

II

CORPO E ALMA DA TECNOCIÊNCIA

Tumba do Homem-Coisa

Ernesto Sábató

Homens e engrenagens, 1993.

2.1. Imagem e realização do universo-máquina

Lançaremos, a seguir, um olhar particular sobre a constituição da sociedade tecnocientífica. Em virtude da complexidade histórica que permeia o surgimento da ciência moderna e o seu desenvolvimento, realizaremos diversos recortes, com o intuito de convergir, rapidamente, para a nossa temática das relações entre a tecnociência e a atual organização social.

Iniciaremos nossa análise, discutindo a constituição da ciência nos séculos XVI e XVII, entendida como uma revolução, ao mesmo tempo, intelectual, socioeconômica, política e cultural (Japiassu, 1997).

Se, por um lado, o desenvolvimento da ciência moderna significou o estabelecimento de uma nova visão de mundo, é possível localizarmos alguns de seus elementos conceituais, em momentos históricos anteriores. Thuillier (1994) menciona as origens remotas dessa ciência, em esquemas intelectuais dos gregos e dos pensadores medievais. Aos primeiros, associam-se tentativas

de uma compreensão racional da realidade, um “ideal de inteligibilidade” (J. P. Vernant, citado por Rosmorduc, 1985, p. 17) baseado em raciocínios lógicos essencialmente especulativos. Quanto aos medievais, durante o século XIII, passam a cultivar a idéia de uma *scientia experimentalis*.

No entanto, é fundamental esclarecer os motivos que levaram à revolução científica, apenas no século XVII. Koyré (1991, p. 256), por exemplo, considera que os fatores sociais e econômicos não podem explicar o desenvolvimento técnico e científico da sociedade moderna. Segundo ele:

Poderíamos dizer que, se o mundo antigo não (...) fez progredir a técnica, foi porque considerou que isso não tinha importância alguma. E que se o mundo moderno o fez, foi porque lhe pareceu que, pelo contrário, isso era o que mais importava.

Uma visão diferente é defendida pelos estudiosos da ciência que advogam a importância de se considerar o desenvolvimento científico dentro do seu contexto histórico e social. Fourez (1995) caracteriza a ciência como uma instituição social humana, configurada segundo uma racionalidade e discurso típicos do “Ocidente burguês”.

A obra clássica de Thomas Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, publicada originalmente em 1962, também lançou um olhar sobre o fazer científico, procurando enxergá-lo como uma construção histórica. Segundo Bombassaro (1995, p. 41), o pensamento kuhniano poderia ser resumido nos seguintes termos: “A ciência é uma ação coletiva e um produto histórico”. Conforme a análise de Masterman sobre o livro de Kuhn (citado por Bombassaro, 1995, p. 46-47), a concepção de *paradigma* defendida por

aquele autor comportaria significados metafísicos, sociológicos e operacionais, atribuídos à realização científica. Um aspecto interessante dessa análise é a idéia de que as crenças e as ferramentas coletivas, com as quais os cientistas realizam o seu trabalho, resultam tanto de um contexto mais abstrato, relativo aos elementos filosóficos de uma determinada visão de mundo, como aqueles mais concretos e circunstanciais, referentes aos determinantes sociológicos do funcionamento da “comunidade de investigação”.

Holton (1998, pp. 96-97) amplia essa análise, ao referir-se à importância da *imaginação científica* no trabalho de pesquisa. Segundo ele:

Pois, se a lógica, a perícia experimental e a matemática são guias constantes, não são de modo nenhum suficientes para a tarefa da investigação científica. (...) o cientista usa ainda uma grande variedade de outros instrumentos, (...): *a imaginação visual, a imaginação metafórica e a imaginação temática.*

Por meio de episódios de história da ciência, Holton ilustra sua argumentação. Por exemplo, as interpretações elaboradas por Galileu a partir das suas observações da Lua, realizadas em 1609, foram possíveis não apenas em virtude de suas concepções copernicanas, mas porque, como professor de Geometria e Perspectiva, ele havia estudado o problema das sombras projetadas em diferentes superfícies e, portanto, desenvolveu uma imaginação pictórica a esse respeito.

