenharia no meio ambiente era uma coisa assim, parece que muito distante de nós e numa época em que era preciso crescer, era preciso desenvolver. Depois, a minha preocupação ambiental veio do que eu acho mesmo. Na medida em que eu fui trabalhando, na medida em que eu fui me informando, eu comecei a tentar descobrir isso. Mas não foi da minha formação não (PFE3).

Apesar de a discussão ambiental estar na legislação, ainda não foi incorporada à prática do engenheiro, ou está sendo incorporada pontualmente:

---

<sup>3</sup>Constituição da República Federativa do Brasil, disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm)>. (12/08/2009).

Temos projetos de pesquisa que usam muito material para fazer vigas e lajes romper. Até onde é comprar esse material e fazer romper, tudo bem. Depois que eles terminam de romper, eles deixam espalhados pelo pátio da escola (refere-se à escola de engenharia civil) porque a destinação final desse lixo, desse resíduo que ele gerou, não faz parte do projeto de pesquisa. (...) E eles acham que é assim mesmo. Eles acham que está correto porque, inclusive, isso faz uma dimensão do projeto. (PFE3).

O engenheiro civil ficou preocupado basicamente em fazer projetos e executar obras civis. Estamos criando, a partir do ano que vem o curso de engenharia ambiental. Aí, naturalmente, isso passa a ser uma preocupação mais constante, pelo próprio nome, Engenharia Ambiental. Talvez com o novo curso, o engenheiro ambiental vai ter essa preocupação maior. (PFE2)

As falas dos PFE que descrevem as suas próprias formações nos permitem inferir como é o Ensino de Engenharia. As falas retratam ainda o que acontece hoje nas Escolas de Engenharia, ou seja, mantém-se a mesma linearidade no qual o estes PF foram formados e onde a diferença no fazer ambiental ocorre por esforço de cada um – “a minha preocupação ambiental veio do que eu acho mesmo”.

Outro fator preocupante que as falas dos PFE revelam é o fato de que mesmo a engenharia sendo uma das atividades que mais impactam o ambiente, a discussão ambiental nesses cursos ainda é incipiente. Não há preocupação com os resíduos gerados pela profissão e quando se toma consciência da dimensão do impacto ambiental pela atividade do engenheiro, transferem a responsabilidade para outro profissional, o Engenheiro ambiental, para pensar e tentar achar soluções para os problemas gerados ao ambiente pela Engenharia Civil.

Também questionamos aos PFP se tiveram, na formação inicial, discussões relacionadas à problemática ambiental. Dois professores responderam que sim e justificaram o porquê:

Sim houve. Porque durante a graduação, por exemplo, no curso de ciências biológicas essa temática era constante em várias disciplinas. Havia uma preocupação dos professores porque o curso era de Ciências Biológicas. A Biologia em si, ela trata muito de impacto, poluição, reciclagem, mudança de atitude, reutilize, reduza, etc. Então em várias disciplinas e em várias temáticas isso era abordado (PFP2).

A discussão ambiental no Instituto de Química é uma discussão recorrente na formação inicial porque nos estamos dentro de uma ilha. Então a própria universidade ela permite esse tipo de diálogo, a localização da universidade. Nós temos sede dentro de uma ilha, um instituto tecnológico dentro de uma ilha, uma ilha na Baía de Guanabara. Então nós produzimos muitos efluentes, a universidade produz muito lixo, né? (...) Como a gente ia descartar, como a gente ia lidar com isso, então essa foi uma discussão, ainda que inicial e não muito madura, fez parte da minha formação inicial (PFP3).

A fala do PFP2 nos mostra que, por possuir uma formação inicial em Ciências Biológicas a discussão da problemática ambiental esteve presente nesta formação. Já a fala do PFP3 revela que, o local e as condições de instalação da universidade na qual cursou sua formação inicial propiciaram as discussões ambientais.

Mas essa discussão nos cursos de formação inicial não aconteceu com todos os PFP entrevistados. PFP1, assim como os PFE não discutiu, na sua formação inicial, a problemática ambiental:

Na minha graduação eu tive uma disciplina chamada Química Ambiental, mas eu não vi nada relacionado à Educação Ambiental. Eu vim conhecer a questão da Educação ambiental nem foi no mestrado e nem foi no doutorado. Pra você ter uma idéia, eu fui saber que tinha uma área de Educação ambiental relacionadas às questões ambientais de forma geral e não só na química, com uma professora daqui do Instituto de Química, já como professor da instituição (PFP1).

As falas, tanto dos PFE como dos PFP, mostram-nos que existe este desafio na formação inicial, que não é apenas das Escolas de Engenharias, mas de todo o ensino superior. As discussões ambientais ainda não foram adequadamente inseridas nos cursos de formação inicial.

Morin (2002, p. 81) alerta-nos, ainda, para o fato de que a universidade, enquanto instituição social<sup>4</sup>, ao mesmo tempo em que precisa “realizar sua missão transecular de conservação, transmissão e enriquecimento de um patrimônio cultural” precisa também adaptar-se às necessidades da sociedade contemporânea, promovendo a formação de profissionais capazes de atender às demandas sociais ao tempo em que são capazes de participar, intervir e de refletir sobre a mesma.

---

<sup>4</sup> Instituição social segundo Trindade (2002, p. 25) é “uma ação social e uma prática social fundada no reconhecimento público de sua legitimidade e de suas atribuições, num princípio de diferenciação que lhe confere autonomia perante outras instituições sociais e estruturada por ordenamentos, regras e valores de reconhecimento e legitimidade internos a ela”.



