

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA**

Gilmar Evandro Szczepanik

**A EMANCIPAÇÃO DA TECNOLOGIA EM RELAÇÃO À
CIÊNCIA**

**Florianópolis
2014**

Gilmar Evandro Szczepanik

**A EMANCIPAÇÃO DA TECNOLOGIA EM RELAÇÃO À
CIÊNCIA**

Tese apresentada ao programa de pós-graduação do departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para a obtenção do título de doutor em filosofia.

Orientador: Dr. Alberto Oscar Cupani.

**Florianópolis
2014**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Szczepanik, Gilmar Evandro
A EMANCIPAÇÃO DA TECNOLOGIA EM RELAÇÃO À CIÊNCIA /
Gilmar Evandro Szczepanik ; orientador, Alberto Oscar
Cupani - Florianópolis, SC, 2014.
199 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa
de Pós-Graduação em Filosofia.

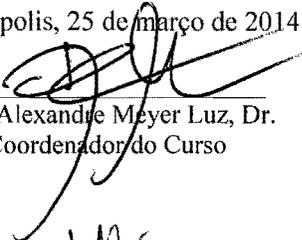
Inclui referências

1. Filosofia. 2. Filosofia da ciência e da tecnologia.
3. Metodologia científica e tecnológica. 4. Racionalidade
científica e tecnológica. 5. Progresso científico e
tecnológico. I. Cupani, Alberto Oscar . II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Filosofia. III. Título.

“A EMANCIPAÇÃO DA TECNOLOGIA EM RELAÇÃO À CIÊNCIA”

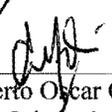
Esta tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutor em Filosofia”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Filosofia.

Florianópolis, 25 de março de 2014.

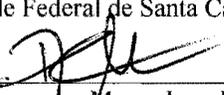


Prof. Alexandre Meyer Luz, Dr.
Coordenador do Curso

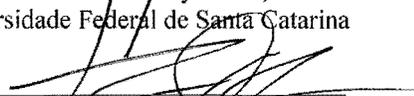
Banca Examinadora:



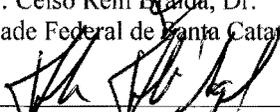
Prof. Alberto Oscar Cupani, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Alexandre Meyer Luz, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



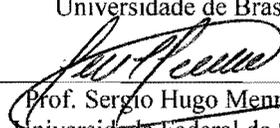
Prof. Celso Reni Braida, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Darlei Dal'Agno, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Paulo Cesar Coelho Abrantes, Dr.
Universidade de Brasília



Prof. Sergio Hugo Menna, Dr.
Universidade Federal de Sergipe

Agradecimentos

Agradeço à Capes pelo apoio financeiro realizado por meio das bolsas Reuni e DS.

Agradeço ao meu orientador e mestre professor Dr. Alberto Oscar Cupani que ao longo desses quatro anos compartilhou parte de sua vida e de seus ensinamentos comigo. Registro minha admiração por ele. Este trabalho não teria tido êxito sem seus conselhos e suas orientações.

Agradeço ao meu supervisor de estágio no exterior, o professor Ramón Queraltó Moreno (*in memoriam*). Sua austeridade, sua alegria e seus ensinamentos serão sempre lembrados.

Agradeço aos demais professores do departamento de filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina com os quais tive oportunidade de conviver, em especial aos professores Alexandre Meyer Luz e Celso Reni Braidá pelas contribuições realizadas na banca de qualificação. Agradeço aos professores Luiz Henrique de Araújo Dutra, Gustavo Caponi, Darlei Dall’Agnol e Milene Tonetto pelas conversas descontraídas sobre a tese. Uma menção especial ao professor Jason Lima e Silva pelo aprendizado obtido nas tutorias e nas viagens realizadas durante o curso de Educação à Distância.

Agradeço à Angela Gasparin, secretária do departamento de filosofia, pelo auxílio prestado, a André Cruz e à Edinéia Pedrotti pelas instruções fornecidas sobre a Educação à Distância.

Agradeço aos meus amigos Andrei Luiz Lodea, Gláucia Sandri, Márcio Secco, Mohamad Ali Younes, Marcelo Maldaner, Alexandre Lima, Marciano Spica, Marcello Doro e Leandro Ody pelos bons momentos desfrutados e vários carteados realizados.

Agradeço à Cássila Pessoa de Mello pela parceria, convivência, amizade e pelas experiências vividas conjuntamente com Tamila, Álvaro e Driz. Foram momentos únicos que o tempo não apagará.

Por fim, um agradecimento singular à minha família que sempre me deu carinho e apoio incondicional. Ao meu pai Artêmio, à minha mãe Amábile, ao meu irmão Sandro e à minha irmã Eliane. A caminhada seria muito mais difícil se vocês não estivessem sempre por perto.

Resumo

O objetivo básico desta tese consiste em explorar a índole da ciência e da tecnologia e os vínculos entre ambas para esclarecer a relação que as une. Partindo da constatação de que existem ambiguidades na compreensão da diferença entre ciência e tecnologia, procuramos aqui identificar e comparar os elementos característicos de cada uma dessas áreas, evitando que a tecnologia seja reduzida à ciência aplicada, o que em nosso entender é um erro. Para tanto, apresentamos inicialmente três modelos teóricos relativos à relação entre ciência e tecnologia: o hierárquico, que vê a tecnologia como subordinada à ciência, o não hierárquico, que as concebe como atividades conjuntas ou contínuas, e o emancipatório, que defende uma relativa autonomia da tecnologia em relação à ciência. Argumentamos que este último parece o mais adequado. Na sequência, procedemos a uma comparação da ciência e da tecnologia em três aspectos que consideramos essenciais. Nossa comparação começa com as respectivas metodologias, partindo do princípio de que a ciência é uma atividade que visa solucionar problemas relacionados ao conhecimento e a tecnologia se aplica a solucionar problemas de natureza prática. Além dos aspectos metodológicos, buscamos compreender o tipo de racionalidade vigente em cada um desses domínios, entendendo por tal a maneira como em cada uma dessas áreas justifica-se o alcance das suas correspondentes finalidades. Por fim, adotamos o mesmo procedimento em relação à ideia de progresso, identificando os critérios usados em ciência e em tecnologia para caracterizar o rumo da atividade e para avaliar seu avanço. Através da comparação dos elementos definidores da ciência e da tecnologia chegamos à conclusão de que os recursos teóricos e metodológicos desenvolvidos para possibilitar e fundamentar a prática científica são insuficientes para fazer o mesmo nas áreas tecnológicas. A irredutibilidade da tecnologia em relação à ciência e a identificação de um conjunto de características peculiares da atividade tecnológica permitem conceber uma emancipação fraca da tecnologia em relação à ciência, pois se conserva a noção de que a tecnologia pressupõe o uso da ciência, ao mesmo tempo em que se percebem traços da atividade tecnológica que não se reduzem a traços da ciência.

Palavras-chave: filosofia da tecnologia - natureza da tecnologia - relação da ciência e a tecnologia – metodologia tecnológica – racionalidade tecnológica – progresso tecnológico.

Abstract

The main purpose of this thesis is to explore the nature of science and technology and the links between them, aiming to clarify their mutual relation. After perceiving ambiguities in the understanding of the difference between science and technology, here we seek to identify and compare the specific features of each of those fields, avoiding the reduction of technology to applied science, what we consider as a mistake. In order to attain our goal, we present initially three theoretical models regarding the relation between science and technology: the hierarchic model, which imagines technology as subordinated to science; the non hierarchic model, which sees them as continuous or conjoined activities; and the emancipator model, which defends some autonomy of technology in relation to science. We argue that the last model seems the most adequate. After that, we proceed to a comparison of science and technology choosing three aspects of those activities that we judge to be essential for our purpose. We begin with the corresponding methodologies, presupposing the view that science seeks solving knowledge related problems, and technology has to do with problems of a practical nature. Besides methodology, we try to understand the kind of rationality prevailing in each of those fields, rationality meaning the way of justifying the results obtained. Finally, we analyse the idea of progress, identifying the criteria by which the direction of each activity, science and technology, is settled and its improvement judged. Through comparing the defining elements of science and technology we arrive to the conclusion that the theoretical and practical resorts developed to enable and to support scientific practice are not enough to do the same in technological areas. The impossibility of reducing technology to science and the identification of several characteristics which are peculiar to technology allows the view of a weak emancipation of technology in relation to science. That is so because the notion that technology presupposes science is preserved, at the same time that a set of aspects of technological activity are pointed up which are not found in science.

Keywords: philosophy of technology – nature of technology - relation of science and technology - technological methodology - technological rationality - technological progress

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	17
CAPÍTULO 1: CIÊNCIA E TECNOLOGIA: SUAS PECULIARIDADES E SUAS RELAÇÕES	23
1.1 A abrangência e a complexidade da reflexão filosófica sobre a tecnologia.....	23
1.2 O conhecimento tecnológico e suas especificidades.....	32
1.3 O modelo hierárquico da relação entre ciência e tecnologia.....	44
1.4 O modelo não hierárquico da relação.....	53
1.5 Um modelo emancipatório.....	55
CAPÍTULO 2: UMA COMPARAÇÃO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA A PARTIR DE SUAS METODOLOGIAS.....	61
2.1 A ciência como uma atividade de solucionar problemas de conhecimento.....	62
2.2 Teorias sobre a metodologia da ciência.....	67
2.2.1 A defesa de uma metodologia científica geral.....	67
2.2.2 O anarquismo metodológico.....	71
2.2.3 As reconstruções filosóficas alternativas da metodologia científica	74
2.3 A tecnologia como uma atividade de solucionar problemas práticos.....	80

2.4 O <i>design</i> como metodologia tecnológica.....	89
2.5 A concepção de método tecnológico de Bunge	94
2.6 O método tecnológico segundo Walter Vincenti.....	96
2.7 Há mais semelhanças ou divergências entre a metodologia científica e a metodologia tecnológica?	99
CAPÍTULO 3: Comparando ciência e tecnologia no que diz respeito à sua racionalidade	101
3.1 A concepção tradicional da racionalidade científica.....	102
3.2 As concepções alternativas de racionalidade científica..	105
3.3 A concepção da racionalidade tecnológica de Ramón Queraltó.....	109
3.4 A racionalidade tecnológica entendida a partir da estruturação do <i>design</i>	117
3.5 Os <i>designers</i> e a racionalidade: a explicação tecnológica e o plano de uso.....	128
3.6 A compreensão dos artefatos tecnológicos a partir de sua natureza dual.....	134
3.7 Racionalidade e funcionalidade.....	137
3. 8 Função própria e função acidental.....	143
3.9 Seria a racionalidade dialética de Pera aplicável nas áreas tecnológicas?.....	146
3.10 Semelhanças e divergências entre a racionalidade científica e a racionalidade tecnológica.....	149

CAPÍTULO 4: O progresso da ciência e da tecnologia.....	151
4.1 O progresso científico como problema filosófico.....	151
4.2 Os indicadores de progresso científico.....	155
4.3 A noção tradicional do progresso científico como linear e cumulativo.....	161
4. 4 O progresso científico não meramente cumulativo	163
4. 5 O progresso tecnológico.....	165
4.6 Progresso tecnológico: a eficiência e outros indicadores.....	167
4.7 Há elementos comuns entre o progresso científico e o progresso tecnológico ou eles são totalmente diferentes?....	176
Conclusão.....	179
Referências bibliográficas.....	185

Introdução

A presente tese busca realizar uma reflexão filosófica a respeito da relação entre a ciência e a tecnologia, procurando identificar as semelhanças, as divergências e as peculiaridades de cada área. A distinção entre os termos “técnica” e “tecnologia” é um problema em aberto na filosofia. Diferentes autores pertencentes às mais distintas áreas filosóficas e de diferentes períodos históricos já se ocuparam dessa problemática e acabaram proporcionando interessantes reflexões a respeito do uso de cada um deles. Por razões didáticas, nesta tese preferimos utilizar o termo tecnologia para nos referirmos aos procedimentos modernos e contemporâneos de produção de artefatos que supõem algum vínculo com a ciência. Por outro lado, empregamos o termo técnica para caracterizar aqueles procedimentos desenvolvidos pelo homem ao longo da história que não têm uma conexão com os métodos e conhecimentos científicos modernos. Assim, por exemplo, pode-se dizer que há uma técnica para pescar, para cultivar a terra, para estudar, para fazer artesanato e uma tecnologia de monitoramento eletrônico ou para a transmissão de dados eletronicamente.

Ao longo da tradição filosófica, a ciência e a tecnologia foram tomadas como objeto de estudo por diferentes pensadores. No entanto, o enfoque filosófico tradicional, geralmente centrado na “ciência acadêmica”, não procedeu à análise conjunta ou comparativa das duas áreas. Por esse motivo, acreditamos que as questões relacionadas à ciência receberam maior apreço do que as questões vinculadas à tecnologia, sendo que estas geralmente permaneceram “à sombra” dos grandes problemas filosóficos relacionados especialmente com a epistemologia, a ética, a política, a metafísica e com a ontologia. Entretanto, esse cenário começou a se modificar de uma forma radical na segunda metade do século XX com o surgimento de um novo campo de investigação filosófica denominado de “filosofia da tecnologia”, no qual as questões e os problemas da tecnologia passaram a ser abordados de forma direta.

A consolidação da filosofia da tecnologia como um ramo específico dentro filosofia¹, além de possibilitar a investigação

¹ Embora essa consolidação ainda esteja instituída claramente no cenário filosófico brasileiro. As possíveis causas dessa situação são exploradas no texto

sistemática de problemas específicos e fornecer uma vasta bibliografia² sobre os diferentes assuntos em forma de artigos, teses e livros, permitiu compreender melhor a amplitude e a complexidade que permeiam a tecnologia. Nesse aspecto, não seria exagero dizer que a filosofia da tecnologia possibilita revisar e repensar praticamente todos os problemas filosóficos clássicos a partir de uma nova perspectiva. Mas, de um modo geral, os problemas epistemológicos, éticos, políticos, ontológicos, metafísicos e estéticos que emergem a partir da tecnologia parecem não se adaptar perfeitamente na estrutura teórico-conceitual fornecida pelas teorias filosóficas consideradas clássicas, pois são problemas novos que desafiam os estudiosos da área e pressupõem respostas inovadoras.

Esse processo de reestruturação e/ou revisão filosófica produzido pelo desenvolvimento da filosofia da tecnologia tem implicações também na forma como os filósofos profissionais avaliam e entendem a relação entre a ciência e a tecnologia. Assim, o desenvolvimento da área e o aprofundamento das reflexões sobre a temática possibilitaram explorar de forma metódica a natureza da tecnologia e suas relações com a ciência. Neste trabalho, pretendemos fazer uma análise comparativa entre a ciência e a tecnologia buscando compreender quais são os elementos que estão envolvidos quando somos levados a pensar sobre ambas as áreas. Identificamos que essa análise ainda não havia sido explorada sistematicamente, apresentando-se de fato como um terreno investigativo fértil e promissor. Por essa razão, nos sentimos encorajados a levar a diante a proposta de uma “emancipação epistêmica da tecnologia” sugerida inicialmente por Ana Cuevas (2005) e depois pelo professor holandês Wybo Houkes (2009) em um texto chamado *The nature of technological knowledge*. Tal emancipação, segundo o professor, pode ser pensada a partir de duas formas diferentes: uma de natureza forte e outra de natureza fraca, sendo que a primeira pressupõe uma ruptura radical da tecnologia em relação à ciência enquanto que a segunda estipula uma emancipação mais suave, estando preocupada tanto com a irredutibilidade da tecnologia à ciência aplicada quanto com

de nossa autoria chamado “Un diagnóstico de los estudios filosóficos de la tecnología en Brasil” (SZCZEPANIK, 2013).

² As referências bibliográficas sobre o tema, em sua grande maioria, não estão disponíveis em língua portuguesa. Por esse motivo, todas as citações disponíveis nesta tese foram traduzidas por nós.

o estabelecimento de um estatuto cognitivo apropriado para a tecnologia.

Os aspectos que podem ser utilizados para a caracterização da ciência e da tecnologia são obviamente numerosos. Optamos por investigar a metodologia, a racionalidade e a ideia de progresso que, ao nosso ver, fornecem os pilares para a ciência e a tecnologia moderna e são, portanto, mais promissores para o alcance do nosso objetivo. Dificilmente pode-se ter um entendimento adequado dessas duas áreas do conhecimento sem levar em consideração seus métodos, sua racionalidade e a noção de progresso suscitada por eles. Por esse motivo, destinamos um capítulo da tese para cada um desses temas com o intuito de conseguir entender sua respectiva índole. Mas antes de iniciarmos propriamente tais abordagens consideramos necessário estabelecer algumas características básicas que fornecem a identidade da ciência e da tecnologia.

Assim, no primeiro capítulo expomos brevemente a complexidade que envolve a reflexão filosófica sobre o tema e apresentamos três modelos teóricos utilizados costumeiramente para compreender a relação entre a tecnologia e a ciência³. O primeiro modelo teórico – denominado de modelo hierárquico – tende a conceber a relação entre ciência e tecnologia a partir de uma situação de dependência entre ciência e tecnologia, sendo uma condição de possibilidade para a outra. Em uma primeira versão desse modelo, a tecnologia é concebida como um produto da ciência, isto é, ela é ciência aplicada. Em outra versão, os papéis praticamente se invertem, pois a tecnologia é entendida como condição de possibilidade para a prática e o desenvolvimento científico. O segundo modelo teórico é denominado de não hierárquico e concebe a ciência e a tecnologia como uma atividade que é realizada conjuntamente. Uma das principais teses sustentadas por esse modelo consiste em considerar que ambas encontram-se fundidas de tal modo que, por esse motivo, não faz mais sentido tentarmos compreendê-las individualmente. O terceiro modelo teórico explora a possibilidade de entendermos uma emancipação da tecnologia em relação à ciência. Trata-se de uma emancipação em um sentido fraco e

³ A relação entre ciência e tecnologia não se esgota nestes três modelos, pois certamente poderíamos desenvolver modelos alternativos que focassem elementos distintos dos aqui apresentados. Embora possam existir outros modelos, consideramos que esses três são os mais significativos para a nossa reflexão.

não radical, pois se admite que a tecnologia possua vínculos com a ciência – não sendo, por esse motivo, emancipada em um sentido forte – mas ela não pode ser concebida meramente como ciência aplicada nem como “tecnociência”⁴. A irredutibilidade da tecnologia a uma concepção de ciência aplicada nos permite pensar e defender uma emancipação da tecnologia no sentido a que nos referimos acima.

O segundo capítulo é dedicado às questões metodológicas que envolvem a prática científica e a prática tecnológica. Neste capítulo, através de uma abordagem panorâmica, buscamos compreender quais são os recursos metodológicos utilizados pelos cientistas e pelos profissionais das áreas tecnológicas. A investigação sobre os princípios metodológicos utilizados em ambas as áreas nos permite compreender e distinguir claramente a natureza dos problemas enfrentados por cada uma delas. Embora a ciência e a tecnologia possam ser concebidas como atividades que buscam solucionar problemas, elas se dedicam a problemas distintos e, para solucioná-los, adotam recursos metodológicos que lhes são peculiares. A investigação sobre os pressupostos metodológicos da tecnologia nos conduz a outros temas relevantes como, por exemplo, a questão do *design* e da explicação tecnológica. Esses temas, à primeira vista, podem causar certa estranheza àquelas pessoas ainda não familiarizadas com a filosofia da tecnologia, mas são de fundamental importância para tentarmos diferenciar a tecnologia da ciência. O *design*⁵ exerce um papel fundamental nas áreas tecnológicas e sua função pode ser equiparada àquela exercida pelo método científico nas áreas da ciência. A explicação tecnológica, por sua vez, permite ultrapassar a barreira que

⁴ B. Latour e G. Hottos introduziram esta expressão na década de 1980 para designar a conexão estreita da ciência e a tecnologia no século XX.

⁵ Como o leitor deve ter observado, preferimos manter o termo inglês, por não haver um equivalente exato em português (“desenho” é demasiado pobre para tanto, e “projeto” nem sempre é usado no sentido em que *design* é apropriado). Referente à tradução do termo *design*, consideramos problemático traduzi-lo como “projeto” ou “desenho industrial”, como foi sugerido pela banca da qualificação, pois *design* denota muito mais do que isso. Preferimos manter o termo em inglês sob a justificativa de que não há um termo equivalente (talvez o que mais se aproxime ao sentido original seria uma “estratégia [ou esquema] de ação”) em português e os demais teóricos da área utilizados na tese não veem problema neste conceito. O problema talvez resulte de que, ao falarmos vulgarmente, adotamos uma compreensão equivocada do *design* que não corresponde ao sentido técnico utilizado pelos filósofos da tecnologia.

tende a compreender a tecnologia apenas como um mero instrumento. Em outro sentido, ao sustentarmos uma emancipação fraca da tecnologia em relação à ciência sustentamos também a possibilidade da tecnologia ser uma atividade produtora de conhecimento⁶ e de explicações tipicamente tecnológicas.

No terceiro capítulo, analisamos os modelos de racionalidade que são adotados nas áreas científicas e nas áreas tecnológicas. De um modo geral, podemos dizer que há duas formas distintas de compreender a racionalidade tecnológica caracterizadas genericamente como direta e indireta. Diversos autores chegam a tocar indiretamente na questão da racionalidade tecnológica, pois os mesmos partem do princípio de que o trabalho nas áreas tecnológicas não se dá ao acaso e a tomada de decisões envolve um conjunto de critérios bastante heterogêneo. Nesse sentido, a racionalidade não é discutida diretamente, mas pode ser percebida através da estruturação e do ordenamento da própria atividade do *design*. Por outro lado, o filósofo espanhol Ramón Queraltó busca compreender a racionalidade de uma forma direta e a configura como sendo uma racionalidade operativa que se distingue em vários aspectos da racionalidade científica. Por razões didáticas, consideramos necessário lembrar que há duas concepções distintas de racionalidade científica, a saber, i) uma concepção na qual a racionalidade encontra-se necessariamente vinculada a um determinado modelo de método científico; e ii) outra concepção mais recente que está pautada pelos discursos científicos. O primeiro modelo inclui praticamente a maioria dos filósofos da ciência que se dedicaram a esse tema, enquanto o segundo modelo tem como principal representante o pensador italiano Marcello Pera (1943 -). A abordagem da racionalidade científica fornecida por esse último autor nos parece bastante interessante, pois em nosso trabalho especulamos sobre a possibilidade de adaptarmos o modelo de racionalidade dos discursos proposto por Pera para a ciência também para as áreas tecnológicas.

Por fim, o quarto capítulo é dedicado à caracterização do progresso científico e às possíveis peculiaridades do progresso tecnológico. Nele, retomamos brevemente algumas características do progresso científico, em particular a discussão sobre seu caráter

⁶ Os termos “conhecimento”, “verdade” e outros mais são empregados ao longo dessa tese não seguem uma definição rigorosa, como costumeiramente é observado pela epistemologia tradicional. Esperamos que o uso intuitivo desses termos não impeça a compreensão da nossa exposição.

cumulativo ou não cumulativo, e mencionamos a importância dos indicadores de progresso propostos pelas diversas posições filosóficas. Observamos a dedicação quase exclusiva dos filósofos aos aspectos teóricos da ciência, negligenciando sua dimensão prática. Sendo a tecnologia uma área eminentemente prática, isso nos permite indagar que tipo de avanço ela exhibe, e que tipo de indicadores de progresso podem ser utilizados.

Ao finalizar cada capítulo apresentamos as razões por que nos parece ser verossímil a concepção da tecnologia como uma área de conhecimento e ação “fracamente emancipada” da ciência, ou, em outras palavras, parcialmente autônoma.

Na nossa breve conclusão, aludimos ao fenômeno da tecnociência, que parece ameaçar a caracterização tradicional da ciência (e até sua própria existência) segundo alguns estudiosos, e que poderia, portanto, alterar nossa compreensão da tecnologia. Damos ali as nossas razões para rejeitar essa possibilidade.

CAPÍTULO 1

Ciência e tecnologia: suas peculiaridades e suas relações

Durante as últimas décadas, muitos filósofos da ciência estiveram preocupados em discutir e analisar os pressupostos epistêmicos e metodológicos existentes nas áreas científicas. Essas investigações contribuíram para legitimar a ciência como uma atividade produtora de um conhecimento confiável, apesar das críticas dos pensadores que suspeitam que haja uma valorização excessiva da ciência em nossa cultura. Por outro lado, as reflexões filosóficas sobre a tecnologia ainda estão em um estágio embrionário, embora comecem a despertar cada vez mais o interesse da comunidade filosófica, apresentando-se, em muitos casos, como um assunto inevitável a tais profissionais dada a sua abrangência e/ou suas implicações.

Como já mencionamos, nesta tese buscamos fazer uma comparação entre a ciência e a tecnologia para identificar quais os elementos que são utilizados quando empregamos cada um dos termos acima. Adiantamos que somos levados a considerar se ainda é viável mantermos a distinção entre ciência e tecnologia. Este primeiro capítulo é dedicado à apresentação das peculiaridades da tecnologia e da complexidade que envolve essa discussão. Trata-se de um capítulo introdutório no qual são apresentadas as características elementares tanto da ciência quanto da tecnologia. O mesmo tem um papel estratégico, pois nele apresentamos os diferentes modelos teóricos desenvolvidos para dar conta das relações estabelecidas entre a ciência e a tecnologia.

1.1 A abrangência e a complexidade da reflexão filosófica sobre a tecnologia

Consideramos que a complexidade que envolve a reflexão filosófica sobre a tecnologia pode ser resumida em duas grandes questões, a saber, uma i) relacionada à própria natureza da tecnologia e ao enfoque que os diferentes filósofos profissionais deram a ela e outra ii) vinculada à amplitude e à pluralidade das questões filosóficas suscitadas pela tecnologia. Em relação ao primeiro problema, merecem destaque os diferentes usos que são feitos das palavras “técnica” e “tecnologia” nas diferentes línguas sendo, por vezes, tomadas como

sinônimos e em outras tendo denotações muito específicas. O segundo problema aponta para o surgimento de uma multiplicidade de questões filosóficas a partir da tecnologia, despertando cada vez mais o interesse da comunidade filosófica. A seguir, trataremos de caracterizar melhor esses dois problemas.

O primeiro obstáculo encontrado no estudo desta temática refere-se à diversidade de termos que são utilizados para designar técnica/tecnologia. A técnica/tecnologia, como observam Mitcham e Schatzberg (2009:32), é um tema que foi estudado e discutido nas mais diversas línguas, como por exemplo, em inglês, francês, alemão, holandês, espanhol, português e italiano. Para se referir à técnica/tecnologia, por exemplo, a língua inglesa utiliza as palavras “technics”, “technique” e “technology”; a língua alemã emprega “Technik” e “Technologie” e a língua francesa utiliza “technique” e “technologie”. Mitcham e Scharzberg (*idem*) advertem que atualmente o termo “Technologie” em alemão não é idêntico ao termo “technology” em inglês, nem o significado de tecnologia em inglês do século XIX é o mesmo do século XXI. No entanto, os autores (*idem*) identificam que todos os termos utilizados pelas línguas citadas acima estão enraizados no mesmo radical grego *tekhne* (em latim *ars*) que é comumente traduzido como “arte”, “ofício” ou “habilidade”.

Como observado acima, as denominações da técnica/tecnologia são múltiplas e seguem, provavelmente, as mais variadas abordagens filosóficas. Embora cada uma das abordagens foque em elementos específicos da técnica/tecnologia, tenha características particulares e adote uma terminologia peculiar, as mesmas não podem ser rotuladas como incomensuráveis. A diversidade de pensamento sobre a temática é vasta, mas isso não impossibilita nem invalida o propósito de estabelecer relações entre os vários teóricos sobre esse assunto.