Um exemplo da imaginação metafórica é devido a Thomas Young que, no século XIX, estabeleceu uma analogia entre as cores delgadas de uma película e os sons de uma série de tubos de órgãos. Mas, a mais complexa de todas,

seria a imaginação temática, aquela que faz com que o cientista insista numa idéia, mesmo que ela pareça pouco plausível. O seu resultado costuma ser, no entanto, imprevisível. Holton (1998) utiliza novamente como exemplo, Galileu. Ele teria desprezado a concepção de Kepler das órbitas planetárias elípticas, dado o seu fascínio pela circunferência. Do mesmo modo, Galileu comprometeu a sua física com tal concepção, ao postular que o movimento mais natural era o circular e não o retilíneo.

Numa discussão dos pressupostos filosóficos, metodológicos e epistemológicos da ciência, Abrantes (1988) utiliza o conceito de “imagens da natureza”, referindo-se a um tipo de imaginação teórica que funciona como “matéria-prima” das teorias científicas, sendo, no entanto, mais estáveis que essas. Por outro lado, tais “imagens” não apresentam uma configuração tão definida quanto a de uma teoria, comportando elementos implícitos e concepções tácitas acerca da realidade, relativos às *representações* do sujeito cognoscitivo. Essas “imagens” originam-se, também, na experiência ordinária e na linguagem cotidiana, podendo, desse modo, inspirar teorias passíveis de validação experimental.

Segundo esse marco teórico, proposto por Abrantes, o *mecanicismo*¹ surge como uma imagem da natureza fundadora da ciência moderna, mesmo que não tenha sido hegemônica, pois, ainda durante o século XVII, sobreviviam imagens da Antigüidade, as quais o mecanicismo se contrapunha. No entanto, conforme assinala Abrantes (1988, p. 22):

¹ O termo *mecanicismo* foi originalmente cunhado por E. J. Dijksterhuis, em seu livro *The Mechanization of the World Picture*, 1961 (conforme Solla Price, 1976, p. 57).

(...) a emergência de uma imagem mecanicista da natureza foi uma condição necessária para que a experimentação se qualificasse como método adequado para a obtenção de conhecimento a respeito do mundo físico.

A ontologia mecanicista contrapõe-se à visão aristotélica, que concebe a natureza como um corpo orgânico, substituindo-a por uma visão, segundo a qual os fenômenos naturais pertencem à ordem do inorgânico. Thuillier (1994, p. 109) apresenta o mecanicismo do seguinte modo:

Tudo se passa como se *mecanismos* concebidos e fabricados pelos homens tivessem permitido conceber (ou, pelo menos, perceber mais claramente) que a natureza se comportava com um rigor mecânico.

Ao esboçar uma história dos “automata”, ou dispositivos que se movem por si mesmos, Solla Price (1976) defende uma idéia contrária à maioria dos historiadores da filosofia mecanicista, afirmando a existência de uma “forte e inata” inclinação do homem, no sentido de acolher a explicação mecanicista e, então, desenvolver uma tecnologia compatível com essa perspectiva. Ele cita uma série de exemplos desses mecanismos, construídos desde a época dos egípcios, como seus “simulacra” cosmológicos, passando pelos gregos, que elaboraram dispositivos e relógios hidráulicos (Cetesibius, Heron de Alexandria, Arquimedes) e pelas clepsidras islamitas, chinesas e indianas, precursoras do relógio mecânico.

No entanto, é necessário compreendermos os motivos pelos quais a visão mecanicista ganhou força no século XVI. Ela foi valorizada por conta de uma nova ordem social e econômica, produtora de “uma profunda conversão intelectual da elite, que se afastou do <<mundo das essências>> para se debruçar sobre o <<universo experimental>>” (Delumeau, 1994, p. 153).

É uma realidade econômica e social que, efetivamente, leva ao empreendimento da ciência moderna no Ocidente. Não se trata de uma concepção reducionista da atividade científica, mas de uma contraposição à visão que procura atribuir uma aparência universal à ciência, a ponto de se eliminar tudo aquilo que remete a sua relatividade histórica, como se tal dimensão implicasse o questionamento da legitimidade do discurso científico. Ao contrário, como resultado de um processo histórico, a ciência adquire o status de patrimônio da coletividade humana, sem que para isso, seja necessário disfarçar o jogo de interesses e o contexto político e social específicos que lhe deram origem.