## 4.2 A FORMAÇÃO DO PROFESSOR FORMADOR ENGENHEIRO

Considerando que os PF estão juntos em um projeto que se propõem fazer uma intervenção nas escolas de Ensino Médio, foi de nosso interesse saber sobre a formação didático-pedagógica dos PFE envolvidos.

Os nossos professores são engenheiros, não são professores. Então a gente cai para dar aula, na verdade sem nenhuma formação docente. O máximo que tem é o curso da universidade de Introdução ao Magistério Superior que na verdade não ensina nada, não ajuda em quase nada. Então você cai e acaba aprendendo a docência na prática. (PFE 2).

A gente forma para engenharia, presta concurso e começa a dar aula. A gente experimenta a docência (...) faz muita coisa na base da tentativa e erro. Uma coisa é você achar importante porque é aquilo que você estudou, saber para você e outra coisa é você ensinar para outra pessoa. (PFE 3).

Eu não tinha formação nenhuma didática. Na época do mestrado eu tive uma disciplina de metodologia do ensino de engenharia. Eu fiz a disciplina, mas quando eu entrei na universidade isso não significou nada e eu tive que fazer uma carga mínima, de didática, exigida pela universidade. (PFE4).

Observamos que na formação dos PFE que participaram desta pesquisa não houve uma preparação didático-pedagógica para a prática docente.

Esta epistemologia positivista da prática, no qual se considera, segundo as falas do PFE, que um engenheiro, apenas por ter formação técnica é capaz de ensinar Engenharia, é chamada de racionalidade técnica. Segundo Schön (1998), neste modelo “os profissionais são aqueles que resolvem problemas instrumentais, selecionando os meios técnicos mais apropriados para propósitos específicos” (1998, p. 15). Nessa visão, a resolução de problemas instrumentais da prática é fundamental para a aplicação da teoria e das técnicas científicas.

Preocupadas com pesquisas técnicas, as escolas profissionais nas universidades são baseadas na racionalidade técnica, como mostra as falas dos PFE, “Os nossos professores são engenheiros, não são professores”; “A gente forma para engenharia, presta concurso e começa a dar aula”; “Eu não tinha formação nenhuma didática”. Para ensinar engenharia, não basta ser apenas engenheiro, mas é preciso também ser educador. Ensinar não se limita a uma mera aplicação de determinados conhecimentos para se chegar a um fim.

Essa visão da racionalidade técnica está presente na cultura brasileira e até na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 1996. Ao analisarmos como

a formação do professor para o ensino superior é tratada na LDB (BRASIL, 1996), encontramos apenas um artigo:

Art. 66. A preparação para o exercício do magistério superior far-se-á em nível de pós-graduação, prioritariamente em programas de mestrado e doutorado.

Parágrafo único. O notório saber, reconhecido por universidade com curso de doutorado em área afim, poderá suprir a exigência de título acadêmico.

Isto significa que estamos em meio a uma reforma educacional permeada pela racionalidade técnica. Segundo Pimenta *et alli* (2003, p. 273) “a LDB não concebe a docência universitária como um processo de formação, mas sim como de preparação para o exercício do magistério superior, que deverá ser realizada prioritariamente (não exclusivamente) nos cursos de pós-graduação *stricto sensu*”.

De acordo com Bazzo (1998), as instituições que trabalham com ensino de engenharia no Brasil possuem um quadro docente com formação didático - pedagógicos pouco suficientes e adequados para viabilizar a formação do engenheiro capaz de atuar numa sociedade que passa por constantes mudanças tecnológicas, econômicas, organizacionais e culturais.

Segundo Tardif (2008), o saber necessário à prática docente é um saber plural, constituído por diversos saberes que estão em função dos objetivos que os professores buscam atingir e também um saber temporal, sendo adquiridos com o tempo:

Nosso ensino é baseado na maioria dos casos no que a gente viu, presenciou até o momento. Então aquele professor ensinava dessa forma, gostei. Aquele professor gostava de aplicar prova dessa forma, gostei. Então você vai juntando os quebra-cabeças desde que você começou a estudar e você aplica para os seus alunos (PFE1).

Embora a aproximação entre a Engenharia e o Ensino de Ciências tenha ocorrido por força de edital, a ação desenvolvida pelo grupo tem um aspecto volitivo importante vinculado à ação pedagógica. Assim, podemos concluir que esta aproximação levou alguns professores a uma reflexão que pode colocar em discussão/questionamento a racionalidade no qual foram formados.

Ao analisar a autoformação possibilitada pela aproximação de professores de diferentes áreas PFP3 afirma:

A gente forma nessa aproximação, a gente escuta o outro, a gente compreende aspectos que estão inerentes na formação do outro que atuam como a gente. Na verdade não é uma aproximação entre engenheiros e professores de ciências, é uma aproximação de professores de diferentes áreas. Essa é uma boa maneira de estabelecer o diálogo e a formação dos docentes no ensino superior (PFP3).

Nesta aproximação entre PFP e PFE o trabalho em conjunto possibilitou a construção coletiva de conhecimento social, em um ambiente marcado por relações de interação com Professores de Ensino Médio e com alunos de graduação e pós-graduação, em um ambiente assimétrico de formação, permitindo o embate de conhecimentos de diferentes campos e níveis.

#### 4.3 O PERFIL DO ENGENHEIRO NA VISÃO DE PROFESSORES FORMADORES ENGENHEIROS E DE PROFESSORES FORMADORES DE PROFESSORES

A aproximação entre a Engenharia e o Ensino de Ciências tem como objetivo despertar em alunos do Ensino Médio vocações para áreas tecnológicas, principalmente para as engenharias. Isto significa que engenheiros e professores de ciências passaram a atuar juntos numa ação pedagógica com objetivo comum. Assim, é importante conhecer qual o perfil de engenheiro que os PF intencionam apresentar. Por este motivo, questionamos ao grupo de PF que participaram da pesquisa qual o perfil de engenheiro que eles apresentariam nas escolas de Ensino Médio.