Na tentativa de compreendermos melhor essa problemática, desenvolvemos um o texto *Ao que nos referimos quando falamos em técnica/tecnologia?* (SZCZEPANIK 2011)⁷ para dar conta dos vários enfoques dos filósofos profissionais dessa temática, desde o final do

⁷ Neste artigo apresentamos três abordagens distintas da tecnologia. Resumidamente, na primeira delas falamos sobre aquela abordagem que busca capturar a essência da tecnologia e/ou explorar os impactos dela no meio ambiente, econômico, político, social e cultural. Na segunda, mencionamos os autores que sustentam uma compreensão instrumental da tecnologia. Por fim, damos espaço aos aspectos cognitivos que permeiam o universo tecnológico.

século XIX até os dias atuais. Buscamos identificar, no referido artigo, algumas das razões e os principais motivos que levaram os filósofos a caracterizar a técnica/tecnologia de um modo diverso. Diante da diversidade encontrada, discutimos a possibilidade de se estabelecer uma caracterização mais ampla e conciliatória e que fosse capaz também de superar algumas das principais divergências básicas que dificultam um entendimento mais adequado da temática. Assim, a partir do estudo realizado, fomos levados a compreender e definir a tecnologia⁸ como uma atividade *epistêmico-instrumental*. Assim, a tecnologia é considerada uma atividade consumidora do conhecimento científico, pois segundo alguns autores, a ciência fornece (parcial ou inteiramente) os elementos necessários para que a tecnologia possa se desenvolver. No entanto, ao mesmo tempo em que absorve uma parte das descobertas, das leis e das teorias científicas, a tecnologia utiliza critérios independentes para avaliar, legitimar e justificar uma regra, lei ou teoria (CUPANI 2006). Contudo, não podemos compreender a tecnologia apenas a partir de seus aspectos epistêmicos, pois ela também é uma atividade instrumental e se encontra diretamente relacionada às atividades práticas, visando suprir os desejos e as necessidades do homem. Entendemos a tecnologia como uma atividade produtora de dispositivos, artefatos⁹ e procedimentos. Ela tampouco pode ser concebida apenas através de seus aspectos objetivos e materiais. Algumas vezes, esses aspectos dificultam uma compreensão mais detalhada da tecnologia, pois ofuscam os aspectos epistêmicos ou cognitivos que lhe são inerentes. Entendemos que os aspectos materiais

⁸ Conforme já mencionado anteriormente, utilizaremos o termo “tecnologia” para designar todas aquelas práticas que possuem um vínculo com o conhecimento científico e com o próprio conhecimento tecnológico e que possuem o objetivo de produzir algo materializado ou perceptível concretamente. Utilizaremos o termo “técnica” para nos referirmos àqueles procedimentos e práticas que não se assentam sob o conhecimento científico ou tecnológico, mas no acúmulo de saber extraído prioritariamente das experiências cotidianas.

⁹ Nesta tese, quando falamos em artefatos estamos nos referindo àqueles objetos que foram desenvolvidos contando com a intervenção de algum procedimento tecnológico. Neste caso, podemos dizer que um robô, um computador ou um satélite é um artefato tecnológico, pois eles são resultado de um longo processo investigativo. De certo modo, trata-se de uma concepção mais restritiva daquela utilizada por alguns autores que tendem a considerar esquemas, modelos e o instrumental teórico, exemplares de artefatos.

manifestados pela tecnologia podem ser comparados a ponta de um *iceberg*, enquanto que os aspectos cognitivos junto aos aspectos econômicos, sociais e culturais encontram-se submersos. Na realidade, existe uma grande dificuldade em identificar, esclarecer e descrever os vínculos e as relações existentes entre o conhecimento abstrato articulado e a atividade de planejamento e construção de um objeto tecnológico. Na tecnologia, o conhecimento encontra-se diretamente vinculado à prática e esta, por sua vez, precisa ser mediada epistemologicamente por um conhecimento sistemático.

O segundo obstáculo encontrado pelos filósofos que se dedicam ao estudo da filosofia da tecnologia consiste na abrangência dos problemas e das questões produzidas pela tecnologia. Essa dificuldade foi notada por diferentes autores como Bunge (1980) – que é tido como um dos fundadores da filosofia da tecnologia ao lado de Ortega y Gasset e Heidegger – que forneceu inúmeras contribuições para a área e Mitcham (1994a) que ajudou a consolidar a filosofia da tecnologia como uma disciplina filosófica nos Estados Unidos.

Bunge (1980, p. 186), por exemplo, parte do princípio de que “o primeiro problema levantado pela tecnologia é o de sua caracterização, porquanto não há consenso quanto à sua definição”. Como mencionamos anteriormente, as pessoas, sejam elas leigas ou inseridas dentro de uma tradição filosófica, podem ser levadas a entender essa palavra de diferentes modos. Para evitar esse problema, Bunge (ibidem) nos apresenta a seguinte definição de tecnologia:

Definição. Um corpo de conhecimentos é uma *tecnologia* se, e somente se,

- (i) é compatível com a ciência contemporânea e controlável pelo método científico, e
- (ii) é empregado para controlar, transformar ou criar coisas ou processos, naturais ou sociais.

Ao estabelecer uma definição de tecnologia Bunge resolve o problema inicial, mas tal proposta ainda é insuficiente para solucionar os múltiplos e variados problemas que perpassam, por exemplo, a gnosiologia, a ética, a ontologia e a axiologia. A título de exemplo, reconstruímos a seguir alguns questionamentos levantados inicialmente por Bunge (1980) que refletem a diversidade e a complexidade dos problemas que emergem a partir de uma análise mais minuciosa da tecnologia. São eles:

- Em que se diferenciam as regras tecnológicas das leis científicas?
- Em que se fundamentam os prognósticos feitos em tecnologia, e em que difere sua função do papel exercido pelas previsões em ciência básica?
- Possuem os artefatos e os compostos homem-máquina leis próprias, diferentes daquelas estudadas pela ciência básica?
- Pode-se dizer que os artefatos são materializações ou corporizações de ideias?
- Que classe de valores manipula o tecnólogo: econômicos, sociais, cognoscitivos, estéticos ou morais?
- Que indicadores de valores tecnológicos são mais fidedignos: a razão benefício/uso, o tempo ganho, ou outros?
- Como poderia ser formalizada a noção de grau de eficiência¹⁰ de uma ação?
- Em que consiste um plano de ação? Qual é sua estrutura formal? (BUNGE, 1980, p. 195-206)

A partir dos problemas elencados acima, parece fácil compreender por que Bunge insiste que devemos procurar os “pressupostos filosóficos da Engenharia” (caso típico de tecnologia), sem nos determos unicamente nos efeitos e nos impactos das aplicações tecnológicas, buscando também ir além da visão de que a tecnologia é um instrumento que “desumaniza o homem” ou de que a mesma seja

¹⁰ Os teóricos da tecnologia analisados nesta tese não mantêm uma rígida distinção entre os termos “eficácia” e “eficiência”. Observamos que quando o termo “eficácia” for utilizado nesta tese ele está representando a opinião de um determinado autor que, por diferentes motivos, pode estar empregando-o desta forma. Nesta tese, o termo “eficiência” será constantemente empregado e o analisaremos mais ao abordarmos a questão do progresso tecnológico. No momento, compete-nos apenas reproduzir o alerta de Quintanilla (2005, p. 51), a saber: “não é fácil definir a eficiência de uma ação. No momento, podemos nos contentar com a noção intuitiva segundo a qual uma técnica é mais eficiente que outra se consegue o mesmo resultado com menor custo (seja econômico, seja energético, seja de tempo, etc.), ou se com o mesmo custo ela consegue um resultado mais valioso, sempre que os valores dos resultados de ambas sejam comparáveis. No entanto, a dificuldade reside na valoração objetiva dos resultados e dos custos”.

igual à ciência. Deste modo, ressalta Bunge (1980), é preciso prestar atenção ao processo tecnológico e à riqueza conceitual do mesmo. Como temos visto, Bunge aponta diversas questões que parecem claramente transcender a esfera científica, porém, no princípio de seus escritos, deu a entender que a tecnologia era ciência aplicada.

Assim como Bunge (1980), Mitcham (1994) também reflete sobre a complexidade que permeia a análise filosófica da tecnologia e considera que a tecnologia deve ser compreendida como uma realidade que vai muito além da produção e criação de objetos tecnológicos. Numa tentativa de sintetizar a abordagem filosófica sobre a tecnologia, Mitcham (1994a) afirma que a tecnologia pode se manifestar de quatro modos distintos, a saber, *como objeto, como conhecimento, como atividade e como volição*.

Quando pensamos em tecnologia, automaticamente a vinculamos aos modernos e diversos exemplares oriundos das engenharias, como os computadores, automóveis, aviões e armas nucleares. A caracterização da tecnologia como produtora de objetos pode ser imediata, mas não é simples. A complexidade da caracterização da tecnologia como *objeto* deve-se à pluralidade de objetos – e suas distintas estruturas – produzidos pela mesma. Mitcham (1994a) analisa, por exemplo, a diferença que há entre instrumentos tecnológicos simples (que podem ser manipulados pela mão humana ou pela força humana) e máquinas tecnológicas complexas que têm a capacidade de desempenhar atividades independentes da força humana¹¹. O grau de dificuldade na caracterização da tecnologia como objeto se multiplica quando somos levados a analisar o processo de criação e construção de uma determinada máquina, assim como quando somos levados a pensar sobre a dimensão social dos artefatos tecnológicos e a influência que eles têm sobre o homem, a sociedade, o meio ambiente e os demais animais.

A caracterização da tecnologia como *conhecimento*¹², por sua vez, tem recebido significativa apreciação pelos filósofos analíticos,

¹¹ Não há unanimidade terminológica a propósito dessa distinção. Rachel Laudan (1984a) emprega o termo “tecnologias individuais” e Walter Vincenti (1990) prefere o termo dispositivos (*devices*) para se referir a tecnologias mais simples. Para as tecnologias mais complexas esses autores preferem utilizar, respectivamente, os termos “tecnologias complexas” e “sistemas”.

¹² Na próxima seção analisaremos de forma mais detalhada a noção de conhecimento tecnológico.

afirma Mitcham. As tentativas de analisar a dimensão cognitiva da tecnologia implicam em uma concepção não reducionista da tecnologia à noção de ciência aplicada. Assim, o autor estabelece uma análise comparativa entre ciência e tecnologia, evidenciando argumentos favoráveis ao reconhecimento de máximas, leis, regras e teorias tecnológicas, distintas de suas correlatas científicas. Neste caso,

As leis científicas (que podem ser integradas em teorias gerais) descrevem padrões objetivos de fatos ou fenômenos empíricos na natureza e podem ser mais ou menos verdadeiros; as regras tecnológicas prescrevem cursos de ação e podem ser mais ou menos efetivas (MITCHAM, 1994a, p. 197).

A ideia inicial da passagem acima foi originalmente desenvolvida por Bunge (1985b) e tinha como propósito básico distinguir a tecnologia da ciência. Tal distinção poderia ser obtida pelo viés interno no qual seria analisada a natureza do conhecimento, das regras e dos enunciados nomológicos e nomopragmáticos¹³ das áreas, e, por um viés externo no qual seriam identificados os problemas e os objetivos que elas perseguem¹⁴.

Outra forma adotada por Mitcham (1994a) de caracterizar a tecnologia é compreendê-la como *atividade*. O autor reconhece que essa concepção é menos comum que duas apresentadas anteriormente, mas nem por isso é menos importante. A tecnologia como atividade assume um papel central, pois é através da mesma que é possível unir o desejo e a vontade de inventar algo mediante o conhecimento disponível com a

¹³ Um bom exemplo de enunciados nomopragmáticos é apresentado inicialmente por Bunge (1985) e retomado posteriormente por Mitcham (1994a, p. 198): “Uma breve ilustração: o enunciado nomológico que afirma “A água ferve a 100⁰ celsius” (“nomológico” porque ele simplesmente descreve uma conjunção empírica entre o ponto de ebulição e a temperatura) possibilita o enunciado nomopragmático: “Se a água é aquecida até 100⁰ celsius, então ela entra em ebulição” (“nomopragmático” porque se trata de uma regra que orienta uma conduta). Isso pode servir de base para algumas regras tecnológicas; “Para ferver a água, esquentea-a até 100⁰ celsius”, “para evitar que a água ferva, mantenha sua temperatura abaixo de 100⁰ celsius” e assim por diante.

¹⁴ O assunto referente à natureza e aos objetivos da ciência e da tecnologia será retomado no próximo capítulo.

criação e o desenvolvimento de determinado artefato ou dispositivo. Assim, não basta ao homem ter o desejo de desenvolver determinado artefato. É preciso que haja disponibilidade técnica para desenvolvê-lo. Há limites técnicos que impedem a realização de muitos sonhos e projetos tecnológicos. A criação de novos artefatos depende, primeiramente, da disponibilidade de recursos e de matérias-primas e, em segundo lugar, do conhecimento e da criatividade que possibilitam ordenar e/ou transformar esses recursos em um dispositivo tecnológico funcional. Os objetos tecnológicos são desenvolvidos de acordo com a vontade do *designer* e/ou de acordo com a vontade do empreendedor, mas sempre tendo o propósito de solucionar algum problema prático, desempenhando assim uma função.

O entendimento da tecnologia como atividade também pode auxiliar na distinção entre tecnologia e ciência, pois para Mitcham (ibidem) a tecnologia está voltada à criação e ao uso dos artefatos, enquanto que a ciência está voltada à descoberta de novas leis e teorias. Para exemplificar a diferença entre a descoberta (por parte da ciência) e invenção (por parte da tecnologia), Mitcham cita os estudos de Newton que proporcionaram a descoberta da lei da gravidade e o trabalho de Alexander Graham Bell que conduziu à invenção do telefone. A principal diferença entre ambos consiste em afirmar grosseiramente que a gravidade existia, mas não havia sido adequadamente conceituada antes de Newton, enquanto que o telefone não existia antes do trabalho e dos esforços de Bell¹⁵.

Entender a tecnologia como atividade possibilita compreender também o processo de produção e de uso dos artefatos tecnológicos¹⁶. De um modo geral, pode-se dizer que a dinâmica do processo tecnológico é distinta da dinâmica apresentada pelas áreas científicas, pois os elementos que estão envolvidos no processo de criação de um dispositivo ou de um artefato tecnológico são diferentes daqueles presentes na ciência. Por exemplo, o processo de construção de um artefato é acompanhado por um conjunto de testes e experimentos que têm como objetivo básico fazer com que determinado dispositivo funcione adequadamente e seja capaz de desempenhar uma função de

¹⁵ Bell era filho de um inventor – seu pai havia criado um sistema de educação para surdos – começou desde cedo a realizar experimentos com acústica tendo objetivo de transmitir a fala eletricamente. Realizou diversos testes até chegar ao protótipo de uma máquina capaz de transmitir sons.

¹⁶ Esse tema será novamente retomado posteriormente.

modo eficiente. Assim, os testes são constantemente monitorados na tentativa de encontrar possíveis falhas e aperfeiçoar ainda mais o artefato ou o sistema tecnológico. Igualmente, a atividade tecnológica não se resume apenas ao processo de criação e desenvolvimento de dispositivos. Há uma etapa subsequente a esta na qual são monitorados o desempenho e o uso de tais dispositivos. Assim, o processo da atividade tecnológica mostra-se atento ao comportamento do objeto em funcionamento, avaliando o desgaste do mesmo e fornecendo assim novas peças e uma manutenção adequada¹⁷.

Por fim, Mitcham caracteriza a tecnologia como *volição*, isto é, como manifestação de determinada vontade humana. Trata-se de um tópico pouco estudado dentro da filosofia da tecnologia, pois as discussões não ficam focadas somente na vontade, mas encontram-se diluídas em vários outros temas, como por exemplo: o desejo de controle ou poder proporcionado pela tecnologia e seus inúmeros artefatos; o desejo de liberdade; a pretensão de eficiência como um ideal constantemente perseguido pelos tecnólogos; o encantamento que os artefatos tecnológicos produzem em seus consumidores; a sensação prazerosa proporcionada ao adquirir determinado dispositivo. Dentre os quatro modos de manifestação da tecnologia, Mitcham (1994a, p. 250) considera que a tecnologia como volição é o mais individualizado e subjetivo de todos, pois abre espaço para as motivações e afinidades singulares.

A caracterização da tecnologia como vontade constitui-se praticamente em uma via de mão dupla, pois é possível investigar o desejo e a vontade dos criadores da tecnologia como também o dos consumidores dos artefatos tecnológicos. Nesse caso, deve-se ressaltar que “a ação humana não é ultimamente determinada pela razão. Há alguma coisa mais fundamental, mais básica, mais real, a saber, o desejo”. (MITCHAM, 1994a, p. 265-6).

Como vimos até aqui, parece simplório continuar a definir a ciência como produtora de conhecimento, e a tecnologia, como mera produtora de artefatos, pois esta última gera conhecimento *sui generis* e estimula/possibilita o conhecimento científico. A próxima seção será dedicada à caracterização do conhecimento tecnológico, como passo prévio à comparação entre ciência e tecnologia. Nela, buscaremos identificar os elementos característicos que são invocados quando

¹⁷ Voltaremos a esse tema para falarmos do mau funcionamento dos artefatos tecnológicos.

utilizamos a expressão “conhecimento tecnológico”. Estamos cientes do debate existente em epistemologia em torno da definição de “conhecimento”, mas não pretendemos reconstruí-lo aqui. Desejamos apenas utilizar a expressão “conhecimento tecnológico” de modo semelhante à utilização feita pelos filósofos da ciência da expressão “conhecimento científico”. Entendemos por “conhecimento científico” todas aquelas explicações fornecidas pelas ciências manifestadas em forma de leis e teorias e que foram desenvolvidas e legitimadas através do emprego de uma metodologia e que nos fornecem uma explicação adequada e confiável do universo que nos cerca. Nesse sentido, são exemplos de conhecimento científico as teorias da física que explicam o movimento dos corpos e a velocidade do som e da luz, assim como as teorias da química e da biologia que nos proporcionam entender e estrutura e os compostos dos objetos e dos organismos. Por “conhecimento tecnológico”, entendemos aquelas instruções que ora podem ser parcialmente fornecidas pela ciência e ora são completamente desenvolvidas nas áreas tecnológicas e que possibilitam a criação e o desenvolvimento de artefatos e dispositivos funcionais. Nesse sentido, o conhecimento tecnológico envolve i) uma faceta teórica, estando ela presente nas regras, nas teorias e nas explicações tecnológicas; e ii) uma faceta prática que pode ser observada à medida que busca-se produzir um artefato. De antemão, cabe alertar ao leitor que a noção de conhecimento tecnológico não é unívoca nos autores que tratam da mesma, assim como também não o é a concepção de conhecimento científico, pois varia de acordo com a filiação filosófica dos diferentes autores.

1.2 O conhecimento tecnológico e suas especificidades

O debate sobre o conhecimento tecnológico ganhou ênfase nas últimas décadas, sendo discutido por vários filósofos profissionais¹⁸. Nesta seção, analisaremos de forma mais sistemática aqueles autores que dissertaram a respeito deste tema. Skolimowski (1983, p. 43-4), por exemplo, caracteriza a tecnologia como “uma forma de conhecimento

¹⁸ Cupani (2006), em um artigo intitulado *La peculiaridad del conocimiento tecnológico* apresenta de forma bastante esclarecedora as principais teses e os principais autores que sustentam as especificidades do conhecimento tecnológico em relação ao conhecimento científico.

humano”. Trata-se de uma caracterização excessivamente ampla, mas que abre caminho para pensarmos em um tipo de saber distinto daquele existente na ciência. A seguir, reconstruiremos os principais argumentos apresentados pelos teóricos da tecnologia para justificar aquilo que eles chamam de “conhecimento tecnológico”. Isso se faz necessário, pois, como argumenta Marc de Vries (2003), a distinção entre o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico é uma questão recente e ainda pouco explorada. Ele observa que:

Vários filósofos escreveram a respeito do fato que a tecnologia não pode ser adequadamente descrita como “ciência aplicada”. Hoje em dia, muitos filósofos da tecnologia aceitam a ideia de que o conhecimento tecnológico é diferente do conhecimento científico, mas como ele se difere do conhecimento científico ainda não foi descrito em muitos detalhes (DE VRIES, 2003, p.2).

Assim, comparado ao conhecimento científico, o conhecimento tecnológico não tem recebido muita atenção dos filósofos. De acordo com Vermaas *et al.* (2011, p. 57) a noção de conhecimento tecnológico ganha espaço a partir do momento em que nós procuramos compreender detalhadamente todo o processo que mostra como os artefatos são projetados e desenvolvidos tecnicamente. Através dessa abordagem é possível identificar a natureza do conhecimento que está envolvido nesse processo assim como as habilidades necessárias para colocá-lo em prática. Vermaas *et al.* (*ibidem*) argumentam que o conhecimento tecnológico tem algumas características peculiares que o distinguem do conhecimento científico. Ele elenca quatro características: i) o conhecimento tecnológico é direcionado ao artefato (*artifact-oriented*); ii) o conhecimento tecnológico é orientado pela utilidade e não pela verdade; iii) o conhecimento tecnológico tem uma faceta de “*know how*”; iv) o conhecimento tecnológico possui regras tecnológicas e planos de uso. Reconstruiremos brevemente essas quatro características apontadas por Vermaas *et al* 2011.

Para explicar a primeira característica do conhecimento tecnológico – de que o mesmo é direcionado ao artefato, Vermaas *et al.* (*ibidem*) empregam aquilo que eles denominam: a) o conhecimento dos

princípios operacionais¹⁹ e b) o conhecimento do padrão ou *configuração normal* dos artefatos. O conhecimento dos princípios operacionais pode ser resumido a partir da compreensão de como um artefato particular trabalha, ou seja, de como ele se comporta para realizar uma determinada função. Assim, para Vermaas *et al.* (2011, p. 60) “um bom conhecimento dos princípios operacionais é indispensável para a prática da engenharia e sempre é orientado em direção a certos tipos de artefatos”. Autores como Joseph Pitt (2000) e Walter Vincenti (1990) também têm uma postura bastante semelhante a essa, pois, para eles, o conhecimento científico está “limitado pela teoria” (*theory bounded*), enquanto que o conhecimento tecnológico encontra-se “especificado pela tarefa” (*task specific*)²⁰. Assim, a distinção entre o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico é que, segundo Pitt (2001, p.25), o conhecimento tecnológico e das engenharias constitui-se em uma tarefa específica e objetiva, direcionada a produção de um determinado artefato enquanto que o conhecimento científico busca explicar teoricamente o comportamento de um objeto ou de um fenômeno natural. Acrescente-se a isso o fato do conhecimento tecnológico não ter a pretensão de ser um conhecimento universal, condição constantemente buscada pelo conhecimento científico. A não universalidade do conhecimento tecnológico é justificável, pois ele precisa se adequar à pluralidade de contextos distintos. Por tal razão, o

¹⁹ A noção de “princípio operacional” foi desenvolvida inicialmente por Polanyi (1962) e visava compreender, em linhas gerais, como as partes características (particulares) de um objeto realizavam suas funções especiais e, ao mesmo tempo, como era possível combinar todas essas partes para se atingir um objetivo. Em resumo, poderíamos dizer que o princípio operacional buscava entender como um dispositivo funcionava. Tal princípio também foi analisado por Vincenti (1990, p. 208-11) sendo que para ele o princípio operacional ajuda a definir um dispositivo, assim como também é utilizado para avaliar o sucesso e as falhas do mesmo. Assim, quando um dispositivo trabalha de acordo com o seu princípio operacional ele recebe uma avaliação positiva. Quando o dispositivo não trabalha de acordo com seu princípio operacional pode-se dizer que há uma falha, havendo uma avaliação negativa. Assim, por exemplo, o princípio operacional da máquina a vapor se apresenta como a capacidade de converter a energia do vapor da água em energia mecânica, podendo esta ser aplicada na propulsão ou na geração de eletricidade.

²⁰ Uma discussão semelhante a essa será realizada no próximo capítulo quando apresentaremos a diferenciação entre os problemas enfrentados pelos cientistas e a natureza dos problemas enfrentados pelos tecnólogos.

conhecimento tecnológico utilizado para a criação e o desenvolvimento de um determinado artefato não poderá ser utilizado sem alterações e adaptações para a construção de outros, exceto no modelo de produção em série. Desse modo, por exemplo, a construção de uma nova ponte, de um novo edifício ou de um novo automóvel, envolve novos estudos na tentativa de adequar a construção às condições específicas, sejam estas oriundas do desejo dos consumidores, dos fabricantes ou do desejo de inovação do próprio projetista. Os engenheiros e arquitetos necessitam desenvolver técnicas específicas para poder erguer edificações em terrenos arenosos, em áreas nas quais há frequência de terremotos, em locais muito quentes ou muitos frios, em espaços onde há grande incidência de ventos, etc. Além das condições climáticas, devem-se levar em consideração outros aspectos, por exemplo, a acessibilidade para portadores de necessidades especiais ou para pessoas idosas; a iluminação solar; o isolamento acústico, etc.²¹.

O conhecimento tecnológico, como já mencionado anteriormente, não tem a pretensão de encontrar a verdade ou aumentar o nosso entendimento sobre a natureza ou os fatos naturais. Essa é a segunda característica que nos possibilita separá-lo do conhecimento científico, pois ele encontra-se voltado à utilidade e não à verdade. Nesse sentido, Bunge (1980) considera que o tecnólogo adota uma concepção oportunista [e instrumental] em relação à verdade, pois

Embora na prática adote a concepção realista da verdade (factual) como *adaequatio intellectus ad rem*, o tecnólogo nem sempre se interessa pela

²¹ Quintanilla (2005, p. 62) afirma que em “uma técnica tradicional” projetava-se (e se ensinava e se colocava em prática) “para toda a vida”. No projeto tecnológico atual, os artefatos são projetados “para serem melhorados” imediatamente, ou seja, na engenharia civil se tende a investigar uma solução específica para cada problema e qualquer projeto tecnológico de envergadura envolve um processo de pesquisa e ensaios que permitam encontrar uma solução original e completamente adaptada à situação. Curiosamente, frente à opinião predominante, as técnicas tradicionais soam ser rígidas, enquanto que as tecnologias modernas são feitas cada vez mais “sob medida”, o que supõe um processo contínuo de inovações e de investigações *ad hoc*. Cabe observar que Quintanilla faz um uso genérico do termo “técnica” e distingue basicamente duas grandes classes de técnicas que são as técnicas artesanais ou pré-industriais e as técnicas industriais de base científica, sendo estas últimas compreendidas como tecnologia.

verdade das proposições com que lida. Ele se interessará pelas informações (dados), hipóteses e teorias verdadeiras na medida em que conduzam às metas desejadas. Em geral, preferirá uma semiverdade simples a uma verdade mais complexa e profunda. Por exemplo, se dois modelos diferentes de um sistema forem equivalentes com respeito aos dados disponíveis, o tecnólogo preferirá o mais simples, ou seja, aquele que resulte em operação mais cômoda (BUNGE, 1980, p. 193).

Ocorre que teorias consideradas verdadeiras podem não funcionar eficientemente, assim como o funcionamento adequado de um artefato não serve de prova para afirmar a veracidade teórica dos seus pressupostos. Nas palavras de Vincenti (1990, p. 131), “o objetivo da missão do engenheiro é projetar e produzir artefatos úteis. Por outro lado, o cientista procura obter o conhecimento do trabalho da natureza”. Nesse sentido, podemos dizer que o conhecimento pode ser útil sem ser verdadeiro.

A terceira característica do conhecimento tecnológico segundo Vermaas *et al.* (2011) refere-se a uma faceta de *know-how* que o mesmo possui. Uma das formas mais simples de elucidar a noção de *know-how* é através do aprendizado envolvido no ato de andar de bicicleta. Não se aprende a andar de bicicleta obtendo apenas instruções teóricas sobre o equilíbrio e a força da gravidade. Aprende-se a andar de bicicleta, praticando. De um modo semelhante, a produção e a utilização da tecnologia não são atividades exclusivamente teóricas. O *know how* tecnológico é obtido através das experiências individuais e vai sendo constituído através de um conjunto de repetições repletas de erros e de acertos. Essa experiência individual ou a habilidade adquirida em um laboratório não pode ser totalmente repassada de maneira verbal aos demais indivíduos. Assim, evidencia-se o trabalho laboratorial na formação dos tecnólogos, pois é nos laboratórios e nas oficinas que os jovens engenheiros – na companhia de mestres habilidosos – aprendem o seu ofício. Contudo, para evitar uma possível confusão teórica, cabe ressaltar que o conhecimento tecnológico como aqui utilizado não oscila entre *know that* e *know how*. Ao invés disso, nas áreas tecnológicas nos parece que esses dois tipos de conhecimentos encontram-se fundidos de tal modo que não consideramos adequado compreender a tecnologia

apenas como um conhecimento teórico (semelhante à ciência) ou exclusivamente prático.