Os fundadores da ciência moderna encontram-se entre engenheiros, inventores e empreendedores, tornando-a uma força produtiva indispensável ao desenvolvimento do capitalismo (Chrétien, 1994). Uma das suas figuras mais importantes, Galileu Galilei (1564-1642) vincula-se à tradição dos artesãos, conforme ele próprio reconhece, no início da primeira jornada dos *Discursos e demonstrações matemáticas concernentes a duas novas ciências*, originalmente publicado em 1638:

Salviati- Parece-me que a freqüente atividade do vosso famoso arsenal, Senhores Venezianos, oferece vasto campo filosófico às inteligências especulativas e, particularmente naquela matéria que se denomina Mecânica, visto que neste lugar se constrói continuamente todo tipo de instrumentos e máquinas por numerosos artesãos (...), alguns que aliam sua perícia a um raciocínio profundo.

Durante o século XVII, a proliferação de produtos fabricados por artesãos já era grande, de tal modo que se fazia possível conceber uma continuidade entre os processos técnicos e os naturais. A simplicidade das máquinas converte-se

em modelo para toda a natureza. A geometria e a mecânica, aplicadas à construção dos mecanismos, podiam ser estendidas ao mundo natural.

Diante desse quadro, Galileu irá operar uma transformação no modo de questionamento filosófico da natureza. Ele utilizará, sistematicamente, a racionalidade geométrica e o rigor demonstrativo da matemática, promovendo uma síntese entre estas e a abordagem experimental, por meio do “experimento matematizado”. Não se trata da observação e registro simples do fenômeno natural, mas a sua reprodução, em condições tais, que todas as operações realizadas estejam matematicamente determinadas. Desse modo, as leis que regem os fenômenos podem ser expressas também em termos matemáticos, e o procedimento que se adota num determinado experimento pode ser reproduzido várias vezes e em diversas situações. As variáveis matemáticas são controladas, segundo as necessidades e hipóteses do experimentador.

É, nesse contexto, que o trabalho de Galileu é inspirado na tradição dos artesãos, construtores e engenheiros do Renascimento, pois teria ocorrido numa época de novas necessidades técnicas, motivadas pela expansão comercial. No entanto, Thuillier (1994, p. 42) faz uma ressalva à “modernização” exacerbada de Galileu, uma vez que este *“se adapta ao ideal “arcaico” (herdado de Aristóteles) de uma ciência perfeitamente demonstrativa”*. No entanto, na época em que Galileu viveu, os interesses comerciais foram fortes o suficiente para que o ideal grego de uma ciência contemplativa e o seu desprezo pelas artes mecânicas pudessem ser superados.

Ao trabalho teórico de Galileu, encontra-se vinculada a implementação da visão mecanicista da natureza, fundadora da ciência moderna. Tal associação não se encontra imune à polêmica. Primeiramente, a relação entre Galileu e o mecanicismo não se fundamenta, exclusivamente, no papel que ele teria atribuído à experimentação científica, ou mesmo a utilização que ele tenha feito de experimentos, para a obtenção de suas conclusões. De fato, há uma grande controvérsia na história da ciência sobre esse assunto. Conforme a orientação empírica ou racionalista do pesquisador, o papel da atividade experimental no trabalho de Galileu é mais ou menos ressaltado. Um desses grandes debates ocorreu entre Alexandre Koyré, autor dos *Estudos Galilaicos* (1935-1939) e Stillman Drake, que no início dos anos setenta, refez algumas experiências atribuídas a Galileu. De acordo com Koyré (citado por Thuillier, 1994, pp. 127-128), exagera-se, ao crer que a observação e a experiência foram imprescindíveis para a formulação teórica, levada a cabo por Galileu. Segundo o pensamento de Koyré, “*A boa física é feita a priori*”. Essa posição foi atacada por Drake, que, ao reproduzir procedimentos descritos por Galileu, em manuscritos inéditos depositados na Biblioteca Nacional de Florença, afirma ter obtido resultados muito próximos dos relatados naqueles documentos.

Japiassu (1997, p. 89) enquadra a obra galileana no quadro do mecanicismo, o qual define do seguinte modo:

O mecanicismo consiste na filosofia (...), segundo a qual todos os fenômenos naturais devem ser explicados por referência à matéria em movimento. A realidade física é concebida como um conjunto de partículas que se agitam e se entrecrocaram. O mundo, em seu conjunto, apresenta-se como uma espécie de sistema mecânico. A metáfora da máquina constitui o

símbolo dessa filosofia: o sistema do mundo funciona como o de um relógio.