A análise das respostas obtidas permitiu-nos concluir que no grupo de PF existem idéias diferentes sobre qual o perfil de engenheiro que precisa ser apresentado aos jovens do ensino médio.

Seria aquele profissional que, na maioria dos casos, é um executor de tarefas. Principalmente tarefas construtivas. Ou projetar ou executar. Seja casa, edifício, barragem, estrada. Você tem esse aspecto de mais ou menos construtor do mundo. (PFE1).

Eu devo apresentar as atividades que ele faz e que esse aluno não tem conhecimento. Parte estrutural, parte de projeto, parte de tratamento de resíduos que é outra coisa importante, tratamento de esgoto, tratamento de água (...). Eu já sei o que eu não devo apresentar para ele, porque isso é o que ele já sabe: o engenheiro civil é o cara que constrói obras. (PFE2).

O primeiro perfil analisado refere-se a um profissional pragmático, executor de tarefas e capaz de resolver problemas, ou seja, um profissional que lida com soluções. Estas falas de PFE mostram o engenheiro como o profissional que, por meio da aplicação de teorias e da correta utilização de técnicas que são fundamentadas em conhecimentos sistemáticos e especializados de engenharia, é capaz de resolver problemas da prática.

Percebemos que quando os PFE referem-se a um perfil de engenheiro, eles falam justamente da profissão que conhecem, do lugar de onde eles vêm; uma área técnica onde ainda prevalece a racionalidade técnica.

Eu acho que o engenheiro que eu gostaria de “vender” é o engenheiro criativo e capaz de transformar os problemas que ele tem em estruturas físicas que conseguem resolver aquele problema. Por exemplo, Goiânia tem problema de tráfego urbano? Nós temos vários problemas. (...) O engenheiro é aquela pessoa que vai dizer assim: como é que eu posso resolver o problema? (PFE4).

O PFE4 ao se referir aos problemas de tráfego em Goiânia mostra uma fala positivista: “O engenheiro é aquela pessoa que vai dizer assim: como é que eu posso resolver o problema?” O problema de tráfego urbano em Goiânia, como congestionamentos, acidentes, entre outros, demanda muito mais que um engenheiro para resolvê-los, pois são muitos os fatores envolvidos. A solução é complexa passando, desde a criação de políticas públicas para o trânsito até trabalhos de priorização e conscientização em relação ao transporte público coletivo da cidade.

O PFE4 se refere, ainda, ao engenheiro como um profissional “criativo”, o que indica o surgimento de idéias diferentes da racionalidade presente na engenharia. O aparecimento destas diferentes idéias sinaliza que já pode ter sido iniciado a inclusão da compreensão da complexidade na profissão do engenheiro.

Falas do PFE3 mostram-nos, também, a presença de idéias destoantes à racionalidade técnica, embora este ainda seja o paradigma dominante:

Eu tenho uma angustia em relação ao Projeto FINEP<sup>5</sup>, porque parece que as coisas não estão andando. O que o Colégio X está fazendo há algum tempo é pegar a Química e falar da química da água, pegar a Biologia e falar das doenças da água, pegar não sei o quê... Isso não avança. (PFE3).

O PFE3 revelou, também, a busca por um trabalho coletivo, numa tentativa de diminuir a complexidade envolvida no projeto e, assim, tentar despertar as vocações que o mesmo prevê:

Eu estou sempre lá no Colégio Y (...). Semana passada eu estive lá e eles estavam muito angustiados porque o tal biodigestor não sai. Aí a gente vai pegando biodigestor, biodigestor, e o negócio não é tão simples assim. É aparentemente simples no papel, mas na hora de fazer não é tão simples. Eu tenho a habilidade de chamar mais gente, de assumir – olha, isso eu não sei; me ajuda aqui, vamos dar uma força ali. Aí achei um aluno da elétrica que vai trabalhar com biodigestor como projeto final (PFE3).

O PFE3, embora critique a visão fragmentada da educação no Ensino Médio ao afirmar “Isso não avança”, revela ainda uma idéia pragmática de que a Educação tem que dar resultados rápidos, visíveis e mensuráveis, como ocorre na área técnica. O professor de Engenharia vê a educação não como um processo de construção de conhecimentos, mas como transmissão de conhecimentos.

A partir da tentativa de construção do biodigestor no Colégio Y pelo PFE3, é possível observar que ensinar Ciências para o Ensino Médio não é apenas uma tarefa de transmissão de conhecimento acadêmico, de forma direta, como acontece em cursos da área técnica.

Os PFE estão envolvidos num projeto pedagógico e assumem os objetivos desse projeto como, por exemplo, a formação de uma massa crítica capaz de optar por soluções de engenharia tecnicamente mais econômicas e viáveis para a sociedade, além da compreensão, por parte dos jovens, das consequências das intervenções humanas na natureza. Estes objetivos deverão ser desenvolvidos no Ensino Médio por meio do Ensino de Ciências. Nas falas do PFE3 há um discurso híbrido, ora o de um profissional pragmático, próprio de sua formação, ora de um

---

<sup>5</sup> O projeto “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” passou a ser chamado, durante as reuniões do grupo, apenas de Projeto FINEP.

profissional que já começa a incorporar a complexidade relacionada à sua profissão, sugerindo elementos de uma autoformação.

Consideramos importante a manifestação de idéias discordantes em algumas falas dos PFE em relação ao modelo dominante e entendemos que estas estão relacionadas a uma postura crítico-reflexiva do profissional da engenharia.

