

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE EDUCAÇÃO E HUMANIDADES
MESTRADO EM EDUCAÇÃO



**OLHAR DA ANTROPOLOGIA DA CIÊNCIA SOBRE A PRODUÇÃO DO
CONHECIMENTO CIENTÍFICO: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO CRÍTICO
DAS EXPLICAÇÕES SOBRE O MUNDO NATURAL**

Marta Ferreira Abdala Mendes
Fevereiro 2001

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE EDUCAÇÃO E HUMANIDADES
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Dissertação:

O OLHAR DA ANTROPOLOGIA DA CIÊNCIA SOBRE A PRODUÇÃO DO
CONHECIMENTO CIENTÍFICO: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO
CRÍTICO DAS EXPLICAÇÕES SOBRE O MUNDO NATURAL.

Por Marta Ferreira Abdala Mendes

Aprovada pela Banca Examinadora

Rio de Janeiro, 22 de fevereiro de 2001



Orientadora da Dissertação
Profª Drª Siomara Borba Leite



Profª Drª Edil Vasconcellos de Paiva



Profª Drª Alice Ribeiro Casimiro Lopes

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**O Olhar da Antropologia da Ciência sobre a Produção do
Conhecimento Científico: Contribuições para o Ensino
Crítico das Explicações sobre o Mundo Natural.**

MARTA FERREIRA ABDALA MENDES

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Educação

Rio de Janeiro, Fevereiro de 2001.

ONDE ESTIVER SEU TESOURO,
LÁ ESTARÁ TAMBÉM SEU
CORAÇÃO. (Mateus 6 , 21)

AO MEU AMADO ALEXANDRE E
À MINHA QUERIDA FAMÍLIA.
MEUS TESOUROS !

AGRADECIMENTOS

À orientadora e amiga professora Siomara Borba Leite, por seu empenho em me tornar uma pessoa mais preparada, em todos os sentidos, para enfrentar as aventuras da vida acadêmica.

Às professoras Edil Vasconcellos de Paiva e Alice Ribeiro Casimiro Lopes, por terem participado da Banca Examinadora.

À minha querida amiga, madrinha e eterna professora Fátima Branquinho, por sua dedicação incondicional com suas críticas e questionamentos e, principalmente, por suas palavras de apoio, incentivo e reconhecimento.

À amiga professora Elena Moraes Garcia, por sua mão sempre estendida.

À professora Rosa Maria Corrêa da Neves, pela ajuda no enriquecimento do trabalho, com textos e comentários importantes.

Aos amigos, de um modo geral, que participaram juntos na árdua busca pelo conhecimento, em especial, à Mônica e Maura, pela amizade nascida.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando a elaboração desta pesquisa.

RESUMO

Este estudo propõe investigar a relação existente entre o processo de produção do conhecimento científico nas ciências naturais e a educação, focalizando, especialmente, a contribuição dos antropólogos da ciência. Inicia com um panorama histórico da constituição da ciência e da escola moderna, seguido pelas contribuições das teorias mais atuais sobre a educação e o currículo para o entendimento da importância da construção do conhecimento científico. Apresenta também as diversas concepções que evidenciam as questões filosóficas, sociológicas e antropológicas acerca da ciência. A análise evidenciou a ciência como prática interpretativa de uma cultura específica e forneceu elementos para fundamentar a ação na escola rumo a minimizar a distância entre o que é ensinado e o que é produzido sobre a natureza.

Esta dissertação inclui-se na linha de pesquisa Conhecimento, Autonomia e Participação, eixo temático Educação e Cidadania do Programa de Pós-Graduação em Educação da UERJ. Especificamente, ela está inserida no contexto da investigação sobre a produção do conhecimento científico em educação, contribuindo no sentido de trazer a análise da antropologia da ciência para o esclarecimento da questão da produção da ciência.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	p. 1
I - Modernidade: Momento de Criação da Escola e da Ciência	p. 8
Ciência moderna: uma reflexão racional sobre o mundo físico	p. 9
O surgimento da escola moderna	p. 41
A escola atual: espaço de contradições	p. 54
O conhecimento e sua divulgação na escola	p. 63
II - Concepções sobre a Dinâmica do Processo de Produção Científica	p. 75
A produção intelectual do conhecimento científico	p. 75
As análises sociológicas sobre a produção do conhecimento científico	p. 118
III - A Concepção "Materialista" ou Culturalista sobre o Processo de Produção do Conhecimento Científico e sua Relação com a Possibilidade de Democratização deste Saber na Escola.	p. 148
Análise "materialista" ou culturalista da produção da ciência	p. 149
A concepção "materialista" ou culturalista e sua relação com o ensino	p. 163
Os Conceitos Essenciais de Latour - "Materialidade", "Fabricação", "Localidade", "Circunstâncias" - para o Entendimento da Prática Científica.	p. 166
Os Conceitos Essenciais e a Contribuição para um Ensino mais Crítico das Ciências.	p. 175
IV - Considerações Finais	p. 181
V - Referências Bibliográficas	p. 195

Introdução

A necessidade de compreendermos a articulação com a ciência produzida nas instituições e práticas de pesquisa e o conhecimento que é transmitido nas instituições e práticas escolares nos levou a investigar o processo de produção do conhecimento científico.

Como produto de uma prática, o conhecimento científico simboliza um *corpo de informações sistematizadas sobre o real* (Leite, 1993, p.23), que é apresentado como resultado pronto, estático, verdadeiro e universal, isto é, a-histórico. No entanto, por trás deste produto existe um processo de produção de conhecimento que não é visível, mas pode ser contestado por ser dinâmico, provisório, inacabado, isto é, histórico. É sobre esse momento do trabalho científico que essa pesquisa foi realizada.

O processo de produção do conhecimento científico, desde o século XVI, vem sendo investigado a partir de diferentes perspectivas. Um grande número de filósofos, sociólogos, antropólogos e historiadores, nos últimos vinte anos, desenvolveu, de forma mais definida, uma reflexão sobre a ciência não apenas como teorização, mas também como prática social-econômica e política, ou ainda, como fenômeno cultural, ampliando a sua condição de sistema teórico de conhecimento. Cada uma dessas abordagens apresenta uma contribuição para o entendimento da constituição da ciência, tal como a conhecemos enquanto explicação do mundo físico, para sua legitimação como instrumento de domínio da natureza e sua consolidação, na Modernidade, como apreensão racional do mundo natural.

O conhecimento sobre a natureza e seu domínio sempre despertou admiração e interrogações ao homem. Na tentativa de melhor compreender e dominar o mundo físico, o homem começou a se questionar para além dos fatos observados: o que torna um conhecimento verdadeiro e universal? como se chega à verdade sobre o real? em

que circunstâncias surgem as descobertas ? Na verdade, debate-se, nessa temática, as grandes questões do fazer científico.

A natureza filosófica dessas questões possibilita diferentes respostas, respostas que não se superam. Para alguns, as respostas são construídas a partir de uma visão internalista, onde o processo é estudado, considerando-se apenas fatores intrínsecos à própria ciência. O interesse por questões que fornecem a lógica científica, tais como a universalidade, a dimensão da verdade, a objetividade, a neutralidade e a cientificidade permite um possível entendimento da prática científica, sob o ponto de vista epistemológico. Tais questões são abordadas na medida em que investigamos como o método, a racionalidade científica e a linguagem científica marcam a produção do conhecimento científico.

As abordagens epistemológicas, ao analisarem a lógica da pesquisa científica e sua trajetória, apresentam um panorama situado, basicamente, no plano das idéias, no estudo e constituição da linguagem científica e na investigação do caminho necessário para um enunciado científico verdadeiro, ou seja, a análise dos procedimentos e da lógica da interpretação científica. Através desta perspectiva, a descrição da realidade científica é apresentada a partir das idéias e procedimentos de alguns homens em particular, sem levantar, ao menos, as condições sócio-políticas e culturais que influenciaram a construção das explicações.

Esta concepção anuncia o processo científico e seu progresso segundo um ponto de vista interno à especificidade da atividade científica¹, sem enfatizar o contexto histórico-social no qual encontra-se inserida, apresentando uma separação entre os elementos sociais e cognitivos da ciência. Como consequência, a ciência é analisada através de elaborações teóricas, puras e neutras, vinculando-a à atividade de homens

¹ Ou retornando a Alexandre Koyré (1991), uma interpretação intelectualista do pensamento científico.

geniais, aos procedimentos lógicos sintetizados por uso do método e à busca desinteressada da verdade e de leis científicas. Tal análise reduz a prática científica a processos racionais de desvendamento do "mistério" dos fenômenos naturais. Desta maneira, não se afastam da mística científicista na medida em que não interrogam a ciência com as questões éticas-políticas, assim como, com as mudanças da e na sociedade.

No entanto, ao contrário desta posição, existem teóricos que, embora, reconheçam que a ciência possa ser compreendida em torno da racionalidade científica, do método e de seu objetivo geral de produzir conhecimento verdadeiro, consideram a existência de fatores externos e condicionantes sócio-econômicos no processo de produção do conhecimento científico. (Palácios, 1994)

Dentro desta perspectiva, a construção do conhecimento científico só faz sentido se tivermos em vista os aspectos socio-históricos que influenciam a produção científica e vice-versa, bem como as determinações que a explicam como uma atividade destinada à compreensão, transformação e ao domínio da natureza, ou seja, ao poder. Esta posição apresenta a inserção social da ciência e as conjunturas econômicas que a influenciaram e a condicionaram enquanto prática humana.

Já a análise proposta para a prática científica por um terceiro grupo de teóricos, tenta evidenciar não sua realidade externa ou sua operacionalidade lógica, mas a construção social² e interpretativa dos fatos dentro do próprio laboratório. Para estes teóricos, a contribuição para o avanço do conhecimento científico estaria relacionado ao destaque de uma pesquisa em relação a outras. Os fatos e a realidade existem, no entanto, sua exterioridade é efeito do trabalho científico. (Latour, 1997)

² Latour e Woolgar distinguem o emprego da palavra social de outras definições como as relacionadas com ideologia, escândalo, fatores macro-institucionais etc (Latour, 1997, p.160)

Os antropólogos da ciência apresentam uma reação frente às análises que evidenciam um lugar especial à ciência e que destacam apenas sua ligação com as descobertas de objetos dados como existentes *a priori* (Latour, 1997, p. 131 e 132), caracterizando a prática da ciência como um *processo de pensamento homogêneo* (Latour, 1997, p. 182 e 190), bem como as posições contrárias a esta postura que só evidenciam as influências externas, não levando em consideração a prática da ciência como ocorre atualmente. Dentro desta perspectiva, o processo constitui-se na medida em que o estudo etnográfico no laboratório integra todos os aspectos do fazer científico e reflete a sua complexidade pois mostra, mais do que um processo revolucionário das idéias, um processo relacionado aos instrumentos, aos materiais, aos conceitos, à credibilidade, que afirma as suas múltiplas facetas. A objetividade de um fato científico é produto do trabalho no laboratório. (Latour, 1997)

A reflexão sobre o processo de produção do conhecimento científico nos permite identificar elementos para pensar a ciência, em sua condição de produto, que está presente na escola em forma de disciplina. O que é "purificado", "reduzido", "ampliado", e, portanto, "conhecido" pelos cientistas será selecionado, difundido e formalizado visando à educação escolar, à formação acadêmica. Considerando que a educação se constitui em uma instância mediadora de um projeto social e que, portanto, não está imune a estas questões, a análise do desenvolvimento da ciência, dentro de um contexto material, histórico e cultural informa - através do questionamento de seu processo - como se dá a fabricação do conhecimento científico e, ao mesmo tempo, sugere uma possível relação entre o processo de fabricação e as diferentes formas de pensar a educação e currículo.

Na perspectiva aqui adotada, o presente trabalho teve como objetivo central investigar a dinâmica do processo de produção do conhecimento científico,

considerando as diferentes concepções sobre a formação e desenvolvimento desse conhecimento. Identificamos como objetivos específicos examinar a Modernidade como espaço do nascimento da ciência moderna, identificar alguns aspectos do nascimento da escola moderna, indicar as diferentes concepções sobre o processo de produção do conhecimento científico, analisar as concepções sobre a dinâmica do processo de produção do conhecimento científico frente a possibilidade de democratização deste saber pela escola.