Nas diversas áreas tecnológicas, grande parte do conhecimento não se encontra verbalizado, sendo possível capturá-lo apenas através de imagens. A visualização prévia é um elemento chave para vários ramos da engenharia, pois é praticamente impensável a criação e a construção de um artefato sem uma visualização prévia dos principais passos do processo. Além disso, para Vermaas *et al.* (2011, p. 64) “os artefatos não podem ser testados sob todas as circunstâncias concebíveis e, algumas vezes, não há teorias que descrevam adequadamente, nem permitam prever, seu comportamento”. As experiências obtidas através da prática na área (seja no período com o qual lidam apenas com protótipos ou período que lidam com os próprios artefatos) podem ajudar os engenheiros – e geralmente são essenciais – para a tomada de decisões. Por exemplo, a experiência e o conhecimento prático têm um significativo valor quando está em jogo a interrupção dos testes e o desenvolvimento do artefato e/ou o prosseguimento dos mesmos com intuito de desenvolver resultados mais precisos e satisfatórios.

Por fim, Vermaas *et al.* (*ibidem*) consideram que as regras tecnológicas e os planos de uso são elementos que caracterizam o conhecimento tecnológico. As regras tecnológicas podem ser compreendidas como um conjunto de instruções que conduzem uma série de ações em certa ordem com o objetivo de atingir um determinado objetivo. O conhecimento dos planos de uso tem uma importância crucial para os usuários, pois sem um plano alguém poderia saber o que um artefato é, mas não saberia operá-lo para realizar determinado objetivo. Assim, argumentam:

Os planos de uso mostram que de certa maneira, o conhecimento tecnológico deve ser *processual* ou *prescritivo*. Como um *designer*, você tem de fazer mais que apenas descrever uma situação existente ou um novo artefato. Você tem de conhecer como os artefatos deveriam trabalhar e que ações as pessoas deveriam empreender para realizar seus objetivos com a ajuda de um artefato (VERMAAS *et al.*, 2011, p. 65).

Em contrapartida, os cientistas naturais, continuam os autores, não produzem instruções ou regras dessa mesma perspectiva. Por

exemplo, as leis da física de Newton não ditam como os corpos devem se mover. Elas simplesmente descrevem o atual comportamento deles.

Ao contrário da ciência que busca a descoberta de algo existente, a tecnologia busca a criação de algo novo, sendo, por esse motivo, caracterizada por Simon (1981) como “ciências do artificial” e por Bunge (1985c) como “o estudo científico do artificial”. Trata-se de duas definições genéricas – não entraremos em maiores detalhes aqui – que têm por objetivo distinguir as pesquisas tecnológicas das investigações científicas. Por se tratar de uma atividade produtiva, a tecnologia enfrenta problemas que não afetam o cientista, como por exemplo, aqueles relacionados à confiabilidade e à eficiência dos inventos. Além disso, também é preciso levar em consideração os aspectos econômicos vinculados à relação custo-benefício no processo de criação.

Seguindo a linha argumentativa que busca identificar as peculiaridades da tecnologia, Bunge (1989) apresenta dois tipos distintos de teorias tecnológicas, a saber, as teorias tecnológicas substantivas e as teorias tecnológicas operativas. Assim, para Bunge

As teorias tecnológicas substantivas são essencialmente aplicações das teorias científicas a situações aproximadamente reais; assim, por exemplo, uma teoria do voo é essencialmente uma aplicação da dinâmica dos fluidos. Em contrapartida, as teorias tecnológicas operativas se referem desde o primeiro momento às operações do complexo homem-máquina em situações aproximadamente reais (BUNGE, 1989, p. 684).

Nesse sentido, prossegue Bunge, as teorias tecnológicas substantivas sempre têm em seu entorno teorias científicas. As teorias operativas, por sua vez, emergem das investigações aplicadas e podem ter pouca – ou nenhuma – relação com as teorias substantivas.

Vincenti (1990, p. 135) – engenheiro aeronáutico e teórico da engenharia – também defende a distinção entre ciência e tecnologia, pois elas almejam propósitos distintos. Para ele, “o conhecimento científico tem o propósito de compreender a natureza, e nas ciências da engenharia, o objetivo último (...) é a criação de artefatos”. Para Vincenti (1990, p. 197), o conhecimento científico tem um caráter descritivo, pois tende a relatar como as coisas são e realiza uma

aproximação com o conhecimento formal, com regras e princípios abstratos ordenados em uma estrutura generalizada consistente. O conhecimento descritivo refere-se aos fatos e/ou à atualidade e é avaliado em termos de coerência ou veracidade. Em contrapartida, o conhecimento tecnológico tem uma natureza prescritiva, pois dita como as coisas devem ser produzidas para se atingir determinado fim. Sua natureza é menos intelectualizada e menos formal se comparada ao conhecimento descritivo, pois está voltada à prática e ao processo de produção, sendo avaliada a partir da sua eficiência e de seu sucesso. Desse modo, conhecimento prescritivo é gerado a partir da experimentação, do processo de tentativa e erro e de outros testes nos quais se busca realizar previsões.

Nesse sentido, também Herschback (1995, p. 37) argumenta que o conhecimento tecnológico pode ter a aparência de uma disciplina formal, mas não se encontra claramente sistematizado como a física, a biologia ou química. O conhecimento tecnológico adquire forma, prossegue o autor, a partir da atividade humana específica, isto é, o caráter do conhecimento tecnológico é definido a partir de seus usos e de suas aplicações, como já mencionamos anteriormente. A tecnologia também desenvolve seus próprios conceitos abstratos, suas teorias, regras e máximas, mas elas estão diretamente relacionadas à prática. Boa parte do conhecimento tecnológico é tácito e prescritivo. Isso representa uma enorme dificuldade para codificá-lo e generalizá-lo. Assim, conclui Herschbach (1995, p. 38): “isolado da atividade e removido do contexto de implantação, boa parte do conhecimento tecnológico perde seu significado e sua identidade”.

Vincenti (1990, p. 216-7) também trabalha com a noção de conhecimento prescritivo, distinguindo-o do conhecimento descritivo. O conhecimento descritivo, como o termo sugere, descreve como as coisas são – no caso das engenharias – descreve dados que incluem constantes físicas, propriedades de substâncias e processos físicos. Por outro lado, o conhecimento prescritivo é o conhecimento de como as coisas deveriam ser para atingir um fim desejado. Assim, enquanto que o conhecimento descritivo é avaliado pela sua veracidade e pela sua precisão em relação aos fatos, o conhecimento prescritivo é avaliado a partir de sua eficiência e de seu grau de sucesso ou falha.

Segundo Vincenti (1990, p. 206-7), o conhecimento tecnológico, suas circunstâncias e seus processos de geração são ricos, diversos e complexos. Quando o conhecimento não se encontra *à mão*, isto é,

quando ele não está disponível, ele precisa ser gerado. Concordando com Herschbach, Vincenti afirma que o conhecimento tecnológico não pode ser separado do contexto de aplicação prática.

De certa forma, pode-se dizer que a própria noção de conhecimento parece se alterar no campo da tecnologia. No que tange à noção de conhecimento subjacente à análise epistemológica da tecnologia, novas abordagens têm sido desenvolvidas. Skolimoski (1983, p. 44), por exemplo, caracteriza esse conhecimento como saber “do que está por ser” (*what is to be*). Simon (1981, Cap. 1) o descreve como o “conhecimento do possível” e Kroes (2001, p. 2-3) o caracteriza como “conhecimento de natureza funcional”.

Assim, de acordo com Cupani (2006, p. 358), “devido à especificidade do conhecimento tecnológico, alguns autores se inclinam a abandonar a definição tradicional de conhecimento como ‘crença verdadeira justificada’”. Entre os adeptos dessa nova abordagem estão os autores pragmatistas como Pitt (2000). Para Pitt, as reivindicações individuais do conhecimento devem ser referendadas comunitariamente, tendo como critério o êxito da ação. Dessa forma, o conhecimento é constituído a partir de um estatuto coletivo que irá avaliar o seu desempenho e sua eficácia. Davis Baird (2002 e 2004), por sua vez, propõe uma “epistemologia material”. Resumidamente, poderíamos dizer que, na concepção de Baird, os artefatos tecnológicos são portadores de conhecimento tanto como as teorias. Nesse sentido, prossegue o autor, há um “conhecimento-coisa” ou “coisificado” (*thing knowledge*) que é validado tomando como critério referencial o desempenho satisfatório da sua função.

Diante dessa situação, decidimos retornar rapidamente ao pensamento de Vincenti para apresentar aquilo que ele denomina de *categorias do conhecimento tecnológico* e as *atividades geradoras de conhecimento tecnológico*. Ele desenvolve esses conceitos a partir da observação da prática da atividade tecnológica, pois, como sabemos, ele é um engenheiro aeronáutico. Para ele, são categorias do conhecimento tecnológico as noções de: i) conceitos fundamentais de *design*; ii) critérios e especificações; iii) ferramentas teóricas; iv) dados quantitativos; v) considerações práticas e vi) instrumentos para projetar.

Com relação à primeira categoria dos conceitos fundamentais de *design* destaca-se a noção de princípios operacionais, que envolve o conhecimento de como um dispositivo trabalha. Assim, se um dispositivo trabalha de acordo com os princípios operacionais isso é

uma clara manifestação de sucesso. Em contrapartida, quando algum artefato quebra ou vai contra os princípios operacionais é uma clara manifestação de falha. Outro elemento importantíssimo dos conceitos fundamentais do *design*, segundo Vincenti (1990, p. 209), é “a configuração normal do dispositivo” que é a forma geral compartilhada pelos profissionais envolvidos no projeto de encarar o princípio de funcionamento de um determinado dispositivo. De um modo geral, pode-se dizer que se trata de projetar um determinado artefato tecnológico fazendo com que o mesmo desempenhe uma funcionalidade ou um conjunto de funcionalidades previamente estipuladas. O compartilhamento dos princípios operacionais e a configuração normal caracterizam aquilo que Vincenti chama de tecnologia normal que é oposta à tecnologia radical²². Vincenti denomina essa atividade de *radical design*, pois

(...) em um *design* radical, a forma como o dispositivo deveria ser estruturado ou até mesmo como ele deveria funcionar é desconhecida. O *designer* nunca viu tal dispositivo antes nem tem perspectiva de sucesso. O problema é projetar algo que irá funcionar bem o suficiente para justificar o desenvolvimento (VINCENTI, 1990, p. 8).

Diferentes artefatos tecnológicos podem ser mencionados para ilustrar o *design radical*, entre os quais podemos citar, por exemplo, o motor elétrico, os satélites espaciais, a câmara fotográfica, a televisão (obviamente, quando foram concebidos). Como diz Quintanilla (2005, p. 125) “trata-se de artefatos que têm propriedades novas, que utilizam componentes que nunca haviam sido utilizados para funções equivalentes e cuja estrutura, portanto, é completamente original”.

Diante do desafio apresentado pelo *design radical*, a criatividade ganha um papel especial porque quase tudo precisa ser inventado, pois como afirma Glegg (1969, p.8) “nem sempre o *designer* encontrará a solução em um livro”, já que os problemas novos exigem soluções inovadoras e criativas. Do mesmo modo, Vincenti (ibidem)

²² De acordo com Vincenti (1990, p. 210) a tecnologia radical envolve a mudança da configuração normal e possivelmente também uma alteração dos princípios operacionais.

considera que a tecnologia como um todo é um processo criativo que desafia os limites dos *designers* e os torna cada vez mais ambiciosos. Aqui, poderíamos mencionar o desejo dos diferentes profissionais de descobrir novas fontes de energia; o empenho dos arquitetos e engenheiros em construir edifícios cada vez mais altos, resistentes e funcionais; o anseio de explorar outros planetas, etc.

A segunda categoria do conhecimento tecnológico apresentada por Vincenti é a dos critérios e especificações que têm a importante função de traduzir as metas gerais e qualitativas em metas específicas e quantitativas, passíveis de serem atingidas. Retornaremos a esse problema no próximo capítulo ao tratarmos da passagem dos problemas “maldefinidos” para os problemas “bem-definidos”. Vincenti (*ibidem*) parte do pressuposto de que os engenheiros devem trabalhar com objetivos muito concretos, embora em certos casos não seja de início fácil identificá-los. Faz-se necessário, nas áreas tecnológicas, concentrar os esforços para delimitar objetivamente a meta a ser alcançada.

As ferramentas teóricas compõem a terceira categoria do conhecimento tecnológico. Os engenheiros e *designers* utilizam uma ampla variedade de ferramentas teóricas, entre as quais se destacam as teorias e os métodos matemáticos e conceitos puramente técnicos. As teorias e os métodos matemáticos podem ser relativamente simples, como fórmulas que direcionam os cálculos a serem realizados, mas também podem ser complexos sistemas formulados em equações mais sofisticadas. Os conceitos técnicos como aqueles de “sustentação” e o de “controle” utilizados pela engenheira aeronáutica se multiplicam pelos diversos campos tecnológicos. Esses conceitos são desenvolvidos para dar conta de novos fatos, fenômenos e circunstâncias que emergem, na maioria das vezes, porque os termos científicos são insuficientes para dar conta do problema em questão.

A quarta categoria do conhecimento tecnológico é a dos dados quantitativos. Assim, segundo Vincenti (1990, p.216), “os dados, essenciais para o *design*, são frequentemente obtidos empiricamente, embora em alguns casos eles possam ser projetados teoricamente. Eles são tipicamente representados em tabelas e gráficos”. É nesta quarta categoria que Vincenti discute a distinção entre o conhecimento descritivo e conhecimento prescritivo a que retornaremos nas páginas anteriores.

As considerações práticas constituem a quinta categoria tecnológica. As ferramentas teóricas e os dados quantitativos são, por definição, afirma Vincenti, precisos e confiáveis, mas insuficientes para orientar a atividade tecnológica. As considerações práticas das quais o autor fala referem-se ao amplo e diverso *know how* proveniente da experiência profissional. No entanto, as considerações práticas não são uma exclusividade dos profissionais envolvidos na criação e da construção dos artefatos tecnológicos, pois, como esses artefatos são utilizados de diferentes modos, faz-se necessário abrir um canal de comunicação para obter um *feedback* dos próprios usuários. Os usuários também podem elencar observações que poderão ou não ser incorporadas pelos projetistas nos novos projetos para satisfazer a exigência dos usuários.

Por fim, a sexta categoria do conhecimento tecnológico diz respeito aos *instrumentos para projetar* que envolvem procedimentos, habilidades para efetuar julgamentos e tomar decisões, maneiras de pensar que envolvem o pensamento criativo e a imaginação dos possíveis efeitos que um artefato poderá produzir. A experiência prática é indispensável quando está em jogo a criação de um novo artefato²³.

Já, quanto às atividades geradoras de conhecimento tecnológico, Vincenti (1990, p.229) identifica sete e são assim denominadas: *i) transferência de conhecimento científico*, contando sempre com certo grau de ajuste e de adaptação; *ii) invenção*, dado que a tecnologia precisa ser criativa; *iii) investigação teórica*, semelhante àquela que ocorre na ciência, mas com o objetivo último de adquirir um conhecimento útil para o *design*; *iv) pesquisa experimental*, também semelhante àquela desenvolvida nas áreas científicas, trabalhando com simulações, modelos e escalas; *v) prática de projetar* que revela problemas e necessidades que por sua vez estimulam a busca de conhecimento; *vi) produção dos artefatos*, que fornece outra fonte de conhecimento, podendo revelar falhas ou forçando a realização de pequenos ajustes e, por fim, *vii) a prova direta*, através do qual engenheiros, projetistas e usuários produzem testes intencionais para verificar a performance dos artefatos produzidos.

Desse modo, através da apresentação das categorias do conhecimento tecnológico e das atividades geradoras do mesmo,

²³ É óbvio que os computadores e as técnicas de simulação são os aliados dessas habilidades atualmente. Vincenti não os menciona, mas devemos levar em consideração que Vincenti escrevia em 1990.

Vincenti expõe de modo satisfatório, a nosso ver, algumas peculiaridades relativas ao conhecimento tecnológico, possibilitando-nos estabelecer as diferenças existentes entre a atividade científica e a atividade tecnológica.

Até aqui, nossa argumentação reconstruiu a complexidade que permeia a investigação filosófica sobre a tecnologia e as investidas de diferentes pensadores em caracterizar o conhecimento tecnológico. No entanto, precisamos dar um passo adiante e analisar as possíveis relações estabelecidas entre a ciência e a tecnologia. No restante deste capítulo, exploraremos três enfoques distintos que envolvem a relação entre a ciência e a tecnologia, buscando observar os princípios que estão em jogo ao se adotar cada um deles, assim como a viabilidade e os problemas que surgem em cada caso. A relação entre ciência e tecnologia pode ser descrita a partir de três modelos teóricos caracterizados como: o modelo hierárquico, o modelo não hierárquico e o modelo emancipatório. Analisaremos agora a proposta sustentada por cada modelo com o intuito de averiguar se tal proposta fornece um entendimento adequado da ciência e da tecnologia.

1.3 O modelo hierárquico da relação entre ciência e tecnologia

Ana Cuevas (2005) apresenta de forma bastante esclarecedora aquilo que ela denomina de um modelo hierárquico da relação entre ciência e tecnologia. Tal modelo encontra-se muito difundido no senso comum e é constantemente invocado para explicar e caracterizar a relação entre essas duas áreas. Segundo Cuevas, conforme esse modelo:

Há uma relação de subordinação entre a ciência e a tecnologia. Sem o desenvolvimento de uma área não há a possibilidade de desenvolvimento de outra. Há duas versões diferentes: uma mantém que a tecnologia é o resultado da aplicação do conhecimento científico. A outra assegura que sem uma infraestrutura tecnológica especial não há conhecimento científico (CUEVAS, 2005, p. 3).

Analisaremos primeiramente as implicações contidas no modelo hierárquico onde a ciência antecede à tecnologia, indo para tanto além do material oferecido no texto de Cuevas.

Um dos principais argumentos em prol desta visão é apresentado por Bunge (1966) em um artigo chamado *Technology as Applied Science*, no qual ele entende a tecnologia como um vasto campo que utiliza os conhecimentos científicos com a finalidade de controlar as coisas ou os processos naturais. Nessa abordagem, a tecnologia é compreendida essencialmente como o resultado de um processo científico, uma espécie de materialização da própria ciência. Assim, o desenvolvimento tecnológico e a criação de novos artefatos e dispositivos é precedida por um intenso período de análises, pesquisas e testes científicos. Visto dessa forma, há uma relação de dependência entre ciência e tecnologia²⁴. Neste caso, para haver avanços e progressos tecnológicos é preciso investir prioritariamente em ciência. Entendido dessa forma, o desenvolvimento científico apresenta-se como condição de possibilidade para o avanço tecnológico. Assim, quando a ciência precede à tecnologia, somos levados a caracterizar a tecnologia como ciência aplicada²⁵.

A concepção de tecnologia como ciência aplicada começou a ser questionada à medida que os estudos sobre a filosofia da tecnologia foram se disseminando e novas abordagens foram sendo dadas a esse tema. Teóricos da história da tecnologia como Petroski (1994) e Inkster (2009) nos oferecem numerosos exemplos de artefatos tecnológicos que foram desenvolvidos sem a fundamentação de um conhecimento

²⁴ De acordo com a presente abordagem “ciência aplicada” não envolve uma inferioridade intelectual ou uma área desprovida de questões interessantes. Trata-se apenas de uma relação causal na qual a ciência precede à tecnologia.

²⁵ Contudo, Bunge, um dos fundadores da Filosofia da Tecnologia, parece ter mudado um pouco sua maneira de entender a tecnologia, como se aprecia na seguinte passagem de uma obra posterior: “Mas a tecnologia é mais que ciência aplicada: em primeiro lugar, porque ela tem seus próprios procedimentos de investigação adaptados às circunstâncias concretas que se distanciam dos casos puros que a ciência estuda. Em segundo lugar, porque todo ramo da tecnologia contém um acúmulo de regras empíricas descobertas antes dos princípios científicos nos quais são absorvidas. A tecnologia não é meramente o resultado da aplicação do conhecimento científico existente aos problemas práticos: a tecnologia viva é, essencialmente, o enfoque científico dos problemas práticos, isto é, o tratamento desses problemas tendo como pano de fundo o conhecimento científico e com a ajuda do método científico. Por isso, a tecnologia, seja das coisas ou dos homens, é fonte de novos conhecimentos” (BUNGE, 1985b, p. 34-35). Sua posição inicial, todavia, é característica de muitos estudos sobre a relação ciência-tecnologia.

científico. Essa temática também é enfatizada pelo filósofo da tecnologia Dusek (2009) – um dos primeiros teóricos da área traduzido para o português – na seguinte passagem:

A tecnologia moderna é empreendida primariamente pelos que têm um histórico científico e dentro de uma estrutura da ciência moderna, mas muitas das invenções são produtos do acaso ou de ensaio e erro, não uma aplicação direta da teoria científica para a obtenção de um objetivo pressuposto. O vidro de segurança foi descoberto quando uma solução química caiu em um pedaço de aparelho laboratorial de vidro; o vidro caiu por acidente no chão e não se quebrou. A penicilina foi descoberta quando uma cultura de bactérias foi acidentalmente contaminada por bolor. A cromatografia por papel foi descoberta quando uma cientista derramou acidentalmente uma substância química em um filtro de papel e esta se dividiu em dois componentes enquanto embebia o papel (DUSEK, 2009, p. 51-52).

Vários filósofos problematizam e contestam a subordinação da tecnologia à ciência, pois perguntam: o que significa “ciência aplicada”? Será uma espécie de conversão do conhecimento teórico em artefatos técnicos passíveis de serem manipulados? Como é possível efetuar a correspondência entre os enunciados teóricos das teorias científicas e os objetos do mundo real?

Mitcham²⁶ (1994a) argumenta que há várias ideias tecnológicas que não são derivadas da química, da física ou da biologia, mas que surgiram da engenharia civil, da engenharia elétrica, da engenharia mecânica e da engenharia industrial. Mas é no livro *Philosophy and*

²⁶ Atualmente, Carl Mitcham é o diretor do Programa Hennebach para as Humanidades (*Director of the Hennebach Program for the Humanities*) na Escola de Minas do Colorado. É um dos principais filósofos norte-americanos da tecnologia. Sua obra *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy* publicada em 1994 é uma excelente referência em Filosofia da Tecnologia, pois apresenta e discute os principais problemas enfrentados nessa área.

*technology: Redings in the Philosophical Problems of Technology*²⁷ que encontramos vários escritos e bons argumentos contrários ao entendimento de tecnologia como ciência aplicada. Reconstruiremos brevemente as justificativas apresentadas por Feibleman (1983), Skolimowski (1983) e Jarvie (1983) a respeito da irredutibilidade da tecnologia à ciência aplicada.

Feibleman (1983), por exemplo, apresenta três argumentos contrários à caracterização da tecnologia como ciência aplicada. O primeiro deles refere-se ao aspecto temporal, pois, segundo ele, inúmeras teorias científicas somente demonstram alguma aplicabilidade prática depois de alguns séculos de serem descobertas. Ao longo da história da ciência é possível observar que várias teorias científicas não tiveram uma aplicabilidade imediata em áreas tecnológicas nem foram utilizadas diretamente para a construção de um artefato tecnológico. Muitas teorias científicas permanecem distantes dos laboratórios tecnológicos, e ficam esquecidas por longos períodos de tempo. Acrescente-se a isso, o fato de que no momento da criação de uma teoria científica amiúde não há o desejo ou a motivação para desenvolver um dispositivo funcional. A motivação inicial pode girar apenas em torno de dar conta do problema teórico em questão. Em segundo lugar, algumas teorias científicas são *demasiadamente abstratas* e necessitam de teorias intermediárias para que possam ser colocadas em prática, isto é, é preciso construir teorias e procedimentos alternativos que sejam capazes de estabelecer uma mediação entre conceitos teóricos idealizados e a prática ordinária de um laboratório. Em outras palavras, é preciso converter os princípios científicos abstratos em mecanismos funcionais e isso não é uma tarefa simples nem pode ser realizada por qualquer indivíduo ou em qualquer espaço. Assim, entre a descoberta do Bóson de Higgs – também conhecida popularmente como a “partícula de Deus” – até a utilização funcional eficiente desta partícula em algum dispositivo tecnológico há um longo caminho a ser percorrido – se é que há algum – e, na maioria das vezes, os cientistas não conseguem prever qual será esta aplicabilidade. Raramente, os cientistas acompanham o processo até a fase final na qual é realizada a conversão. Ao longo desta trajetória, o cientista é “substituído” por outros profissionais que se sentem mais preparados ou mais motivados para lidarem com o elemento em questão. Por fim, Feibleman identifica que a ciência

²⁷ Livro editado por Carl Mitcham e Robert Mackey e publicado em 1972. Neste trabalho utilizaremos a segunda edição publicada em 1983.

aplicada e a tecnologia têm pontos de partida distintos, isto é, a ciência aplicada parte de elementos teóricos e busca aplicações práticas enquanto que a tecnologia parece fazer o caminho contrário, pois suas investigações iniciam a partir da identificação de problemas práticos.

Assim como Feibleman, o filósofo polonês Skolimowski também acredita ser errôneo considerar a tecnologia como equivalente à ciência aplicada. Segundo Skolimowski (em Mitcham e Mackey 1983, p. 44), “na ciência nós *investigamos* a realidade que nos é dada; na tecnologia, nós *criamos* uma realidade de acordo com nossos desejos”. Enquanto que a ciência tem o objetivo de conhecer o que há no mundo, a tecnologia tem a possibilidade de criar novos elementos de acordo com os nossos desejos e as nossas necessidades. Mas Skolimowski, diferentemente de Feibleman, adota a noção de progresso para evitar o reducionismo da tecnologia à ciência aplicada, pois, para ele, o progresso tecnológico não é originalmente um problema cognitivo, mas um problema técnico. Nesse sentido, para o filósofo polonês, os critérios utilizados para avaliar o progresso científico (como por exemplo, teorias verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras, melhores teorias, teorias mais simples ou mais universais, teorias com maior poder preditivo ou com maior poder explicativo) são insuficientes para explicar de modo satisfatório o progresso tecnológico. A tecnologia, por sua vez, apresenta critérios distintos como, por exemplo, maior durabilidade, maior praticidade, melhor performance, menor custo, satisfação estética e conforto, etc. que, por sua vez, não são derivados da ciência nem podem ser diretamente extraídos dos critérios científicos. Resumidamente, poderíamos dizer que enquanto que a tecnologia toma como principal critério o ideal de eficiência, a ciência tem seus próprios critérios epistêmicos para avaliar e legitimar sua atividade. Skolimowski (ibidem) reconhece que há vários *links* entre ciência e tecnologia, mas afirma que é preciso reconhecer a complexidade da metodologia tecnológica e lhe dar autonomia para evitar a estagnação deste campo de investigação.