Outro perfil encontrado refere-se ao engenheiro que já incorporou a complexidade ambiental na suas preocupações:

Um engenheiro consciente da sociedade em que ele vive. Em que termos? Em termos ambientais, principalmente hoje. Em termos morais, parece distante, mas não é. Um profissional com ética e moral que se aproxima muito mais facilmente das questões ambientais. (PFP1).

O PFE4, ao analisar a relação do homem com a natureza, afirma:

O homem destrói a natureza sob essa ótica – eu sou mais importante e, se eu vou dizimar com essa espécie de peixe aqui, isso não interessa desde que isso me traga algum benefício. Hoje uma criança nasce e cresce e, às vezes, nunca viu de onde a água que ela bebe todos os dias vem. Ela nunca foi a um rio, falar – gente, é essa água aqui que eu bebo todos os dias na minha casa? Ela dá descarga no banheiro da casa dela ou ela lava as mãos e não tem nem idéia para onde aquela água vai (PFE4).

É possível perceber nas falas dos PFP1 e PFE4 que eles se preocupam com os riscos existentes hoje para a saúde e para o bem estar da humanidade. Demonstrem ainda, que eles já não consideram mais a visão racional e mecanicista de domínio e de controle da natureza pelo homem.

#### 4.4 O ENSINO DE CIÊNCIAS PARA DESPERTAR VOCAÇÕES PARA A ENGENHARIA

Como foi dito anteriormente, os PFE e os PFP passaram a atuar juntos numa ação pedagógica no Ensino Médio, com o objetivo de despertar vocações para a Engenharia, por meio do Ensino de Ciências. Por esse motivo questionamos

aos PF como teria que ocorrer o Ensino de Ciências no Ensino Médio para despertar as vocações nos jovens, propostas no projeto.

Tentar fazer algum laboratório de física (...). Eles fazem aqueles experimentos básicos, que você pode ver na graduação. Então tentar desenvolver algum quitezinho que você consiga pegar esse ensino de física e levar pra graduação, porque dá para fazer tranquilo. Porque a matéria é quase que a mesma (...). São quites muito baratos, porque você vai ter bola com peso e talvez uma balança e um cronômetro. Todos esses equipamentos hoje são bem em conta e dá para você fazer experimento e de certo modo isso é motivo para essa disciplina da física e da matemática que normalmente é o terror no Ensino Médio. Então o pessoal, eu penso, que muitas vezes deixam de fazer engenharia porque não tem muita afinidade com essas disciplinas (PFE1).

Eu gosto muito da história da prática. Eu acho que uma das formas que teria que, da forma como eu imaginei o projeto é, dentro do que é ensinado hoje em ciências, a gente introduzir algumas práticas e que o aluno tivesse idéia que aquela prática específica fosse um pedacinho da engenharia civil (...). Quando você prepara uma prática, você linka o que ele viu na teoria e essa prática está linkada com uma situação prática da engenharia civil. Eu acho que aí você consegue fazer essa motivação pro aluno trabalhar com engenharia civil (PFE2).

Nas falas do PFE2 e PFE1, a experimentação foi apontada como solução a um projeto que busca despertar vocações para a Engenharia por meio da Educação em Ciências, evidenciando assim, uma epistemologia empirista - positivista por parte deles.

Concepções epistemologicamente ingênuas, com ênfase na comprovação de teorias e que ignoram o caráter social do trabalho científico, transmitem uma visão inadequada do método científico, e assim, a “ciência é considerada uma busca objetiva, metódica e desapaixonada” (*Idem*, p. 11), não problematizando o que é transmitido, mas apenas constatando o que já era esperado. É necessário questionar visões simplistas e ingênuas sobre ensinar ciência, pois, geralmente estas são fundamentadas em modelos de transmissão-recepção e acabam reforçando uma visão empirista-positivista da ciência.

Mas as entrevistas com os PF mostraram, ainda, outra concepção epistemológica:

A primeira coisa que eu acho que esse projeto pôde fazer foi aproximar a universidade da escola. E nessa aproximação você apresenta uma ciência que não é um mito, não é uma verdade absoluta. Você mostra para esse estudante como é que acontece a produção científica (...). Essa é uma boa

maneira de mostrar para os meninos que ciência é essa, que não é uma ciência desvinculada das pessoas, que não é uma ciência que é verdade absoluta, não é uma ciência que resolve os problemas da humanidade. É uma ciência que também inclui os produtores dessa ciência. E quem são esses caras? Como é que acontece a produção do conhecimento científico? Eu acho que essa é uma boa maneira de fazer essa apresentação porque você consegue envolver os meninos nisso, dialogar com isso. Pelo menos é uma das pontes que eu estou tentando trabalhar (PFP3).

A fala do PFP3 indica-nos que é possível levar para aos colégios de Ensino Médio uma nova postura epistemológica. A reflexão epistemológica é necessária porque, além de permitir uma visão contextualizada da produção científica, pode proporcionar ao estudante do Ensino Médio condições de analisar uma profissão na qual, tem-se a intenção de despertar nele uma vocação e que não é neutra e está sujeita a relações complexas de poderes numa estrutura política e econômica e que possuem implicações sociais e ambientais.

#### 4.5 A APROXIMAÇÃO ENTRE ENGENHARIA E ENSINO DE CIÊNCIAS

Considerando que o projeto deverá ser desenvolvido no Ensino Médio por estes dois grupos de professores, PFP e PFE, e entendendo a importância de futuramente buscar novas aproximações com diferentes áreas do conhecimento, questionamos os PF sobre como eles enxergavam essa aproximação entre a engenharia e o ensino de ciências.