As considerações mais atuais sobre a educação e o currículo destacam a necessidade de se aprofundar e ampliar a compreensão sobre o processo de produção do conhecimento científico. Para compreendermos as relações entre o conhecimento acadêmico e a ciência investigamos, sob o ponto de vista dos discursos teóricos, idéias e conceitos, que dizem respeito à produção do conhecimento científico sobre o mundo natural. Nesse sentido, com relação à metodologia, entendemos que o estudo da literatura foi o procedimento mais adequado para a análise das diferentes concepções do processo de produção da ciência. Trata-se, portanto de uma pesquisa bibliográfica que procurou apresentar as idéias e os argumentos que se completam e se confrontam, permitindo uma compreensão mais ampla sobre esta questão.

Partimos da análise de Bruno Latour e dos teóricos da antropologia da ciência com a função de revelar o contexto material e circunstancial da atividade científica a fim de apresentarmos a ciência como um fazer cultural. Estes teóricos colocam-se contra as visões que ora privilegiam uma racionalidade própria e superior que maximiza o poder da ciência, ou ora, privilegiam um contexto econômico ou político que distancia a ciência de outras práticas culturais.

Para justificarmos a posição explicitada, iniciamos com a análise histórica da criação da ciência e da escola, na Modernidade, com o objetivo de examinar, entre

outras coisas, a consolidação de um saber racional que hoje consideramos ciência. Assim, indicamos, no primeiro capítulo, os elementos da chamada "revolução científica moderna", mas como não se trata de um momento isolado tentamos articular os elementos sociais, políticos e econômicos que marcaram esta nova forma de olhar a natureza e sua divulgação a partir da escola. Ainda no primeiro capítulo, aprofundamos, teoricamente, a análise das relações entre o conhecimento científico e papel da escola atual e as teorias de currículo. A partir de uma síntese do pensamento de Derneval Saviani e dos teóricos de currículo, esclarecemos as diferenças entre as teorias pedagógicas, as teorizações acerca da sistematização e divulgação do conhecimento através do currículo e enfatizamos a importância atribuída pelas teorias atuais à produção do conhecimento científico. Consideramos que a discussão acerca da produção do conhecimento científico traz implicações na seleção dos conteúdos escolares, nos materiais selecionados para o ensino, nos objetivos traçados, nas metodologias escolhidas e nas formas de avaliação a serem desenvolvidas.

Para isso, no segundo capítulo, identificamos e analisamos as principais concepções, segundo a visão intelectualista (epistemológica) e a visão sociológica (socio-histórica e política) sobre a produção do conhecimento científico desde as idéias de filósofos das ciências como Gaston Bachelard, Karl Popper, Thomas Kuhn, Paul Feyerabend, às abordagens sociológicas de Karl Mannheim, Robert Merton, David Bloor quanto às influências na produção das ciências naturais.

Por fim, apresentamos, no terceiro capítulo, a visão culturalista (materialista) com as contribuições dos antropólogos da ciência como Bruno Latour, Steve Woolgar, Michael Callon, John Law entre outros e nossa reflexão sobre a possibilidade de um ensino mais crítico da ciência a partir das categorias levantadas por Bruno Latour e os antropólogos da ciência. Esta reflexão está voltada para superação das perspectivas que

contribuem com alguma barreira para o real entendimento do processo de fabricação das explicações sobre a natureza e para sua contribuição com uma relação mais estreita com seu ensino.

I. Capítulo da dissertação: Modernidade: momento de criação da escola e da ciência

Ciência moderna: uma reflexão racional sobre o mundo físico

O surgimento da escola moderna

A escola atual: espaço de contradições

O conhecimento e sua divulgação na escola

O objetivo principal desse capítulo é apresentar alguns elementos históricos da criação da ciência e da escola, na Modernidade, com o objetivo de examinar, entre outras coisas, a consolidação de um saber racional que hoje consideramos ciência. Assim, indicamos, nesse capítulo, os elementos da chamada "revolução científica moderna", mas como não se trata de um momento isolado tentamos articular os elementos sociais, políticos e econômicos que marcaram esta nova forma de olhar a natureza e sua divulgação a partir da escola. Ainda nesse capítulo, aprofundamos, teoricamente, a análise das relações existentes entre o conhecimento científico e o papel da escola atual e as teorias de currículo. A partir da síntese do pensamento de Dermeval Saviani e dos teóricos de currículo, esclarecemos as diferenças entre as teorias pedagógicas, as teorizações acerca da sistematização e divulgação do conhecimento através do currículo e enfatizamos a importância atribuída pelas teorias atuais à produção do conhecimento científico. Consideramos que a discussão acerca da produção do conhecimento científico traz implicações na seleção dos conteúdos escolares, nos materiais selecionados para o ensino, nos objetivos traçados, nas metodologias escolhidas e nas formas de avaliação a serem desenvolvidas.

Ciência moderna: uma reflexão racional sobre o mundo físico

Apesar do uso generalizado do termo “ciência”, o emprego e sentido que atribuímos à palavra só se deu a partir do século XIX. Anteriormente, o que havia, do ponto de vista dos historiadores da ciência, era a filosofia natural, utilizada na época como forma de compreensão do mundo físico pelos naturalistas.¹ De fato, vários aspectos da nossa noção atual de “ciência” não faziam parte da filosofia natural até a revolução científica. (Henry, 1997) O processo de mudança (século XVI – XVIII) na dinâmica de reflexão sobre o mundo físico trouxe um outro tipo de entendimento e atitude frente a natureza. Esta modificação foi possível a partir de uma nova racionalidade científica que revolucionou toda uma produção de conhecimento sobre a natureza e seu domínio.

John Henry, em seu livro *A Revolução Científica* (1998), define revolução científica como *o nome dado pelos historiadores da ciência ao período da história européia em que, de maneira inquestionável, os fundamentos conceituais, metodológicos e institucionais da ciência moderna foram assentados pela primeira vez* (p.13). Já Hilton Japiassu (1997) remete-se à visão “kuhniana” de revolução científica, ou melhor, de várias, onde um paradigma é substituído parcial ou totalmente por outro novo e incompatível com o anterior. No entanto, os dois autores mostram como a revolução científica moderna influenciou a constituição de uma nova concepção de mundo, de sociedade e de natureza.

Apesar de existirem outras formas de caracterizar o período moderno - início no século XVI e consolidação no século XVIII - é importante destacá-lo enquanto momento histórico de construção da ciência moderna. Para compreendermos o

¹ A palavra ciência tem suas origens no verbo latino *scire*, que significa “conhecer.” Embora, possa-se conhecer por tenacidade, autoridade, fé, intuição, naquele momento histórico, o método da ciência seria o que distinguiria a certificação objetiva.

significado e as implicações que a ciência apresentou no processo de formação do mundo moderno, é preciso examinar como se deu a construção do conhecimento científico e a constituição dos sujeitos responsáveis pela forma hegemônica de produzi-lo, mas, sem perder de vista, o que Lowy (1987) alerta:

Não é senão a partir de um certo ponto de vista de classe, no quadro de uma visão social de mundo determinada, que este ou aquele fato é interpretado... (Lowy, 1987, p.135)

A ciência moderna "nasceu" e se desenvolveu num ambiente cultural-político marcado pela matriz da racionalidade ocidental. Foi criada com a pretensão de alargar o conhecimento e a compreensão do funcionamento do mundo natural, o que significava para a burguesia a possibilidade de domínio e transformação segundo seus interesses práticos. Uma acentuada importância foi dada ao estudo da natureza pois na medida em que o homem moderno se apropriava racionalmente dela, suas necessidades básicas passaram a ser atendidas. A ciência representava a ferramenta ideal para interpretar a natureza com rigor e eficiência, tornando possível o projeto de emancipação social, política e econômica pretendido.

Desde o século XVI, a sociedade procurou libertar-se das superstições e da ignorância apoiada no poder que a razão e a ciência proporcionavam. Foi com o racionalismo burguês que a ciência significou o conhecimento único e exato das forças naturais e possibilitou a modificação nas relações do homem com a natureza e com os outros homens. Novas invenções, descobertas, cidades e conflitos sociais surgiram, determinando novas idéias, novas atitudes e novo modo de vida.

A nova classe social - a burguesia - dedicava-se, principalmente, à atividade mercantil, criando um outro tipo de riqueza e de trabalho. Diante de profundas modificações, a ciência, sob a forma de explicação racional do mundo, influenciava e

era influenciada pelo desenvolvimento da sociedade mercantilista, pelo surgimento do sistema bancário, pela ascensão da burguesia como classe social dominante, pelas necessidades práticas e técnicas na navegação, pela artilharia e a imprensa, pela aceleração dos trabalhos de técnicos e artesãos (engenheiros), pelo abalo no prestígio da Igreja e do Estado, pelo movimento da Reforma etc. (Japiassu, 1997).

A Modernidade instaurou-se com o desejo de converter a mera contemplação dos fatos em uma atitude ativa para, de acordo com o pensamento mecanicista, transformar os homens *em mestres e possuidores da natureza* (Descartes apud Japiassu, 1997 p. 171). Com o advento da medida, as "qualidades" foram transformadas em "quantidades", no lugar do "vivido", ou seja, do mundo percebido de forma imediata, a ciência descobriria regularidades que poderiam ser mensuradas; surgia, assim, o mundo empírico. A ciência tornou-se uma prática eficaz, racional, matemática e metódica a serviço do homem. Com a ascensão da burguesia, diferentes e crescentes necessidades práticas foram geradas, as quais aliadas à certeza de que era possível transformar a realidade pelo conhecimento racional, intensificou o interesse no desenvolvimento técnico. A força da ciência e da técnica estava relacionada à uma lógica utópica de libertação que poderia prometer - e garantir - melhorias para a vida futura.

Alguns historiadores da ciência, como Paolo Rossi (1989), destacam a relevância da técnica dos artesãos e engenheiros como um dos elementos que possibilitaram o surgimento da ciência moderna. Segundo o autor, a nova ciência teria sido influenciada, além, é claro, pelos filósofos naturais, mas também pelos artesãos, engenheiros e inventores. Rossi revela que durante os séculos XV e XVI muitas obras literárias apresentavam estudos de caráter mais técnicos e que era grande o interesse dos artesãos e dos técnicos pelas traduções, para o latim, das obras matemáticas da Antiguidade Clássica, entre elas as traduções de Euclides, Arquimedes, Apolônio, Aristarco etc.

No início do século XVI, por influência dos artesãos, engenheiros, artistas, surgiu, na Europa, uma nova concepção de trabalho, onde o saber técnico ou trabalho manual desempenhou um importante papel na formação da mentalidade moderna. Desde a Antiguidade Clássica, o trabalho manual era desprezado pelas classes mais influentes, destinados apenas às classes sociais inferiores. (Japiassu, 1997). A emancipação social dos burgueses, que muitas vezes eram também artesãos, levou à valorização não só do trabalho manual, assim como do comércio e da indústria (formação do capitalismo). Alguns cientistas da época, que tinham interesses tecnológicos devido suas habilidades práticas, permaneciam entre os artesãos, trocando informações, fundamentando, de uma forma "científica", o trabalho dos artífices. Esta cooperação entre os artesãos e os estudiosos levou a um rápido desenvolvimento e aperfeiçoamento do método experimental, o que possibilitou a união da habilidade manual com o pensamento metódico.

O crescimento das cidades e as necessidades de inovações tecnológicas vividas, particularmente, pelos artesãos de elite e os artistas-engenheiros, como por exemplo Leonardo da Vinci, formaram o pano de fundo para o movimento de quantificação da natureza (Henry, 1998). Em suas atividades, estes artistas-engenheiros desenharam seu objeto através de um conjunto de regras que se aproximavam do método da ciência moderna. Segundo Rossi, foi nos locais destes técnicos que surgiram, na realidade, as noções de geometria, não somente empregadas para descrever o real, mas também utilizadas na construção de instrumentos de precisão. Foram as primeiras discussões teóricas acerca da experimentação na produção de conhecimento sobre o mundo físico. Essas atividades superavam a simples prática de um artesão, pois utilizavam-se de cálculos e de regras para a construção de seus aparelhos.