De que modo, da imagem do universo-máquina, passamos a essa concepção de um mecanicismo ontológico, da qual Galileu é apontado como fundador? Associados à figura da máquina, os fenômenos naturais tornam-se passíveis de uma abordagem analítica e quantitativa, na qual os efeitos relacionam-se às causas, decomponíveis em elementos que cumprem funções com base em formas, movimentos e velocidades de movimentos específicos, semelhantemente ao funcionamento de uma máquina. Conforme assinala Rossi (1992, pp. 135-136):

O mundo dos fenômenos assim reconstruíveis mediante a investigação científica e o mundo dos produtos artificiais, construídos ou reconstruídos pelo intelecto ou pelas mãos, são as *únicas realidades* das quais se pode ter ciência.

Portanto, o mecanicismo articula-se a uma metafísica e a uma teologia, no qual é reservado a Deus o papel de artífice, construtor ou relojoeiro do mundo (Rossi, 1992). Essa visão da divindade e do status da investigação experimental, representou, por outro lado, a superação da visão aristotélica, segundo a qual “a arte imita a natureza”. A partir do século XVI, com uma gradativa eliminação das fronteiras entre o natural e o artificial, a arte passa a ser vista como uma atividade que poderia atribuir ao homem poder sobre o mundo natural. Um dos arautos dessa nova concepção foi Francis Bacon, ao propor um “método científico” operatório e não apenas contemplativo.

A ontologia mecanicista promoveu a unificação dos espaços particulares (astronômico, geográfico, geométrico), tornando-os indiferenciados e

eliminando a idéia aristotélica de naturezas distintas. Em seu lugar, promoveu a representação abstrata e quantitativa dos acontecimentos naturais, invocando a causa mecânica como a explicação possível a ser formulada pelos filósofos.

René Descartes (1596-1650) foi outro grande defensor da concepção mecanicista. Com ele, os mecanismos se tornam modelos para a explicação de mundo que pretende superar as concepções mágicas da Idade Média. No universo cartesiano, não há nenhuma diferença muito profunda entre a obra dos artesãos, as máquinas e os corpos naturais. De acordo com a máxima *verum ipsum factum* (só compreendemos plenamente o que fazemos), os mecanismos teriam inspirado Descartes em sua concepção do corpo humano segundo uma máquina, visto que o homem construído pelo homem (referindo-se aos “automata”) só pode ser igual ao homem construído por Deus (Marques, 1993).

As tradições atomista e epicurista também davam respaldo à concepção mecanicista de mundo, uma vez que, segundo elas, a interação entre as partículas é uma questão mecânica de choques e encaixes. Descartes concebeu um mundo constituído por diminutas e indivisíveis partículas que, não sendo fabricadas pelo homem, não necessitavam ser comensuráveis com os olhos e mãos humanos. Porém, comportavam-se como um mecanismo de relógio (Sellés e Solís, 1991).

Fundamental para a compreensão da imagem cartesiana de natureza é a idéia de “lei natural”, relacionada a uma causa mecânica, externa aos fenômenos. Ela seria identificada com a figura de um Deus criador do mundo inteligível

pelo homem, uma vez que manteria a imutabilidade das coisas, mediante princípios globais. Entre eles, a conservação da matéria e do movimento.

O deísmo cartesiano é, no entanto, incompatível com a ortodoxia cristã e foi combatido por um outra corrente do mecanicismo, denominada por Abrantes (1998, p. 73) de *dinamismo*. O seu pressuposto é que a concepção de uma matéria “passiva” não poderia explicar uma enorme quantidade de fenômenos naturais que atestam uma participação ativa da natureza na origem dos mesmos. Para os dinamistas, Deus seria uma presença constante no mundo, alterando a ordem dos acontecimentos, segundo propósitos que não poderiam ser compreendidos pelo homem. Um dos mais ilustres defensores do dinamismo foi Isaac Newton (1642-1727).

Desse modo, o mecanicismo possibilita que se instaure uma ciência da natureza distinta de uma teologia, no que se refere ao tratamento causal dos fenômenos. Mesmo Galileu, que manteve durante toda a sua vida uma atitude profundamente religiosa, contribuiu para a modificação da relação do homem com a religião e, sobretudo, com as instituições religiosas de sua época. Numa carta à grã-duquesa de Toscana (citada por Japiassu, 1991, p. 63) ele escreve:

Na discussão dos problemas de física, não deveríamos tomar por critério a autoridade dos textos sagrados, mas as experiências e as demonstrações matemáticas.

Segundo Galileu, haveria uma inteligibilidade racional prescindindo da explicação teológica na descrição dos fenômenos naturais. De acordo com as teses de Pietro Redondi, (citado por Japiassu, 1991, pp. 68-69), o real motivo da condenação de Galileu pela igreja católica não teria sido a defesa do

heliocentrismo, mas suas concepções mecanicistas, particularmente, as teses atomistas sobre a matéria.