As entrevistas, tanto com PFE, como as com PFP revelaram que a aproximação entre engenharia e ensino de ciências não é um processo fácil:

Eu confesso que é uma coisa um tanto quanto difícil porque são duas visões diferentes. O engenheiro é muito pragmático. A gente é formado para resolver problemas enquanto o pessoal da educação, no meu ponto de vista, é um pessoal que está mais voltado às concepções. (...) Enquanto um preocupa muito com a concepção e essa parte em geral, a gente está muito preocupado com a parte prática. Como é que eu vou pegar aquela idéia e vou efetivamente colocá-la na prática e mensurar esse resultado no final? (PFE2).

Essa aproximação está me fazendo um profissional melhor do que eu era anteriormente. Eu tive que abrir a cabeça para novos horizontes. Eu tive que sair do meu lugar comum de ensino de ciências e tentar contemplar um outro tipo de conhecimento que eu não contemplava antes. Foi difícil. Não foi uma coisa fácil, principalmente no começo (PFP1).



As falas mostraram-nos as dificuldades encontradas pelos PF, diante desta nova situação profissional: a aproximação entre engenharia e o ensino de ciências. Elas revelam, ainda, que diante desta realidade desconhecida, o conhecimento profissional destes professores mostrou-se insuficiente para resolvê-la, gerando uma situação conflituosa para as duas áreas. As dificuldades e conflitos, geradas a partir da aproximação, também podem ser observadas em relação aos colégios de Ensino Médio:

Eu chamei o PFE4 aqui pra gente conversar porque nós temos um colégio em comum que é o Colégio X. Aí conversando, conversando, ele falou: Olha, talvez a idéia fosse pegar as ementas das disciplinas e saber – com isso aqui, trigonometria, eu preciso para locar pilar e viga; bactérias, eu preciso disso porque tem saneamento- então nós fizemos uns papezinhos: qual o conhecimento que eles tem lá, onde é que pode ser aplicado na engenharia, como é que, efetivamente, pode ser aplicado (...). Às vezes a gente fica esperando que o professor lá do ensino médio faça. Mas eles não sabem onde é que isso vincula com a engenharia porque eles não fizeram engenharia, quem fizemos fomos nós (PFE3).

Eu sou um pé frio. Acho que a minha participação foi mais para fechar mesmo a porta e apagar a luz. O primeiro grupo se formou e se desfez, o segundo grupo, foi quando eu entrei, estava se desfazendo. Surgiu um terceiro e esse terceiro eu não consegui, ou, de alguma forma, não houve um grude ou uma cola que segurasse, mesmo com a direção da escola, o pique do projeto (refere-se ao Colégio Z) (PFP2).

A partir das análises das falas dos PF à respeito da aproximação entre a engenharia e o ensino de ciências é possível inferir que foi necessário um grande esforço de todos os professores envolvidos no projeto para tentar superar as dificuldades que surgiram com essa aproximação e tornarem possível o desenvolvimento do projeto nos colégios. A fala do PFP2 destaca, ainda, que nem todos os esforços feitos garantiram que o Colégio Z desenvolvesse seu subprojeto. Ao ser questionado sobre os motivos do Colégio Z não ter conseguido desenvolver seu subprojeto, o PFP2 respondeu:

O que faltou naquele caso específico - porque eu não percebi nos outros colégios do projeto – foi o comprometimento dos professores em relação ao projeto, em querer participar, em querer mudar os planos de aula, em chamarem os alunos para trabalharem com eles em determinados assuntos ligados ao projeto, ligados à engenharia. Isso é o que não aconteceu (PFP2).

Para o desenvolvimento do projeto, foi iniciado o diálogo entre a engenharia e o ensino de ciências. Um obstáculo que precisou ser superado está relacionado à opinião:

Eu me via reticente no início. Por quê? Preconceito contra a visão que eu achava que o engenheiro tinha. Então eu dizia: ah, esses caras não vão dar conta não, eles vão é dar trabalho pra gente. Depois eu comecei a ver que poderia ser possível e fui melhorando a minha prática. Mas, o mesmo aconteceu com eles. Eles são muito pragmáticos, devem ter ficado muito reticentes no começo – esse povo (da área de educação) conversa muito, não vai dar certo não. E deu! Está dando! (PFP1).

A retificação de um conceito, como pode ser observado na fala do PFP1, demonstra a evolução de um pensamento e, no desenvolvimento deste projeto, representa também o estabelecimento de um diálogo ou de um trabalho conjunto com diferentes áreas de conhecimento.

A avaliação feita pelos PFP e PFE a respeito dessa aproximação também foi observada nesta pesquisa:

Eu acho que essa aproximação é necessária. Pra gente é interessante uma interação com a sociedade. A maioria dos projetos com os quais a engenharia está envolvida lida pouco com seres humanos. A gente trabalha muito no nível da ciência, da pesquisa mais tecnológica. Pra gente é interessante essa aproximação com o ensino, com a faceta humana e com os vários aspectos que ela envolve (PFE4)

Eu acho extremamente positivo (...). Vou te dar um exemplo simples, o PFE2 que é um professor que eu já conheço antes do NUPEC. No começo das reuniões ele falava o seguinte: isso é com vocês que conhecem mais da questão pedagógica. Hoje não, ele já se posiciona diferentemente. Ele já se posiciona nas leituras pedagógicas que a gente já discutiu. Ele já se posiciona em relação a isso. Então eu acho extremamente interessante. Era o que eu não via anteriormente nele. Outra coisa que começou a acontecer, no começo existia desconfiança – nossa como fazer isso? Hoje existe um respeito mútuo, uma colaboração, porque todo mundo passou a entender os dois extremos das duas áreas que não eram tão extremas assim (PFP1).