A materialização destes artefatos tornou-se possível a partir do momento que os artesãos dominaram um conjunto de regras mas, principalmente, um conjunto de

conhecimentos, possibilitando que a prática ou a técnica pudesse ser pensada a partir de uma teoria e vice-versa.

A fusão das atividades técnicas e científicas - entre o raciocínio e o trabalho manual - contribuiu para a construção de instrumentos e máquinas, permitindo a nova classe social um poder que estava relacionado ao domínio das forças físicas a partir de um conhecimento prático. Contudo, isto só foi possível porque o mundo passou a ser encarado sob um outro e diferente ponto de vista. A visão de um mundo quantitativo, racional e mecânico substituiu a velha herança grega-medieval da postura contemplativa, qualitativa, mística e religiosa. (Japiassu, 1996).

Segundo John Henry (1997), foi no período da revolução científica moderna que se deu a constituição da matemática como linguagem e modelo para todo conhecimento científico. Não somente, no campo da técnica, dos cálculos e dos instrumentos de medidas, mas também como possibilidade de acesso a uma objetividade e a um conhecimento com pretensão ao rigor e à neutralidade.

A revolução operada pela possibilidade de domínio da natureza pela ciência implicou na mudança da concepção de natureza para a nova sociedade. A concepção totalizante de natureza homogênea concebida e concedida pela criação divina passou a ser entendida a partir da idéia de que a realidade poderia ser decifrada pelo cálculo matemático e pela observação empírica. O mundo natural seria como uma máquina que precisava ser conhecida para possibilitar melhorias materiais para a humanidade ². Foi, portanto, a partir do século XVII que se instalou a visão de mundo que determinou a hegemonia do conhecimento técnico-científico e, sobretudo, que definiu a sociedade

² Como grandes invenções técnicas que permitiram, neste período, justamente uma transformação qualitativa e quantitativa está, entre outras, a pólvora, possibilitando os armamentos de fogo, a bússola e o sextante, permitindo os avanços da navegação de longo curso e a imprensa, possibilitando um intercâmbio maior de informações.

como sendo movida pela ciência. Uma sociedade que, como enfatiza Japiassu (1997) tornou-se mecanicista, racionalista e capitalista.

Para teóricos como Paolo Rossi, o papel que a técnica desempenhou durante o período de surgimento da ciência moderna é de suma importância, pois significou um meio pelo qual o homem moderno pôde desmembrar a natureza, permitindo não só um conhecimento profundo de suas "partes constitutivas" mas o seu domínio pelo uso de instrumentos mais precisos e de fórmulas matemáticas exatas.

No entanto, há teóricos, como Alexandre Koyré (1991), que consideram que a ciência nasceu independente da técnica e dos artesãos. Para o autor, Galileu não aprendeu e nem construiu seus instrumentos de observação e suas teorias para atender a problemas práticos, mas apenas por motivos teóricos puros. (Koyré, 1991). Koyré ressalta que o uso da teoria, a partir do século XVI, foi o que criou os instrumentos científicos, tornando-os verdadeiras realizações, conscientemente, teóricas.

A discussão sobre o real papel desempenhado pela técnica no surgimento da ciência moderna é bastante polêmica, pois cada corrente apresenta uma explicação, deixando essa questão em aberto³. Contudo, é preciso, como alerta Japiassu (1997), ter o cuidado para não cair num reducionismo ao relacionar o surgimento da ciência moderna com às exigências práticas e econômicas. Apesar do mercantilismo apresentar-se com uma forte influência à racionalização, valorizando os aspectos quantitativos, racionais e práticos, a criação e emergência da ciência moderna não podem ser tratados como consequência direta ou mesmo como resposta às necessidades práticas⁴ (Japiassu, 1996). Ainda que a produção científica, naquela época, tenha sido socio-cultural-economicamente determinada, não significa dizer que foi constituída apenas para

³ No momento, a nossa preocupação está no entendimento da trajetória da racionalidade científica enquanto forma de reflexão sobre o mundo físico. No terceiro capítulo a discussão sobre a materialidade da ciência será retomada.

⁴ Segundo o Japiassu, para a burguesia, o conhecimento científico tinha um objetivo utilitário, ou seja, dominar e controlar a natureza. (1996)

utilidade material. Segundo o ponto de vista de Japiassu (1996), o surgimento da ciência moderna não pode ser encarado somente a partir de uma postura economicista, porém não se deve negar a importância dos fatores econômicos no desenvolvimento e em suas origens.

O autor nos adverte da necessidade de se ultrapassar a *visão puramente econômica da história* (Japiassu, 1997, p.167), analisando a ciência a partir de suas origens sociais e culturais, em que determinada visão de mundo instituiu também o que e o como pesquisar na vida intelectual, o que o autor chama de *normas ontológicas e metodológicas* (Japiassu, 1997, p. 167).

Como consequência da nova visão de mundo que se instalou no Ocidente a partir do século XVI, desenvolveu-se a visão quantitativa, racional e experimental de entendimento do real. Foi, como nos diz Ernst Cassirer, o momento que apareceu o *verdadeiro sentido do pensamento* (Cassirer, 1994, p.21). A razão firmou-se como instrumento indispensável ao homem moderno para a compreensão e domínio dos fenômenos naturais e sociais. Foi o *século da razão* (Cassirer, 1994, p. 23) que se caracterizou pela fé na unidade e superioridade do racionalismo e da lógica. São os tempos modernos, nos quais natureza e sociedade, homem e Deus passaram a ser entendidos como entes separados. (Japiassu, 1997)

... Trata-se de um século que viu e glorificou, na Razão e na Ciência, o 'supremo poder do homem'; século dos 'despotas esclarecidos', da verdade escancarada, da irradiação da ciência, da Razão em luta contra as trevas, do mundo repensado à luz natural, da materialidade da história, de uma força histórica agindo em todos os sentidos. (Japiassu, 1996, p.84)

Mas, se por um lado, a racionalização permitiu o anti-autoritarismo, o otimismo sobre as possibilidades humanas, o empirismo racional⁵, a ênfase na experiência e na observação, o combate às crenças, aos preconceitos e à ignorância que impediam o desenvolvimento e o progresso da sociedade; por outro lado, causou um “desendeusamento” do mundo, possibilitando o sucesso do processo de mecanização do universo e o surgimento de um novo modelo para processo de produção de conhecimento. O desencantamento decorrente do uso da razão e da ciência permitiu a sociedade libertar-se das forças divinas controladoras no que diz respeito ao conhecimento da natureza. Com o Deus supremo deslocado do centro de referência do mundo moderno, uma razão unificadora tomou o local e a função de reordenar o mundo.

A crença que possuíam de que o conhecimento estava diretamente ligado à revelação divina transferiu-se para a certeza de que os fenômenos naturais eram passíveis de descoberta, explicação e compreensão racionais. O conhecimento livrou-se da tutela de sistemas metafísicos e excluiu Deus como explicação dos fenômenos observados, tanto físicos como sociais. Os fenômenos continuavam sendo criados por Deus, mas o homem poderia entender a Sua lógica “científica”, ou seja, a “racionalidade” divina. Isto, no entanto, não significou, a negação da existência de Deus, mas Sua redefinição enquanto responsável pela ordem e o funcionamento da “máquina natural”. Depois da criação, Deus não mais interferiria no curso da natureza, dependendo apenas da capacidade racional do homem, a possibilidade de desvendá-la.

Pouco a pouco, a visão de mundo medieval, que era baseada na filosofia aristotélica e na teologia cristã, desfaleceu e o mundo moderno foi tomado pelo

⁵ Empirismo afirma que todo o conhecimento vem da experiência. O “mundo empírico” é o mundo dos sentidos, isto é, o mundo que nós podemos ver, sentir, tocar etc. A verdade encontra-se fora do sujeito e, para tanto, deve ser buscada.

otimismo em relação ao futuro possibilitado pela razão e pelo espírito científico.⁶ No período medieval, a religião influenciava a concepção de natureza e também os processos usados em sua investigação (a ciência medieval). No entanto, como condição de pensamento racional e de verdade, a ciência possibilitou uma ruptura com o mundo medieval, em particular, por sua preocupação com a validação experimental e a possibilidade de domínio dos fenômenos naturais (Japiassu, 1997), isto é, por reação às idéias aristotélicas sobre o movimento, o cosmo e o conhecimento em geral. (Buttfield, 1992)

Aristóteles entendia o conhecimento científico como oposição à *doxa* ou opinião, considerando verdade tudo que a ciência buscava saber. Para o filósofo, o “que pode ser e não ser” não poderia se tornar objeto da ciência, pois só existiria a ciência do necessário. A sensação e o acidental (o não-necessário) não constituíam objetos da ciência. Tanto para Aristóteles como para Platão, só poderia haver ciência do necessário e, conseqüentemente, do universal, o que significou por muito tempo, que, para ser considerado científico, era fundamental ser universal⁷, necessário e imutável.

Partindo do Primeiro Motor, considerado imóvel e plenamente uno, Aristóteles determinou que tudo tem uma causa e que o conhecimento científico era o meio para se chegar a ela. Esta idéia influenciou toda uma concepção medieval de que a natureza teria sido ordenada, criada e garantida por Deus. O homem não era dono da natureza, esta era dada a ele e representava a perfeição e a hierarquia natural de valores e, sobretudo, de verdades. (Japiassu, 1997).

Na concepção aristotélica de natureza, todos os corpos apresentavam como tendência natural ir de encontro ao centro do universo, a Terra. O movimento era tratado

⁶ Na arte observa-se numa obra esta transição, a pintura medieval representando o sagrado, e um novo tipo de pintura realista que surge com o renascimento, representando homens de ciência, comerciantes e políticos. (Exemplo o quadro “Os embaixadores”, de Holbein).

como uma anomalia, uma desordem na harmonia original. Somente o estado de repouso era natural e a Terra, entendida como corpo celeste imóvel, era o centro do universo no qual os firmamentos - esferas celestes ordenadas e hierarquizadas a partir do caos primitivo - circulavam em torno, num universo finito sem peso e atrito. Este modelo de explicação acerca do universo marcou o pensamento escolástico medieval e manteve-se como doutrina até a metade do século XVII, ou seja, 2000 anos! O mundo era visto e entendido através do saber aristotélico que foi aceito e difundido pela racionalidade católica, através de sua instituição, a Igreja, como uma verdade, mais do que religiosa, divina. (Japiassu, 1997)

Durante toda a Idade Média, as concepções aristotélicas de ciência e de método científico permaneceram presentes nas investigações científicas, nos ensinamentos nas universidades, bem como nas críticas, que segundo Herbert Butterfield (1992) já se encontravam de forma incipiente. O autor apresenta, por exemplo, Nicolau de Oresme (século XIV) entre outros, como um crítico importante das teorias aristotélicas, além de um pensador de idéias alternativas que acreditava em um universo colocado em funcionamento por obra divina e trabalhando sozinho igual a um relógio⁸. Contudo, o autor salienta que isso não configura antecipações na Idade Média do pensamento moderno, ou seja, a procura no passado de antecessores das idéias e teorias que foram desenvolvidas posteriormente. O que ele pretende é destacar que as teorias aristotélicas tiveram opositores antes mesmo de Galileu, e que, de certo modo, influenciaram o desenvolvimento da revolução científica moderna. (Butterfield, 1992)

No entanto, é importante salientar que as explicações de Aristóteles acerca do movimento, cosmo, espaço, substância, lugar da Terra no universo, assim como, a

⁷ Segundo Koyré (1986), a idéia de universal em Aristóteles é correspondente ao sentido de totalidade do cosmo e não ao de universalidade enquanto o que não se atém a uma especialidade; o que abrange quase por inteiro um campo de conhecimentos, de idéias, de aptidões, etc..

⁸ Idéia que seria mais tarde (início do século XVII) conhecida como mecanicismo.

postura contemplativa e submissa do homem em relação à natureza e a crença de que as verdades seriam revelações divinas, fundamentaram todo pensamento científico medieval no Ocidente, determinando uma aliança entre o pensamento científico, o filosófico e o religioso⁹. Este retorno dos medievais à cultura grega, principalmente, à obra filosófica de Aristóteles, permitiu uma representação mítica-religiosa de natureza, incorporando, à visão cristã, a idéia de um mundo hierarquizado por Deus.