A instauração da ciência moderna é, por outro lado, o prenúncio de uma profunda transformação no modo de produção de mercadorias. De acordo com Japiassu (1995, p. 55), Bacon é apontado por Karl Popper, como o profeta de uma idade tecnológica e científica que desembocaria na revolução industrial:

Ninguém melhor do que ele se ocupou, com tanta lucidez e profundidade, do problema dizendo respeito à influência das descobertas científicas sobre a vida humana (...): o saber precisa levar seus resultados à prática, a ciência deve ser aplicada à indústria, os homens têm o dever sagrado de organizar-se para melhorar e transformar suas condições de vida. (Japiassu, 1995, p. 32).

Os experimentos baconianos, assim chamados, não porque tenham sido realizados por Bacon, mas seguindo as suas orientações metodológicas, envolviam, no século XVII, uma série de fenômenos manufaturados, que não eram tão comuns àquela época: geradores e acumuladores eletrostáticos, termômetros, calorímetros, bombas de vácuo etc. A exploração de fenômenos térmicos, elétricos, magnéticos, químicos etc, era realizada de modo essencialmente experimental, uma vez que não era possível contar com “marcos teóricos” já estabelecidos, como aqueles utilizados pelas ciências matemáticas (astronomia, óptica geométrica, hidrostática).

Bacon é outra figura do Renascimento que irá enaltecer as artes mecânicas, atribuindo ao saber técnico um valor universal. Para ele, “*o verdadeiro caminho do conhecimento é o da experiência*” (Japiassu, 1995, p. 41). O seu

método indutivo, apresentado no *Novum organum*, preconiza uma sistemática de elaboração do conhecimento sobre o mundo, partindo sempre da experiência aos axiomas, sugerindo que a indução esteja sempre precedida pela experimentação. Sua recusa ao conhecimento *a priori* é tão forte, que ele chega a manifestar uma desconfiança em relação aos trabalhos de Galileu e seu excessivo recurso às hipóteses.

Conforme assinala Japiassu (1995), durante o século XVII, graças às concepções de Bacon, a ciência deixa de ser uma atividade de contemplação, *otium*, como concebida pelos gregos, para transformar-se numa atividade do *nec-otium*, ou seja, uma negação (*nec*) do *otium*. Com ela, a burguesia assume o controle da vida social, fundando um sistema de racionalidade, que lhe permite, mediante a utilização de máquinas e das técnicas, o domínio das coisas.

Se o homem sempre foi, basicamente, um fabricante de coisas, a partir da Idade Moderna, estava posto um novo conjunto de possibilidades que iria aumentar consideravelmente os recursos práticos e teóricos necessários à produção. A mudança no panorama do fabrico de coisas é tão grande, que Koyré (1991, p. 251) caracteriza a técnica industrial como “uma técnica da exploração de coisas” ou “da criação de coisas”.

A influência do conhecimento técnico, no surgimento da ciência, reverteu para a aplicação dos conhecimentos científicos, no desenvolvimento técnico. Estava fundada uma nova relação entre ciência e técnica: a tecnologia. Aos poucos, vão se acentuando as influências recíprocas. A matematização do real também contribui para o trabalho do engenheiro, que substitui a habilidade

tradicional do artesão pela projeção teórica de um problema técnico e sua solução via cálculo (Chrétien, 1994). Nesse contexto, é forjado o que Habermas denominou o projeto da modernidade, ou seja, o desenvolvimento tecnológico e científico ganham uma significação própria, caracterizada pela separação que passa a manter de outras esferas sociais, como a religião ou a política (Mitcham, 1990).

A modificação do trabalho do artesão pela atividade abstrata dos engenheiros contribuirá para a realimentação da imagem do universo-máquina. Enquanto o trabalho do artesão é baseado no gesto, na relação corporal com a natureza, mediante o domínio da ferramenta, a máquina autônoma do engenheiro passa a intermediar essa relação, destituindo a natureza de suas qualidades sensíveis. Não demora muito e o funcionamento da natureza é igualado ao da máquina, tornando equivalentes as leis que regem ambas. Conforme Chrétien (1994, p. 68):

Da invenção das máquinas a uma visão mecanicista da natureza inteira, com efeito sobre as técnicas de instrumentação e aparelhagem científicas, o círculo fecha-se.