O filósofo da tecnologia e antropólogo Jarvie (em Mitcham e Mackey 1983) segue os argumentos apresentados por Feibleman e por Skolimowski segundo os quais a tecnologia não pode ser identificada simplesmente como ciência, possuindo uma filosofia e uma metodologia específica²⁸. Para Jarvie, os filósofos da ciência têm desdenhado a

²⁸ Feibleman (1983, p. 36) sustenta que o tecnólogo, ao contrário do cientista, que é guiado por hipóteses deduzidas da teoria, trabalha prioritariamente

tecnologia apesar de nós estarmos vivendo na idade da tecnologia e não na idade da ciência. Segundo o autor, a idade da ciência se deu na Grécia Antiga e na sociedade europeia dos séculos XVII e XVIII. Nesses períodos, os cientistas tinham grande respeito e prestígio social devido às suas grandes ideias e suas descobertas revolucionárias. No entanto, hoje estamos inseridos em uma idade tecnológica na qual os artefatos e os dispositivos são considerados mais importantes do que as descobertas científicas. Neste contexto, Jarvie (ibidem) procura caracterizar a tecnologia como o “conhecimento do que funciona”, como uma atividade prática capaz de condensar e sintetizar o conhecimento teórico (*know that*) e o conhecimento prático (*know how*).

Assim compreendido, o conhecimento tecnológico tem como princípio regulativo o ideal da eficiência, enquanto que o conhecimento científico segue padrões cognitivos relacionados à verdade, à adequação empírica, à simplicidade, etc. Assim, a independência epistêmica da tecnologia é corroborada a partir da constatação de que a veracidade de uma teoria não implica necessariamente em um bom funcionamento dos artefatos. Além do mais, muitos artefatos são construídos ou empregados utilizando-se teorias científicas que já foram superadas. Para exemplificar que a eficiência não tem um vínculo necessário com a verdade, Jarvie (1983, p. 55) menciona que a mecânica celestial newtoniana é ainda eficaz enquanto instrumento de navegação, embora cientificamente esteja superada pela mecânica relativista de Einstein.

Como temos visto até aqui, intuitivamente pode parecer simples compreender a tecnologia como ciência aplicada, mas esta postura é problemática, pois muitas vezes não fica claro como converter uma descoberta científica em um dispositivo tecnológico. Da mesma forma, ao observarmos um artefato tecnológico não somos capazes de identificar quais teorias científicas foram utilizadas para desenvolvê-lo. Perguntas do tipo: “como utilizar a ciência para produzir novas tecnologias?” ou “como transformar teorias científicas em artefatos tecnológicos?” não são facilmente respondidas. Cuevas (2005:5) observa que “não há explicação a respeito de como uma nova descoberta científica é transformada em um novo artefato tecnológico. É, de fato, muito difícil explicar como uma lei científica idealizada pode ser usada em uma situação tecnológica específica”.

baseado na estratégia de tentativa e erro. Além disso, o tecnólogo é um sujeito dotado de habilidades práticas específicas, capaz de lidar com experiências concretas.

No entanto, a crítica à concepção de tecnologia como ciência aplicada não nos permite negar a existência de vínculos e/ou influências entre essas duas áreas. Da mesma forma, não se busca negar a possibilidade de haver ciência aplicada, mas apenas apontar que a tentativa de definir e caracterizar a tecnologia meramente como ciência aplicada nos parece ser enganosa e inadequada.

Por outro lado, o modelo hierárquico também pode ser compreendido em uma direção oposta àquela apresentada até aqui. Segundo essa nova concepção, a tecnologia não é o resultado da ciência, mas é compreendida como um elemento indispensável que antecede a própria prática científica. Ao invés de a tecnologia ser concebida como a última etapa do processo científico, ela passa a ser interpretada como um elemento básico e inicial que condiciona toda a atividade científica. Apresentaremos resumidamente a abordagem de alguns filósofos que defendem que a tecnologia precede e, ao mesmo tempo, potencializa a prática científica.

Cuevas cita o famoso historiador Derek de Solla Prince, quem enfatizou a dependência da ciência com relação à tecnologia, desde seus primórdios. Conforme esse autor,

(...) o padrão dominante da interação ciência/tecnologia resulta ser que em ambas, a inovação científica e a tecnológica podem proceder da mesma invenção adventícia de um novo instrumento. Na ciência, o resultado típico de uma dessas grandes mudanças é a irrupção ou a mudança de um paradigma. Na tecnologia, temos uma inovação significativa e a possibilidade de produtos que não estavam à venda [ainda] no ano passado” (PRICE 1984:15, em CUEVAS, *op. cit.*: 5).

Pitt (2000, 2009, 2010, 2011) – professor do departamento de filosofia do Instituto Politécnico da Virgínia e estudioso da história e filosofia da ciência e da tecnologia – trabalha com a noção de “infraestrutura tecnológica da ciência”. De acordo com essa noção, a atividade científica contemporânea é totalmente dependente dos mecanismos, artefatos e instrumentos fornecidos pela tecnologia. Sem esses recursos, a atividade científica estaria comprometida e os cientistas não teriam condições de chegar a resultados muito expressivos. Para que

um cientista conduza suas pesquisas de um modo satisfatório, ele geralmente precisa do auxílio de um laboratório e este deve estar equipado com os instrumentos adequados. Em geral, observa Pitt (2010), a ciência moderna conta com uma vasta e variada estrutura tecnológica para realizar suas investigações. Para corroborar esse argumento, podemos lembrar a decisiva sustentação que alguns instrumentos como os aceleradores de partículas, os telescópios atômicos, os microscópios eletrônicos de varredura e os satélites fornecem aos vários ramos científicos. Já é um lugar comum dizer que o telescópio e o microscópio produziram uma verdadeira revolução na física e na biologia, ampliando significativamente o alcance da visão, gerando novas descobertas e possibilitando o desenvolvimento de novas áreas de pesquisa. Assim apresentada, a tecnologia antecede a própria ciência. Por isso, segundo nosso autor:

A ciência não nos diz o que é correto e não faz o conhecimento mudar. A ciência não é responsável por nossa nova visão do universo e pela sua expansão. Não pode ser creditada à ciência a revelação, em seus mínimos detalhes, da estrutura, por exemplo, do genoma humano. No mínimo, a ciência não pode fazer todas essas coisas ela mesma. Em vez de creditar à ciência o aumento de nosso conhecimento, prefiro argumentar que a estrutura tecnológica da ciência, em vez da própria ciência, é responsável por essa mudança monumental (Pitt 2011:58).

O argumento apresentado por Pitt é bastante persuasivo e acaba refutando uma visão ingênua de que “a ciência” (sem maiores esclarecimentos) é responsável pela nossa mudança do conhecimento a respeito do mundo.

O professor catedrático de filosofia da Universidade de Sevilha, Ramón Queralto possui uma postura ainda mais radical que aquela apresentada por Pitt a respeito da interferência da tecnologia na prática científica. Segundo ele:

A tecnologia possui hoje uma posição central na constituição do conhecimento científico e no progresso da ciência. Praticamente em todos os campos científicos o uso de sofisticados meios

tecnológicos é uma condição *sine qua non* para o desenvolvimento da atividade científica. Nesse sentido, é possível afirmar que a tecnologia é indubitavelmente uma condição de possibilidade do conhecimento científico. Sem tecnologia é impossível desenvolver a ciência hoje (QUERALTÓ, 1998a, p. 95).

Queraltó (1998a, p. 96) entende que a tecnologia não é um mero instrumento para a ciência, mas apresenta-se como uma “mediação epistemológica” da mesma. Isso fica mais claro a partir do momento em que o autor estabelece a diferenciação entre instrumento e mediação. Segundo ele, os instrumentos são meios empregados para realizar determinada ação. Assim que os fins são atingidos, os meios são descartados. A mediação, por sua vez, envolve uma interferência durante a realização da ação, sendo que influencia nos resultados finais. Neste último caso, o núcleo da ciência é afetado. Por exemplo, a utilização de um aparelho descalibrado ou mal regulado acaba distorcendo e interferindo nos resultados científicos. E de modo geral, o constante aperfeiçoamento dos instrumentos tecnológicos potencializa novas pesquisas e, conseqüentemente, novas descobertas.

Ihde²⁹ (2009, p. 45), assim como Queraltó, sustenta que a tecnologia não deve ser entendida meramente como fomentadora de mecanismos instrumentais dotados de neutralidade que estão a serviço dos cientistas e que estes podem utilizar e descartar aleatoriamente. Ele defende que a observação científica encontra-se mediada pelos modernos artefatos tecnológicos. Neste caso, a visão encontra-se incorporada tecnologicamente, isto é, os instrumentos não são compreendidos como dispositivos neutros que mostram o mundo como ele é, pois eles acabam interferindo nos rumos e nos resultados da própria ciência. Ao contrário dos instrumentos que podem ser eliminados ao término de uma pesquisa científica, a mediação não pode ser descartada, pois está inserida nos próprios resultados obtidos.

²⁹ Don Ihde é professor do departamento de filosofia da *Stony Brook University* e autor e organizador de vários livros sobre filosofia da tecnologia que exploram os impactos e as influências que a tecnologia tem sobre os indivíduos e sobre as culturas. Os argumentos de Don Ihde servem de crítica ao modelo hierárquico da relação entre ciência e tecnologia, mas também podem ser utilizados para sustentar a relação estreita entre ciência e tecnologia chamada “tecnociência”.

Resumidamente, podemos dizer que o modelo hierárquico e seu caráter bifocal (tecnologia como ciência aplicada; tecnologia como condição *sine qua non* para a ciência) fornece uma interessante exposição referente à relação entre a ciência e a tecnologia. No entanto, já argumentamos anteriormente sobre as dificuldades enfrentadas em sustentar e justificar a noção de tecnologia como ciência aplicada. Da mesma forma, é difícil aderir à concepção da tecnologia apenas como condição de possibilidade para a prática científica, uma noção que nos parece muito reducionista, pois tende a conceber a tecnologia como uma ferramenta desprovida de aspectos epistêmicos próprios e que está meramente a serviço da ciência. Embora alguns autores apontem para as interferências que a mediação tecnológica exerce sobre a ciência isso ainda nos parece ser uma postura bastante tímida, até porque os produtos tecnológicos não existem tão somente para possibilitar a ciência. Assim, enquanto formos levados a pensar a ciência e a tecnologia como senhora ou escrava uma da outra teremos apenas uma compreensão parcial a respeito de ambas. O grande desafio filosófico que se impõe consiste em saber se uma visão unificada da ciência e da tecnologia será capaz de nos fornecer uma visão mais adequada e mais precisa a respeito de ambas. A próxima seção é destinada a essa temática.

1.4 O modelo não hierárquico da relação

Para Cuevas (2005), existem formas alternativas de compreender a relação entre ciência e tecnologia que não implicam a subordinação de uma área a outra. Ela cita a perspectiva de Layton (1971) que vê a ciência e a tecnologia como “gêmeas especulares” (*mirror-image twins*). Ambas comunidades seriam semelhantes, ainda que possuindo cada uma delas linguagem, valores, controles sociais e sobretudo finalidades diversas. Na prática, a diferença dar-se-ia pelos enfoques distintos de seus projetos de pesquisa. Os considerados tecnológicos são aqueles em que “o fazer é colocado diante do conhecer” (e vice-versa, no caso da ciência). As duas práticas viveriam, para Layton, numa sorte de simbiose, “em uma relação mutuamente benéfica” (Cuevas id.:6). A autora não acha convincente essa visão, pois “ela não explica onde e como as relações entre cientistas e engenheiros têm lugar”, nem se a ciência e a tecnologia são consideradas como atividades ou como resultados (teorias, artefatos). Tampouco se especifica que tipo de

cientista se vincula a que tipo de tecnólogo. Assim, “dizer que a relação é simbiótica é não afirmar nada específico” (ibid.).

Outra maneira de sustentar um relacionamento não hierárquico entre ciência e tecnologia é oferecido, segundo Cuevas, pelas diversas variedades do enfoque sociológico construtivista (são citados autores como Collins e Woolgar [1991], Bijker, Hughues e Pinch [1987]). Para essa abordagem, a noção de que a ciência constitui uma realidade diferente da tecnologia corresponde a uma visão anacrônica e romântica da ciência como uma atividade direcionada à pura busca do conhecimento. Na verdade, argumentam esses sociólogos, a ciência efetiva é inseparável da tecnologia, na forma da já mencionada “tecnociência” ou do “complexo científico-tecnológico” (Cuevas, ibid.).

Para Cuevas, essa tese é demasiadamente sociológica, e como tal, fixa-se nas semelhanças, desconsiderando as diferenças entre ciência e tecnologia. Ela ignora tanto as peculiaridades da ciência quanto as da tecnologia. Por mais que ambas as atividades estejam influenciadas pelo contexto social, e por mais que essa influência possa esclarecer, parcialmente, a “produção” do saber e dos artefatos, tratam-se de produções diferentes. Escreve Cuevas:

Os filósofos da tecnologia não têm problemas em aceitar que os artefatos tecnológicos, tanto como as teorias científicas, são o resultado de ações humanas. No entanto, poderia ser útil diferenciar os objetivos das duas comunidades. A meta principal dos cientistas é aumentar o estado do conhecimento, e a meta principal dos tecnólogos é aperfeiçoar um artefato ou inventar um novo [artefato]. Essa afirmação não significa que ao alcançar essas metas, outras sub metas práticas possam estar envolvidas na ciência ou sub metas epistêmicas na tecnologia. Todavia, o objetivo principal em ambos os casos decide a estrutura da ciência e da tecnologia, seus conhecimentos, suas atividades e seus praticantes em separado. (id.:7)

Cuevas menciona ainda (brevemente) uma terceira proposta não hierárquica de diferenciação, que enfatiza como elemento comum da ciência e a tecnologia o *know how*. Mas essa proposta desconhece, não apenas que o *know how* científico e o tecnológico podem ser muito diversos, como a circunstância de que ambas as atividades usam

diversos tipos de conhecimento: “Os tecnólogos usam todo tipo de conhecimento, e o mesmo pode ser afirmado dos cientistas” (ibid.).

Para Cuevas, portanto, nenhuma das propostas de um modelo “não hierárquico” de relacionamento da ciência com a tecnologia é aceitável. Ela os critica ainda porque cada um deles se considera suficiente, ignorando o que a autora vê como a principal dificuldade para estabelecer satisfatoriamente em que consiste a buscada relação: a complexidade da ciência e da tecnologia³⁰.

1.5 Um modelo emancipatório

Embora a ciência e a tecnologia estejam muito próximas elas não são a mesma coisa. Tecnologia é muito mais que ciência aplicada e a ciência não se resume à criação de artefatos e dispositivos tecnológicos. (Queraltó)

Um terceiro modelo da relação entre a ciência e a tecnologia encontra-se no texto de Wybo Houkes *The nature of technological knowledge* (2009), no qual o autor investiga a possibilidade de se estabelecer uma “emancipação epistêmica” da tecnologia em relação à ciência. Em relação a isso, Houkes observa que é possível pensar esta emancipação de duas formas distintas, a saber, uma em um sentido forte – na qual há uma ruptura entre ciência e tecnologia e ambas passam a ser fundamentadas em princípios epistêmicos distintos – e outra, em um sentido fraco – na qual a tecnologia não seria apenas uma derivação da ciência, mas teria um estatuto epistêmico próprio. A postura que propicia uma emancipação em um sentido forte seria obviamente mais ousada e mais desafiadora, pois exigiria que novos alicerces teóricos e práticos fossem construídos e os mesmos precisariam ser distintos daqueles já utilizados para fundamentar a ciência.

Ao fazer uma revisão da literatura existente que discute a temática da emancipação epistêmica forte Houkes (*id.*: 342, 2009), mostra que os autores tentaram estabelecê-la de diferentes modos. No entanto, poucas maneiras foram desenvolvidas além do estágio

³⁰ Cuevas acaba propondo um modelo da relação buscada, inspirado em idéias do filósofo R. Giere, em que o relacionamento das duas atividades é variado, dependendo dos aspectos selecionados. Não nos referiremos a esse modelo por achar mais promissor o modelo “emancipador” exposto a seguir.

embrionário e nenhuma delas conseguiu dar uma discussão elaborada nem teve argumentos ou pontos de vista muito refinados. Todas falharam em estabelecer uma emancipação forte.

Houkes (*ibidem*), além de identificar as fragilidades nas tentativas de emancipação radical da tecnologia em relação à ciência, critica o fato de poucos autores terem sido capazes de ir além da intuição de que a ciência busca a verdade e a tecnologia, a utilidade, para separar ambas as atividades. Segundo o autor, essa intuição não nos permite estabelecer uma emancipação epistêmica de todos os aspectos relacionados a essas duas áreas, pois nos fornece uma compreensão muito simplificada de ambas. Tanto a ciência quanto a tecnologia são atividades muito mais complexas e podem ser compreendidas a partir de múltiplos enfoques. Assim, a simples intuição (verdade e utilidade) não é suficiente para emancipar (em um sentido forte) a tecnologia da ciência, pois essa intuição torna-se problemática à medida que se adota uma interpretação instrumentalista da ciência. Se a ciência é concebida tendo como pano de fundo o aspecto instrumental, há uma coincidência entre alguns valores da ciência e da tecnologia, não sendo possível, conseqüentemente, separá-las. A proposta de Houkes (2009, p. 311) de emancipação fraca deve ser interpretada levando em consideração a crítica à concepção de tecnologia como ciência aplicada, pois ele considera que a prática científica e a prática tecnológica resultam de um corpo de conhecimento que são distintos. Além disso, considera que é possível desenvolver uma taxonomia própria para o conhecimento tecnológico além de valorizar a natureza tácita e prescritiva do conhecimento tecnológico.

A argumentação introdutória oferecida por Houkes (2009) parece-nos bastante persuasiva. Por sua vez, a emancipação fraca mostra ser um assunto ainda pouco explorado, e, ao mesmo tempo, apresenta-se como um terreno bastante promissor, pois através desta investigação acreditamos ser possível explorar algumas peculiaridades que dizem respeito à tecnologia³¹. Assim, não colocaríamos a emancipação como o primeiro item na agenda de pesquisa, mas tentaríamos mostrar alguns resultados interessantes em se trabalhar com essa hipótese.

Talvez a busca pela independência ou a análise das similaridades entre ciência e tecnologia pudesse ser mais facilmente compreendida a partir do momento em que se identificarem os objetivos últimos dessas

³¹ Assunto este já discutido por Alberto Cupani (2006) em seu artigo *La peculiaridad del conocimiento tecnológico*.

áreas, isto é, a partir do instante em que se souber exatamente qual é a finalidade da ciência e qual é a finalidade da tecnologia, afirma Hughes (2009) em seu artigo *Practical reasoning and engineering*. Para o autor em questão, o cientista e o engenheiro trabalham de forma diferenciada, pois almejam objetivos distintos que vão além da concepção dualista de *verdade-utilidade*. Assim, por terem objetivos distintos, tanto os cientistas quanto os engenheiros adotam procedimentos peculiares para atingi-los. Assim ele escreve

Se quisermos analisar a prática científica, nós devemos compreendê-la em termos de seus objetivos últimos [isto é] a descoberta de fatos a respeito do mundo que nos cerca. O método científico é a prescrição para julgamentos confiáveis a respeito de hipóteses científicas e é natural analisar e avaliar esse método, em sua forma geral e em aplicações particulares, em termos epistemológicos (HUGHES, 2009, p. 375).

Seguindo essa mesma abordagem, Radder³² (2009) também acredita ser possível diferenciar a ciência da tecnologia a partir dos objetivos perseguidos por ambas as áreas. No entanto, essa não é uma tarefa fácil, pois observa que:

Muitos autores reivindicam que o objetivo da ciência é epistêmico e, em particular, a aquisição de conhecimento. O objetivo da tecnologia, ao contrário, refere-se à construção de coisas ou processos com alguma função útil socialmente. Muitos outros autores, entretanto, reivindicam que uma especificação teórico-conceitual da ciência e da tecnologia não faz justiça à riqueza e à variedade das práticas científicas e tecnológicas (RADDER, 2009, p. 66).

Segundo o autor, nós precisamos partir de alguma perspectiva interpretativa sobre o que nós consideramos como os aspectos básicos

³² Hans Radder é professor de filosofia da ciência e da tecnologia na Universidade *Vrije* de Amsterdam. Atualmente é membro do Instituto Holandês de Estudos Avançados em Ciências Humanas e Sociais e do Centro de Investigação interdisciplinar na Universidade de Bielefeld, na Alemanha.

da ciência e da tecnologia. A partir da identificação desses elementos, devemos articular e testar essa interpretação sobre a base do estudo empírico, dando a esta interpretação uma força normativa.

Bijker (2009, p. 14), filósofo holandês e professor do departamento de Ciência Social e Tecnologia da Universidade Maastricht, endossa a concepção de que o objetivo da ciência natural é o conhecimento teórico como um fim em si mesmo, ao passo que a tecnologia visa o conhecimento útil. A ciência, prossegue o autor, é disciplinar, enquanto que a tecnologia tem um caráter mais voltado à interdisciplinaridade. No aspecto metodológico, a ciência prefere o isolamento e a abstração, trabalhando com objetos ideais, enquanto que a tecnologia lida com a produção de artefatos reais. Quanto aos resultados, na ciência eles são avaliados mediante a corroboração experimental, a consistência teórica e a aprovação da comunidade científica, ao passo que na tecnologia a avaliação se dá através do sucesso prático de determinado artefato.

Hindle (1966, p. 4-5) – estudioso norte-americano da história da ciência e da tecnologia, com formação em arquitetura naval – também abordou em vários de seus escritos a divergência de objetivos que cercam a ciência e a tecnologia. A ciência, segundo ele, está à procura de um entendimento básico, desenvolvendo ideias e conceitos que possam ser expressos em termos linguísticos ou matemáticos. A tecnologia, por sua vez, busca encontrar meios para fabricar coisas e, na medida do possível, utiliza imagens tridimensionais para se expressar. Assim, ao contrário da ciência que está voltada ao conhecimento, a tecnologia tem um propósito praxiológico. De acordo com o já mencionado Layton³³ (1974, p. 40), “enquanto que a ciência procura expandir o conhecimento através da investigação e da compreensão da realidade, a tecnologia procura utilizar o conhecimento para criar uma realidade física e organizacional de acordo com o projeto humano”.

Parece, portanto, não haver motivos para grandes divergências entre os estudiosos em pressupor que a ciência e a tecnologia possuam objetivos distintos. O desafio que se apresenta agora é identificar e compreender o caminho que os cientistas e os tecnólogos percorrem até atingir os objetivos traçados por cada área. Na maioria das vezes, o estabelecimento dos objetivos básicos, seja nas áreas científicas ou

³³ Edwin Layton (1903-1984) foi membro da marinha norte-americana e realizou trabalhos importantíssimos em criptoanálise durante a Segunda Guerra Mundial.

tecnológicas, acaba condicionando à seleção e ao uso de um conjunto de estratégias e produzindo o distanciamento de outras.

No entanto, e como vimos antes, nos parece simplório continuar a distinguir a ciência simplesmente como produtora de conhecimento e a tecnologia como mera produtora de artefatos, pois esta última gera conhecimento *sui generis* e estimula/possibilita o conhecimento científico.

A apresentação que desenvolvemos até agora, referente aos modelos de relação entre ciência e tecnologia, é uma visão panorâmica a respeito dos principais problemas que dizem respeito a esse vínculo. Diante dos três modelos apresentados, com qual ficar? Qual é o mais significativo? Há que se dizer que todos os modelos apresentados são interessantes e fornecem boas razões para explicar parcialmente a relação entre a ciência e a tecnologia. Além do mais, a pluralidade de enfoques sobre a temática é muito interessante para a discussão filosófica. No entanto, para o propósito desta tese, iremos nos aproximar mais do modelo emancipatório, entendido aqui em um sentido fraco, conforme a argumentação de Houkes (2009) exposta nas páginas precedentes. O distanciamento do modelo hierárquico e do modelo tecnocientífico se deve principalmente ao caráter reducionista que eles impõem à relação entre ciência e tecnologia. Admitimos que há ocasiões nas quais a tecnologia pode ser considerada “ciência aplicada” e outras situações em que a tecnologia fornece as condições indispensáveis para a prática científica. No entanto, para nós, a tecnologia é muito mais do que ciência aplicada assim como a ciência transcende a instrumentalidade tecnológica. Da mesma forma, aceitamos os exemplos e ocorrências nas quais a ciência e a tecnologia se fundem, formando a “tecnociência”, na qual são indissociáveis. Contudo, ao que nos parece, nem tudo ainda é “tecnociência”. O enfoque emancipatório apresenta-se como um modelo bastante razoável, pois ele permite que a tecnologia conserve certa autonomia, mesmo que dependa da ciência. Ambas atividades podem trabalhar conjuntamente, sem descaracterizá-las completamente.

Acreditamos que é possível ampliar a reflexão em torno dessa emancipação epistêmica fraca indo além dos objetivos básicos perseguidos por ambas as áreas. Nesse sentido, nossa tese ganha corpo à medida que busca estabelecer uma emancipação fraca envolvendo três aspectos básicos da tecnologia contemporânea, a saber, metodologia, racionalidade e progresso.

No próximo capítulo, investigaremos os princípios metodológicos que são utilizados nas áreas tecnológicas. De antemão, pressupomos que a tecnologia não é uma atividade aleatória, embora ainda não tenhamos evidências suficientes para descrever a estrutura do método tecnológico. No entanto, antes de nos lançarmos à investigação do método tecnológico, fazemos uma reconstrução das principais teses desenvolvidas pelos diversos filósofos da ciência acerca do método científico. A reconstrução das abordagens em torno da metodologia científica tem uma importância estratégica, pois a mesma permitirá avaliar se o método tecnológico é uma derivação natural do método científico ou se o mesmo pressupõe um procedimento totalmente inovador. Acreditamos que a partir dessa comparação teremos elementos suficientes para verificar as possíveis semelhanças e divergências dos procedimentos metodológicos da ciência e das áreas tecnológicas.

CAPÍTULO 2

Uma comparação da ciência e da tecnologia a partir de suas metodologias

Ao longo deste capítulo nos propomos a explorar algumas questões referentes aos aspectos metodológicos da ciência e da tecnologia. Sabemos que as discussões filosóficas relacionadas à metodologia da ciência já foram travadas por filósofos pertencentes às mais diversas filiações e que estes analisaram, através de múltiplos enfoques, o papel que a metodologia desempenha na atividade científica³⁴. De um modo geral, a literatura sobre a metodologia científica nos servirá de base para investigar se a tecnologia possui elementos metodológicos que lhe são peculiares – e, como veremos, tudo indica que existem – ou se não faz sentido falarmos de uma metodologia específica para as áreas tecnológicas.

Através de um olhar panorâmico, visamos investigar as semelhanças, as divergências e as possíveis peculiaridades metodológicas existentes na ciência e na tecnologia. Contudo, nota-se que a questão acerca da metodologia da tecnologia é um assunto ainda pouco explorado pelos filósofos profissionais. Mas antes de entrarmos diretamente no debate que envolve as questões metodológicas na esfera científica e tecnológica, faremos uma breve caracterização da ciência entendida como uma atividade voltada eminentemente à resolução de problemas relativos ao conhecimento. A caracterização da ciência como atividade que visa solucionar problemas já é um assunto consolidado dentro da filosofia da ciência, principalmente devido às significativas contribuições fornecidas por Thomas Kuhn (1962) e Larry Laudan (1977) que proporcionaram uma nova interpretação para a atividade científica, afastando-se de uma concepção segundo a qual a ciência tinha como propósito básico alcançar um conhecimento verdadeiro. Assim, por tais autores proporcionarem um avanço significativo na reflexão em filosofia da ciência e esta também contribuir para o melhor

³⁴ Autores como Rudolf Carnap (1934,1956), Karl Popper (1975, 1985), Paul Feyerabend (2007), Norwood Russel Hanson (1958), Carl Hempel (1965), Imre Lakatos (1979), Patrick Suppes (1969), Bas C. van Fraassen (1980), Henry Bauer (1994) entre outros mais, desenvolveram um frutífero debate em torno da metodologia científica.

entendimento da natureza da tecnologia é que nós iremos recorreremos a eles com maior frequência ao longo desta tese.