Neste contexto, o pensamento aristotélico de uma ciência classificatória, especulativa, constituída a partir da observação e de percepções sensíveis, mas, essencialmente, qualitativa e mítica, transformou-se em uma doutrina. (Japiassu, 1997). Segundo John Losee (1998), na obra aristotélica, a observação¹⁰, realizada através dos sentidos, tinha uma grande importância na investigação da natureza. Aristóteles acreditava que para se chegar ao conhecimento verdadeiro da natureza era preciso que a investigação científica partisse da observação até os princípios gerais e destes, novamente, para a observação. Todo conhecimento proveniente deste método, o método indutivo-dedutivo, estabeleceria leis científicas consideradas verdades universais e necessárias. (Losee, 1998)

A concepção aristotélica, assim como a platônica¹¹, de descoberta das leis da natureza permaneceram presentes até o início da Modernidade. Já no período moderno, a observação empírica e a consciência da constância dos fenômenos determinou a generalização de leis universais que governariam os fatos científicos. A descoberta de regularidades na natureza teve uma importância prática para o homem moderno na medida em que permitiu o conhecimento, a atuação e o controle das forças naturais de forma metódica. Deixou-se, portanto, a atitude contemplativa, na qual o objetivo era

⁹ A teologia era considerada, no início do século XVII, o conhecimento sagrado que comandava todos os setores do conhecimento. (Japiassu, 1997)

¹⁰ Isto pode ser verificado nos trabalhos do próprio Aristóteles como taxonomista, onde classificou centenas de espécies biológicas, lançando as bases para a ciência dos seres vivos, a Biologia.

¹¹ Platão defendia que o entendimento do mundo só era possível pela matemática. (Japiassu, 1997 p.101)

fundamentar e afirmar as verdades da fé, para uma postura transformadora, em que a busca concentrava-se em explicações para todos os fenômenos da natureza, isenta das influências místicas e da interferência divina, encarando a natureza como um sistema regido unicamente por leis universais¹² possíveis de serem conhecidas. Até a Idade Média, a compreensão da natureza foi sempre acompanhada pelo sentimento de impotência frente a ação do homem sobre a natureza. Ao contrário, nos séculos XVI e XVII, a postura de otimismo cresceu em relação à confiança e à certeza quase ilimitada no conhecimento científico para a dominação da natureza devido as suas possibilidades práticas. A ciência tornou-se, para o cidadão moderno, a possibilidade da ação concreta na natureza.

Com isso, a quantificação da natureza, isto é, o uso da matemática e da geometria obteve um espaço maior e mais penetração nas argumentações sobre a natureza. (Buttfield, 1992). Conforme Koyré (1986), foi com Galileu que a física relacionou o estudo da natureza com a quantificação no momento em que a interrogou de forma metódica a partir da matemática e da experiência. O uso da matematização e da experimentação¹³ possibilitou um conhecimento sobre os fenômenos naturais através de fórmulas e axiomas, tornando possível conclusões mais precisas e exatas.

A fundamentação da ciência moderna, a partir da matematização e da experimentação, permitiu o abandono definitivo das doutrinas aristotélicas de compreensão do mundo físico e a busca constante pela verdade, não mais a verdade religiosa imposta ao homem, mas a verdade originada da investigação científica.

¹² O termo universal é relacionado, neste momento da história do pensamento científico, com as descobertas que podem ser reproduzidas em qualquer parte do mundo independentemente de fatores sociais: classe, raça, sexo etc. Já no pensamento aristotélico, o termo significa a relação com o universo em si, o cosmo. (Koyré, 1986)

¹³ A experimentação, segundo Japiassu (1997), não representa a realização de experiências como ponto de partida, mas sim um questionamento frente à natureza formulada de forma metódica, em uma linguagem matemática. Para Koyré (1991), isto significa dizer que a experimentação, com Galileu, é um retorno ao platonismo, na medida em que suas teorias provêm da razão (*a prioristicamente*) e não do dado

(Japiassu, 1997) Segundo Stuart Hall (1998), René Descartes (1596-1650), um dos primeiros modernos a definir a condição de humanidade pela razão, na tentativa de minimizar o ceticismo metafísico que se estabelecia, declarou que Deus era o motor primeiro do mundo:

Descartes acertou as contas com Deus ao torná-lo o Primeiro Movimentador de toda criação; daí em diante, ele explicou o resto do mundo material inteiramente em termos mecânicos e matemáticos. (Hall, 1998, p. 27)

Com os novos debates, nos tempos modernos, acerca da aquisição do conhecimento sobre a natureza, as concepções de Aristóteles e Platão foram duramente criticadas, em especial, pelos racionalistas ou idealistas (Descartes, na França) e empiristas ou realistas (Bacon, Hume e Locke, na Inglaterra). A preocupação com a busca filosófica da verdade, ou seja, com os critérios que garantissem um conhecimento verdadeiro marcou o momento em que as bases teológicas do conhecimento apresentavam-se abaladas. Isto permitiu que a questão do método científico fosse lançada (século XVII), mobilizando não apenas cientistas, mas, em outro nível, pensadores e filósofos.

O rompimento das idéias medievais a respeito da natureza do conhecimento e dos caminhos até então utilizados para sua produção, evidenciou a necessidade da utilização de uma outra "via" para se chegar à verdade. Muitos se dedicaram a discutir os caminhos que conduziriam ao conhecimento verdadeiro, bem como de se encontrar explicações para a produção do conhecimento científico. Entre eles, podemos destacar Galileu, Bacon, Descartes, Hobbes, Locke, Newton, mesmo de forma diferenciada, enfatizaram a utilização da razão, da observação dos dados sensíveis e da experiência

empírico. Esta idéia critica a posição dos empiristas que apresentam Galileu como o fundador do método experimental, no qual as idéias teóricas originam-se da experiência.

em contraposição à fé e à contemplação¹⁴, dando origem a duas formas de conceber o conhecimento: racionalismo, o conhecimento produzido *a priori* na e pela razão, ainda que recorra à experiência e o empirismo, conhecimento produzido a partir do dado empírico, elaborado pela razão num segundo momento

O termo racionalismo recorre, tradicionalmente, a um movimento filosófico do século XVII iniciado por René Descartes. Depois de Descartes, vários cientistas e filósofos continuaram seus ensinamentos ao longo da Europa e foram chamados de cartesianos¹⁵, como Benedict Spinoza, Nicholas Malebranche, Gottfried Wilhelm Leibniz, entre outros. O racionalismo é o movimento oposto ao empirismo britânico, fundado por John Locke. Dois pontos-chaves distinguem o racionalismo do empirismo. O primeiro baseia-se nas teorias diferentes sobre a origem de idéias. Os racionalistas acreditam que os conceitos são, intuitivamente, conhecidos pela razão e não pela experiência. Descartes descreveu tais conceitos como idéias inatas. Os empíricos rejeitam esta visão e discutem que todas as idéias são provenientes da experiência.

Os empíricos, Locke, Berkeley, e Hume, discutiram que o conhecimento humano originava-se a partir dos sentidos. A experiência ensinaria tudo, inclusive conceitos de relação, identidade, causa, e assim por diante.¹⁶ Os racionalistas, principalmente Descartes, Spinoza, Leibniz, examinaram os problemas do

¹⁴ Apesar da retórica anti-aristotélica, os empiristas britânicos do século XVII - Bacon, Locke, Berkeley e Hume - preservaram a essência do paradigma aristotélico de conhecimento, em que o conhecimento era uma questão individual fundamentado na experiência ou nas impressões dos sentidos e que este critério significava a correspondência das idéias com os objetos, ou seja, entre o pensamento e a realidade.

¹⁵ Cartesianismo foi o movimento dos discípulos de René Descartes, filósofo, matemático e físico francês e de seus seguidores, caracterizado pelo racionalismo, pela consideração do problema do método como garantia da obtenção da verdade e pelo dualismo metafísico.

¹⁶ Immanuel Kant (1724-1804) discutiu que o modelo da mente como uma tábua rasa seria insuficiente para explicar as convicções sobre objetos, pois alguns componentes destas convicções viriam da mente para se experimentar. Segundo Kant, a idéia não deriva nem dos sentidos nem do entendimento, mas é necessariamente concebida pela razão. Sua doutrina é caracterizada pelo criticismo, que exclui da possibilidade do conhecimento racional, os objetos da metafísica e da religião, e leva à necessidade de fundamentar a moral em imperativos categóricos gerados pela razão prática. Distinguem-se a idéia da alma (correspondente à unidade absoluta do sujeito pensante), a idéia de mundo (correspondente à sistematização completa dos fenômenos) e a idéia de Deus (correspondente à unidade de todas as existências).

conhecimento humano por um outro ângulo. Conhecimento, para os racionalistas, só seria alcançado por meio de razão. Descartes acreditou que certas verdades como, por exemplo “se penso, eu existo”, seria invulnerável ao ceticismo. A partir do conhecimento da sua própria existência, Descartes tentou construir a fundação para todo o conhecimento.

A segunda característica que distingue o racionalismo e do empirismo diz respeito aos métodos de investigação dos problemas. Os racionalistas defendem que as verdades podem ser deduzidas, com certeza absoluta, de idéias inatas, como teoremas geométricos são deduzidos de axiomas, pois a demonstração matemática era vista como a forma perfeita de se chegar à verdade, tornando-se modelo para todos os outros tipos de demonstração. Embora os empíricos tenham também usado o raciocínio dedutivo, eles puseram uma maior ênfase no método indutivo proposto por Francis Bacon.

Francis Bacon (1561-1626), um dos pioneiros do empirismo, defendeu e promoveu o método indutivo, um método sobretudo experimental, baseado na observação e na experiência. Na sua perspectiva, as leis científicas gerais resultariam de generalizações provenientes da experiência e/ou dos dados sensíveis (dos sentidos), ou seja, seriam induzidas da observação da repetição dos fenômenos, originando-se dos fatos às teorias, do particular ao geral. De acordo com o método empirista-indutivo de Bacon, que marcou por muito tempo a prática científica, a observação e a realização de experimentos precederiam a formulação de teorias. Para que se pudesse chegar a leis que permitissem a elaboração de teorias, hipóteses seriam elaboradas a partir da observação, e em seguida, experimentos seriam repetidos diversas vezes pelos pesquisadores a fim de confirmar as hipóteses.

Para Bacon, a investigação científica deveria levar ao conhecimento, ao controle e à modificação da natureza, a fim de contribuir para a melhoria da vida. A ciência

deveria estar sempre a serviço do homem. Mas, para se obter esse conhecimento correto e útil, era necessário a realização de um grande número de experiências ordenadas a fim de chegar à constituição de teorias ou axiomas gerados por meio da indução. Para isso, seria preciso que a mente estivesse limpa de opiniões e idéias pré-concebidas e que as investigações fossem realizadas em cooperativas científicas, concebendo a idéia pioneira de comunidade científica. (Losee, 1998)

No entanto, a indução foi contestada por alguns filósofos como, por exemplo, David Hume (1711-1776). Hume criticava, principalmente, a formulação de leis gerais a partir da indução, do particular para o universal. Para ele, a repetição regular de um fenômeno não garantia, por si só, a ocorrência do mesmo no futuro, isto quer dizer que a enunciação de leis gerais e teorias não poderiam ser estabelecidas apenas pela quantidade de observações. (Losee, 1998) Para Hume, o conhecimento estaria fundado na percepção como algo que faria parte do indivíduo, ou seja, o homem, e não o objeto, teria um papel ativo na produção do conhecimento, mas isto sempre a partir da experiência.

Mas, foi na segunda metade do século XVII que Descartes, em seu Discurso do Método (1637), apresentou um outro estudo sobre a sistematização do método científico. Descartes, neste livro, desenvolveu um método de investigação bem diferente de Bacon. Insistiu em uma aproximação mais dedutiva, opondo-se a idéia de indução apresentada por Bacon. Descartes era um católico devoto e não possuía nenhum interesse de se contrapor às verdades da Igreja. Ele acreditava que as idéias aristotélicas não tinham nenhum lugar na nova ciência, mas acautelado pelo que aconteceu com Galileu, propôs, com diplomacia, suas novas teorias. Em seu Princípios da Filosofia (1644), por exemplo, propôs uma teoria do sistema solar semelhante a defendida por Galileu. Ele expressava que sua teoria poderia ser usada nos ensinamentos cristãos sem contradizer os textos de Aristóteles. Descartes deu muita ênfase, em seus escritos, à

importância de se demonstrar de forma racional a existência de Deus e a imortalidade da alma, seguindo seu próprio método de investigação.