O crescimento do comércio, no período medieval, é outro fator que contribui para as alterações do trabalho artesanal. No início do século XVI, artesãos italianos e alemães comercializavam seus produtos, por meio de catálogos padronizados, em função da enorme demanda pelos mesmos. Durante um período de tempo que se estende desde a Idade Média até o final do XVIII e início do século XIX, quando a atividade dos artesãos é, definitivamente, substituída pela produção industrial, operam-se grandes transformações na ordem produtiva da sociedade européia.

O surgimento das *corporações*, que congregavam um grande número de artesãos, ocorre no interior dos mosteiros, antes do século XI. Nessas instituições praticavam-se dois tipos de formação. A primeira, conduzida segundo os esquemas do *Trívio* (gramática, retórica e lógica) e *Quadrívio* (matemática, geometria, astronomia e música), destinada à formação dos cléricos. A segunda, destinada aos leigos encarregados dos serviços e da produção material (Rugiu, 1998).

Com a crise do feudalismo, surgem as cidades e ocorre a ascensão dos comerciantes. Com o crescimento da demanda pelo consumo, fundam-se, no século XII, as *universitates* (associações) dos artesãos, para a produção em quantidade e qualidade de mercadorias. Reagindo aos acontecimentos, um frade dinamarquês propõe, no século XIII, a distinção entre Artes liberais e Artes mecânicas, sendo que às primeiras correspondem as atividades implicadas no *Trívio-Quadrívio* e às segundas, todas as atividades artesanais. As Artes mecânicas são tratadas com desprezo, sendo que o nome “mecânicas” deriva do latim clássico, *moechor, aris*, correspondendo a “rebaixar”, “adulterar”, “depreciar”. Esse tratamento também é dispensado ao intelectual daquela época, considerado um artesão, pois dedicava-se à produção de bens intelectuais típicos das Artes Liberais (inicialmente, Trívio e Quadrívio, posteriormente Teologia e Direito e, ainda mais tarde, Medicina), ameaçando a exclusividade do clero nessa área. As Universidades surgem como corporações desses “artesãos intelectuais”. É a burguesia que, mais tarde, irá equiparar a produção intelectual com a material, tornando ambas, mercadorias.

Durante a Idade Média, os artesãos trabalharão de maneira independente, sendo proprietários tanto da matéria prima que utilizam, como das ferramentas com que trabalham. Comercializam, dessa maneira, não o próprio trabalho, mas o seu produto.

Com o tempo, os artífices serão superados pelos mercadores, uma vez que estes exercem o comércio dos produtos em grandes extensões territoriais não tão acessíveis ao artesão. Os mercadores desenvolvem, então, uma técnica comercial sofisticada, acumulando somas que lhes permitem oferecer financiamentos e impor um ritmo de produção. Nesse quadro, opera-se a subordinação do artesão ao mercador.

Por volta do século XVI, os artesãos atuam segundo dois sistemas de trabalho. No sistema doméstico, embora ainda mantenham a propriedade dos instrumentos de trabalho, dependem de um empreendedor, a fim de obterem matéria-prima. No sistema de manufaturas (*manu*, a mão; *factura*, ação de fazer), eles tornam-se trabalhadores parcelares e perdem o domínio de suas ferramentas. Tornam-se manufatores (Moraes, 1999, p. 159), sendo a mão-de-obra, e não mais o produto que fabricam, a mercadoria que oferecem. No entanto, embora o artesão não conte mais com uma visão global dos processos envolvidos na produção, o ofício manual continua sendo a base técnica da manufatura e, desse modo, estabelecendo um grau de hierarquia, entre aqueles que dominam alguma habilidade específica e os demais, que realizam um trabalho mecânico.

A partir do século XIX, a manufatura é sucedida pela grande indústria moderna e, com ela, a máquina substitui a ferramenta do trabalhador,

passando este a servi-la. Buffa (2000, p. 14), referindo-se ao pensamento de Marx, escreve:

Com a maquinaria o que se tem é a passagem da produção empírica à produção científicizada. É a ciência substituindo a rotina.