2.1 A ciência como uma atividade de solucionar problemas de conhecimento

Há diferentes formas de compreender e abordar a ciência, no entanto, nesta seção vamos explorar especialmente a concepção da ciência ser uma atividade de solucionar problemas. Realizamos esse recorte, pois temos o desejo de caracterizar a tecnologia também como uma atividade que busca solucionar problemas, visando compreender quais são as semelhanças e as divergências dessas duas áreas. Assim, precisamos lidar com questões do tipo: o que faz com que um problema seja considerado um problema científico? Que tipo de problemas os cientistas buscam solucionar? Quais recursos teóricos/metodológicos são empregados nesse processo? Quando sabemos que um problema científico foi resolvido adequadamente? Como identificamos novos problemas científicos?

Dentre os vários filósofos da ciência, Thomas Kuhn e Larry Laudan são aqueles que desenvolveram de um modo mais significativo uma concepção de ciência partindo do princípio de que ela é uma atividade que busca solucionar problemas. A filosofia da ciência que emerge dos autores acima mencionados pode ser configurada como uma espécie de reação à herança do Positivismo Lógico e ao Racionalismo Crítico da época.

Reconstruiremos rapidamente aqui os argumentos apresentados por Thomas Kuhn e Larry Laudan, com intuito de recordar os pressupostos que estão envolvidos na aceitação da ciência como uma atividade que busca resolver “quebra-cabeças” ou, em outras palavras, que se dedica a solucionar problemas de conhecimento. Em 1962 Thomas Kuhn publicou o livro - agora já clássico - *A Estrutura das Revoluções Científicas*, no qual ele propõe uma nova imagem da ciência, sendo esta desenvolvida em um contexto comunitário e orientada por “paradigmas”, vale dizer, de consensos teórico-procedimentais que padronizam, por um período variável, a maneira de pesquisar. Deste modo, caberia aos cientistas trabalharem comunitariamente com intuito de encontrar a solução para um problema que já havia sido estabelecido previamente pelos próprios membros da comunidade. De acordo com Kuhn, a comunidade científica possui

autonomia para considerar quais problemas são merecedores da atenção dos profissionais envolvidos na atividade científica. Para serem aceitos e considerados como problemas científicos os mesmos devem demonstrar que são passíveis de serem solucionados. Problemas considerados metafísicos ou que estão “à margem” da agenda científica são rejeitados e os próprios cientistas são desencorajados a tomá-los seriamente, pois podem se tornar uma distração para os mesmos, fazendo com que sejam desperdiçados tempo e recursos financeiros. O rigor na seleção dos problemas científicos é de fundamental importância no pensamento de Kuhn, pois uma vez eleito o problema, os profissionais não irão medir esforços na tentativa de solucioná-lo, sendo que um eventual fracasso será interpretado como uma falha individual do pesquisador. Os membros da comunidade científica não cessarão enquanto não conseguirem estabelecer de modo satisfatório a articulação entre todas as peças que compõem o quebra-cabeça. Cabe frisar que na concepção kuhniana da ciência, o “paradigma” tem mais relevância que uma metodologia supostamente universal.

Larry Laudan, por sua vez, amplia a visão kuhniana centrada na ciência como atividade solucionadora de problemas, razão por que dedicaremos maior atenção à sua posição teórica. A argumentação de Laudan, desenvolvida principalmente na obra *Progress and its Problems* (1977), mantém também uma postura crítica em relação à concepção do método científico tradicional, pois, segundo ele, as tentativas de mostrar que o método empregado pela ciência assegura o acesso à verdade, a um conhecimento amplamente confirmado, provável e progressivo têm apresentado enormes dificuldades, pois constantemente temos nos confrontados com teorias científicas que não se ajustam perfeitamente a esses critérios apresentados. Em particular, e como Kuhn, Laudan não acredita que se deva ver a ciência como uma atividade orientada a alcançar a verdade. E assim como Kuhn (1962), Laudan (1977) também adota uma abordagem histórica da ciência por acreditar ser esta uma postura mais adequada para a interpretação da ciência. Por esse motivo, ao longo de sua obra, Laudan (1977) procura estabelecer as implicações de se compreender a ciência fundamentalmente como uma atividade que busca solucionar problemas – problemas que envolvem questões intelectuais ou relacionadas ao conhecimento – tendo claro que esse é um assunto que ainda não foi explorado em detalhes. A preocupação do autor com essa temática é pertinente, pois ainda não se tem clareza a respeito de pontos básicos como, por exemplo: qual a relação entre os

problemas científicos e os problemas não científicos? Quais critérios serão utilizados para avaliar se um problema foi adequadamente solucionado? O que faz um problema mais importante do que outro? No entanto, Laudan (1977:5) acredita “que a racionalidade e a progressividade de uma teoria estão estreitamente ligadas – não com sua confirmação ou sua falsificação – mas com sua *efetividade em solucionar problemas*”.

Laudan admite que os cientistas tenham motivações das mais diversas como, por exemplo: controlar o mundo natural, produzir conhecimentos de utilidade social e, até, “buscar a verdade”. No entanto, Laudan está persuadido de que “a visão da ciência como um sistema de solucionar problemas tem maior capacidade de capturar as características mais importantes da ciência do que qualquer outra estrutura alternativa teria” (Laudan 1977:12). Assim, ao identificar a viabilidade de compreender a ciência sob o prisma de uma atividade que busca solucionar problemas – uma atividade orientada por problemas – Laudan pressupõe que nós devemos também alterar a maneira como nós percebemos as questões centrais da história da ciência e também da filosofia e metodologia da ciência. Sob esta perspectiva, vários problemas da filosofia da ciência e da história da ciência necessitam ser repensados.

Os problemas são, para Laudan, o ponto inicial do pensamento científico enquanto que as teorias apresentam-se como o ponto final. Assim, diz Laudan (1977: 13) “se os problemas fornecem as questões para a ciência, as teorias constituem suas respostas”. Nesse sentido, as teorias têm a função de solucionar ambiguidades, reduzir irregularidades e mostrar que algo é inteligível. Ao investigar a natureza dos problemas científicos Laudan (*op. cit.*) entende que eles podem ser classificados em dois tipos distintos, isto é, como *problemas empíricos* (também chamados de problemas de primeira ordem) e como *problemas conceituais* (estes referentes à estrutura interna da própria teoria ou relacionados aos conflitos da teoria com o restante do corpo teórico da ciência). Quanto aos problemas empíricos, é preciso ressaltar que resolvê-los não significa simplesmente construir uma explicação dos fatos. Assim, para considerar algo como um problema empírico, nós precisamos perceber que há a necessidade de solucioná-lo. Da mesma forma, faz-se necessário saber que aquilo que é reconhecido como um genuíno problema empírico em uma determinada época pode deixar de ser em outra.

Os problemas empíricos, por sua vez, podem ser classificados, de acordo com Laudan (1977, p. 17) em três grupos: *i) problemas não resolvidos* (são todos aqueles problemas que não foram adequadamente solucionados por nenhuma teoria e permanecem à espera de solução. Esses problemas podem ser tomados como indicativos para pesquisas futuras.); *ii) os problemas resolvidos* (são aqueles solucionados de modo satisfatório por uma teoria) e, por fim, *iii) os problemas anômalos* (que são aqueles problemas que não foram solucionados pela teoria vigente, mas que encontraram respostas em teorias competidoras).

Tendo mencionado genericamente os tipos de problemas empíricos, passaremos agora a dissertar sobre a natureza dos problemas conceituais. Em linhas gerais, os problemas conceituais estão intimamente ligados às teorias científicas, sendo que não existem independentemente delas. Para Laudan, os problemas conceituais podem surgir em uma teoria de dois modos distintos, a saber:

1. Quando *T* exibe certas inconsistências internas ou quando suas categorias básicas de análise são vagas e confusas: esses são *problemas conceituais internos*.
2. Quando *T* está em conflito com outra teoria ou doutrina, *T'*, cujos defensores de *T* acreditam estar bem fundamentada; esses são *problemas conceituais externos* (LAUDAN, 1977, p. 48-49; grifos do autor).

De um modo geral, os problemas conceituais internos encontrados com maior frequência nas ciências estão relacionados principalmente à inconsistência interna (as áreas matemáticas, por sua vez, concentram compreensivelmente o maior número de casos). No entanto, além desses problemas também é possível encontrar outros que surgem basicamente devido à ambiguidade conceitual ou à circularidade dos conceitos utilizados no interior da teoria. O trabalho minucioso de estabelecer o esclarecimento conceitual aumentando o rigor e a precisão dos conceitos empregados em determina teoria científica caracteriza uma importante etapa do progresso científico, segundo Laudan.

Em contrapartida, os problemas conceituais externos emergem predominantemente à medida que uma teoria entra em conflito com outra teoria ou com uma tradição de pesquisa que se pressupõe estar bem fundamentada. Vale esclarecer que os problemas conceituais

externos também podem emergir, segundo nosso autor, a partir de duas teorias que se propõem explicar o mesmo fenômeno, mas divergem na forma de fazer isso. Quando tomadas individualmente, as duas teorias fornecem explicações satisfatórias a respeito do problema, mas quando tomadas conjuntamente elas entram em tensão. Outra forma de os problemas conceituais externos serem gerados ocorre quando uma teoria científica produz um conflito metodológico com teorias relevantes que são amplamente aceitas por uma comunidade científica. Por fim, os problemas conceituais externos também podem surgir a partir de uma teoria que desafia uma determinada visão de mundo amplamente difundida entre os teóricos de uma área.

De acordo com a estrutura argumentativa fornecida por Laudan, as teorias científicas estão vinculadas às “tradições de pesquisa”, como, por exemplo, o atomismo ou o mecanicismo. Nesse sentido, as tradições de pesquisa têm a capacidade de: *condicionar* o rumo da pesquisa. Embora não possam determinar os tipos de problemas – conceituais ou empíricos – abordados pelas teorias, as tradições podem *delimitar* parcialmente o âmbito de aplicação da teoria, de *orientar*, através de suas postulações metodológicas e ontológicas, a reformulação e/ou criação de uma nova teoria; e de *justificar* pressuposições de teorias particulares.

A concepção da ciência como uma atividade consistente em resolver problemas cognitivos (desvinculando-a do problema de ser sua meta alcançar a verdade) é útil para nosso propósito de comparar ciência e tecnologia, já que esta última propõe-se também a resolver problemas, só que de outra índole. Temos aqui, pois um ponto de contato e uma possibilidade de perceber analogias e diferenças, como desejamos fazer.

Tendo como pano de fundo a visão da ciência como uma atividade solucionadora de problemas cognitivos, prestaremos atenção às interpretações filosóficas da metodologia científicas. Para tanto, escolhemos duas posições antagônicas e extremas: as apresentadas por Bunge e Feyerabend, entre as quais acreditamos que podem situar-se outras intermediárias (como a de Popper, p.e.). Elas servirão de base para entender a proposta metodológica alternativa desenvolvida por Pera (1994) que, em nosso entender, possibilita uma interessante aproximação entre os procedimentos da ciência e da tecnologia.

2.2 Teorias sobre a metodologia da ciência

A investigação filosófica sobre os aspectos metodológicos da ciência e o papel que eles desempenham é ao mesmo tempo ampla e divergente. A amplitude e a divergência das abordagens são tamanhas que, para organizar a nossa exposição, resolvemos classificá-las em três grupos. No primeiro grupo, encontram-se aqueles teóricos que são favoráveis a admitir a existência de uma metodologia científica geral (como Bunge e Gower). No segundo grupo, estão aqueles pensadores que se recusam a conceder ao método científico um papel fundamental na atividade científica (como Feyerabend, por exemplo). Por fim, no terceiro grupo, estão aqueles autores que se dispuseram desenvolver uma proposta metodológica alternativa para a(s) ciência(s) (como é o caso de Ziman, Bauer, Kuhn e Pera). A seguir, reconstruiremos as principais teses que são sustentadas por cada um desses grupos.

2.2.1 A defesa de uma metodologia científica geral

A convicção do caráter essencialmente metodológico da ciência perpassa todas as obras de Mario Bunge. Trata-se de um tema de grande importância, pois como ele frisa, a ciência é uma atividade que não se dá por mero acaso e os cientistas não agem como se fossem pessoas desorientadas que tateiam algo no escuro. Ao contrário, pressupõe-se que os cientistas sabem o que procuram e conhecem a maneira de atingir aquilo que desejam. Para o filósofo argentino, onde não há método científico não há ciência, mas o método por si só é incapaz de determinar e orientar a atividade científica.

Bunge (1980, p. 19) observa que “ninguém duvida do êxito sensacional do método científico nas ciências naturais, mas nem todos concordam com o que seja o método científico”, pois a partir de Galileu foram introduzidas várias modificações no método científico tradicional que encontramos idealizado no pensamento de Descartes e de Bacon, por exemplo. No entanto, o filósofo argentino defende que a correta compreensão do método da ciência encontra-se entre dois extremos: *o determinismo metodológico*, segundo o qual o investigador científico segue cegamente as normas e regras que são ditadas pela metodologia vigente sem ter a possibilidade de criar ou modificar nada; e *o anarquismo metodológico*, segundo o qual o investigador científico tem

total liberdade para investigar seguindo apenas suas convicções pessoais. Segundo a posição de Bunge, uma investigação procede de acordo com um método científico se cumpre, ou ao menos se propõe a cumprir, as seguintes etapas:

(1) *Descobrimto do problema* ou lacuna num conjunto de conhecimentos. Se o problema não estiver enunciado com clareza, passa-se à etapa seguinte; se o estiver, passa-se à subseqüente.

(2) *Colocação precisa do problema*, dentro do possível em termos matemáticos, ainda que não necessariamente quantitativos. Ou ainda recolocação de um velho problema à luz de novos conhecimentos (empíricos ou teóricos, substantivos ou metodológicos).

(3) *Procura de conhecimentos ou instrumentos relevantes* ao problema (p. e., dados empíricos, teorias, aparelhos de medição, técnicas de cálculo ou de medição). Ou seja, exame do conhecimento para tentar resolver o problema.

(4) *Tentativa de solução do problema com auxílio* dos meios identificados. Se a tentativa resultar inútil, passa-se para a etapa seguinte; em caso contrário, à subseqüente.

(5) *Invenção de novas ideias* (hipóteses, teorias ou técnicas) ou *produção de novos dados empíricos* que prometam resolver o problema.

(6) *Obtenção de uma solução* (exata ou aproximada) do problema com auxílio do instrumental conceitual ou empírico disponível.

(7) *Investigação das consequências* da solução obtida. Em se tratando de uma teoria, procura de prognósticos que possam ser feitos com seu auxílio. Em se tratando de novos dados, exame das consequências que possam ter para as teorias relevantes.

(8) *Prova (comprovação) da solução*: confronto da solução com a totalidade das teorias e da informação empírica pertinente. Se o resultado é satisfatório a pesquisa é dada por concluída até novo aviso. Do contrário, passa-se para a fase seguinte.

(9) *Correção* das hipóteses, teorias, procedimentos ou dados empregados na obtenção da solução incorreta. Esse é, naturalmente, o começo de um novo ciclo de investigação. (BUNGE, 1980, p. 25)

Observa-se que, para o autor, o método é um modo de proceder, uma maneira de encarar um determinado conjunto de problemas, “uma maneira de fazer boa ciência”. Assim, todas as disciplinas que são consideradas científicas possuem uma forma semelhante de lidar com seus problemas. Essa tratativa que é comum a todas as áreas científicas é denominada por Bunge (1989) de *método geral* ou “*estratégia*” *geral*. Já, os procedimentos internos ou específicos das diferentes áreas científicas são chamados de *técnicas* ou *métodos especiais*.

A partir dessa caracterização, pode-se dizer que o método geral exerce uma função integradora na ciência, pois possibilita a unidade dela mesmo quando esta se encontra subdividida em diferentes áreas e com inúmeras especialidades. Desse modo, por exemplo, pode-se dizer que um biólogo e um físico possuem técnicas específicas que são utilizadas para explicar e responder os problemas de suas áreas. Na maioria das vezes, tais procedimentos são incompatíveis ou ineficientes na resolução de problemas de outras áreas, sendo que “muitas técnicas têm um alcance restrito, isso é, elas não podem ser exportadas para outros campos de pesquisa” (BUNGE, 1985c, p. 251). Em contrapartida, o método geral pode ser compreendido como a atitude compartilhada ou uma “estratégia geral” que os cientistas das diferentes áreas têm em relação aos problemas investigados.

Bunge (*ibidem*) admite que nem todas as atividades científicas são orientadas pelas regras apresentadas acima. As regras do método não podem substituir a inteligência e a criatividade dos cientistas, pois “a capacidade de formular perguntas sutis e fecundas, de construir teorias fortes e profundas, e de realizar testes empíricos finos e originais, não são atividades orientadas por regras” (BUNGE, 1989, p. 27). Deste modo, prossegue o autor, “a metodologia científica é capaz de dar indicações e fornecer meios para evitar erros, mas não pode suplantar a criação original, nem sequer nos poupar de todos os erros” (*ibidem*). O método científico, como já observado, não pode ser considerado um cânone inalterável capaz de conduzir necessariamente os investigadores à verdade. Por mais que haja um método de investigação, não é possível

excluir elementos como a sorte e o acaso em algumas descobertas. Metaforicamente, Bunge (1985b) diz que na ciência não há avenidas ou caminhos previamente estabelecidos a serem trilhados, mas há uma “bússola” mediante a qual frequentemente é possível obter um caminho promissor. A bússola simboliza o método científico, que não produz automaticamente o saber, mas evita que nos percamos entre os fenômenos.

A analogia do método científico como uma bússola nos parece bastante interessante, pois uma bússola pode indicar o caminho a um navegante que está em alto mar, assim como o método é capaz de fornecer instruções para o pesquisador. No entanto, a bússola não é capaz de prever tempestades ou calmarias, assim como o método não é capaz de *a priori* identificar as anomalias e as crises de uma pesquisa. Tanto a bússola quanto o método são recursos importantíssimos para a navegação e para a pesquisa, mas não são infalíveis. Não há regras infalíveis que garantam antecipadamente o descobrimento de novos fatos e a invenção de novas teorias, assegurando assim a fecundidade da investigação científica: a certeza deve ser buscada somente nas ciências formais.

Além de Bunge, há outros autores como Gower (1997), Gauch (2003) que acreditam na existência de um método científico geral para da ciência. De acordo com Gower (1997, p. 6), o método científico dá autoridade e credibilidade às declarações científicas. Por exemplo, as pessoas preferem uma explicação astronômica a uma explicação astrológica, pois a primeira é dirigida por um método científico. Nesse sentido, prossegue o autor, o método científico exerce a importante função de legitimar e fundamentar as crenças científicas. Assim, argumenta Gower (1997, p. 9), a questão do método deve ser observada não para prevenir ou desencorajar a fraude ou a desonestidade científica, mas para elaborar estruturas que nos permitam fazer julgamentos sobre a credibilidade das conclusões científicas.

Assim como Bunge (1985a) e Gower (2002), Gauch (2003) também busca explorar os princípios gerais do método científico que perpassam todas as ciências Segundo Gauch (2003, p.xv) “existem princípios gerais do método científico que são aplicados em todas as ciências”. Tais princípios metodológicos gerais envolvem, por exemplo, o uso da lógica indutiva e dedutiva, a probabilidade, a parcimônia, o teste de hipóteses, as pressuposições, os domínios e os limites da ciência. A unidade daquilo que denominamos “ciência” é obtida através

desses princípios metodológicos gerais presentes em todas as áreas científicas. A individualidade de cada ciência é obtida, segundo Gauch, através das técnicas específicas que cada área emprega para estudar seus problemas. Posição esta, aliás, muito parecida com aquela sustentada por Bunge.

2.2.2 O anarquismo metodológico

Retornamos brevemente a algumas das principais ideias do anarquismo metodológico – que tem como representante Feyerabend – para apresentar uma antítese às ideias apresentadas na seção anterior. Como todos sabem, Feyerabend (1975, p. 29) é um dos principais críticos da concepção do método científico tradicional. Ao desenvolver uma análise cuidadosa da história da ciência, o autor se depara com vários contraexemplos que demonstram que a desobediência a um conjunto de regras metodológicas bem estabelecidas em um determinado período histórico é de fundamental importância para que a ciência possa avançar. Assim, afirma o autor:

A idéia de conduzir os negócios da ciência com o auxílio de um método que encerre princípios firmes, imutáveis e incondicionalmente obrigatórios vê-se diante de considerável dificuldade, quando posta em confronto com os resultados da pesquisa histórica. Verificamos, fazendo um confronto, que não há uma só regra, embora plausível e bem fundada na epistemologia que deixe de ser violada em algum momento. (FEYERABEND, 1975, p. 29)

Galileu é constantemente invocado por Feyerabend para ilustrar sua posição contrametodológica, haja vista que o pensador renascentista contrariou várias diretrizes metodológicas da ciência de sua época e manteve-se firme às suas convicções em torno da teoria heliocêntrica. Na concepção de Feyerabend, a postura “rebelde” de Galileu foi de fundamental importância para a consolidação de uma nova visão de mundo e não deve ser compreendida como um fator isolado, mas deve ser entendida como uma condição absolutamente necessária para o desenvolvimento da ciência, pois em inúmeras situações as regras metodológicas tornam-se verdadeiros obstáculos que inibem e impedem o progresso científico. Assim, prossegue o nosso

autor, por mais fundamental e necessária que se apresente uma regra metodológica, sempre haverá uma circunstância em que se torne prudente ignorá-la ou até mesmo adotar uma regra contrária.

Como sabemos, uma das principais teses que emergem da crítica de Feyerabend ao modelo científico tradicional é o princípio anarquista do “tudo vale” que condena uma imagem de ciência constituída por um rígido método científico capaz de guiá-la em direção a um conhecimento verdadeiro. Por essa razão, Feyerabend prega que os cientistas devem adotar uma *metodologia pluralista*, libertando-se dos cânones e das doutrinas metodológicas rígidas e conservadoras que impedem o desenvolvimento de senso crítico e reflexivo. Desse modo, seguindo os princípios de um modelo metodológico pluralista, ao invés de se trabalhar buscando estabelecer uma teoria ideal ou aproximadamente verdadeira, os profissionais envolvidos no processo trabalham com um conjunto de alternativas, sendo algumas mais plausíveis e justificadas que outras. De acordo com a proposta pluralista, a proliferação de alternativas é produtiva para a ciência, pois ela estimula a competição entre ambas, aumentando as possibilidades de se encontrar uma resposta válida e satisfatória ao problema investigado. Nesse aspecto, o enfoque pluralista apresenta-se como um modelo mais dinâmico e Feyerabend (*id*: 47) o considera benéfico para ciência, pois acredita que a uniformidade metodológica acaba debilitando o poder crítico e ameaçando não apenas o desenvolvimento da ciência, mas também do próprio indivíduo. Em outras palavras, na concepção de Feyerabend, todas as metodologias, desde as mais simples até as mais complexas e sofisticadas possuem limitações. Novamente, a história da ciência possui um enorme acervo que demonstra os limites e a própria irracionalidade das várias regras metodológicas.

A postura metodológica relativista proposta por Feyerabend não visa substituir um conjunto de regras metodológicas por outro conjunto equivalente, nem sequer pelo malfadado “tudo vale”. Para nosso autor, a pesquisa científica não deve ser governada ou legitimada por um conjunto de regras externas ou *a priori*. Os pesquisadores têm liberdade e autonomia para conduzirem suas investigações de acordo com os meios disponíveis naquele determinado momento. De um modo geral, Feyerabend (1975) propõe reestruturar a prática científica, alterando as diretrizes metodológicas que foram desenvolvidas ao longo da tradição e que passaram a ser incorporadas como sinônimo de “boa ciência”. Trata-se de estimular uma prática científica através de um

conjunto de procedimentos metodológicos abertos e não dogmáticos, evitando assim a estagnação do desenvolvimento científico.

Em síntese, podemos dizer que a proposta de Feyerabend é desafiadora, pois ao utilizar vários exemplos da história da ciência ele consegue mostrar as limitações e até mesmo a irracionalidade que perpassa alguns períodos da prática científica guiada por um modelo metodológico tradicional. Por outro lado, de forma muito habilidosa, consegue apresentar bons indícios de que seria racional adotarmos, em alguns momentos, alguns procedimentos “irracionais”.

A crítica de Feyerabend à noção de uma metodologia geral (e à própria ciência) é geralmente considerada como exagerada pelos seus críticos e opositores. No entanto, há boas razões para se questionar a existência de uma metodologia científica estritamente universal. Algumas dessas razões são as seguintes. A atividade científica é hoje tão diversificada e segmentada, que um cientista dificilmente se ocupa do circuito inteiro da pesquisa tal como reconstruído no modelo de Bunge. Os pesquisadores nas áreas da ciência natural dedicam-se a tarefas bem delimitadas, às vezes de pequeno alcance, que se vinculam com outras, igualmente específicas, concorrendo todas elas para projetos abrangentes. A “metodologia” de cada pesquisador pode ser, assim, infinitamente diversa (testar uma hipótese, organizar e realizar um experimento, colher dados, efetuar medições...). No caso das ciências sociais, existe a secular discussão sobre a possibilidade de aplicar nelas o suposto método geral da ciência (natural). Apesar de a situação nestas ciências ser diferente da situação das ciências naturais (no que tange à dimensão dos projetos em que trabalham os cientistas), há também aqui uma pluralidade de atividades com suas respectivas técnicas. Acrescente-se o problema levantado pelo significado dos fenômenos humanos, que leva a maioria dos cientistas sociais a recusarem uma aproximação demasiado estreita com os procedimentos das ciências naturais. O resultado de todas essas dificuldades parece ser o de que, embora seja impossível conceber que uma pesquisa científica qualquer opere sem algum tipo de método, em que consista esse método é antes uma questão circunstancial do que um assunto a ser determinado *a priori*.

2.2.3 As reconstruções filosóficas alternativas da metodologia científica

Como vimos, há dois extremos nas reflexões sobre os aspectos metodológicos da ciência. De um lado está uma postura que pressupõe que uma investigação científica necessariamente tem de ser orientada a partir de um método, sendo que este tem a capacidade de legitimar e justificar a prática científica, conduzindo a um conhecimento verdadeiro. No outro extremo, encontra-se a postura do anarquismo metodológico que recusa conceder à metodologia científica um papel essencial na prática científica. Podemos elencar Bunge como o principal representante do primeiro grupo, enquanto que Feyerabend é o expoente majoritário do segundo, ainda que Bauer (1992) sustente uma posição parecida. No entanto, seria mostra de ignorância considerar que existam apenas essas duas grandes posturas em torno do método científico. Entre Bunge e Feyerabend há uma ampla variedade de propostas alternativas, que configuram e expressam uma visão interessante a respeito do tema. Kuhn (1962), por exemplo, sustenta que a “ciência normal” está orientada essencialmente pela “matriz disciplinar”, e não por métodos ou técnicas específicos (a pesquisa normal pode continuar “mesmo na ausência de regras claras”, conforme uma passagem muito citada da *Estrutura*). Lakatos (1989) defendeu que a ciência é governada por “programas de pesquisa” compostos por um “núcleo elementar” de suposições imutáveis e um conjunto de hipóteses auxiliares, sendo essa estratégia mais importante do que as técnicas particulares. Ziman (1968, 1978, 2002) destaca o papel do *ethos* científico e Bauer (1994), a importância da crítica padronizada, para a obtenção de consensos e conclusões “confiáveis”, para além da utilidade das técnicas empregadas. Já Pera (1994), propõe substituir o modelo metodológico - baseado em regras rígidas - da pesquisa por um modelo “dialético” (que explicaremos mais adiante) em que a suposição de que os resultados da pesquisa dependam essencialmente do procedimento empregado (método) é subordinada à importância da discussão entre os cientistas que realizam a pesquisa. Essas propostas alternativas acabam reestruturando a nossa visão da natureza do método científico, bem como da sua importância teórica.

Essa propagação de modelos metodológicos alternativos pode ser compreendida de diferentes formas. Em um primeiro momento, pode refletir o declínio da valorização do método (típica da filosofia moderna)

que se mostra ineficiente para dar conta da ciência atual. Em um segundo momento, somos levados a pensar que a ampliação das propostas metodológicas visa atender a demanda de novas especialidades e de novos campos de investigação científica que vão sendo criados. A seguir, daremos ênfase à proposta de interpretação da metodologia científica desenvolvida por Pera (1994), pois acreditamos que ela pode, primeiramente, contribuir significativamente para o entendimento da ciência e, posteriormente, também pode nos auxiliar nas questões relacionadas à tecnologia.