Descartes esmerou-se em conceber uma forma dedutiva de raciocinar que assegurasse um conhecimento universal, ordenado e verdadeiro. (Losee, 1998) Para o filósofo, a razão era autônoma e legitimadora da verdade (Japiassu, 1997). Mas para isso, era necessário um caminho que permitisse superar as incertezas do espírito, libertar-se de todas as opiniões antigas e duvidar de tudo para poder começar a pensar de novo. Esse enaltecimento à dúvida fazia parte de seu método, pois, para Descartes, só se devia aceitar o que podia ser colocado em dúvida. (Losee, 1998) Em sua determinação em conceber uma ciência perfeita e universal, considerou a matemática como modelo e a linguagem básica de todo o conhecimento científico. Sua ênfase estava no processo dedutivo, no qual, partindo de verdades auto-evidentes e inatas, novos conhecimentos poderiam ser, dedutivamente, derivados. Ele acreditava que o uso de suas regras metodológicas, do raciocínio matemático e da dúvida, seria o único meio que asseguraria o emprego adequado da razão para se chegar as novas verdades, evitando-se os erros.

Para o filósofo, as conclusões verdadeiras, ou seja, as idéias matemáticas, já existiriam no próprio indivíduo e seriam o ponto de partida para o conhecimento de novas certezas. Apesar de evidenciar a razão como o caminho para se chegar ao conhecimento verdadeiro, Descartes fundamentou esta possibilidade pela existência e atuação de Deus que, por ser bom e perfeito, não permitiria ao homem moderno enganar-se em relação as suas idéias. Deus seria a essência última das idéias inatas, presentes já na mente ou no espírito como fonte de verdades.

Porém, a esta opinião, John Locke (1652-1704) se opunha. Acreditava, como Bacon, que todo conhecimento era proveniente da observação e da experiência sensível, aplicando os métodos de Galileu e Newton ao estudo do conhecimento humano. Em sua

procura para encontrar a finalidade e as limitações do conhecimento, sugeriu que todo conhecimento surgia da experiência e das sensações ordenadas pela reflexão. Para Locke, não existiria idéias inatas, nem tão pouco inspiração divina na constituição das explicações sobre a natureza. Estas seriam alcançadas a partir das sensações do homem frente ao mundo. Ele acreditava que a mente humana nascia como uma “tábula rasa”¹⁷, um papel em branco que vai se compondo a partir do meio social e no qual experiências escreveriam os princípios gerais e detalhes de todo o conhecimento. Isto era completamente oposto ao que pensavam os racionalistas. Estes consideravam que o conhecimento somente seria possível através da razão, já os empiristas acreditavam que, a partir da observação e da experiência, poderia se chegar ao conhecimento verdadeiro, tornando-se o método usado nas ciências experimentais.

As metáforas de Locke como a “tábula rasa”, “livro em branco” e “quarto escuro” ilustram o seu pensamento. Sem experiência, nenhum caráter estaria escrito na mente, excetuando pelas “janelas” dos sentidos e da reflexão. Nenhuma idéia seria inata, ou seja, nenhuma fonte de idéias novas existiria diferente dessas duas citadas. Todas as idéias, ele diz, vêm da experiência, fonte da maioria das idéias que se têm, mas dependente dos sentidos.

As idéias de Locke relativas à educação e ao conhecimento ocuparam um lugar importante na história da teoria educacional. Locke dedicou uma atenção especial à experiência no desenvolvimento da mente das crianças, promovendo o poder da educação. Para ele *as mentes das crianças são facilmente desviada, deste modo ou daquele, como se fossem água* (Locke, 1999). Junto com esta visão estava uma convicção profunda na importância da educação e da amplitude de seu objetivo: adaptar o homem para viver no mundo a partir do treinamento do caráter.

¹⁷ No empirismo mais radical, estado de indeterminação completa, de vazio total, que caracterizava a mente antes de qualquer experiência.

A ênfase ora na experiência, ora na razão marcou o debate acerca do pensamento científico na Modernidade. Apesar de ser um tema que os filósofos modernos dedicaram muita atenção, esta discussão não se encontra equacionada, uma vez que até os dias de hoje a construção do conhecimento científico é motivo para as mais diferentes concepções. No entanto, segundo Losee (1998), naquele momento, estavam instituídas as bases do método científico, um caminho dos princípios (causas) às conseqüências, baseado, previamente, no conhecimento direto pela via da razão, onde as hipóteses eram deduzidas dos fenômenos observados e com a utilização da indução seria possível a quantificação e explicação dos eventos naturais. Este modelo de procedimento científico perdurou por muito tempo, sendo o método divulgado e utilizado por muitos cientistas, como por exemplo Isaac Newton, para chegar às suas proposições. A utilização do método transformou-se em condição indispensável ao avanço da ciência moderna, possibilitando, através da experimentação, a “descoberta” dos fenômenos naturais por meio de etapas racionalmente planejadas.

A revolução científica, associada à Galileu, destruiu o paradigma epistemológico aristotélico. A nova ciência, corroborada nos trabalhos de Galileu, Kepler, Newton e outros foi interpretada como sendo a única e a melhor adaptação entre pensamento e a realidade através da experiência. As realizações de Galileu fizeram uma importante distinção entre o “objeto teórico da ciência”, um sistema de definições matematicamente expressado em princípios, conceitos e relações, e os “objetos reais da ciência” que seriam os objetos ou eventos na natureza compreendidos, manipulados e descritos pelos cientistas através da instrumentação e experimentação adequada. Quando o “objeto real”, o balanço do pêndulo, por exemplo, foi descrito nas condições providas pelo objeto teórico e representada geometricamente, estava, então, em acordo com a ciência de Galileu, ou seja, a ciência moderna. (Koyré, 1986)

Naquele momento histórico, o conhecimento sobre a natureza passou a ser construído através da ótica da geometria e da experiência. Galileu foi o responsável pela divulgação do método experimental nas pesquisas científicas. A partir de seus trabalhos de mecânica e astronomia promoveu a experimentação, a matematização e o mecanicismo instaurando, desta maneira, o movimento que romperia, definitivamente, com a interpretação aristotélica de mundo. A aliança da experimentação à matematização por Galileu¹⁸ na construção do conhecimento científico moderno, segundo Koyré (1991, p.155), inaugurou a revolução científica moderna (século XVII) na medida em que destruiu toda uma concepção qualitativa do cosmo concreto, ordenado, finito e hierarquizado de forma religiosa, substituindo-a por uma concepção de universo geométrico, abstrato, infinito e homogêneo.

A dissolução do Cosmo significa a destruição de uma idéia, a idéia de um mundo de estrutura finita, hierarquicamente ordenado, de um mundo qualitativamente diferenciado do ponto de vista ontológico. Essa idéia é substituída pela idéia de um universo aberto, indefinido e até infinito, unificado e governado pelas mesmas leis universais, um universo no qual todas as coisas pertencem ao mesmo nível do Ser, contrariamente à concepção tradicional que distinguia e opunha os dois mundos do Céu e da Terra. (Koyré, 1991, p.115)

¹⁸ Para Alexandre Koyré (1991), Galileu foi responsável por uma revolução teórica na Física na medida em que introduziu a geometrização da natureza retornando, desta forma, às obras de Platão e Arquimedes.

Isto representou uma divisão entre o mundo dos fatos científicos e objetivos com o mundo dos valores e da subjetividade. Esta nova visão de mundo substituiu a relação Deus-homem, entendida como única pelo teocentrismo medieval, para a relação homem-natureza, que levava em consideração a capacidade de o homem descobrir a ordem subjacente para assim poder transformar a natureza. Como isto não expressava o rompimento com Deus enquanto causa de todas as coisas, a visão mecanicista do mundo desenvolveu a concepção de Deus-criador, cabendo ao homem apenas “descobrir” como a natureza se comporta, uma vez que já se tinha a certeza de que esta era compreensível à razão humana.

Descartes, também, esteve preocupado em separar o “conhecimento verdadeiro”, a ciência, da fé ou da metafísica. Para ele, a ciência deveria ser constituída apenas pela razão, suprimindo qualquer percepção pelo sentido. Isto seria possível com a matematização dos fenômenos, com a geometrização do espaço e com o desenvolvimento da concepção mecanicista de mundo que considerava a natureza uma máquina, a qual, para ser entendida, eram necessárias a análise e a compreensão de seu mecanismo.¹⁹

O mecanicismo tornou-se um pensamento filosófico, no século XVII, instituído, principalmente, por Galileu, Descartes, Kepler, entre outros (Japiassu, 1997). O pensamento mecanicista concebeu a natureza não como um organismo (como pensavam os Antigos Gregos), mas como uma máquina, que bastava ser desmontada peça por peça para ser conhecida a fundo. O princípio fundamental do pensamento mecanicista era

¹⁹ É importante salientar uma certa diferença entre Galileu e Descartes. Galileu esteve preocupado em conhecer de forma científica e racional o real. Já Descartes se empenhou em definir o que é o conhecimento científico. Foi com Descartes que o conhecimento sobre a natureza passou a ser concebido como possível somente através do método científico.

que a natureza poderia ser decifrada pelo método científico de maneira independente do homem.²⁰

Para os mecanicistas, os fenômenos observados deveriam ser explicados através do movimento de partículas invisíveis constitutivas de toda a matéria da natureza. Os choques entre essas partículas forneceriam a causa²¹ para os fenômenos, todavia, questões como a força de atração entre os corpos (gravitação) não conseguiam ser totalmente explicadas a partir dessa idéia. Podemos observar como Descartes, de forma quase poética, relaciona o movimento das partículas da natureza (a idéia do mecanicismo) com a idéia de um Deus criador:

... se Deus criasse agora em qualquer parte, nos espaços imaginários, suficiente matéria para compô-lo, e se agitasse de maneira diferente, e sem ordem, as diferentes partes desta matéria, de forma que compusesse com ela um caos tão tumultuado quanto os poetas possam nós fazer acreditar, e que, em seguida, não fizesse outra coisa a não ser prestar o seu concurso comum à natureza, e deixá-la agir conforme as leis por Ele estabelecidas... (Descartes, 1999, p. 70 - 71)

Na concepção mecanicista, a natureza foi reduzida a uma máquina complexa - metaforicamente, um grande relógio - cujo funcionamento regular e mecânico só poderia ser conhecido através de cálculos. A natureza passou a ser encarada como um sistema regido segundo leis mecânicas e explicada em função da organização e do movimento da matéria que a constituía. Somente pelo conhecimento mecânico e geométrico que o mundo físico - e mais tarde, a sociedade - poderia ser compreendido e

²⁰ A visão moderna-capitalista da "conquista da natureza" esteve fundamentada na eficácia tecnológica deste postulado.

²¹ O movimento das engrenagens da natureza estariam ligadas umas às outras e só poderiam existir graças a seu mecanismo próprio e à sua Causa Primeira (Deus), externa e imaterial, porém limitada apenas à criação e ao impulso inicial não mais interferindo na continuidade do movimento. (Japiassu, 1997)

passível de previsões, o que possibilitaria a “total” dominação e manipulação das forças naturais pelo homem moderno.

A adoção da concepção mecanicista decretou o abandono, por parte da maioria dos cientistas, das explicações ocultas e místicas que, até o início do século XVI, faziam parte da construção das teorias científicas. (Japiassu, 1997) O enaltecimento desta filosofia, por parte de Descartes, permitiu que a crença em uma natureza estática, inanimada e qualitativa fosse entendida como uma natureza que pudesse ser decifrada pela matemática, mas que, entretanto, continuava a ser ordenada por Deus.

Segundo Japiassu (1998), Descartes expressou, desta maneira, a estrutura filosófica que marcaria o pensamento científico analítico: a idéia de natureza como uma máquina perfeita governada por leis matemáticas exatas, que para ser entendida, em sua plenitude, era necessário dividir os fenômenos complexos em pedaços a fim de compreender o comportamento do todo a partir das propriedades das suas partes menores.²² O triunfo do projeto mecanicista deveu-se, em muito, à eficácia da ciência em promover o domínio racional da natureza na medida em que reduziu o conhecimento da natureza ao conhecimento de leis universais.