Na fala do PFE4 é interessante observar o questionamento de um engenheiro à sua própria tradição. Existe uma tensão entre idéias novas e velhas. Ele reconhece e nega o passado, em termos de concepções, sem ter ao mesmo tempo, um outro paradigma. Com relação à fala do PFP1, percebemos que o NUPEC constitui um espaço de formação para os PF que dele participam, pois propiciou, a estes professores, construir saberes necessários ao desenvolvimento do

projeto nos colégios de ensino médio, numa “interação pedagógica intencional” (MALDANER *et alii*, 2003, p. 2).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho nos permitiu identificar as dificuldades que surgem numa tentativa de aproximação de Professores Formadores com diferentes formações iniciais.

Concluimos, pelas falas dos Professores Formadores de Engenharia, que eles se lançaram numa proposta pedagógica, para despertar vocações em estudantes do Ensino Médio, por meio de um projeto organizado em subprojetos, todos relacionados à problemática ambiental, sem terem participado deste tipo de discussão na formação inicial.

Mas, as falas dos PF que trabalham no projeto, sejam engenheiros ou não, mostram-nos, ainda, a falta de discussão sobre os problemas ambientais nos cursos de formação superior. Ao mesmo tempo, é possível se afirmar que a compreensão da importância dos problemas ambientais faz parte de um processo de auto-formação pelo qual atravessam esses professores que entraram juntos em um projeto que dá uma atenção especial à questão ambiental. Pessoas que não tiveram uma formação ambiental estão agora encarregadas de levarem isso para colégios de Ensino Médio. Vão dar conta? Ainda não é possível responder a este questionamento, mas, por meio das falas dos PF, observamos que será necessário um grande esforço por parte dos mesmos, o que torna a aproximação destes PF uma tarefa difícil.

Identificamos também, nesta investigação, que um problema gerado para todas as formações universitárias está relacionado à forma pontual em que a LDB regulamenta a docência no ensino superior e que atualmente nas universidades existem profissionais de variadas áreas atuando na profissão docente sem uma formação didático-pedagógica para essa atuação. Esses profissionais passaram por cursos de pós-graduação, em que se prioriza a pesquisa técnica, tornando-os especialistas em determinadas áreas e resultando assim, num distanciamento em relação à formação didático-pedagógica: “Eu fui formado para ser engenheiro, eu não fui formado para ser professor” (PFE2).

Os PFE, participantes desta pesquisa, estão se aproximando do Ensino de Ciências para despertar vocações em estudantes do Ensino Médio. O que significa “avançar” para a Educação em Ciências no Ensino Médio? É preciso que os PFE compreendam que são vários os aspectos relacionados à subjetividade na Educação em Ciências e que a postura epistemológica do professor influencia nesse ensino. Trata-se aqui de um novo impasse na aproximação entre Engenharia e o Ensino de Ciências.

As entrevistas expõem a necessidade de se superar a racionalidade técnica na qual estes profissionais foram formados, como foi exposto no Capítulo 3. O foco para o desenvolvimento de projetos como “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” não está apenas nos conteúdos. Possuir uma visão histórica e epistemológica da ciência pode mostrar que não existem problemas com respostas imediatas e definitivas e que existem intenções e interesses atrás de problemas e projetos nos quais a Engenharia também está envolvida. Estes precisam ser criticados e discutidos. Isso exige um aprofundamento em história e filosofia das ciências por parte destes PF.

O projeto que possibilitou esta aproximação também possui um caráter não neutro: existe uma intencionalidade política em levar a Engenharia para o Ensino Médio, a partir do Ensino de ciências. Por que o governo fez este edital? Seria uma postura epistemológica de valorização das ciências? Há um otimismo epistemológico subjacente a isso, uma visão positivista que acredita que a ciência vai resolver os problemas do país? É realmente este o caminho para se despertar vocações?

Para que o país cresça é preciso aumentar o número de engenheiros no mercado. Mas, se na Educação em Ciências pretendemos alfabetizar cientificamente, dando condições a estes estudantes de analisarem o papel da ciência e da tecnologia em suas vidas pessoal e social, é necessário que o profissional de Engenharia apresentado para o Ensino Médio não seja o de “construtor do mundo”, mas um profissional capaz de examinar o conhecimento especializado que possui e dar novos significados às situações de incertezas profissionais, capaz de atender a exigências de uma realidade complexa e de serem responsáveis pela construção de uma sociedade igualitária e mais justa. Um profissional de Engenharia que enxergue o progresso científico preocupado com o bem estar do ser humano e do planeta.

Na busca de uma educação com qualidade, tanto no ensino médio como nas universidades brasileiras, concordamos com Bazzo (1998, p. 17) ao afirmar que:

Para empreender esta busca não se pode e nem se deve fechar-se num ciclo restrito de conhecimentos. Perder oportunidades que se apresentam para disseminar idéias que podem ser importantes para modificar o atual momento de ensino no Brasil parece temeroso. É evidente a necessidade de contribuição de outros campos do saber, muito embora não devamos nos esquecer das dificuldades que cercam a tarefa de nos embrenharmos por áreas que a princípio nos pareçam desconhecidas. Posto isso devemos também passar a discutir questões que parecem sair do nosso alcance, no sentido de buscar formas de explicar as incongruências, as diferenças e as igualdades que grassam à nossa volta; e também para que possamos estabelecer maneiras alternativas, que não apenas aquelas do nosso domínio fechado de conhecimento, para resolver os problemas que frequentemente estão presentes nas diversas áreas de ensino.