É na obra *Discourses of Science* (1994) que Marcello Pera desenvolve suas críticas ao modelo de racionalidade metodológica e busca substituí-lo por um modelo que leva em consideração a racionalidade dos discursos científicos. As críticas ao modelo tradicional de racionalidade metodológica foram extraídas da própria história da ciência que, segundo ele, registra um pano de fundo comum que foi desenvolvido por filósofos como Bacon, Descartes, Leibniz, Newton, Whewell, Mill, Popper, Lakatos e Laudan. Por mais que cada metodologia concebida por esses autores esteja direcionada a atingir diferentes objetivos, Pera identifica um núcleo comum em todas elas, que são sintetizadas nas seguintes teses:

Primeira tese: Existe um método preciso e universal que demarca a ciência de qualquer outra disciplina intelectual.

Segunda tese: A rigorosa aplicação desse método garante a realização do objetivo da ciência.

Terceira tese: Se a ciência não possuísse método, ela não seria um empreendimento cognitivo racional. (PERA, 1994, p. 4).

Essas três teses compõem aquilo que Pera denomina de “projeto cartesiano” sendo que a terceira tese ganha atenção especial e é designada por ele de “síndrome cartesiana”. Já mencionamos nas páginas anteriores alguns argumentos que problematizam a primeira e a segunda tese. No entanto, o mesmo não ocorre com a terceira tese, pois ela não pode ser facilmente abandonada e traz consigo enormes desafios, pois implica em *i*) admitir que a atividade científica seja um empreendimento racional ou irracional como qualquer outro; ou em *ii*) encontrar e/ou desenvolver um modelo de racionalidade que não esteja fundamentado em uma ideia de método científico tradicional.

De acordo com Pera (1994), Thomas Kuhn é praticamente o único filósofo da ciência que não é afetado pela síndrome cartesiana, pois desenvolve um arcabouço teórico-conceitual no qual a racionalidade científica não está vinculada diretamente a um método científico tradicional, mas a um *consenso* constituído paradigmaticamente e comunitariamente, nem a ciência é uma atividade irracional³⁵. Em Kuhn (1970), a racionalidade não advém de um conjunto exclusivo de regras metodológicas que guiam a atividade científica – embora as regras metodológicas também façam parte do paradigma – mas ela emerge de uma comunidade científica institucionalizada que compartilha valores, matrizes disciplinares e exemplares. Pera reconhece a influência que Kuhn exerce em seu pensamento. Isso pode ser visto na seguinte passagem:

Meu objetivo final nesse livro não é resgatar o modelo metodológico [contra os negadores da metodologia], mas encontrar um caminho para sair do dilema cartesiano. A dialética, não a sociologia, a psicologia ou a hermenêutica será meu candidato para substituir o método. Assim, eu tomarei a posição sugerida por Kuhn, mas não desenvolvida plenamente por ele, e tentarei esboçar e elaborar uma imagem diferente de ciência que denominarei *o modelo dialético* (PERA, 1994, p. 10-11. Grifo no original).

Assim, o modelo dialético apresenta-se como um modelo alternativo ao modelo metodológico e ao modelo contrametodológico. O modelo dialético diverge deles porque, diferentemente do modelo contrametodológico, ele conserva o caráter normativo da racionalidade e, distintamente do modelo metodológico “ele vincula a racionalidade não a certas *propriedades de teorias* fixadas por regras, mas à *qualidade dos argumentos* que sustentam as teorias” (id.: 144, grifos do autor).

³⁵As críticas a Kuhn são muito conhecidas. Lakatos (1989, p. 120), por exemplo, refere-se a motivações subjetivas para considerar irracional a concepção de ciência sustentada por Kuhn e chega a sustentar que “as revoluções científicas são irracionais, objeto de estudo da psicologia de massas”. Dudley Shapere (1966, p. 67), por sua vez, afirma que “a decisão de um grupo científico em adotar um novo paradigma não se pode basear em boas razões sejam elas factuais ou de outras espécies”.

O modelo dialético de racionalidade faz com que Pera (1994, p. 47) desenvolva um ambicioso objetivo que consiste em “transferir a ciência *do reino da demonstração para o domínio da argumentação* e conceber suas restrições não como regras metodológicas universais, mas como fatores dialéticos históricos sobre os quais interlocutores concretos se baseiam em discussões [igualmente] concretas” (grifos do autor).

A adoção do procedimento dialético proposto por Pera envolve também uma alteração da relação entre o cientista e a natureza. O modelo metodológico tradicional pressupõe uma relação direta entre o investigador e a natureza, segundo a qual o cientista questiona e a natureza oferece as devidas respostas. A partir do modelo dialético essa relação se modifica, pois o cientista pergunta à natureza e a mesma fornece as respostas, mas essas não são mais aceitas prontamente, pois elas são analisadas e discutidas por uma comunidade de interlocutores. Somente depois de uma longa e rigorosa análise é que se chega a um acordo sobre qual é a “voz oficial da natureza”.

A proposta de um modelo dialético para a ciência traz consigo a necessidade de modificar e ampliar a noção de racionalidade científica, pois a mesma não estará mais vinculada estritamente a um método científico. A racionalidade será compreendida a partir do conjunto de argumentos utilizados durante a prática científica, especialmente durante aqueles períodos onde é preciso converter um determinado grupo de intelectuais a respeito de um determinado ponto específico. Essa posição se justifica, porque segundo Pera (1994, p. 104) “na ciência, nós estamos sempre ‘em meio ao debate’”, sendo a ciência uma atividade aberta à crítica, ao debate e à contestação.

Um ponto importante para compreendermos o pensamento de Pera e, conseqüentemente, entendermos seu modelo de racionalidade consiste em observar os usos que ele faz dos termos “retórica científica” e “dialética científica”, pois os mesmos já receberam diferentes enfoques ao longo da tradição filosófica. Pera especifica o uso que faz de tais termos na seguinte passagem:

[...] De agora em diante, eu reservarei o termo *retórica científica* para aquelas formas persuasivas de raciocínio ou argumentação que objetivam modificar o sistema de crenças de uma audiência em um debate científico e o termo *dialética científica* para a lógica ou cânone de

validação dessas formas (PERA, 1994, 58. Grifo no original).

Pera (1994, 97ss) observa que os cientistas fazem uso da retórica durante suas atividades e apresenta algumas razões para isso. A primeira delas é para *escolher um procedimento metodológico adequado*, pois em algumas circunstâncias, uma nova teoria pode vir acompanhada de um novo método. Um exemplo clássico desse acontecimento pode ser encontrado em Galileu e em Darwin que utilizavam procedimentos metodológicos diferentes daqueles empregados pelos seus críticos. A segunda razão refere-se à *interpretação de uma regra metodológica*, pois geralmente, como diz Pera, as regras não estabelecem exatamente o conteúdo prescritivo, podendo produzir assim algumas controvérsias. Em determinados casos, dois pesquisadores podem concordar em usar determinada regra em detrimento de outra, mas mesmo assim ainda podem interpretá-la de uma forma totalmente divergente. A terceira razão está relacionada à *aplicação da regra a um caso concreto*, pois algumas dúvidas podem surgir no instante da aplicação da regra a um caso prático. Em muitos casos, há uma dificuldade em solucionar o problema, pois a regra foi concebida em um plano ideal e agora não consegue dar conta de um problema prático. A quarta razão apresentada por Pera diz respeito à *justificação de um ponto inicial*, pois em caso da dubiedade de uma premissa, faz-se necessário utilizar alguma estratégia argumentativa para convencer seu interlocutor a admiti-la. A quinta razão destaca a *atribuição a uma hipótese um grau positivo de plausibilidade ou reforço*, pois uma hipótese com baixa plausibilidade dificilmente será levada seriamente em consideração. O sexto argumento em prol do uso da retórica na ciência diz respeito à *crítica ou desmerecimento de hipóteses rivais*, pois uma das melhores formas de criticar uma hipótese rival é mostrando que a mesma entra em conflito com outras hipóteses aceitas pela comunidade científica. No entanto, nem sempre é fácil mostrar ao opositor que sua hipótese é falha, limitada ou inconsistente com o conjunto de crenças existentes e compartilhadas pelos profissionais envolvidos no processo. Por fim, a última razão trata do ato de *rejeitar objeções contrárias à hipótese*, pois uma hipótese bem sucedida deve ser capaz de refutar seus críticos.

Como observado acima, há alguns casos em que as regras metodológicas deixam algumas lacunas durante a prática científica que precisam ser preenchidas através de decisões tomadas pelos

interlocutores de um determinado campo. Assim, a retórica científica se apresenta como um importante instrumento que tem contribuições significativas para a formação do consenso em torno de uma determinada afirmação, ou sobre a plausibilidade de uma hipótese, ou ainda sobre os próprios méritos explanatórios de uma teoria, ou algo semelhante a isso.

De acordo com a teoria de Pera (1994, p. 108), a dialética científica tem a importante função de analisar se os argumentos utilizados nas diferentes áreas científicas são bons ou ruins, pressupondo que eles precisam ser examinados e avaliados dentro de uma situação específica, levando-se em consideração também a audiência para a qual eles estão sendo dirigido. Em outras palavras, “a dialética científica não tem a pretensão de lidar com os argumentos em si, mas com os argumentos em um debate” (*ibidem*), e tem a importante função de estipular determinadas restrições e regras que governam o debate, dizendo quais movimentos são aceitos e quais são proibidos. Dessa forma, a dialética científica tem a responsabilidade de instituir as “regras que conduzem o debate” e estipular “as regras que decidem um debate”.

Na concepção de Pera, seu modelo dialético leva vantagem em relação aos outros dois modelos, pois enquanto o modelo metodológico entende que a racionalidade é definida a partir de um conjunto de regras – e já explorarmos nas páginas anteriores as limitações dessa concepção – o modelo contrametodológico nega que a racionalidade possa ser definida em termos de regras metodológicas, podendo levar em considerações critérios ou elementos considerados como extracientíficos. Nesse sentido, a racionalidade de uma teoria científica segundo o modelo dialético será adquirido se ela for sustentada com argumentos válidos. O modelo de Pera apresenta algumas vantagens se comparado aos demais modelos de racionalidade, por exemplo:

[...] Comparada com a racionalidade metodológica, a racionalidade dialética é eticamente mais *tolerante* porque ela não é vinculada a uma propriedade singular ou a um conjunto de requisitos previamente estabelecidos, mas a um livre debate sobre diferentes propriedades e requisitos. Comparada à racionalidade do “tudo vale” [*anything goes*], a

racionalidade é mais *adequada*, porque ela não depende do apoio de autoridades ou de fatores sociais externos [...] Comparada à racionalidade da regra: “respeita as boas maneiras epistêmicas” ela é mais precisa, pois há fatores objetivos (base substantiva da dialética científica) que especificam quais são essas boas maneiras, e fatores formais (a base do procedimento da dialética científica) que especificam como eles deveriam ser respeitados. Finalmente, comparada tanto à racionalidade metodológica quanto a racionalidade que resta no modelo contrametodológico, a racionalidade dialética é mais *atrativa* porque depende do seu solo natural, ou seja, da força dos argumentos: o que significa ser racional se não seguir o melhor argumento? (PERA, 1994, p. 144)

Resumidamente, podemos dizer que o modelo de racionalidade dialético proposto por Pera amplia a discussão sobre a racionalidade na esfera científica. Acreditamos que a principal contribuição de Pera foi identificar que os discursos científicos ajudam a estruturar uma nova imagem da ciência na qual o caráter crítico, dinâmico e racional parece estar em uma relação de equilíbrio. Na próxima seção, iremos explorar a possibilidade de fazermos uma aproximação entre o modelo de racionalidade dialético proposto por Pera à ciência também e as áreas tecnológicas.

2.3 A tecnologia como uma atividade de solucionar problemas práticos

Partimos do princípio de que também é possível caracterizar a tecnologia como uma atividade endereçada a solucionar problemas³⁶. Rachel Laudan (1984a) enfatiza precisamente esse aspecto da tecnologia. No entanto, precisamos analisar a natureza dos problemas que os engenheiros e outros tecnólogos buscam solucionar, diferenciando-os, se possível, dos problemas científicos vistos na seção anterior. Um dos modos mais simples de distinguir os problemas tecnológicos dos problemas científicos é considerar os primeiros como

³⁶ Em vez de caracterizá-la, abstratamente, como a busca da eficiência (p.e.).

dotados de uma natureza pragmática e os segundos constituídos de uma natureza teórica.

Seguindo essa linha de raciocínio, Bunge (2002) argumenta que uma das principais diferenças entre a ciência e técnica está relacionada aos tipos de problemas com os quais cada uma delas lida. Para ele, os problemas científicos costumam ser *diretos*, enquanto que os problemas tecnológicos são *inversos*. Assim,

(...) por exemplo, dada uma antena, um físico pode calcular as ondas que ela emite; ao engenheiro, ao contrário, se encomenda o projeto de uma antena que emita ondas que se propagem com uma frequência e uma direção também desejada. Ou, dado um composto químico, um biólogo pode averiguar como o mesmo afeta um organismo; ao contrário, a um pesquisador biomédico pede-se que busque um medicamento para tratar certa enfermidade (BUNGE, 2002, p. 28).

Mas essa caracterização parece demasiado simplista. Há uma visão predominante (uma espécie de consenso) entre os teóricos profissionais da filosofia da tecnologia de que os *designers* (aqui, em sentido amplo, entendidos como solucionadores de problemas da área tecnológica) se deparam com dificuldades maiores do que aquelas enfrentadas pelos cientistas, pois tais teóricos acreditam que os problemas tecnológicos são mais complexos e, portanto, mais difíceis de serem solucionados se comparados aos problemas enfrentados pela ciência (aqui, devemos pensar na “ciência normal”). Muitas vezes, os tecnólogos não conseguem identificar precisamente o problema, isto é, eles não têm clareza nem evidência sobre qual é o problema em questão³⁷. O que existe é apenas uma vaga ideia de que algo precisa ser melhorado, mas ainda sem saber exatamente *o que*, nem muito menos *como* isso pode ser feito. Consequentemente, sem uma concepção clara e uma demarcação precisa do problema, a busca pela resolução fica mais difícil que na ciência. O professor e pesquisador de *design* e tecnologia Nigel Cross avalia que:

³⁷ Como afirma Glegg (1969, p. 5) “algumas vezes, o problema é descobrir qual é o problema”.

Os tipos de problemas com que os *designers* se deparam são considerados maldefinidos ou mal-estruturados, em contraste com problemas bem-definidos e bem-estruturados como o jogo de xadrez, palavras cruzadas ou o cálculo padrão. Problemas bem-definidos têm um objetivo claro; frequentemente uma resposta certa e regras ou maneiras de conhecer e proceder que geram uma resposta (CROSS, 2005, p. 14).

No entanto, é obviamente permitido indagar: como é possível saber se um problema é bem-definido ou maldefinido? Seriam os problemas maldefinidos exclusivos das áreas tecnológicas ou eles também estariam presentes nas áreas científicas? Quais elementos nos permitiriam caracterizar um problema desta maneira? De acordo com Cross (*ibidem*) existem algumas características que podem nos auxiliar na identificação de um problema maldefinido entre as quais se destacam: *i*) a formulação não definitiva do problema, ou seja, a incapacidade de identificar e demarcar todas as variáveis envolvidas no processo; *ii*) a formulação do problema pode incorporar inconsistências; *iii*) a formulação do problema está vinculada a possibilidade dele ser solucionado; *iv*) as soluções propostas são um meio de compreender e estruturar melhor o problema e *v*) não há uma solução definitiva para o problema.

Julgamos interessante a possibilidade de não haver uma formulação definitiva nem uma solução categórica para os mesmos. O aparente fracasso na demarcação precisa do problema não permite inferir que os tecnólogos sejam incompetentes ou incapacitados para fazê-lo. Isso se deve muito mais à própria complexidade do problema enfrentado do que à falta de habilidade daqueles que se propõem a solucioná-lo. Tal concepção não implica afirmar que os problemas tecnológicos não possam ser demarcados, mas deixa claro que não há uma única forma ou um único modelo de se fazer isso. Ao admitir-se que os problemas tecnológicos possam ser configurados a partir de uma pluralidade de formas, sendo que estas possibilitam, por vezes, uma pluralidade de resoluções, deve-se também admitir a existência de soluções variadas, sendo umas mais eficientes ou mais adequadas que as outras. Outro elemento que contribui para a complexidade dos problemas tecnológicos, diz Queraltó (2003) é que os mesmos estão

inseridos em um contexto histórico e social marcado essencialmente pela globalização e pela multiculturalidade.

Assim, percebe-se que há muitos episódios nas áreas tecnológicas em que nem sempre é possível identificar previamente o problema para, em seguida, propor-lhe uma solução. Um dos casos mais famosos apresentados por Vincenti (1990) consiste no problema relacionado à estabilidade das aeronaves. Antes da construção dos primeiros protótipos, esse problema era inexistente entre os profissionais envolvidos no processo. Depois, a partir da realização dos primeiros voos e dos primeiros testes, identificou-se que algo precisaria ser melhorado, mas ainda não se tinha a certeza de quais eram as modificações necessárias que deveriam ser introduzidas. Neste caso, como também em muitas outras circunstâncias, foi preciso pensar a compreensão do problema e sua solução como elementos conjuntos. Na medida em que foram sendo apresentadas as primeiras correções ao problema da estabilidade dos voos, também foi possível compreendê-lo de uma forma mais adequada, pois novas evidências foram emergindo. Nesse sentido, Cross (2005, p. 61) comenta que “os objetivos iniciais e provisórios podem mudar, expandir-se ou contrair-se, ou ser completamente alterados a partir do momento que o problema se torna melhor entendido e a partir do momento que emergem novas ideias para a solução”. Assim, não se busca apenas modos e/ou formas de solucionar os problemas, mas também se almeja encontrar uma maneira de compreendê-los melhor à medida que se identifica as variáveis que estão inseridas no processo. Assim, o problema vai sendo moldado e estruturado à medida que os estudos vão avançando em uma determinada área.

Cross (2005, p. 188) admite que o desafio com que os *designers* lidam é instável e imaginário, pois ele pode mudar de acordo com as escolhas que são efetuadas ou a cada nova etapa do processo de resolução do problema. Assim, não há um conjunto rígido de regras que governa e determina todo o processo. Neste sentido, acrescenta Glegg (1969, p. 18) “como um *designer*, você se torna um solucionador de quebra-cabeça (*puzzle*) e não há uma forma rotineira para fazer isso. Nem sempre você encontra a solução em um livro. Em muitos casos, você pode ter de encontrá-la em você mesmo”.

A dificuldade em identificar o problema traz consigo outro desafio metodológico, pois à medida que não há um problema inicial bem-definido e com potencial para ser solucionado, também não é

possível efetuar a escolha dos métodos e das técnicas adequadas para resolvê-lo. Assim, existe a possibilidade e, por que não, a necessidade de se desenvolver uma metodologia específica que demonstre ser adequada àquela situação ou àquele caso exclusivo. Neste contexto, as metodologias adotadas e/ou desenvolvidas nas áreas tecnológicas têm um aspecto bastante singular, pois dificilmente elas poderão ser implantadas em outras áreas. Assim, ao discutir a temática sobre os problemas mal-estruturados Dorst e Overveld (2009, p. 464) – estudiosos do *design* – argumentam que a criação de soluções para os problemas de *design* mal-estruturados parece ser um processo gradual, um tipo específico de evolução³⁸, pois não é uma matéria na qual primeiro se fixa o problema (através da análise de objetivos ou imposição de uma estrutura) e então se inicia a pesquisa para uma solução conceitual satisfatória.

Mas voltando à característica do problema maldefinido que aponta para a existência de requerimentos diversos, podemos afirmar que, conforme Hughes (2009, p. 394) a coerência, que é uma das principais características do pensamento científico, nem sempre é fácil de ser mantida na engenharia, pois há várias variáveis que são levadas em consideração e, em muitos casos, é difícil combinar, por exemplo, alta performance com baixo custo. No entanto, de um modo geral, os engenheiros realizam pesquisas sobre os melhores meios que podem ser utilizados para se realizar determinada ação. É um processo que envolve a razão prática e não um processo arbitrário.

Utilizando-se de uma linguagem metafórica o arquiteto e *designer* industrial, Cross compara uma equipe de *design* com um time de futebol, pois ambos têm de ter uma estratégia. Assim, “a estratégia de um time de futebol para derrotar o seu opositor consistirá em um acordo planejado para usar a variedade de jogadores e movimentos (isto é, técnicas ou métodos) para serem aplicados em determinada situação” (CROSS, 2005, p. 189). Deste modo, o resultado do jogo não pode ser previamente conhecido, nem os *designers* têm acesso a todas as variáveis, mas durante o jogo, a escolha de um movimento, realizado de forma eficiente ou não, dependerá da circunstância específica, ou da habilidade dos jogadores e da resposta (combate) do time adversário.

³⁸ O termo “evolução” não segue uma definição rigorosa, como constantemente é feito na biologia ou na filosofia da biologia. Desejamos que o uso intuitivo do mesmo não impeça ou dificulte a compreensão do tema.

Um problema maldefinido ainda não tem um “modelo” de resolução, isto é, as soluções propostas tornam-se um meio de compreender e estruturar melhor o problema. As hipóteses que são criadas na tentativa de solucionar o problema ajudam a defini-lo de uma forma mais adequada. Fala-se de uma definição mais adequada e mais aproximada justamente porque os problemas maldefinidos não comportam uma solução definitiva. Aos problemas maldefinidos pode ser apresentada uma multiplicidade de resoluções.

A natureza dos problemas maldefinidos poder ser melhor compreendida através de um exemplo o engenheiro aeronáutico Walter Vincenti. Em seu livro *What engineers know and how they know it* (1990), várias vezes já mencionado, ele analisa a questão dos problemas maldefinidos através de um estudo de caso que tem como personagens principais os pilotos, os projetistas (*designers*) e os engenheiros de aeronaves. Resumidamente: o problema maldefinido dizia respeito à qualidade do voo, no qual estavam envolvidas duas variáveis, a saber, a estabilidade e o controle da aeronave. Sem um conhecimento adequado da relação entre a atmosfera, a aeronave e as forças envolvidas durante o voo, ficava difícil tomar decisões inteligentes que pudessem garantir a segurança do voo. Na tentativa de melhorar a qualidade do voo, os engenheiros e os projetistas coletaram relatos e depoimentos das experiências vivenciadas pelos pilotos em situações reais de voo. No entanto, o problema era caracterizado como maldefinido, pois as descrições dos pilotos eram consideradas imprecisas e continham vários elementos subjetivos considerados de difícil interpretação por parte dos profissionais técnicos. A situação vivenciada durante os voos pelos pilotos, copilotos, tripulação e passageiros não era apresentada de forma clara e precisa aos engenheiros. Na realidade, apenas se tinha uma vaga noção de que era preciso melhorar a qualidade de voo, tentando diminuir as instabilidades existentes, mas não se sabia precisamente as causas daqueles acontecimentos nem as alterações que necessitavam ser efetuadas para diminuí-los ou solucioná-los de uma forma eficiente. Todos os profissionais envolvidos no processo sabiam que algo precisava ser feito para melhorar a qualidade do voo, mas não sabiam exatamente o que fazer ou por onde começar as alterações. Havia o desejo de se solucionar o problema. Vários agentes competentes estavam dispostos a ajudar, mas não se podia definir essa colaboração, sendo o problema amplo e impreciso. As hipóteses eram múltiplas, pois se podia optar por fazer apenas pequenos ajustes na própria aeronave ou

na forma como os pilotos a utilizavam, ou podia-se decidir elaborar uma nova aeronave que contivesse um *design* inovador.

Segundo Vincenti, os engenheiros aeronáuticos levaram três décadas para conseguir fazer a passagem do problema maldefinido (identificado inicialmente em torno de 1918) para o problema bem-definido. Assim, como enfatiza Vincenti (1990, p. 97) “em 1940, o problema da qualidade do voo, embora não estivesse completamente resolvido estava, no mínimo, bem-definido”, em outras palavras, os profissionais já eram capazes de identificar as causas que provocavam determinados efeitos assim como também poderiam desenvolver medidas preventivas para evitar consequências indesejadas. Assim, diante de um dado cenário atmosférico, os pilotos tinham condições de interpretar melhor os dados que recebiam dos instrumentos, podendo aumentar ou diminuir a velocidade ou, até mesmo, alterar a posição do voo em relação a sua altitude e longitude.

O estudo de caso aqui apresentado é inspirador, pois o problema da qualidade de voo é um problema que ainda não foi solucionado completamente e preocupa cada vez mais pilotos, engenheiros e projetistas aeronáuticos. Estudos recentes indicam que as turbulências aéreas ocorrem devido a uma variação brusca na temperatura, na velocidade ou na pressão do ar. Sabendo disso, as modernas aeronaves já são construídas e contêm equipamentos que permitem identificar muitas dessas variações abruptas. Quando tais variações são previsíveis, os pilotos podem fazer ajustes na aeronave fazendo com que ela supere essas adversidades, mantendo o voo estável. Isso é possível, por exemplo, alterando a potência das turbinas ou a posição dos *flaps*. No entanto, nem sempre é possível prever tais variações, tornando-se difícil solucionar o problema definitivamente.

Assim como os demais autores acima mencionados, Eekels (1991), um assíduo estudioso da metodologia da tecnologia, também admite que os problemas enfrentados pelos *designers* sejam geralmente problemas mal-estruturados e afirma que este é um dos pontos mais característicos desta atividade, pois as soluções são muito diversas e dinâmicas. Eekels entende, assim como Vincenti (1990, p. 63), que a questão a ser respondida pelos engenheiros e projetistas não pede uma resposta correta, mas a melhor dentre várias possíveis. A resposta correta pressupõe uma forma exclusiva de fazê-la, enquanto a melhor resposta pressupõe um conjunto de respostas dentro das quais ela é

eleita como tal. A melhor resposta também pode estar condicionada à criatividade e a capacidade inventiva dos membros da equipe.

Aqui é possível retornar a questão levantada no início desta seção na qual se buscava saber se os problemas maldefinidos estão presentes apenas nas áreas tecnológicas ou se eles também podem ser encontrados nas áreas científicas. Primeiramente, seguindo a linha de raciocínio de Bunge, Kuhn e Laudan, podemos dizer que a ciência “normal” lida apenas com problemas bem-definidos. Aqueles problemas que não são assim estruturados, não são considerados problemas científicos. Em segundo lugar, enquanto que a tecnologia admite uma pluralidade de respostas aos seus problemas, à ciência tende a buscar e aceitar apenas uma resposta para seus problemas. Se duas teorias científicas se propõem explicar o mesmo fato, os cientistas não medem esforços em tentar descobrir qual delas apresenta a melhor resposta. A respeito deste aspecto Bunge (1985a, p. 38) também oferece uma contribuição, pois segundo ele, há uma diferenciação entre o *ethos tecnológico* e o *ethos científico*, pois na tecnologia a investigação não é livre e desinteressada, senão é uma tarefa orientada a uma meta prática. Além disso, acrescenta-se o fato de que o tecnólogo habitualmente trabalha para um empregador ou um cliente e deve adaptar sua conduta aos interesses deste último³⁹.

O engenheiro não inicia uma investigação movido apenas pela sua curiosidade ou pelo seu próprio desejo, mas começa a desenvolver sua pesquisa a partir do reconhecimento de uma necessidade prática, seja ela oriunda de um cliente, de uma agência de pesquisa, de um governo ou da própria sociedade⁴⁰. A partir da identificação de uma necessidade torna-se forçoso, diz Hughes, definir o problema, ou seja, conceituar e demarcar com precisão o problema a ser solucionado. E isso, como vimos, pode não ser fácil nem imediato. Somente depois é que se fará a análise das hipóteses que poderão fornecer uma resposta efetiva a necessidade identificada. Esses são alguns elementos que ajudam a caracterizar os problemas bem-definidos que os profissionais das diferentes áreas tecnológicas também irão se preocupar.