Esta filosofia não ficou restrita ao domínio do conhecimento do mundo físico. Esta lógica científicista²³, também, foi “deslocada” para o conhecimento da sociedade. A sociedade, os homens, as relações políticas e morais passaram a ser explicadas em função do fato de que todos os fenômenos na sociedade eram considerados naturais e, portanto, deveriam ser estudados da mesma forma. Assim como existiriam leis que regulam os fenômenos naturais, também as relações entre os homens seriam regidos por leis naturais. Essa lógica científicista transformou-se em uma forma de pensar,

²² Na biologia, o modelo mecanicista teve muito sucesso, principalmente, no estudo do corpo humano que, até mesmo no século XX, foi analisado como uma “maravilhosa máquina perfeita” a partir do estudo de suas partes, muitas vezes comparado ao funcionamento de um carro ou a uma casa. O todo seria a soma de todas partes.

atingindo todos os setores do conhecimento na medida em que naturalizou os processos sociais e apresentou, à dinâmica histórica, um funcionamento regido por leis absolutas, imutáveis e mecânicas cabíveis de serem desvendadas. Tornou-se, um modelo dominante de produção de conhecimento em que o único conhecimento válido seria “o conhecimento científico”, nos moldes das ciências empíricas. (Japiassu, 1997 e Lowy, 1987)

A nova forma de se conceber o mundo possibilitou uma mudança na produção do conhecimento, na sua legitimação e de seus caminhos. Tendo se constituído em modelo hegemônico da racionalidade direcionou toda a prática científica moderna, deslocando da natureza para a sociedade a visão de que todos os fenômenos estariam ordenados e submetidos a leis naturais e invariáveis, independentes da vontade e da ação humana. A partir das raízes estabelecidas pelo empirismo clássico, a sociedade, no final do século XVIII e início do XIX, passou a ser analisada segundo o mesmo método e procedimento presentes no processo de conhecimento do mundo natural. A ideia de que o objetivo da ciência era a explicação e predição de fenômenos com a finalidade de se chegar a leis universais justificou, por muito tempo, a concepção da unidade das ciências através do uso de um único método, relacionando o conhecimento somente com que podia ser desvelado cientificamente.

Esta concepção ficou conhecida como Positivismo, no qual o método de investigação das ciências da natureza, ou seja, o uso exclusivo do método empírico (verificação experimental), garantiria a objetividade desejada para se chegar ao conhecimento da realidade social dada. O positivismo chegou à sua plena consolidação no séc. XIX, quando o mecanicismo já havia marcado a lógica do Iluminismo, valorizando apenas o conhecimento objetivo e analítico. Com isso, o caminho estava

²³ Ernst Cassirer (1997) apresenta o nascimento da ciência a partir do uso da linguagem numérica. Tal linguagem (matemática) traduziu a lógica da exatidão que foi permitida pelo uso do modelo experimental.

aberto para que Augusto Comte (1798-1857), sugerindo que o conhecimento verdadeiro da sociedade poderia ser obtido, usando métodos semelhantes aos das ciências naturais, denominasse Física Social e mais tarde Sociologia o estudo dos fenômenos sociais. Comte acreditava que o pensamento humano desenvolvia-se por várias fases: mítica e religiosa, metafísica e sua fase positiva final que se caracterizava pela coleção sistemática de fatos observados. Ele afirmou que o método "positivo" seria o método científico para o estudo da sociedade.

Um dos traços característicos deste positivismo clássico²⁴, desenvolvido por Comte, é que o único conhecimento válido sobre a sociedade está fundado na observação e na experiência. Qualquer explicação metafísica é rejeitada, pois o que não pode ser verificado empiricamente carece de significado, devendo a ciência limitar-se apenas ao que é "positivo". Os valores e interesses do pesquisador, considerados obstáculos na busca do conhecimento científico verdadeiro, precisam estar separados do objeto da ciência, os fatos. Para se chegar ao estatuto de proposições científicas é importante a emancipação dos discursos ideológicos através do uso do método que garante a isenção das influências das variáveis subjetivas no resultado da pesquisa científica.

Segundo Lowy (1987), foi a partir do momento em que o capitalismo constituiu-se na forma dominante de produção, fim do século XVIII início do século XIX, que a ciência da natureza considerou a possibilidade de tornar-se independente das ideologias religiosas e/ou éticas do passado. (Lowy, 1987) Todo o processo de naturalização da sociedade e da ciência social nasceu junto com a luta da burguesia revolucionária contra o obscurantismo clerical, as doutrinas teológicas, os argumentos de autoridade, os

²⁴ Trivinos (1987) apresenta três momentos da evolução do positivismo, mostrando em que matizes se baseia cada etapa. De acordo com autor a primeira fase é o positivismo clássico fundado por Comte; a segunda fase é o empiriocriticismo no final do século XIX e início do século XX; terceira fase é o neopositivismo que compreende várias "escolas" tais como positivismo lógico, o empirismo lógico

axiomas a priori da Igreja, os dogmas imutáveis da doutrina social e política feudal. O positivismo surgiu, a princípio, como uma utopia revolucionária e crítica segundo os ideais iluministas, porém mais tarde, no final do século XIX, assumiu como objetivo ideológico dar sustentação e manutenção ao poder conquistado pela burguesia, apresentando um caráter mais conservador. (Lowy, 1987)

Nesse momento, embora o discurso do positivismo fosse de defesa da unicidade do método de investigação e do modelo único de objetividade, não se constituía apenas em uma questão metodológica, mas em uma forma de conceber, raciocinar e julgar o conhecimento frente à realidade.

O positivismo insiste em negar esta diferença, identificando as leis sociais e as leis da natureza e dissolvendo as ciências sociais e naturais no meio homogêneo de um só método científico e de um só e único modelo de objetividade. (Lowy, 1987, p. 193)

Ao defender o método das ciências naturais, a filosofia positivista partiu do princípio que as ciências sociais estariam limitadas à observação e à explicação dos fatos, eliminando a busca pelo "porquê" para se deter na descoberta das relações entre os fatos (o como). A formulação de leis e teorias sociais seriam, então, alcançadas, também, pela generalização (indução), permitindo a explicação e a predição dos fatos sociais observados.

A partir da idéia da unicidade do método, o positivismo entende ser possível unificar todos os campos do conhecimento científico através de um procedimento comum (o método) para se produzir conhecimento cada vez "melhor" sobre as

vinculados ao Círculo de Viena, o atomismo lógico, a filosofia analítica, o behaviorismo e o neobehaviorismo, além do pragmatismo, convencionalismo e o instrumentalismo.

diferentes realidades, de uma mesma maneira, independente dos valores e ideologia²⁵ do pesquisador. A ciência avançaria progressivamente, de forma contínua, acumulativa, unívoca e linear, a partir da adição ou da reformulação dos antigos conhecimentos em relação aos novos, a fim de se chegar cada vez mais perto de um conhecimento neutro e objetivo da realidade social.

Ao defender a ausência de juízos de valores na pesquisa científica, a concepção positivista enfatizou a posição fundamental do método para garantir resultados livres da influência de variáveis externas, assegurando a validade universal às proposições objetivas. Neste caso, o caminho poderia ser feito por outro pesquisador em qualquer momento, obtendo o mesmo resultado, independente do mundo social, histórico e cultural.

Até a primeira metade do século XX, o positivismo dominou as discussões sobre o método científico nas ciências sociais. Na década de 20, o positivismo emergiu com outras características, denominando-se positivismo lógico - também conhecido como empirismo lógico, neopositivismo lógico, neopositivismo. Este positivismo lógico foi desenvolvido pelo Círculo de Viena, um grupo de cientistas e filósofos interessados na análise lógica da produção do conhecimento científico. Entre seus participantes estavam Moritz Schlick²⁶, Rudolf Carnap (1891-1970)²⁷, Hans Reichenbach²⁸, Herbert Feigl (1902-1988), Otto Neurath (1882-1945) e Friedrich Waisman (1896-1959). Estes foram alguns dos mais destacados representantes do positivismo lógico. Centraram suas investigações no problema da unidade da ciência e na definição de um método científico

²⁵ Sob o ponto de vista de Lowy (1987), o termo ideologia foi definido, apesar de o próprio autor salientar as várias e contraditórias significações, como *um conjunto orgânico, articulado e estruturado de valores, representações, idéias e orientações cognitivas, internamente unificado por uma perspectiva determinada, por um certo ponto de vista socialmente condicionado* (p.12). Sem dúvida é uma definição que comporta o sentido que desejamos atribuir à questão trabalhada na dissertação, a construção social e histórica do conhecimento científico.

²⁶ Fundador do Círculo de Viena em 1924 e finalizado por volta de 1936.

²⁷ Um dos principais representantes do positivismo lógico.

²⁸ Fundador do Círculo de Berlim.

correto. As suas doutrinas mais características giravam em torno do princípio da verificação - princípio que determina que o sentido das proposições científicas depende da sua verificabilidade empírica - e do critério de demarcação entre proposições científicas e não científicas.

O positivismo lógico promoveu a teoria da verificação pelo significado²⁹ de Ludwig Wittgenstein. A teoria da verificação assegurava que declarações ou proposições só são significantes se puderem ser verificadas empiricamente. Este critério foi adotado como tentativa para diferenciar declarações científicas (significantes) de declarações metafísicas (sem sentido). De acordo com os positivistas lógico, proposições científicas universais seriam verdadeiras caso fossem verificadas através de testes empíricos. Contudo, esta concepção foi muito criticada devido a impossibilidade de se garantir a verdade de declarações universais através de um número finito de testes empíricos, ou seja, conclusões indutivas não poderiam ser justificadas somente a partir de elementos lógicos (Chalmers, 1993).

Os positivistas lógicos negavam a ligação da metafísica e da filosofia tradicional, pois muitos dos problemas filosóficos eram tidos como sem sentido. De acordo com positivismo lógico, existiriam duas fontes de conhecimento: raciocínio lógico e experiência empírica. O primeiro é analítico *a priori*, enquanto o outro é sintético *a posteriori*.

Em suma, o positivismo propôs que o mundo existiria independente do investigador, que o trabalho da ciência era desenvolver o conhecimento genuíno sobre o mundo e que todo conhecimento deveria ser avaliado e testado de forma empírica para determinar até que ponto representaria, verdadeiramente, a realidade. Isto sempre esteve relacionado com o lugar privilegiado que as ciências naturais apresentaram. Mas se, por

²⁹ Wittgenstein visava ao estudo e à construção da linguagem científica, assim como à investigação sobre as regras lógicas necessárias ao enunciado científico verdadeiro.

um lado, a tentativa foi dar às ciências sociais "status" igual ao das ciências naturais, adotando seus métodos, por outro, houve também a crítica para que as ciências sociais desenvolvessem as suas próprias idéias sobre investigação. Até 1950, o positivismo lógico dominava a reflexão filosófica sobre a ciência, mas, atualmente, sua influência é muito criticada. As discussões sobre o desenvolvimento de métodos mais adaptados à investigação social produziu um debate vigoroso entre cientistas sociais que mantinham a metodologia da ciência natural e os que buscavam um método específico para as ciências sociais, isto é, o debate quantitativo x qualitativo.³⁰

Para entendermos o contexto do desenvolvimento da ciência moderna foi necessário recuperar não só a discussão histórica acerca da "fabricação" das leis científicas (Latour, 1997) mas, também, a constituição dos construtores destas leis, interpretando-a sob a luz de Hobbes, Locke, Descartes, Hume, Leibniz e Kant em termos filosóficos da Revolução Científica, como também, Kepler, Galileu, Boyle, e Newton como cientistas-filósofos que proveram os conceitos e as visões científicas com que os filósofos, historiadores, sociólogos e antropólogos (mais recentemente) tentam compreender.

Há muito mais a dizer sobre a ciência do que o que está apresentado aqui. Um destaque importante precisa ser feito em relação à criação de dicotomias entre sujeito, poder e natureza por um lado e valores, necessidades e paixões por outro, que traspassou em nossa cultura e que predeterminou o que pode ser dito como conhecimento até hoje.