De acordo com Pesavento (1997, p. 20), o “sistema fábrica” é o eixo central da instalação do capitalismo. Ele engloba duas dimensões: a econômica, caracterizada pela elevação da produtividade, mediante a introdução da máquina e a aplicação da ciência e tecnologia à produção e suas implicações sociopolítico-ideológicas, relacionadas à disciplina do trabalho, à despolitização dos trabalhadores e à introjeção dos valores burgueses. Por outro lado, o amadurecimento do capitalismo irá transformar as condições da existência, por meio da inserção da ciência e tecnologia no âmbito da vida social. De acordo com Pesavento (1997, p. 19):

Esta sociedade entre ciência e tecnologia, de um lado, e sociedade capitalista, de outro, tornou-se tão íntima que passou ao senso comum entender a tecnologia como extensão do conhecimento científico, ou como aplicação da ciência ao processo produtivo capitalista.

O século XIX foi, sobretudo na sua segunda metade, uma época em que a idéia do progresso, oriunda de novos produtos e máquinas, tornou-se um valor dominante, levando a uma visão de mundo triunfante e otimista. Nessa época, estão sendo fortalecidos os vínculos entre as pesquisas científica e industrial. Se o desenvolvimento da ciência moderna estimulou a construção e difusão das máquinas, a partir de então, é o próprio conhecimento científico que se incorpora na pesquisa e desenvolvimento de novos processos e produtos.

Enquanto a Primeira Revolução Industrial do século XVIII alicerçou-se no triunfo do maquinismo, na conquista de novas fontes de energia para o funcionamento das máquinas e a sua integração maciça ao sistema produtivo, configurando uma revolução técnica, a Segunda Revolução Industrial, na virada dos séculos XIX-XX, representará o triunfo da aplicação sistemática da ciência à produção. A indústria alemã de corantes e de produtos químicos foi uma das primeiras a incorporarem cientistas em suas atividades de pesquisa. No entanto esse era apenas o começo de um processo que fez surgir um “novo mundo”. Nele encontraremos a iluminação elétrica, os automóveis, o cinema, o rádio, as geladeiras e uma série de outros eletrodomésticos. De acordo com Espindola (1998, pp. 65-66):

Os novos produtos trazem consigo uma nova concepção de vida: urbana, individualista e consumista, radicalmente diferente dos padrões de existência e comportamento dominantes até o século XIX. Não, são apenas novos bens de consumo colocados a venda, é uma nova forma de civilização, uma nova maneira de existir que surge com os novos produtos.

Particularmente nos Estados Unidos, desenvolveram-se novos métodos e processos da produção industrial. Por meio deles, os produtos eram todos padronizados, com partes intercambiáveis, sendo fabricados em larga escala, de acordo com uma seqüência de operações mecânicas simplificadas. Uma das principais implicações desse procedimento, conhecido como “sistema americano”, é que o tipo e a forma dos artigos produzidos adequavam-se aos métodos e organização da produção (Heskett, 1997). Estava instituído o *design*, caracterizado como “*uma atividade que consiste em criar, de acordo com parâmetros econômicos, técnicos, estéticos, produtos, objetos ou*

sistemas que serão a seguir fabricados industrialmente” (Vitrac, citado por Moraes, 1999, p. 172).

Desse modo, os artefatos industrializados passam a reproduzir uma estética, determinada pelas necessidades da produção e, conseqüentemente, projetados segundo uma racionalidade característica do fazer tecnocientífico. No entanto, o projeto desses produtos é de competência do designer e a fabricação realiza-se segundo uma série de etapas fragmentadas, tornando remoto o vínculo entre a concepção de um objeto e a sua execução. Tal característica do processo produtivo cria um distanciamento entre a elaboração e o consumo, autonomizando esse último em relação a uma identificação “consciente” dos princípios adotados na elaboração dos objetos industrializados. Possuí-los não significa apoderar-se daquilo que Caspar (1995, pp. 81-83) chamou de “inteligência esparramada”. Embora esse termo esteja sendo empregado por aquele autor para referir-se, especificamente, à introdução generalizada de microprocessadores nos artefatos contemporâneos, vamos estendê-lo a todo e qualquer tipo de princípio científico e tecnológico presente nos objetos, sejam eles eletrônicos ou mecânicos.

2.2. Educação Científica e Emancipação

Um dos principais lemas da Escola Nova, o *learning by doing* formulado por John Dewey (1859-1952), foi uma referência tardia ao modo de produção dos artesãos, especificamente, uma idealização da educação e atividades artesanais. Dewey presenciou a transformação dos Estados Unidos na segunda metade do século XIX. Naquele país, houve uma passagem direta do sistema

artesanal para a grande indústria, gerando uma percepção mais dramática das mudanças ocorridas com a implementação do sistema das grandes fábricas.