³⁹ Bugliarello (1991) e Mitcham (1994a e 2006) são dois autores que discutem o papel ético e a responsabilidade social que os engenheiros possuem.

⁴⁰ Analogamente ao que ocorre na ciência referente à subdeterminação das teorias pelos fatos, na tecnologia haveria uma subdeterminação dos projetos (*designs*) pelas necessidades, assunto este discutido por Petroski (1994).

No entanto, ao que nos parece, os profissionais das áreas tecnológicas precisam lidar tanto com os problemas práticos quanto com os problemas teóricos. Como observa Skolimoski (1982), os tecnólogos se dedicam aos problemas que emergem da prática, mas tais questões precisam contar com o apoio de um arcabouço teórico-conceitual próprio. Talvez tenhamos habitualmente uma visão equivocada da tecnologia por contemplar apenas os resultados finais que são apresentados em formas de produtos e dispositivos úteis ao nosso dia a dia. No entanto, não podemos desconsiderar, por exemplo, todo o trabalho teórico do momento da definição do problema e das inúmeras hipóteses que são desenvolvidas com o intuito de melhorar o desempenho do dispositivo. Os problemas teóricos nas áreas tecnológicas estão associados primeiramente à definição do próprio problema tecnológico e, posteriormente referindo-se às questões relacionadas à eficiência de determinado dispositivo, à resistência dos materiais, à relação custo/benefício, ao conceito de falha, entre outros mais.

Como temos observado, a tecnologia se dedica a um conjunto de problemas que possuem uma natureza distinta daqueles enfrentados pela ciência. A peculiaridade dos problemas tecnológicos é um ponto interessante que auxilia o processo de emancipação da tecnologia em relação à ciência. Tendo identificado as peculiaridades dos problemas tecnológicos como distintos dos científicos, buscaremos verificar quais são as estratégias metodológicas utilizadas pelos tecnólogos na tentativa de solucioná-los. Associado a isso merece destaque a noção de *design* e da explicação tecnológica.

2.4 O *design* como metodologia tecnológica⁴¹

O *design*⁴² pode ser considerado um dos elementos chaves para as áreas tecnológicas e exerce um papel semelhante àquele ocupado pelo método e pela racionalidade nas áreas científicas. Mas o que é o *design* e qual sua função? É no texto de Kroes (1998) *Technological explanations: the relation between structure and function of technological objects* que encontramos uma das melhores caracterizações da natureza do *design*. Segundo o filósofo holandês, o *design* pode ser compreendido de dois modos distintos, a saber, *i*) como um esboço geral que mostra como uma função tecnológica poderia ser realizada (semelhante ao esboço de Leonardo da Vinci sobre o helicóptero), ou *ii*) como um protótipo (miniatura) criado e desenvolvido em laboratório. Em outro texto mais recente, Kroes considera que:

O design, grosso modo, é um plano ou uma descrição (que pode incluir um esboço) de um artefato técnico. Como tal, um design não é um artefato técnico em si, mas simplesmente uma representação disso. Um design pode incluir um plano ou uma descrição de como fazer o artefato em questão e pode passar a funcionar como um modelo para a sua realização física, isto é, para a manipulação de matéria tão real que resulta

⁴¹ Segundo Richard Buchanan (2009, p. 414) “Embora a raiz filosófica do *design* possa ser traçada no Renascimento e no trabalho de indivíduos como Picco della Mirandola, Francis Bacon e Galileu Galilei, o *design* emergiu no século 20 com dois métodos da prática. O primeiro era o método do ofício (*craft*), baseado nas práticas tradicionais de tentativa e erro na fabricação de artefatos e na evolução gradual de formas de produtos adaptados as circunstâncias particulares. Este era um método experimental, primeiro inserido no trabalho artesanal (*craftwork*) como um todo e então separado gradualmente da manufatura por causa da industrialização. [...] O segundo método do *design* é focado no esboço (desenho) e no projetista. Neste método, o *designer* esboça as formas do possível produto que satisfazem as necessidades do fabricante e do mercado e então desenvolve a escala detalhada que pode ser usada como instruções ou especificações para guiar o invento e a construção”.

⁴² Já nos ocupamos anteriormente (nota de rodapé 5 e 6) de algumas das dificuldades que encerra a palavra *design* e sua tradução.

em um tipo particular de objeto material.
(KROES, 2009, p. 513).

De certo modo, o *design* pode ser compreendido como uma visualização prévia do artefato ou do dispositivo tecnológico. Quando falamos em visualização estamos nos referindo ao ato de ver literalmente, pois o *design* envolve o esboço (desenho) do mecanismo a ser desenvolvido e a produção de um modelo em miniatura (maquete, p.e.). Assim, a habilidade em desenvolver desenhos técnicos é fundamental importância para as áreas tecnológicas, pois muitas alterações e vários ajustes podem ser efetuados a partir desse esboço prévio. Kroes (2009) argumenta que

No geral, para se tornar um bom engenheiro projetista, entretanto, não é suficiente possuir apenas habilidades de pesquisa *analítica*. Além delas e, em adição a elas, os engenheiros precisam ter habilidades de projeto (*design*) *sintético*: quando projetam novos artefatos técnicos, eles devem estar aptos a combinar elementos (componentes ou processos) de maneira inventiva e criativa que possam satisfazer necessidades práticas entre meios e fins ou necessidades funcionais. (KROES, 2009, p. 405)

Assim como Kroes (2009), vários outros filósofos da tecnologia dedicam-se a tarefa de caracterizar o *design* e eles o fazem de diferentes formas. Por exemplo, com intuito de comparar o modo como os cientistas e os tecnólogos buscam solucionar os problemas de suas áreas Cross (2005) reconstrói um estudo experimental de Lawson (1984) no qual confronta a forma como *designers* (neste caso, especificamente, os arquitetos) e os cientistas buscam solucionar o mesmo problema. A proposta fica assim caracterizada:

Os cientistas tendem a usar a estratégia de entender o problema sistematicamente, a fim de analisar as regras ocultas que poderiam permitir produzir uma ótima solução. Em contraste, os *designers* tendem a fazer explorações iniciais e então sugerem uma variedade de possíveis

soluções até eles encontrarem uma que seja boa ou, no mínimo, satisfatória. (CROSS, 2005, p. 21)

Os problemas dos engenheiros (enquanto *designers*) para Cross (2005, p. 90), por exemplo, “estão sempre situados dentro de certos limites. Um dos mais importantes desses limites, por exemplo, é o custo: quanto o cliente está preparado para gastar em uma nova máquina ou quanto o consumidor espera pagar pelo produto”. Em outra passagem, Cross comenta:

Administradores e pesquisadores do marketing tendem a se concentrarem mais especificamente em atributos desejáveis dos novos produtos (frequentemente do ponto de vista do consumidor ou da exigência do cliente), enquanto que os *designers* e engenheiros concentram-se mais sobre as características do produto (frequentemente em termos de suas propriedades físicas) (CROSS, 2005, p. 107).

Kroes (1998) lança um olhar holístico a respeito daquilo que ele denomina de “processo de *design*”. Esse processo tem início com a definição das necessidades comerciais e a especificação de um artefato. As razões que levam à criação de um novo artefato podem ser múltiplas, podendo incorporar a demanda específica do mercado ou uma oportunidade técnica do presente. Para esse estágio, o novo artefato é definido em termos de suas *propriedades funcionais e de seus custos globais*. Esse estágio é usualmente seguido por uma investigação em direção à possibilidade técnica e comercial do artefato.

Indo mais além, Vermaas *et al* caracterizam o *designing* como

(...) uma atividade interativa, isto é, uma atividade na qual, passo a passo, os engenheiros traduzem os objetivos dos clientes em funções *F*, transformando essas funções em descrições *Ds* dos artefatos, construindo aqueles mesmos artefatos, testando-os e finalmente produzindo-os, enquanto um novo estágio permite o retorno aos passos anteriores (2011, p. 23).

Nesse sentido, prosseguem os autores, é possível identificar três fases no processo de *designing*, a saber, a *fase conceitual*, na qual se busca configurar o artefato tecnológico caracterizando seus componentes e sua função geral. Aqui a função geral pode ser subdividida em várias funções parciais ($f_1, f_2, f_3 \dots f_n$). Essa subdivisão de funções é bastante comum principalmente em projetos de grande porte como, por exemplo, a construção de um avião, a construção de um automóvel, etc. A seguir, surge a *fase da materialização*, na qual se busca soluções técnicas a partir de elementos materiais existentes. Por fim, há a *fase de detalhamento*, na qual a descrição física dos componentes escolhidos é adaptada aos objetivos que se pretende atingir.

Como temos visto até aqui, os cientistas e os *designers* lidam com problemas distintos e buscam solucioná-los de modo específico. Enquanto o cientista (“puro” ou básico) é levado pela sua curiosidade e pelo seu espírito desbravador a criar hipóteses, analisá-las logicamente e buscar sempre provas que contribuam para um avanço do conhecimento, o engenheiro adota um ponto de partida distinto, buscando dar conta de um conjunto de preocupações práticas. Contudo, embora tenham estratégias distintas e almejem objetivos específicos, a ciência e a tecnologia ainda mantém determinados vínculos. Observa Kroes:

O *design* da engenharia moderna é uma atividade baseada na ciência, mas isso não faz dela um ramo da ciência aplicada. De fato, a resolução de problemas do *design* é tomada como algo muito diferente da resolução dos problemas científicos. *Design* é considerado então como uma característica saliente da tecnologia que se distingue da ciência [Mitcham, 1994, p. 220]. Nós discutiremos duas características do *design* em engenharia que o diferenciam da pesquisa científica. A primeira diz respeito à natureza da decisão do *design* de engenharia, e a segunda a uma ampla variedade de restrições depositadas sobre os *designs*. (KROES, 2009, p. 516)

Como se percebe na passagem acima, o *design* constitui-se em um dos elementos salientes da tecnologia, ajudando a corroborar a tese de que a tecnologia não é redutível à ciência. De certo modo, o termo *design* assume um prestígio maior do que os demais termos utilizados

para comparar a ciência e a tecnologia (como, por exemplo, a noção de método, de racionalidade e de progresso), pois ele não é encontrado nas áreas científicas, enquanto os outros o são. Trata-se de um elemento ímpar que desempenha uma função estratégica nas áreas tecnológicas.

As características elementares do *design* serão discutidas de forma pormenorizadas nas próximas seções. Por ora, basta dizer que durante a atividade tecnológica os profissionais envolvidos necessitam tomar diversas decisões referentes ao projeto em que estão inseridos. Tais decisões precisam levar em consideração uma estrutura reguladora externa e um conjunto de valores e princípios de natureza interna.

O *design* como apresentado por Kroes (1998) pode ser tomado como um dos principais métodos da área tecnológica, pois ele é capaz de fornecer uma descrição completa dos objetos tecnológicos. Na indústria moderna, principalmente nas grandes empresas multinacionais, o *design* é resultado de um processo que envolve vários profissionais de diferentes áreas. O ponto inicial *desse processo* consiste em identificar e definir a necessidade comercial e a especificação de um artefato. Em seguida, o novo artefato passa a ser definido pelas suas capacidades funcionais e pelos seus custos. O passo seguinte consiste na viabilidade técnica e comercial do artefato. Após isso, se busca efetuar a verificação e validação técnica do projeto na qual é avaliado o desempenho do artefato ou do dispositivo na realização da função a ele instituída.

Marc de Vries, professor da *Delft University of Technology* (Holanda), sustenta que o *design* é o método da tecnologia. O aspecto metodológico é de fundamental importância para o autor, pois é ele quem consegue estabelecer o vínculo entre as necessidades dos clientes (seja indivíduos, empresas ou o governo) e as propriedades físicas. Nesse sentido, o *design* exerce o papel fundamental de converter os desejos dos clientes em artefatos funcionais. Assim escreve o autor:

O método pressupõe que há conhecimento na relação entre as necessidades dos consumidores (a natureza funcional de um artefato) e as características físicas (a natureza física), porque este é precisamente o tipo de conhecimento que é fixado aqui. O conhecimento não é derivado logicamente do conhecimento da natureza física, nem do conhecimento da natureza funcional. Ele é realmente um tipo específico de conhecimento,

que frequentemente é obtido na prática pelo uso dos artefatos (DE VRIES, 2009, p. 504).

Em linhas gerais, podemos dizer que os passos do *design* apresentados por Kroes (1998) fornecem muito mais que uma mera explicação das propriedades físicas dos objetos. Ele fornece uma explicação tecnológica (e não puramente científica), pois é capaz de mostrar sobre quais bases físicas um objeto realizará determinada função⁴³.

Embora os autores mencionados acima não compartilhem um conceito de *design* – em vez disso, apresentam diferentes concepções do mesmo –, observamos que suas ideias giram em torno de uma essência comum, isto é, de que o *design* proporciona as diretrizes básicas para o desenvolvimento da atividade tecnológica, pois implica a competência de identificar as necessidades subjetivas dos clientes e transformá-las, na medida do possível, em funções técnicas. Nesse sentido, o *design* não se resume em um mero desenho técnico, pois ele proporciona um conjunto ordenado de passos que devem necessariamente ser seguidos para o desenvolvimento de um dispositivo tecnológico.

De um modo geral, consideramos satisfatório considerar o *design* como uma diretriz metodológica própria das áreas tecnológicas, contribuindo significativamente para uma emancipação fraca da tecnologia em relação à ciência. Na próxima seção, buscaremos apresentar mais alguns argumentos em prol desta concepção.

2.5 A concepção de método tecnológico de Bunge

Na seção anterior apresentamos diversos autores que tiveram a preocupação de caracterizar o *design* como um procedimento metodológico. Agora, recorreremos aos escritos de Bunge, pois ele e Vincenti são os únicos autores, na bibliografia que consultamos, que se referem diretamente à metodologia tecnológica. Em relação aos aspectos metodológicos da tecnologia, Bunge apresenta uma argumentação que não se distancia muito daqueles princípios da metodologia científica apresentados anteriormente. Segundo ele, a pesquisa tecnológica:

⁴³ Ridder (2006, p. 3) observa que, por tal razão, a explicação tecnológica não é uma explicação dedutiva, pois é praticamente impossível deduzir a função somente a partir de uma estrutura.

Do ponto de vista metodológico, não difere da investigação científica. Em ambos os casos, um ciclo de investigação tem as etapas seguintes:

- discernir o problema;
- tratar de resolver o problema com a ajuda do conhecimento (teórico ou empírico) disponível;
- se a tentativa anterior não for bem-sucedida, elaborar hipóteses ou técnicas (ou, ainda, sistemas hipotético-dedutivos) capazes de resolver o problema;
- obter uma solução (exata ou aproximada) do problema com auxílio do novo instrumental conceitual ou material;
- pôr à prova a solução (p. ex., com ensaios de laboratório ou de campo);
- efetuar as correções necessárias nas hipóteses ou técnicas, ou mesmo na formulação do problema original (BUNGE, 1980, p. 191).

Para Bunge, ciência e tecnologia são “metodologicamente parecidas”, consistindo a diferença em que a meta da ciência é “a verdade pela própria verdade”, e a da tecnologia “a verdade útil a alguém” (ibid.). Como na ciência, também na tecnologia haveria uma estratégia geral compartilhada por todos os tecnólogos. Para além dessa semelhança com o proceder da ciência, o método tecnológico também inclui elementos que lhe são peculiares e pode ser caracterizado a partir da seguinte sucessão:

- i*) Reconhecimento de um problema prático; *ii*) Formulação do problema; *iii*) Busca dos “princípios” (leis ou regras), assim como dos dados necessários para solucionar o problema; *iv*) *Design* do objeto, estado ou processo que talvez solucione o problema em alguma aproximação; *v*) Construção de um modelo em escala; *vi*) Construção de um protótipo (máquina, grupo experimental, programa social em escala reduzida, etc.) *vii*) Provas; *viii*) Avaliação; *ix*) Revisão crítica do *design*, das provas e do próprio problema (BUNGE, 1985a, p. 37-40).

Assim, percebe-se que a atividade tecnológica não é desenvolvida aleatoriamente, nem os tecnólogos desenvolvem seus projetos a partir da pura inspiração. Há um trabalho sistemático que orienta a tecnologia ao alcance de suas metas e de seus objetivos específicos. No entanto, Bunge (1985a, p. 228) adverte que não há um método (no sentido de uma receita) para projetar, sendo que tal ideia parece “tão absurda como a ideia de que tudo o que se deve fazer para ser um cientista é dominar o método científico”.

Como podemos observar nos parágrafos anteriores, ao mesmo tempo em que Bunge identifica uma similaridade entre os procedimentos metodológicos da ciência e da tecnologia a partir de sua estrutura formal ou a partir da forma de se posicionar e agir ante um problema, ele também deixa claro que são dois modos de proceder distintos, sendo que um não pode ser reduzido ao outro.

2.6 O método tecnológico segundo Walter Vincenti

Vincenti (1990) também se refere aos aspectos metodológicos da ciência e da tecnologia, mas, ao contrário de Bunge (que além de manter um vínculo forte entre ciência e tecnologia, parece querer compreender a tecnologia a partir dos instrumentais teóricos já existentes na ciência), procura explorar as metodologias desenvolvidas nas próprias áreas tecnológicas, especialmente aquelas vinculadas às engenharias. Talvez essa divergência de enfoque tenha origem na própria formação de ambos, sendo o argentino filósofo e físico e o outro engenheiro aeronáutico.

Vincenti (1990, p. 138) tem a convicção da existência de métodos nas engenharias, sendo eles diferentes daqueles utilizados nas ciências, embora tais métodos ainda não se encontrem teoricamente sistematizados. A metodologia da engenharia, ensina Vincenti, somente aparece claramente – num primeiro exemplo eminente – no trabalho de John Smeaton à época da Revolução Industrial Britânica. Smeaton estudou o desempenho das rodas d'água e dos moinhos de vento a partir de dois componentes metodológicos distintos, a saber, um método sistemático de experimento e uso de modelos em escala de trabalho. De acordo com Vincenti (*ibidem*), esses dois componentes, frequentemente utilizados em conjunto, formam a base de uma tradição autônoma da pesquisa em engenharia.

De acordo com o relato de Vincenti (*ibidem*), o método de experimento empregado por John Smeaton possibilitou alterar separadamente as condições de operação da roda (verificando e avaliando, por exemplo, a velocidade e a quantidade da queda d'água, assim como, a velocidade da rotação da roda) e a medição da potência gerada. A partir desses experimentos, e do constante aperfeiçoamento dos mesmos, foi possível chegar àquilo que hoje denominamos de método de variação de parâmetro que, de acordo com Vincenti (1994, p. 139), “pode ser definido como o processo que determina o desempenho de alguns materiais, processos ou dispositivos enquanto os parâmetros que definem o objeto de interesse ou suas condições de operação variam sistematicamente”. Esse método foi desenvolvido e aperfeiçoado, sendo ainda hoje utilizado por vários engenheiros em diferentes áreas.

A utilização do modelo em escala por John Smeaton, argumenta Vincenti (*ibidem*), deu contribuições significativas para as engenharias, pois é um modelo que busca reproduzir proporcionalmente as dimensões do artefato real. Ao se trabalhar com modelos em escala pressupõe-se que o artefato realize as mesmas funções que o protótipo. Em outras palavras, pode-se dizer que os engenheiros criam uma “miniatura” do protótipo fazendo com que ela desempenhe as mesmas funções do futuro dispositivo⁴⁴. No entanto, a utilização do modelo em escala requer atenção especial, pois os dados obtidos através desse modelo não podem ser aplicados automaticamente nos artefatos com suas dimensões reais, já que se torna necessário efetuar vários ajustes, levando-se em consideração o tamanho do artefato a ser desenvolvido, bem como as condições em que irá operar. Muitas vezes, problemas somente poderão ser identificados e corrigidos quando um dispositivo ou uma máquina forem construídos em seu tamanho real, porque enquanto um artefato em miniatura pode funcionar perfeitamente bem, outro artefato em escala maior ou em um tamanho real pode apresentar problemas inesperados.

Cabe observar que de acordo com a literatura que consultamos, as questões relacionadas à metodologia da tecnologia são específicas das determinadas áreas e seus objetos de estudo. Os contextos sociais, econômicos, políticos e valorativos também influenciam direta e indiretamente as escolhas e a constituição metodológica da tecnologia,

⁴⁴ Neste caso, o modelo em escala usado vai além do modelo em escala estático utilizado pelos arquitetos que simplesmente permite visualizar as relações espaciais.

pois, em muitos casos a própria investigação tecnológica é dependente de uma complexa infraestrutura como mencionamos anteriormente quando falamos da tecnociência. No texto de Vincenti (1994), as discussões a respeito dos métodos sempre se encontram inseridas em um contexto bastante específico como pode ser observado através dos estudos realizados pelos engenheiros Durand (1859 - 1958) e Lesley (1874 - 1945)⁴⁵ na obtenção de dados referentes às hélices para aviões. Através dos dados obtidos nessas pesquisas experimentais, os *designers* encontraram elementos que possibilitaram desenvolver hélices melhores para as novas aeronaves⁴⁶.

Vincenti (1994, p. 166) argumenta que, para um observador casual, o trabalho de Durand e de Lesley poderia ser classificado como uma simples coleta de dados. Mas, quando submetido a uma análise mais detalhada ele revela elementos de uma metodologia mais complexa, “envolvendo variação de parâmetro experimental e teórico, modelos de escala e leis de similitude e a comparação dos resultados com experimentos e modelos de grande escala”. Nesse sentido, a metodologia empregada vai além dos dados empíricos e inclui elementos peculiarmente importantes para as engenharias como, por exemplo, a forma adequada de desenhar um artefato ou uma habilidade para solucionar um problema. De um modo geral, prossegue Vincenti (ibidem), “alguns elementos da metodologia aparecem na atividade científica, mas não a metodologia como um todo”.

De acordo com Vincenti (1994, p. 213) os engenheiros usam diversos instrumentos teóricos que incluem conceitos intelectuais e métodos matemáticos para fazer o cálculo de um projeto. A natureza dos métodos matemáticos e das teorias utilizadas pode ser simples – incorporando apenas algumas fórmulas básicas – ou complexa, à medida que necessita de sistemas mais sofisticados para resolver os problemas em questão. Embora os aspectos metodológicos desempenhem um papel muito importante nas áreas tecnológicas, muitas vezes, alguns problemas somente são solucionados devido à astúcia e à genialidade dos profissionais envolvidos. O conhecimento e as habilidades adquiridas através de experiências práticas podem, não raras vezes, serem indispensáveis para o prosseguimento da atividade.

⁴⁵ Ambos da *Stanford University*.

⁴⁶ Para mais detalhes conferir Vincenti (1990, cap. 5).

2.7 Há mais semelhanças ou divergências entre a metodologia científica e a metodologia tecnológica?

Diferentes intérpretes podem fornecer respostas divergentes à questão acima mencionada, conforme acentuem mais os procedimentos comuns ou as práticas que se diversificam. Por sua vez, essa diferença de ênfase pode estar condicionada pela formação do observador (filósofos e cientistas podem estar mais inclinados a realçar semelhanças, ao passo que os tecnólogos podem ser mais sensíveis às diferenças). Em todo caso, nós achamos que as diferenças são mais importantes, e na sequência apresentaremos algumas razões que justificam nossa posição.

Apesar do esforço de um autor como Bunge de mostrar uma suposta metodologia geral da tecnologia como derivada da metodologia científica, parece-nos que a semelhança é por demais superficial ao levarmos em consideração a maneira como a pesquisa tecnológica se desenrola. A intervenção do saber científico, indispensável para falarmos em tecnologia, não chega, em nosso entender, a converter a produção tecnológica numa derivação da produção científica⁴⁷. Não há dúvida de que pode encontrar-se certa semelhança entre formular uma hipótese para resolver um problema teórico e imaginar um possível artefato, bem como entre o teste da hipótese e a prova do artefato, porém as diferenças são gritantes. A refutação ou o questionamento de uma hipótese não são equivalentes ao fracasso, parcial ou total, de um protótipo. O avanço de um estágio a outro da pesquisa ocorre por razões diferentes na ciência e na tecnologia.⁴⁸ Tanto a definição do respectivo tipo de problema (teórico ou prático, respectivamente) como os princípios e valores que auxiliam a tomar decisões (plausibilidade de uma hipótese vs. factibilidade de um dispositivo, por exemplo) são diferentes. Até a própria maneira de conceber e encarar os prazos de execução e conclusão de uma pesquisa obedece a critérios diferentes (sobretudo, a forma e o momento de declarar satisfatoriamente encerrada a pesquisa). Outra divergência metodológica significativa pode ser identificada nas habilidades exigidas dos profissionais. Nas áreas científicas, habilidades teóricas relacionadas à abstração, à elaboração de experimentos mentais e à criação de hipótese são

⁴⁷ Apesar de não querer reduzir a tecnologia à ciência aplicada, Bunge parece referir-se a esta última na caracterização do método tecnológico geral.

⁴⁸ Para mostrar melhor isso, retomaremos mais adiante o processo de *design*.

requisitos elementares e muito valorizados. Por outro lado, embora essas habilidades sejam importantes nas áreas tecnológicas, são necessárias outras capacidades como a de produzir desenhos técnicos, de manejar ou desenvolver cuidadosamente uma peça, de ter a criatividade de projetar um dispositivo inovador ou revolucionário. Não é exagero afirmar que ambos os profissionais são submetidos a exigências distintas. Por outra parte, embora teorias e explicações científicas sejam requeridas para solucionar problemas tecnológicos, elas precisam de adaptações para ser úteis (algo muito diferente da vinculação de uma pesquisa científica às teorias que lhe dão sustentação ou verossimilhança). Note-se também que o conhecimento e a experiência vulgares são mais importantes na tecnologia do que na ciência, como parte da estratégia de pesquisa, tal como ilustra Vincenti (1990) em seus diversos exemplos. A pesquisa tecnológica é, além disso, impulsionada por interesses diversos (industriais, bélicos, etc.), ao passo que a científica (bem entendido, na ciência acadêmica) responde predominantemente a interesses teóricos. Pode-se presumir que essa diferença refletirá no andamento da respectiva investigação⁴⁹. Por último, mas sem pretensão de sermos exaustivos, vale a pena lembrar que as especialidades tecnológicas proliferam tanto quanto as científicas. Se a proliferação de disciplinas e subdisciplinas científicas é um dos motivos para se duvidar da existência de uma metodologia comum (como já foi mencionado), esse motivo é igualmente válido no caso da pesquisa tecnológica. E se os argumentos apresentados para defender a pluralidade metodológica da tecnologia ainda não forem suficientes, podemos refletir sobre as características já apresentadas do *design* e observar que a produção tecnológica parece assumir tantas feições quantos problemas ela enfrenta.

Parece-nos, claramente, que do ponto de vista metodológico, nossa tese de haver uma emancipação fraca da tecnologia com relação à ciência é bastante convincente.

⁴⁹ Nossa ideia da ciência acadêmica não é, todavia, ingênua. Não ignoramos que ela, embora definida pela observância de critérios puramente epistêmicos, esteja na prática influenciada por outros critérios e valores (como veremos mais adiante). No entanto, de um ponto de vista abstrato, a sequência de atividades que configurariam um método geral parece muito diferente na ciência e na tecnologia.

CAPÍTULO 3

Comparando ciência e tecnologia no que diz respeito à sua racionalidade

A discussão e a análise dos aspectos da racionalidade tecnológica ainda não se encontram bem consolidadas se comparadas aos trabalhos e as abordagens que foram realizadas sobre a racionalidade da ciência. Como sabemos, a questão da racionalidade científica recebeu enfoques e tratamentos distintos ao longo da tradição filosófica⁵⁰ envolvendo tanto defensores de certo modelo de racionalidade como também diversos críticos. Mas, obviamente, o fato de a investigação filosófica a respeito da racionalidade não estar plenamente firmada nas áreas tecnológicas não nos autoriza a pressupor que as mesmas estejam desprovidas de qualquer tipo de racionalidade, ou que este assunto não possa ser explorado de forma mais sistematizada. Partimos do princípio de que as pesquisas e as investigações nas áreas tecnológicas não se dão ao acaso, pois como observamos no capítulo anterior, elas empregam métodos específicos para dar conta de problemas genuinamente tecnológicos. Agora, temos o desafio de identificar e procurar caracterizar aquilo que denominamos de racionalidade científica para, subsequentemente, fazermos uma comparação com a racionalidade presente nas áreas tecnológicas.