Estas dicotomias marcaram muito o pensamento científico, particularmente, a distinção de sujeito-objeto a partir do cartesianismo e da ciência empírica. Com o positivismo, a separação entre fatos e valores resultou numa mentalidade de

³⁰ O enfoque positivista nas ciências sociais sofreu uma crítica mundial no século XX, principalmente, pelos pensadores críticos da Escola de Frankfurt (Horkheimer, Adorno, Marcuse etc) e pelos

neutralidade, objetividade e de progresso possibilitada pela racionalidade científica. O caminho era: ciência → objetividade → progresso → melhoria. Os cientistas passaram ser vistos como benfeitores, racionais e "acima do bem e do mal".

Como os filósofos mostraram, os cientistas naturais da revolução científica tiveram metas explicativas bastante específicas, procurando "descobrir" como a natureza se comportava. No entanto, historiadores, sociólogos e antropólogos fizeram críticas minuciosas ao aspecto filosófico da análise da revolução científica, com relação à separação entre sujeito, valores e objeto, ou mesmo, por não levar em consideração as influências econômicas e ideológicas - como por exemplo, os problemas de navegação e comércio que influenciaram a pesquisa astronômica na mecânica celestial e quanto aos problemas de balísticas e guerra que influenciaram a física newtoniana. Isto conduziu a um reducionismo na análise sobre a ciência moderna, em que objeto, sujeito e número tomaram-se o nível mais fundo e mais seguro de explicação.

Por fim, para entendermos o contexto social das práticas científicas é preciso situar sua coletividade que, também, formalizou a ciência moderna enquanto investigação privilegiada da realidade. Ainda que o método escolástico de argumentar fosse sido substituído por um novo método científico, as universidades, onde o ensino, mesmo da matemática, ainda era teórico e abstrato, não se apresentavam adequadas para a concretização da revolução científica moderna. A partir do século XVI, grupos de interessados na produção do conhecimento científico, de forma incipiente, passaram a reunir-se informalmente, com o objetivo de buscar intercâmbio com outros praticantes e patrocínio. (Ruppert Hall, 1983)

As organizações científicas surgiram em diversos países como Itália, França, Inglaterra, apesar de apresentarem características próprias, consolidaram-se como espaços de práticas e de experimentações, na tentativa de se abandonar as especulações

metafísicas. (Japiassu, 1997). Francis Bacon já fazia notar a necessidade de socializar a ciência experimental bem como a dificuldade de se conhecer e utilizar a experiência de outros cientistas. O resultado foi novas estruturas para a investigação, as academias; novos modos de troca, as correspondências e, mais tarde, as revistas científicas.

Bacon foi quem idealizou um projeto pioneiro, a Casa de Salomão, em que preconizava um novo tipo de instituição³¹ que fosse capaz de reunir os praticantes da ciência. (Japiassu, 1997) A partir daí, vários centros tais como, a Academia del Cimento em Florença³² (de 1657 a 1667), a Royal Society of Sciences de Londres (1662), a Academia des Sciences de Paris³³, permitiram a ciência se desenvolver e legitimar. Mas, ainda no início da Modernidade, as primeiras academias funcionaram, por ordem dos reis, como verdadeiros gabinetes de estudo que aplicavam o método experimental ao progresso das artes e ofícios, quer avaliando as invenções submetidas à sua apreciação, quer realizando verdadeiras missões de investigação, como por exemplo, a determinação das longitudes marítimas para fins colonizadores.

A criação das academias científicas, formada pela junção dos pequenos grupos de pesquisadores, favoreceu a institucionalização da ciência e, principalmente, a colaboração e a divulgação de novas teorias, instrumentos e invenções entre os cientistas. Estas sociedades estabeleceram-se como locais, fora das universidades, em que os pesquisadores puderam divulgar suas idéias em laboratórios abertos e cartas científicas à comunidade, ainda constituída por uma pequena elite de cientistas amadores, permitindo a legitimação da prática científica³⁴.

Como meio de comunicação mais rápido surgiram as primeiras revistas científicas que eram a extensão das cartas científicas do século XVII. As cartas eram

³¹ A primeira academia científica foi fundada em Roma em 1601, a Academia dei Lincei. (Japiassu, 1997)

³² Local em que se realizaram vários trabalhos científicos, mas que por ação do clero (com prisões pela inquisição) fora obrigada a fechar as portas.

³³ Protegidas pelos reis da Inglaterra e da França conseguiram se estabelecer como sociedades nacionais.

enviadas para as sociedades científicas, como por exemplo a Royal Society of London, que as imprimia, distribuindo-as para a comunidade. Isaac Newton, muitas vezes, irritou-se e manteve-se resistente com relação à publicação rápida e periódica dos seus escritos antes que eles tivessem adquirido maturidade e formato completo para ser exibido na forma de livro.

As primeiras revistas faziam resenhas e comentários de livros, permitindo aos cientistas manterem-se atualizados apesar da falta de contatos pessoais e de viagens. Mas, foi somente a partir de 1850, que as revistas científicas começaram a assumir a função que tem até hoje, a de serem veículos para contribuições originais. Para autores, como Bruno Latour e Steve Woolgar (1997), a publicação do artigo científico está na base do fazer científico.

Com o surgimento das academias, das revistas e das universidades como centros de produção, o conhecimento tornou-se público, mas ainda distante do cidadão. Foi a partir de sua sistematização pela escola que o conhecimento passou a ser, efetivamente, democratizado com o objetivo de concretizar uma nova sociedade.

O surgimento da escola moderna

A época contemporânea é atravessada por um conjunto de procedimentos herdados das revoluções burguesas ocorridas a partir da segunda metade do século XVIII. O processo que conduziu à instauração de uma nova ordem social no mundo ocidental foi afetado pelo "espírito das Luzes", a partir das repercussões da Revolução Francesa e da Revolução Industrial, transformando a Europa no palco da implantação do ideário iluminista e de uma sociedade industrializada que corroborou com a ascensão

³⁴ Foi somente no final do século XVIII que a nova forma de produzir ciência ingressa nas universidades e constitui-se a profissão de cientista. (Japiassu, 1997)

da burguesia na organização do Estado Moderno³⁵. Num primeiro momento, a política iluminista definiu uma estratégia que privilegiava os interesses de uma burguesia interessada em consolidar o seu poder não só no nível econômico - com fortuna fundada no comércio, na especulação financeira e na grande propriedade fundiária - como também no político, daí o interesse na instauração do Estado burguês.³⁶ As mudanças na forma de produção começaram a ocorrer desde o final da Idade Média. A produção de mercadorias que era principalmente artesanal passou a ser realizada nas manufaturas e, mais tarde, nas indústrias. Essas transformações significaram não só uma revolução na forma de produção da vida material, mas também nas forças de trabalho, mudando, a partir desse momento, as bases do trabalho e as relações entre os trabalhadores e os empregadores.³⁷

A partir de uma determinada forma de compreensão da dinâmica histórica-social, o ponto de partida do movimento de libertação dos controles e das formas tradicionais de autoridade - o poder do rei e da Igreja Católica - seriam os ideais "revolucionários" burgueses, que transformaram-se nos princípios universais modernos e na sustentação para o sistema capitalista, baseado na luta pela igualdade perante a lei, na liberdade, na democracia, no direito à propriedade e no domínio da natureza pela ciência. Dentro do discurso liberal, estas medidas levariam à construção de uma sociedade utópica, mais dinâmica e menos hierárquica. (Touraine, 1994)

Estas atitudes criaram condições para um conjunto de transformações sociais, econômicas e políticas que proporcionaram a destruição das relações feudais,

³⁵ O processo do Iluminismo foi bem expressado através das obras de vários pensadores modernos, tais como Diderot (1713-1784), Voltaire (1694-1778), Rousseau (1712-1778), entre outros.

³⁶ Algumas aspirações da burguesia, naquela fase, concretizaram-se nos princípios da ideologia liberal: a liberdade de comércio, sem a intervenção do Estado; a negação do absolutismo, de sua legitimação religiosa e dos privilégios que este garantia; os ideais universais como a cidadania e a educação para todos; a razão iluminando as trevas das superstições e da ignorância com suas luzes, desencantando o mundo através do espírito crítico e científico.

³⁷ Para Ester Buffa (1993), essas transformações na produção da vida material influenciaram, também, a organização política, com a formação do Estado moderno; modificaram as relações do homem com a

transferindo, assim, o poder e o controle para as mãos da nova classe que se estabelecia, primariamente, no sistema econômico capitalista comercial. Esta ruptura com o passado medieval refletiu a redescoberta do valor e das possibilidades do homem, que passou a ser considerado o centro de tudo, permitindo a construção da mentalidade que, segundo Alain Touraine (1994), viria definir a Modernidade como projeto de libertação, de revolução e de triunfo da razão.

Sem a intenção de refletir de forma estática e direta o movimento da racionalidade moderna, devemos considerar como o conjunto de interesses e compromissos burgueses baseou-se, de certa forma, na necessidade de afirmação do desenvolvimento material sustentado numa confiança ilimitada na razão humana e do aperfeiçoamento completo das ciências e das artes para caminhar em busca da realização dos valores burgueses definidos a partir do indivíduo.

Touraine expõe, na Critica da Modernidade (1994), que as aspirações burguesas só se concretizariam com a destruição do pensamento tradicional e com a ruptura com o mundo sagrado e mágico, separando, desta forma, fé e razão, natureza e religião, política e Igreja, a fim de consolidar a construção de um mundo governado pela razão. Mas para que isso ocorresse era preciso que o homem moderno libertasse das autoridades religiosas, da servidão, dos privilégios de nascimento e interesses feudais,... Estas reivindicações representavam a necessidade de construir uma nova e autêntica idéia de indivíduo, não mais subordinado às revelações e vontades divinas, mas submetido às leis naturais.

A partir dos interesses da burguesia emergente que os elementos da nova sociedade foram construídos, principalmente, a idéia de que todos são livres, proprietários de si e iguais por natureza. Esses direitos, considerados pelos iluministas,

natureza, através da ciência moderna e proporcionaram alterações na organização e na formação do saber escolar, a partir da escola moderna.

naturais, formaram a base para a instauração da democracia burguesa e para a elaboração da Declaração dos Direitos do Homem e do Cidadão³⁸.

À medida que as antigas tradições foram derrubadas, os movimentos de libertação e de progresso intelectual intensificaram-se, reforçando a necessidade de um indivíduo livre da visão limitada e irracional, determinada, sobretudo, por paixões e medos (Touraine, 1994). Para que esse projeto de Modernidade conduzisse à criação de uma nova sociedade (ordenada e harmônica), a partir do novo homem (indivíduo histórico e político), a razão cognitiva substituiu a dominação das crenças religiosas e deixou de comandar apenas a atividade científica e suas aplicações para se tornar o princípio universal de organização social moderna. O caráter revolucionário da luta anti-absolutista fundamentava-se, de uma forma geral, na idéia de que era necessário a superação do pensamento ingênuo e desordenado para se obter o progresso e a melhoria da sociedade no futuro. Este movimento só se tornaria possível, na concepção iluminista, através da obtenção e do acúmulo de conhecimento em função da racionalidade da explicação científica.

A racionalização foi vista como a única possibilidade da sociedade e como instrumento poderoso e necessário à modernização (Touraine, 1994). O otimismo com relação à razão, que tem início no período conhecido como Renascimento³⁹, permitiu a

³⁸ O primeiro texto foi proposto pela Assembléia Nacional Constituinte Francesa em 26 de Agosto de 1789. Esta declaração foi elaborada no período das revoluções que proclamavam princípios contra a monarquia absoluta, porém já conferia uma universalidade à idéia dos direitos do Homem. O documento defendia a liberdade, a igualdade perante a lei, a inviolabilidade da propriedade e o direito de resistir à opressão.