Rugiu (1998) correlaciona o “aprender fazendo” de Dewey com o romano *fit fabricando faber*, o artesão forma-se trabalhando. A perspectiva de Dewey era de que a escola pudesse revalorizar o trabalho manual, elevando-o a uma condição de prestígio e atribuindo-lhe um caráter de fruição. Procurava, também, contrapor-se a uma educação excessivamente formal, na qual as atividades eram de cunho essencialmente intelectual. A atitude de Dewey foi, segundo Rugiu (1998), uma espécie de nostalgia, em conflito com a nova sociedade industrial, emergida da Segunda Revolução Industrial.

Pode-se dizer, citando Sábato (1993, pp. 19-20), que o Renascimento resultou num grande paradoxo: *a desumanização da humanidade*; o indivíduo diluiu-se na massificação e o naturalismo conduziu à máquina. No entanto, nas origens da ciência moderna, havia a concepção da razão como uma força histórica, capaz de libertar e emancipar os homens, tanto do medo que ele nutria por sua fragilidade no mundo, quanto da predestinação hereditária ou religiosa do saber. Trata-se do conceito kantiano de *esclarecimento*, segundo o qual o homem deve ter “*decisão e coragem de servir-se de si mesmo sem a direção de outrem*”. Para Adorno (1995), a idéia de emancipação encontra-se relacionada ao conceito kantiano do esclarecimento.

Mas, juntamente com essa razão emancipatória que se instaura na Idade Moderna, articula-se uma segunda racionalidade, de natureza instrumental. As relações que se estabelecem entre elas são de natureza histórica. Segundo a leitura de alguns pensadores, como os alemães da Escola de Frankfurt,

Adorno e Horkheimer, à medida que a burguesia vai impondo o seu domínio sobre as demais classes sociais, a dimensão instrumental da razão vai prevalecendo sobre a sua dimensão emancipatória. Conforme salienta Pucci (1994, p. 23):

Com o surgimento do capitalismo monopolista (...), com as revoluções científicas contemporâneas, o predomínio da dimensão instrumental da Razão se torna onipresente. E a sociedade unidimensional, liderada pelos técnicos e pela ciência, se transformou em instrumento de produção e de dominação.

Nesse mundo, de acordo com Adorno e Horkheimer (citados por Pucci, 1994, p. 24), o pensamento torna-se uma ferramenta, ou seja, uma coisa. A razão instrumental caracteriza-se pela reificação de si própria. O objetivo do saber técnico torna-se a reprodução do capital e o domínio da natureza para, através dela, dominar os homens.

Por outro lado, a razão instrumental goza de um caráter excessivamente formal, o que não corresponde à totalidade da experiência formativa do sujeito. Essa última exigira uma maior continuidade e tempo, em oposição à pressa e à fragmentação da racionalidade formal. A objetivação no processo de trabalho capitalista industrial, proporcionado pela técnica, representaria a perda da *“capacidade de experimentar o objeto como algo que não é mero objeto de dominação e alienação”* (Maar, 1994, p. 65).

Para Adorno e Horkheimer, uma vez que a razão emancipatória foi obstruída pela instrumentalização burguesa da racionalidade, a educação deve empenhar-se em dissecar os vínculos entre a racionalidade e a atual estrutura

de dominação. Adorno (1995, pp. 143-144), particularmente, refere-se a uma dialética da emancipação:

De certo modo, emancipação significa o mesmo que conscientização, racionalidade. Mas a realidade sempre é simultaneamente uma comprovação da realidade, e esta envolve continuamente um movimento de adaptação.

(...) Nestes termos, desde o início existe no conceito de educação para a consciência e para a racionalidade uma ambigüidade. Talvez não seja possível superá-la no existente, mas certamente não podemos nos desviar dela.

De acordo com esse marco teórico, consideramos que a educação científica deve ter um papel destacado na constituição de uma “sociedade dos emancipados” (Adorno, 1995), dada a condição histórica da tecnociência, como produto e, ao mesmo tempo, agente da racionalidade característica da sociedade contemporânea e seus complexos dilemas.

A educação científica deve incorporar um ensino da ciência e sobre a ciência, da técnica e sobre a técnica. Sua intenção deve ser a denuncia do fetichismo da técnica como uma característica patogênica da sociedade tecnocientífica, que possibilitou a *quem projeta um sistema ferroviário para conduzir as vítimas a Auchwitz com maior rapidez e fluência, a esquecer o que acontece com estas vítimas em Auchwitz*” (Adorno, 1995, p. 133).