A intencionalidade do edital que deu origem ao projeto “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” é política. Mas, para desenvolver a ação pedagógica requerida por ele, levar a engenharia para o Ensino Médio, foi necessário uma aproximação epistemológica, física e pedagógica entre diferentes áreas de conhecimento, ou seja, o estabelecimento de elos de cooperação entre a Engenharia e o Ensino de Ciências.

Será que despertaremos vocações como prevê o projeto? Ou criaremos repulsa ou confusão nos jovens? Ainda não há dados que nos permitam responder a esses questionamentos.

Podemos inferir, a partir das entrevistas com os PF, que os estudos, as reflexões, as discussões realizadas pelo conjunto que compõe o NUPEC, a respeito dos temas e problemas envolvidos no projeto, que não existem pessoas com uma formação inicial que dê condições de superar todas as dificuldades encontradas, mas que esta aproximação possibilitou aos sujeitos participantes reconstruírem algumas de suas compreensões didático-pedagógicas e que estas reconstruções foram pautadas numa reflexão crítica, por meio do encontro de pessoas com objetivos comuns numa relação complexa e não apenas numa prática isolada e departamental.

Não somos ingênuos a ponto de pensar que por haver uma aproximação entre a Engenharia e o Ensino de Ciências será fácil despertar vocações em estudantes do EM para a Engenharia e áreas tecnológicas. Não sabemos ainda

como essas diferentes visões da aproximação podem influenciar nos objetivos do projeto. Trabalhar juntos com essas visões diferentes, como foi observado nesta pesquisa, torna a ação coletiva um processo muito difícil, exigindo, assim, um grande esforço individual e coletivo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. **Ciências Ambientais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Thex Editora, 2008.

ANDERY, Maria Amália Pie Abib *et alii*. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. 14. ed. Rio de Janeiro: Garamond; São Paulo: EDUC, 2004.

ANGOTTI, José André Peres; AUTH, Milton Antonio. **Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação**. *Ciência e Educação*, Vol.7, n.1, pp. 15-27, 2001.

ARANA, Hermas Gonçalves. **Positivismo: reabrindo o debate**. Campinas, SP: Autores Associados, 2007.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BAZZO, Walter Antonio; **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação Tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.

\_\_\_\_\_. PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale; LINSINGEN, Irlan Von. **Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.



\_\_\_\_\_. PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **CTS na Educação em Engenharia. In:** CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, 37., 2009, Recife.

\_\_\_\_\_. PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos.** Florianópolis: Editora da UFSC, 2009. , 2009, Recife.

BENOIT, Lelita Oliveira de Rodriguez. **Augusto Comte: fundador da física social.** São Paulo: Moderna, 2002.

BOGDAN, Roberto C.; BIKLEN, Sári Knopp. **Investigação Qualitativa em Educação.** Porto: Porto Editora, 1994.

BORGES, Regina Maria Rabello. **Em Debate: Cientificidade e Educação em Ciências.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 1996. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm) >. (15/06/2009).

BUNGE, Mario. **Epistemologia: curso de atualização.** São Paulo: T. A. Queiroz Editor: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

CACHAPUZ, Antônio; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo, (organizadores). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência afinal?** 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. **Construindo conhecimento científico na sala de aula**. Química Nova na Escola, Vol. 9, pp. 31-40, 1999.

FERNÁNDEZ, Isabel; GIL-PÉREZ, Daniel; CARRASCOSA, Jaime; CACHAPUZ, Antônio; PRAIA, João. **Visiones deformadas de la ciência transmitidas por la enseñanza**. Enseñanza de las ciencias, Vol.20(3), pp. 477- 488, 2002.

GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Formação de Professores de ciências: Tendências e inovações**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico**. Ciência e Educação, Vol. 7(2), pp. 125-153, 2001.

GIL-PÉREZ, Daniel; OZÁMIZ, Miguel Guzmán. **Enseñanza de las ciencias y la Matemática: Tendencias e Innovaciones**. Organización de Estados Americanos para la Educación, La ciencia y la cultura. Editorial Popular 1993.

GONÇALVES, C. A. P. **Diálogos interdisciplinares construídos a partir da aproximação entre a engenharia civil e o ensino de ciências em um núcleo de pesquisa**. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

HOBBSAWM, Eric J. **A era das Revoluções: 1789 - 1848**. 18. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra S/A, 2004.

HODSON, Derek. **Existe um método científico?**. Traduzido e adaptado de: “Is there a scientific method?”, *Education in Chemistry* 19 (1982), 112 – 116. Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/palporto/hodson2006.pdf>> (10/11/2008).

JAPIASSÚ, Hilton Ferreira. **Introdução ao pensamento epistemológico**. 2. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora S.A., 1977.

KÖCHE, Jose Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: Teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 23. ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2007.

LAKATOS, Imre. **História de la ciencia y sus reconstrucciones racionales.**

Madrid: Editorial Tecnos S.A., 1987.

\_\_\_\_\_. **La metodología de los programas de investigación científica.** Madrid:

Alianza Editorial S.A., 1989.

LALANDE, André. **Vocabulário Técnico e Crítico da Filosofia.** 2. ed. Martins

Fontes: São Paulo, 1996.

LEFF, Enrique (coord). **A complexidade Ambiental.** São Paulo: Cortez, 2003.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Bachelard: o filósofo da desilusão.** Caderno

Catarinense de Ensino de Física, Vol.13, n.3: pp.248-273, 1996.

LÜDKE, Menga. ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens**

**qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MALDANER, Otavio Aloísio. **A formação inicial e continuada de professores de**

**química: professores/pesquisadores.** 2. ed. rev. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

MALDANER, O. A.; ZANON, L.; HAMES, C.; BAZZAN, A. C.; PRADO. M. C.