³⁹ "Renascimento" é o nome dado ao grande movimento intelectual nos séculos XIV e XV, um período que viu a transição da Idade Média aos Tempos Modernos. Começou, entre outras coisas, na revolta dos homens da cultura contra a esterilidade intelectual e a estreiteza do espírito medieval, especialmente contra escolasticismo cuja severidade e o dogmatismo haviam alcançado o ponto extremo de seu desenvolvimento. O Renascimento começou na Itália e seu primeiro período (1300 a 1375) era marcado por uma revivificação universal pelo interesse na literatura e nos ideais clássicos. Era uma grande manifestação contra o fanatismo e a favor da liberdade. O segundo período do Renascimento começa aproximadamente 1375, e é marcado pelo interesse pelo estudo clássico e pelo desenvolvimento de uma educação abrangente e de uma visão nova da vida intelectual que é conhecido como Humanismo. O movimento havia ido para além da revivificação dos estudos clássicos mas para todos departamentos de vida: na filosofia substituiu os métodos puramente formais do pensamento escolástico; na ciência

construção do indivíduo histórico e criador, não somente pela valorização das suas próprias potencialidades a fim de lutar contra a sociedade estamental, a ignorância, o teocentrismo medieval e a autoridade religiosa, mas a partir da capacidade de agir frente à realidade, possível na medida em que o homem se tornasse livre de seus medos e crenças para agir de forma consciente e responsável no curso dos processos sociais. De acordo com Miguel G. Arroyo (1993), esta seria a "tarefa central" da escola moderna no projeto social da burguesia, reforçando a relação entre a formação do cidadão moderno e a educação.⁴⁰

Apesar de ser possível situar os tempos modernos a partir da formação do projeto burguês de sociedade e da gênese da produção capitalista, a partir do questionamento em relação ao poder da Igreja e da Monarquia, das novas formas de relações sociais e da ênfase na razão e na ciência, é preciso compreender este momento, também, a partir da construção de um novo saber e de uma nova educação, com novas finalidades, novos métodos, novas "verdades". Justificativas filosóficas que foram apresentadas pelos grandes movimentos do Renascimento e do Iluminismo entre os séculos XVI e XVIII, possuíam um programa fundamentado em princípios pedagógicos, constituído a partir de uma concepção de mundo e de homem, de uma visão da sociedade ligada aos diversos projetos políticos, morais e científicos destinados a torná-la melhor.

O princípio filosófico consistia em uma concepção de homem como ser autônomo e racional e no respeito fundamental a todos os seres humanos enquanto

conduziu às grandes descobertas de Galileu e de Copérnico; na arquitetura provocou a volta do estilo clássico; na arte desenvolveu a escola nova de pintar do qual Michelangelo e Raphael eram os grandes nomes; na religião sua influência é vista na Revolta por Lutero e na política-econômica, exploração marítima que conduziu à descoberta do Mundo Novo.

⁴⁰ Miguel G. Arroyo (1993) não privilegia a educação escolar e a racionalidade como condições para as transformações na produção da vida material, na constituição da ordem política e das novas relações sociais, destruindo a imagem criada de que a educação seria um dos mecanismos que determinaria a condição de cidadão e sujeito político.

dotados de livre arbítrio, racionalidade, consciência moral, capacidade imaginativa e criativa. Já o princípio sócio-político baseava-se em uma ética universal de igualdade, reciprocidade e solidariedade humana e uma ordem política de democracia justa e igualitária. Por fim, o princípio pedagógico estava fundamentado no compromisso de ajudar a todos os indivíduos na realização e aperfeiçoamento de suas potencialidades para desfrutar plenamente de todos os bens que pudesse tornar a vida humana melhor possível.

É ainda necessário acrescentar o esforço de difusão das novas idéias através do papel desempenhado pelos cientistas, comerciantes, artesãos na constituição da sociedade moderna. Estes representaram, em muitos casos, os responsáveis pela formação e organização de uma nova classe que carecia de oportunidades para se afirmar e poder definir os seus projetos políticos, sociais e científicos, proporcionando uma reforma não só no meio social, político e econômico como no ensino, com novos currículos, novos conteúdos e novos estabelecimentos escolares. Era importante, naquele momento, que o alcance dos muitos conhecimentos de natureza técnica e científica fossem divulgados, pois apesar de muitas inovações não terem tido uma aplicação prática ou se limitarem a um grupo reduzido de pessoas e de experiências, a informação contribuiria para criar entre a sociedade moderna uma maior receptividade ao "espírito das Luzes", destacando, assim, a importância e a necessidade do conhecimento científico para a nova ordem.

Dentro do projeto utópico da burguesia, a civilização, o progresso e a libertação seriam proporcionados pela razão e a ciência, considerados os únicos instrumentos do homem moderno para se apropriar e dominar o mundo natural, bem como, para lutar contra a ignorância e os dogmas estabelecidos. Mas para que estes aspectos determinassem os caminhos para a "abundância e a felicidade" era necessário a

formação de cidadãos⁴¹ preparados para fazer parte da nova sociedade. Tal processo estava sustentado na concepção de que, individualmente, cada cidadão, por seus próprios méritos, aptidões e esforços, tornar-se-iam responsáveis pela possibilidade de sucesso e fracasso da sociedade, dependendo da dedicação de cada um. Assim, as características naturais de cada indivíduo, presentes desde seu nascimento, deveriam ser atualizadas e aprimoradas a partir do domínio dos conhecimentos científicos possibilitado pelo "processo educacional".

O processo de formação deste cidadão moderno tornou-se possível a partir do papel socializador da escolarização universal e igual, baseada, dentre vários aspectos, no modelo da ciência experimental moderna. Podemos observar, no dizer do filósofo alemão Immanuel Kant, como a educação representava uma condição para a libertação e o progresso:

É entusiasmante pensar que a natureza humana será melhor desenvolvida e aprimorada pela educação, e que é possível chegar a dar aquela forma que em verdade convém à humanidade. Isto abre a perspectiva para uma futura felicidade da espécie humana. (Kant, 1996, p. 17)

Até o século XVIII, a educação humanista-liberal foi a educação adequada ao homem livre. Foi no Renascimento que surgiram os chamados humanistas. Estes humanistas preconizavam a emancipação da ignorância, dogmatismo e auto-renúncia da

⁴¹ Não existia o termo cidadão na época, usado aqui para mostrar que é o homem novo que escolhe os caminhos para a sociedade onde vive.

"Idade das trevas" ⁴² rumo a um tipo de verdade, beleza, liberdade e dignidade que seria produzido pela razão, se pelo menos esta fosse, devidamente, trabalhada. A formação do espírito humano seria possível pela cultura literária e científica. O objetivo dessa educação era alcançar a vida humana plena e digna com a apropriação da cultura e da cidadania. As tendências culturais do Iluminismo – a passagem para o pensamento científico e crítico e para a democracia liberal e igualitária – provocaram mudanças na vida do homem moderno. Apesar das diferenças de abordagem e ênfase, a escola teria o compromisso de humanizar seus alunos num espírito de liberdade intelectual, autonomia moral e democrática, empenhando-se em proporcionar o tipo de educação que, por um lado, libertasse seus alunos das algemas da ignorância, do preconceito, alienação e falsa consciência, e, por outro, os habilitasse a atualizar suas potencialidades para levar vidas autônomas, plenas e gratificantes.

Em tese, a educação implicava a existência de um ideal de perfeição humana que deveria servir como modelo universal para regulamentar a educação de todos em relação às suas potencialidades. Dentro de uma perspectiva normativa e formativa, a educação visava o cultivo de um juízo sólido e um caráter nobre para pessoas livres.

O tema central em toda a educação clássica partiu do princípio que para que um homem fosse considerado livre e autônomo era necessário uma formação a partir do conhecimento científico e da tradição.⁴³ No século XVIII, Jean Jacques Rousseau (1712-1778), criticou em seus escritos a obsessão com o progresso cultural, no

⁴² Para alguns historiadores esta definição para a Idade Média não é correta, pois esta época foi palco de mudanças e descobertas também consideradas revolucionárias. Philippe Wolff, em *Outono da Idade Média ou Primavera dos Tempos Modernos?* (1988), pergunta-se se os séculos XIV e XV foram uma época de recessão ou progresso. Apesar de salientar a impossibilidade de generalizar para toda Europa, o autor nos mostra que sem dúvida foi uma época muito dura para se viver, mas que proporcionou *uma nova geografia da Europa, as origens das grandes descobertas, o desenvolvimento das técnicas capitalistas, a difusão da escrita, depois da imprensa e do livro, a preparação social dos absolutismos...* (Wolff, 1988, p. 239)

⁴³ Do Iluminismo até o século XX – com as idéias de Kant e outros – a educação humanista clássica, expressada pelo humanista renascentista Pier Paolo Vergerio, que incluiria os estudos pelos quais se alcança e pratica a virtude e a sabedoria a partir do treinamento e desenvolvimento dos dons mais

conhecimento enciclopédico, na educação autoritária e na busca de posição social como a culpa pelos males da sociedade e pela produção da personalidade alienada, desorientada e corrupta do burguês. Rousseau introduziu uma concepção alternativa da vida saudável que atribuiu bondade às inclinações naturais e ao desenvolvimento auto-regulado do homem, ao espontâneo e lúdico exercício das faculdades naturais, ao auto-comando e autenticidade pessoal. Os bons seres humanos, argumentava, devem manifestar uma integração do sentimento com a razão e do interesse pessoal com o senso comum. Essas novas imagens da bondade humana e de educação geraram, nos séculos XIX e XX, uma mudança na teoria e na prática educacional.

No pensamento educacional moderno, encontramos as declarações básicas de Rousseau⁴⁴, entre outros filósofos, que adicionaram as noções de cuidado, crescimento, realização pessoal, confiança, experiência, autenticidade, ambiente pedagógico e democrático – todas como condições que promovem o crescimento da "jovem planta" em seu processo contínuo e auto-realizador para tornar-se melhor. Em resumo, a educação moderna poderia ser caracterizada por sua premissa fundamental de que existiria uma "natureza interna" ou um "ser fixo" que era, essencialmente, bom e único, e que deveria ser impelido a desabrochar e realizar-se, para, de acordo com interesses burgueses, rumar à existência saudável e à humanidade plena. A educação verdadeira, portanto, consistiria no meio para atualização da natureza interior do indivíduo para incluí-lo na nova sociedade.⁴⁵

elevados do corpo e da mente que enobrecem o homem, foi sofrendo modificações, tornando-se mais igualitária, crítica e liberal.

⁴⁴ As idéias de Rousseau sobre educação influenciaram, de forma profunda, a teoria educacional moderna. Ele sinalizou a importância de se aprender com livros e recomendou que as emoções de uma criança deveriam ser educadas antes da sua razão. Ele deu uma ênfase especial em aprender pela experiência.

⁴⁵ Muitos iluministas, como por exemplo Condorcet, acreditavam no desenvolvimento ilimitado do espírito humano, em que o desenvolvimento de cada indivíduo só seria possível através do trabalho da razão sobre a sucessão das gerações futuras.

Foi com a consolidação dos ideais burgueses que a necessidade de um cidadão pleno aumentou para que, em nome da *ciência, da tecnologia e da educação* (Touraine, 1994, p.19), transformasse ou *respeitasse* (Arroyo, 1993, p.56) a nova sociedade. A herança dessa forma de pensar expressou o projeto da racionalidade ocidental e marcou o surgimento da escola como meio de socializar e ascender à razão, inculcando nos indivíduos, principalmente nas crianças, o papel central do conhecimento na criação e na manutenção da sociedade racional, equilibrada e liberta dos preconceitos, das superstições e da ignorância considerados os obstáculos ao progresso.

Em princípio, a escola foi criada como instituição de transmissão do conhecimento, que passou a ser proclamado, pelos iluministas, como condição e exigência para a conquista da liberdade, da participação e da elevação moral e intelectual da sociedade. A escola moderna foi configurando-se dentro das conquistas políticas e sociais, a ponto de ser encarada como uma das instituições centrais no processo de constituição da nova ordem social. A escola seria o local que possibilitaria a instrução do indivíduo para participar no convívio social, reforçando a idéia de que o indivíduo esclarecido seria menos sujeito a enganos e à desordem, tornando-se um cidadão.

A construção do ideal emancipatório e libertador da sociedade moderna também esteve fundamentado no domínio e aquisição de novos conhecimentos, e, portanto, não poderia ser pensado e realizado sem a efetiva ação da educação formal. A educação passou a ser defendida como um direito de todos e uma obrigação do Estado que se formava, uma vez que constituía uma das formas de desenvolver a nova concepção de homem e de sociedade defendida pela burguesia. A escola, como local de desenvolvimento da dimensão racional do cidadão, firmou-se como instituição social responsável pela transmissão do conhecimento científico e pela integração do indivíduo na nova sociedade. Com o advento da escola como direito de todos, o acesso ao saber