Formação de Professores em espaços interativos: desenvolvimento curricular em química. *In: A pesquisa em educação química no Brasil: abordagens teórico-*

**metodológicas.** 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira e Química. Workshop:

Divisão de Ensino. Poços de Caldas, MG: 2003.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MARÍN, Raúl Gómez; JIMÉNEZ, Javier Andrés. De los principios del pensamiento complejo. *In*: VELILLA, Marco Antônio. **Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo**. Ecuador: Publicaciones UNESCO, 2002. Disponível em: <<http://www.pensamientocomplejo.com.ar/doc.asp?IdDocumento=49>>. (29/10/2007).

MORAES, Roque. Aprender ciências: reconstruindo e ampliando saberes. *In*: GALIAZZI, Maria do Carmo *et alii*. **Construção curricular em rede na educação em ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Portugal: Publicações Europa-América, 1990.

\_\_\_\_\_. **A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

\_\_\_\_\_. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 11. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2006.

PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale; BAZZO, Walter Antonio. **Ensino de engenharia, na busca de seu aprimoramento**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1997.

PIMENTA, Selma Garrido *et al.* Docência no ensino superior: construindo caminhos. *In:* BARBOSA, Raquel Lazzari Leite. **Formação de educadores: desafios e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

PONCE, Aníbal. **Educação e luta de classes**. 13.ed. São Paulo: Cortez, 1994.

POPPER, Karl Raimund. **A Lógica da Pesquisa Científica**. 9.ed. São Paulo: Editora Cultrix, 2001.

\_\_\_\_\_. **Conjecturas e refutações**. 2.ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982. Coleção Pensamento Científico, 1.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. **O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania**. *Ciência e Educação*, Vol.13(2), pp. 141-156, 2007.

PRAIA, João; CACHAPUZ, Antônio; GIL-PÉREZ, Daniel. **Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência**. *Ciência e Educação*, Vol.8, n. 1, pp. 127-145, 2002.

REALE, Giovanni; ANTISSEI, Dario. **História da Filosofia: do romantismo até os nossos dias**. VOL III. 6. ed. São Paulo: Paulus, 2003.

RIOJAS, Javier. A complexidade ambiental na universidade. *In*: LEFF, Enrique (coord.). **A Complexidade Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003.

SANTOS, Boaventura de Sousa. **Um discurso sobre as ciências**. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2008.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

SACHS, Ignacy. **Sociedade, cultura e meio ambiente**. Mundo e Vida, Vol.2(1), pp. 7-13, 2000.

SACRISTÁN, J. Gimeno; PÉREZ GÓMEZ, A. I. **Comprender e transformar o ensino**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas**. Química Nova, Vol. 25, Supl. 1, pp.14-24, 2002.

SCHÖN, Donald A. **El profesional reflexivo: cómo piensan los profesionales cuando actúan**. Barcelona: Paidós, 1998.

\_\_\_\_\_. Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artimed, 2000.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX**. 2. ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

TARDIF, Maurice. **Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas conseqüências em relação à formação para o magistério**. Revista Brasileira de Educação, n. 13, pp.5-24, 2000.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. 9. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

TOZZONI-REIS, Marília Freitas de Campos. **Educação Ambiental: referências teóricas no ensino superior**. Interface – Comunic, Saúde, Educ, Vol.5, n. 9, pp. 33-51, 2001.

TRINDADE, Hégio. As metáforas da crise: da “universidade em ruínas” às “universidades na penumbra” na America Latina. *In*: GENTILI, Pablo (org.). **Universidade na penumbra: neoliberalismo e reestruturação universitária**. São Paulo: Cortez, 2001.

VALLEJO-GOMEZ, Nelson. Morin, Pensador de La Complejidad. *In*: VELILLA, Marco Antônio. **Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo**. *op. cit.*



VIANNA, Deise Miranda; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Do fazer ao ensinar ciência: a importância dos episódios de pesquisa na formação de professores.**

Investigações em Ensino de Ciências, Vol. 6(2), pp. 111-132, 2001.

## APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA

1) Uma das problemáticas envolvidas no Projeto FINEP que tem como título “O Ensino de Ciências para a Conservação dos Recursos Naturais e o Ambiente Construído” é a questão ambiental. Sabemos que hoje é grande a preocupação envolvendo esta problemática. Na formação do Sr(a), houve esta preocupação (ou discussão)?

2) E nos cursos de formação de engenheiros hoje, como é discutido ou abordado este problema?

3) A questão ambiental (principalmente impactos ambientais) está sendo discutida em todo o mundo. Como o Sr(a) acredita que este problema efetivamente se resolve?

4) A Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 trata da formação do professor do Ensino Básico (fundamental e médio), mas é omissa em relação ao Ensino Superior. No Ensino Superior os profissionais (como médicos, advogados, engenheiros, etc) exercem a função docente sem a formação específica para esta atividade. Na opinião do Sr(a), o que implica (vantagens ou desvantagens) na formação do engenheiro atual, a ausência de uma lei que regulamenta a docência no Ensino Superior?

5) O Projeto FINEP prevê ainda uma aproximação inédita entre as engenharias e a e o ensino de ciências com o objetivo de despertar vocações em alunos de Ensino Médio para áreas tecnológicas como a engenharia. Qual o perfil do engenheiro que o Sr(a) acha que deve ser apresentado no Ensino Médio?

6) E como o Sr(a) acredita que deverá ocorrer o ensino de ciências no Ensino Médio para despertar as vocações previstas?

7) Diante dessa aproximação de diferentes profissionais (engenheiros, educadores químicos, físicos, biólogos, etc), como o Sr(a) se vê neste projeto?

8) Na opinião do Sr(a), quais são os motivos que levaram o governo a elaborar este Edital?