Antes de tratarmos especificamente do problema da racionalidade nas áreas científicas e nas áreas tecnológicas precisamos pressupor uma noção geral de “racionalidade”. Sem pretensão de defender esta noção como a melhor (considerando-a apenas como plausível), entenderemos a seguir por *racionalidade de uma atividade a maneira como a mesma justifica, mediante argumentos, o alcance dos seus objetivos*. Entendemos que essa noção implica a referência a *valores*. De acordo com essa noção geral, a racionalidade da atividade científica diz respeito a *identificar e explicar o que é*, ao passo que a racionalidade da atividade tecnológica diz respeito a *projetar e produzir o que deve ser*. Consequentemente, a racionalidade científica reporta-se a valores não

⁵⁰ NEWTON-SMITH (1981) faz uma excelente análise do problema da racionalidade da ciência, percorrendo as principais teses desenvolvidas pelos filósofos da ciência do século XX.

necessariamente idênticos aos da racionalidade tecnológica. No entanto, pode ser o caso de haver uma coincidência parcial.

A seguir, faremos a caracterização da racionalidade científica para, a partir dela, buscarmos estabelecer as similaridades ou divergências em relação à racionalidade tecnológica.

3.1 A concepção tradicional da racionalidade científica

O debate acerca da racionalidade científica ocupou a agenda dos filósofos da ciência durante o século passado e a primeira década do atual. Várias teses foram desenvolvidas e diversos enfoques foram apresentados na tentativa de dar conta desse problema. De modo geral, percebe-se que todas as análises feitas pelos filósofos desse período estavam relacionadas – mais ou menos diretamente – ao método científico. Aquilo que ao longo da tradição filosófica se costumou chamar “racionalidade científica” encontra-se diretamente vinculado a uma concepção metodológica. Sendo assim, acreditamos que a discussão referente ao “método” e à “racionalidade” na ciência, é praticamente indissociável. Cupani argumenta que:

Na concepção filosófica tradicional da ciência (que subsiste em sua imagem vulgar), “ciência” e “racionalidade” eram praticamente sinônimos. Concebia-se a atitude científica como o exemplo mais acabado de uma posição racional diante da realidade, tanto em sentido teórico, vale dizer com objetivo de compreender o mundo, como em sentido prático, ou seja, como meio de transformá-lo. A racionalidade da ciência se manifestava como uma atitude crítica com relação ao saber ordinário e as convicções tradicionais, e como exigência de rigor na argumentação e no exame das evidências empíricas. Aquela racionalidade se expressava também no *ethos* da imparcialidade, o desinteresse e a serenidade exigidos de uma conduta científica eficiente (CUPANI, 2000, p. 37-8).

Essa associação entre “método” e “racionalidade” faz parte de uma visão tradicional a respeito da ciência, afirma Siegel⁵¹ (1985, p. 517-18), na qual o método científico é compreendido como uma maneira específica dos cientistas validarem as crenças que, ao mesmo tempo, acaba legitimando e justificando a atividade científica. Resumidamente, afirma Siegel (ibidem) “a ciência é uma atividade racional e sua racionalidade é garantida pelo método científico”. Tianji (1985, p. 410) segue praticamente a mesma linha de raciocínio de Siegel e afirma que “os positivistas lógicos e os popperianos acreditavam que a ciência procedia seguindo um método distinto, o método científico, e que a racionalidade nada mais era do que agir em conformidade com as normas desse método”. Para muitos filósofos desse período mencionado por Tianji, havia uma vinculação irrestrita entre metodologia, racionalidade e progresso da ciência.

De acordo com Siegel (1985), na ciência tradicional o método científico garante a racionalidade da própria ciência, ou seja, a racionalidade científica depende única e exclusivamente da eficácia instrumental das atividades desenvolvidas. Assim, afirma Siegel:

Se o método científico é caracterizado propriamente como um compromisso com a evidência, então a racionalidade é uma consequência direta desse compromisso. O método científico é visto como a incorporação da própria racionalidade manifesta na ciência. O método científico é estruturado para enfatizar *razões*: testabilidade, objetividade, imparcialidade e outros ideais e características da ciência são funções da ciência para a evidência. Há uma óbvia e profunda conexão entre evidência e razão – a primeira constitui um tipo especial para a última, na qual a evidência de uma hipótese “H” fornece razões para (aceitar, seguir, acreditar, atuar sobre, considerar verdadeira) “H”. (SIEGEL, 1985, p. 532)

⁵¹ Professor do departamento de filosofia da Universidade de Miami – Estados Unidos. Seu interesse de pesquisa está relacionado às questões da racionalidade e do relativismo.

Entretanto, como sabemos, a visão tradicional do método (geral) como elemento constituinte da racionalidade científica foi severamente atacada no século XX. Na tentativa de rebater as críticas direcionadas à posição tradicional, Siegel (ibidem) defende que o método consiste essencialmente na lógica de justificação que, como “compromisso com a evidência”, é comum a toda pesquisa⁵².

Também o professor Sankey⁵³ (2002, p. 64) considera que há um vínculo estrito entre método e racionalidade científica. Segundo ele, “uma pesquisa científica racional é governada pelas regras do método científico. A aderência às regras do método científico justifica a aceitação racional de resultados experimentais e da teoria científica”. Nesse sentido, a justificação racional na ciência encontra-se diretamente conectada com o método científico. Entretanto, é necessário fazer uma ressalva, pois Sankey assume a visão tradicional da relação entre o método científico e a justificação racional, mas não endossa a visão tradicional referente à natureza do método. Em outras palavras, Sankey discorda da visão monista de método, segundo a qual há um único e invariante método que é utilizado para distinguir a ciência das pseudociências e capaz de conduzir a um conhecimento verdadeiro. Ele se declara adepto do pluralismo metodológico, posição segundo a qual há um conjunto de regras metodológicas que os cientistas empregam para avaliar as teorias científicas e aceitar seus resultados. Neste caso, as regras estão sujeitas a uma variação histórica e podem ser aplicadas de diferentes modos nas distintas áreas científicas.

No entanto, vários filósofos da ciência contemporâneos questionam essa relação harmoniosa e o vínculo necessário entre o método e a racionalidade científica, pois, como vimos, partem do princípio de que não há uma coisa denominada de “método científico”.

Como já foi mencionado, filósofos da ciência como Feyerabend (1975) e Bauer (1994) atacaram diretamente o modelo de ciência centrado no método científico e referiram-se a esse último como um “mito”. Por outra parte, essa desconfiança é alimentada, conforme Nola e Sankey (2007:6), pelos “sociólogos do conhecimento científico, incluindo os construtivistas sociais, os multiculturalistas, os estudantes

⁵² Siegel afirma ser essa também a postura de clássicos da filosofia da ciência como Hempel e Rudner (SIEGEL, 1985, p. 526)

⁵³ Professor da *University of Melbourne* e um dos grandes estudiosos dos temas contemporâneos de filosofia da ciência.

de estudos culturais e uma ampla variedade de pós-modernistas de diferentes estirpes”⁵⁴.

Se a qualificação de “mito” parece exagerada, não parece haver dúvida de que a ciência (natural e social) assume hoje feições tão variadas que talvez seja difícil encontrar um procedimento (uma “lógica”) verdadeiramente comum, sobretudo levando-se em consideração que a ciência (principalmente, a natural) é atualmente obra de equipes em que cada cientista realiza tarefas específicas, como já observamos.

A constituição do modelo de racionalidade tradicional almejava fazer da ciência um conhecimento confiável. A vinculação forte da racionalidade ao suposto método geral tinha por objetivo básico legitimar a ciência como um ramo de conhecimento bem articulado, fazendo com que os resultados científicos fossem justificados e concebidos à luz de valores eminentemente epistêmicos, tais como *verdade*, *objetividade*, *testabilidade* e *poder explicativo*. Dentro dessa abordagem tradicional, a lógica ocupa um papel de destaque, pois ela estabelece os próprios critérios que asseguram a consistência interna das proposições da teoria assim como possibilita avaliar a consistência externa da teoria com outras teorias competidoras.

3.2 As concepções alternativas de racionalidade científica

O modelo de racionalidade tradicional começou a ser questionado e transformou-se em um problema para os filósofos da área principalmente a partir da segunda metade do século XX, período marcado basicamente pela consolidação dos estudos históricos e sociológicos⁵⁵ da ciência que mostravam que além da lógica, haviam outros elementos, outras “razões”, que eram levadas em consideração quando se deveria aceitar ou rejeitar determinada teoria científica. Algumas das teses contidas na *Estrutura das Revoluções Científicas* de Kuhn como a questão relacionada à incomensurabilidade das teorias científicas, à utilização da retórica e de técnicas de persuasão para vencer seus opositores acabaram fragilizando o modelo tradicional da

⁵⁴ Marcello Pera (1994), como vimos, caracteriza esse movimento como sendo contrametodológico. Bunge denomina de “iconoclastas” esses autores.

⁵⁵ Cupani (2013, p. 15ss) explora de forma sistemática as críticas desenvolvidas pelos historiadores e os sociólogos em relação ao modelo de racionalidade tradicional.

ciência. De acordo com Brown (1977), a partir da crítica da concepção tradicional da ciência emergiu uma “nova filosofia da ciência” que buscou estabelecer uma compreensão diferente da atividade científica, não permanecendo restrita apenas aos elementos relacionados à lógica da investigação ou ao contexto interno da própria ciência. Essa nova filosofia da ciência foi marcada principalmente por uma mudança de perspectiva que diminuiu a ênfase dada aos aspectos lógicos e normativos e passou a priorizar os elementos relacionados à prática científica. Em outras palavras, os filósofos profissionais deixaram de procurar estabelecer as diretrizes de “como a ciência deveria ser feita” e passaram a analisar “como a ciência é feita”, distanciando-se assim de uma abordagem predominantemente normativa e adotando uma abordagem mais descritiva e interpretativa da atividade científica.

Essa mudança de perspectiva provocou um impacto significativo na própria noção de racionalidade científica. Cupani (2000, p. 39) observa que: “a nova maneira de compreender a ciência implicada pelo enfoque ‘historicista’ (uma designação que sacrifica a dimensão social, cultural e psicológica do mesmo) estimulou em seguida dúvidas sobre o retrato tradicional da racionalidade científica”. Laudan (1977, p. 3) sintetizou de um modo bastante apropriado o cenário enfrentado pelos filósofos da ciência perante esse problema:

- 1- Podemos continuar esperando que alguma pequena variação na análise tradicional possa finalmente esclarecer e justificar nossas intuições sobre o caráter bem fundado da ciência e, assim, revelar-se um modelo válido de racionalidade.
- 2- Podemos, diferentemente, abandonar a busca de um modelo adequado de racionalidade considerando-o um caso perdido, aceitando, dessa forma, a tese de que a ciência é, ao que nos parece, claramente irracional⁵⁶.
- 3- Podemos, por fim, começar a analisar novamente a racionalidade da ciência, tentando deliberadamente evitar alguns dos

⁵⁶ Esta suposição não seria inverossímil, porquanto Laudan, ante o que supõe ser o fracasso em vincular a ciência com a busca da verdade, afirma que, se esse for de fato o propósito da ciência, então a inteira história da mesma é irracional (LAUDAN, 1977, p. 125).

pressupostos fundamentais que provocaram o colapso da análise tradicional.

De acordo com Laudan (*ibidem*), vários esforços foram realizados nas últimas décadas com intuito de articular as propostas (1) e (2). Relacionado ao primeiro item ele menciona, por exemplo, o empenho de Lakatos (1979 e 1970), Salmon (1970) e Hintikka (1977) em corrigir os problemas relacionados ao modelo de racionalidade tradicional. Por mais que considere louváveis os esforços realizados por esses pensadores, Laudan (*ibidem*) avalia que os resultados obtidos são pouco produtivos e encorajadores. Em outras palavras, as investidas dos discípulos, intérpretes e comentadores são insuficientes para solucionar definitivamente os problemas enfrentados pelo modelo tradicional. Referente ao segundo ponto, Laudan (*ibidem*) alude à suposta irracionalidade da atividade científica sugerida pelos escritos de Kuhn (1962) – embora, como sabemos, Kuhn tenha rebatido a acusação de ser irracionalista – e de Feyerabend (1975). Referente à suposta irracionalidade científica, Laudan considera que seus defensores chegaram a essa conclusão de um modo prematuro e, por esse motivo ela também não pode ser considerada como uma solução definitiva. Desse modo, nosso autor se recusa a aceitar que a temática da racionalidade científica seja a apenas uma “utopia” ou uma espécie de “miragem” que não pode ser alcançada. Diante das limitações apresentadas pelas duas hipóteses iniciais, Laudan (*ibidem*) considera mais pertinente aceitar os desafios instalados pela terceira proposta, buscando desenvolver um modelo de racionalidade alternativo daqueles apresentados até o momento e mais adequado à prática científica.

Assim, a perspectiva historicista afetou o modelo de racionalidade tradicional, pois questionou o papel e até a existência de um método científico geral, fundamentado especialmente na lógica, que fosse capaz de legitimar toda a prática científica. Como sabemos, de acordo com essa nova perspectiva, a lógica e as regras metodológicas foram perdendo espaço e passaram a ser substituídas por outros elementos vinculados à atividade científica como, por exemplo, os valores e a retórica. De acordo com essa nova proposta, não faz mais sentido recorrer à aplicação de regras metodológicas automaticamente, pois as mesmas se tornam insuficientes para legitimar a prática científica ou determinar a escolha entre teorias competidoras.

O reconhecimento da presença de valores na atividade científica – como defendido por Kuhn (1962), Laudan (1984), e Lacey

(1998), entre outros, deve também ser levado em consideração ao tratar de compreender a nova imagem da racionalidade científica. Esses valores são, em primeiro lugar, os denominados cognitivos ou epistêmicos (adequação empírica, coerência, simplicidade, fecundidade, etc.), sem respeito aos quais não parece possível um conhecimento teoricamente justificado. Mas a pesquisa histórica e sociológica em que as novas perspectivas filosóficas se apóia, mostra que outros valores influenciam a prática científica efetiva. Valores sociais (econômicos, políticos, religiosos, morais) parecem ser impossíveis de eliminar, mesmo em pesquisas rigorosas. É por isso que autores como Lacey (1998) sustentam que a ciência, mesmo sendo objetiva ou imparcial, nunca é neutra. Tudo isso deve ser também levado em consideração, pois resultados científicos aceitos por uma comunidade profissional não implicam que apenas valores epistêmicos tenham influenciado sua produção. Poder-se-ia dizer que, em teoria, a racionalidade da ciência tem a ver com o alcance de sua finalidade (a obtenção de um saber rigoroso), mediante o respeito exclusivo dos valores epistêmicos. Na prática, porém, a ciência pode ser racional tendo assimilado ou ignorado a influência de outros valores.

Em linhas gerais pode-se dizer que há uma reformulação na concepção de racionalidade científica, pois a nova ciência passa a ser justificada por novas *razões* que vão muito além daquelas estabelecidas pelos critérios lógicos ou epistemológicos tradicionais. Nesse sentido, Cupani (2000, p. 42) considera que “as novas perspectivas de análise sugerem que, na prática científica, o ‘racional’ significa sempre o ‘razoável’, em termos de argumentos, interpretação das evidências empíricas, contexto, etc.”.

Como temos observado até o momento, com a nova filosofia da ciência há uma ampliação da noção de racionalidade científica, pois a mesma não fica mais restrita à lógica ou a um conjunto de regras. De acordo com essa nova perspectiva, a racionalidade científica deixa de ser caracterizada como universal, passando a ser compreendida como contextualmente configurada.

Resumidamente, pode-se dizer que tanto o modelo de racionalidade tradicional quanto as propostas alternativas de racionalidade estavam preocupadas em fornecer uma adequada justificação para a ciência. Será que a racionalidade tecnológica tem essa mesma preocupação?

3.3 A concepção da racionalidade tecnológica de Ramón Queraltó

A problemática da racionalidade tecnológica foi objeto de investigação e análise do professor Ramón Queraltó⁵⁷ há mais de duas décadas, credenciando-o como um dos principais teóricos do assunto. Sua abordagem a respeito da racionalidade tecnológica pode ser compreendida como uma longa caminhada reflexiva, na qual busca compreender o surgimento da racionalidade tecnológica, seu desenvolvimento e, conseqüentemente, suas implicações em uma sociedade tecnológica.

Ramón Queraltó (1994 e 2003) desenvolve uma interessante reflexão filosófica a respeito da racionalidade tecnológica. Para ele é possível falarmos de uma racionalidade especificamente tecnológica, sendo a mesma um dos resultados mais característicos da evolução histórica da razão científica moderna. A racionalidade tecnológica, segundo Queraltó, deve necessariamente ser entendida levando-se em consideração uma perspectiva histórica, tendo a finalidade de substituir o modelo de racionalidade científica que, segundo Queraltó (2003, p. 98) se encontra esgotado historicamente e que não consegue mais resolver de um modo satisfatório os principais problemas enfrentados pelo homem deste novo tempo. Em outras palavras, poderíamos dizer que o novo homem e a nova sociedade precisam de um novo modelo de racionalidade adequado aos propósitos e aos problemas de seu tempo.

Apenas para situar, Queraltó (2008a) entende que estamos em um período de transição em que estamos substituindo um modelo de racionalidade baseado na ciência, por um modelo de racionalidade vinculado à tecnologia. Trata-se de algo semelhante à transição que houve entre o modelo de racionalidade medieval que estava baseado na religião e o modelo de racionalidade renascentista, associado à ciência. Entretanto, prossegue o filósofo espanhol, a racionalidade tecnológica não tem por finalidade combater ou eliminar a racionalidade científica, pois ela apenas é um instrumento mais eficaz para solucionar os problemas atuais que afetam o homem contemporâneo. De um modo geral, Queraltó (2003, p. 59) é contrário às tentativas de se estabelecer

⁵⁷ Professor catedrático da Universidade de Sevilha, autor de numerosas obras sobre filosofia da ciência e da tecnologia. Faleceu inesperadamente em dezembro de 2013.

um reducionismo tecnológico, pois “certamente, não será somente mediante um princípio – ou *arché* – que se poderá avançar no tema da complexidade geral, mas será necessário enquadrar esses problemas dentro de uma pluralidade de princípios – *pluriarché*”. No entanto, ressaltamos que embora a racionalidade tecnológica tenha sido de certo modo gerada pela racionalidade científica, é distinta dela, pois, como veremos a seguir, tem características que lhe são peculiares e lhe dão uma identidade específica, além de lidar com problemas distintos daqueles enfrentados pela racionalidade científica.

Queraltó (2008a) inicia a caracterização da racionalidade tecnológica considerando que a mesma se defronta essencialmente com problemas pragmáticos complexos e, por esse motivo, desafiam de alguma forma o bem-estar do homem contemporâneo ou estão vinculadas ao desejo de poder e riqueza do mesmo. Queraltó – assim como outros autores apontados nos capítulos precedentes – também compartilha da tese de que os problemas tecnológicos são complexos, mas a complexidade destes problemas não se deve ao fato dos mesmos serem maldefinidos ou maldeterminados. A complexidade dos problemas tecnológicos emerge, segundo o autor, porque eles estão inseridos em um contexto histórico e social marcado essencialmente pela globalização e a pela multiculturalidade. Nesse novo contexto da história humana, as dificuldades se multiplicam, pois há uma pluralidade de valores e princípios que precisam ser levados em consideração durante o processo de tomada de decisão. Ao invés de haver uma “crise de valores”, constata-se um acontecimento distinto, no qual há o enfraquecimento daqueles valores tradicionais, que durante muito tempo orientaram as ações das pessoas e o surgimento de novos e múltiplos valores. Dessa forma, são apenas os valores tradicionais conservadores que declinam, sendo que agora eles precisam dividir espaço com novos valores. Diante desse novo cenário, é possível perguntar: quais são as características próprias dessa racionalidade que a identificam e que permitem diferenciá-la de uma racionalidade científica?

Os primeiros pontos característicos da racionalidade tecnológica são o seu direcionamento e a sua área de abrangência. Queraltó (2008b, p. 169) considera que a racionalidade tecnológica não tem por objetivo básico encontrar respostas para a pergunta clássica: “o que é isso?”. Seu enfoque é outro, sendo que busca respostas para a questão pragmática: “para que serve isso?”. Em outras palavras, “a razão tecnológica não busca prioritariamente a correspondência possível com o objeto real, ou

a consistência lógica, ou outra finalidade epistemológica já estabelecida em outras épocas do pensamento” (QUERALTÓ, 1998b, p. 2006). *Grosso modo*, a racionalidade tecnológica está relacionada ao funcionamento eficaz das coisas a partir de uma relação de *input* e *output*. Assim, por exemplo, estipulados determinados *inputs* espera-se a obtenção de *outputs*, sem haver um interesse prioritário no processo interno que gerou toda essa transformação. Em resumo, “a racionalidade tecnológica é uma racionalidade da operatividade e da pragmaticidade” (QUERALTÓ, 2003, p. 57). Nesse contexto, a operatividade prática é orientada pelo critério da *eficácia operativa*⁵⁸ que está diretamente relacionada aos aspectos pragmáticos⁵⁹ e que tem como objetivo principal manipular e transformar a realidade. Nesse sentido, os fins teóricos ficam em segundo plano sendo que os mesmos ficam subordinados aos elementos pragmáticos.

O segundo ponto que caracteriza a racionalidade tecnológica é seu caráter transformador e manipulador da realidade⁶⁰. Nesse sentido, a racionalidade tecnológica apresenta-se como um instrumento mediador capaz de ordenar e direcionar os projetos tecnológicos que produzirão diferentes níveis de alteração na realidade. Para Queraltó (2003, p. 36), a atividade tecnológica e toda a sua complexidade, possibilitam um modo

⁵⁸ O termo “eficácia operativa” é utilizado por Queraltó (2003, p. 80ss) para definir o modelo específico de racionalidade tecnológica. Ele inclui o qualificador “operativo”, pois o termo “eficácia” é genérico e não dá conta do problema em questão, pois é aplicado diferentemente em diversos contextos. “Operativo”, neste contexto, deve ser entendido como um elemento imediato capaz de estabelecer a comprovação dos resultados tecnológicos.

⁵⁹ Queraltó (2003, p. 79) prefere utilizar o termo “pragmática (o)” para designar a racionalidade tecnológica e não o termo “prática(o)”, porque ele deseja manter a discussão predominantemente na esfera operativa e instrumental. Ele evita de utilizar o termo “racionalidade prática”, pois muitos poderiam transferir a discussão para o campo ético.

⁶⁰ O termo “transformador” e “manipulador” da realidade devem ser compreendidos aqui apenas como mecanismos que produzem uma alteração dos aspectos físicos da realidade. Os mesmos não devem, portanto, serem compreendidos ou vinculados com os aspectos ideológicos identificados pelos filósofos pertencentes à tradição crítica, como no caso, Habermas (1984) e Feenberg (2000 e 2002).

racional de acesso à realidade, pois a tecnologia não é compreendida apenas como um instrumento, mas sim como mediação⁶¹.

Como já mencionamos, Queraltó parte do princípio de que a racionalidade tecnológica é um fenômeno que emerge a partir das fragilidades e limitações apresentadas pela razão científica⁶² – considerada, segundo o próprio autor, por muito tempo como uma razão autossuficiente – ao longo da Modernidade. Para o autor, a racionalidade científica é marcada nitidamente pelo seu aspecto teórico e começa a entrar em declínio a partir da segunda metade do século XX. Em seu lugar, emerge outro modelo de racionalidade marcado principalmente por seu aspecto pragmático e dominador da realidade. A racionalidade tecnológica que emerge nesse novo contexto passa a ser avaliada pela sua eficácia operativa. De acordo com Queraltó (1994, p. 66-7), a racionalidade tecnológica “não busca primeiramente uma possível correspondência com o objeto – ou talvez a consistência lógico-teórica –, como ocorre segundo o realismo epistemológico na razão científica, mas fundamentalmente uma operatividade prática”. Em outras palavras:

(...) se poderia afirmar que existe uma diferença fundamental entre a razão científica e a razão técnica, diferença que cobra cada vez maior significação no mundo atual. É que a razão científica tem um alcance principalmente teórico e é regulada pela ideia de verdade – verdade científica, é claro, em qualquer de suas possíveis concepções –, enquanto que a razão técnica possuiria um alcance essencialmente *pragmático e manipulativo*; sua “verdade”, por assim dizer, seria uma verdade *pragmática* (QUERALTÓ, 1994, p. 69).

⁶¹ A distinção entre instrumento e mediação, já explicada, é mantida em praticamente todos os seus escritos e é de fundamental importância, pois a racionalidade e/ou tecnologia quando compreendida como um simples instrumento (neutro) pode ser descartado no final da investigação, mas quando concebida como mediação acaba interferido e se incorporando no resultado final, não sendo então possível descartá-la, pois ela se tornou um elemento constituinte da própria realidade pesquisada.

⁶² Uma das principais fragilidades da racionalidade científica consiste em não conseguir solucionar os novos problemas que emergem na sociedade tecnológica. Estes novos problemas estão localizados em um contexto social extremamente complexo.

Essa transição entre a racionalidade científica e a racionalidade tecnológica ocorreu, assegura Queraltó (2003, p. 47) porque “habitualmente se afirma que cada forma determinada de racionalidade desaparece quando já não consegue resolver os problemas com os quais ela deve enfrentar”. Os problemas que afetam o homem contemporâneo, segundo Queraltó (2008a, p. 42), são problemas eminentemente práticos e que comprometem diretamente o bem-estar do homem e que, por sua vez, demandam uma solução rápida, pois o homem não pode desfrutar de um estado de bem-estar quando está cercado de problemas. Para o autor, “o homem contemporâneo exige assim a solução mais eficiente, isto é, a mais eficaz e com menor custo temporal e humano” (*ibidem*).

Esclarecendo sua noção de uma racionalidade pragmática, Queraltó afirma:

(...) não se trata somente de reconhecer que temos encontrado um *meio possível* para obter alguma coisa, mas de saber que a eficiência é certamente útil e eficaz. É, pois, necessário considerar sempre o plano da efetividade e não unicamente o da possibilidade. Isso implica que a eficácia deve ser quase imediata, ou seja, confirmada *ipso facto* como tal eficácia para poder reconhecer seu objeto como um resultado da racionalidade tecnológica (QUERALTÓ, 2003, p.76).

Entretanto, precisamos ter o cuidado para não reduzirmos a concepção de racionalidade tecnológica desenvolvida por Queraltó a uma racionalidade instrumental, pois o mesmo considera tal compreensão equivocada e superficial, na medida em que oculta aspectos importantes da sua natureza. Essa postura se justifica porque, “um instrumento é entendido sempre como um meio para realizar algo, mas um meio não é em si mesmo um exemplo definitivo de eficácia” (QUERALTÓ, 2003, p. 77). Deste modo, admitir a prioridade do aspecto pragmático da racionalidade tecnológica não implica em considerar que nela não haja espaço para aspectos teóricos; tal afirmação seria absurda, pois toda atividade racional requer alguma teoria. Antes de desenvolver um dispositivo ou um artefato tecnológico, faz-se necessário realizar uma análise teórica explorando um conjunto de fatores que vão desde a viabilidade técnica até as possíveis

consequências que o dispositivo pode vir a produzir. Complementa o autor:

(...) de uma parte, o plano pragmático define o tipo de fim que busca a racionalidade tecnológica, isto é, uma finalidade de mudança e de manipulação da realidade; e, de outra parte, os fins teóricos existem na racionalidade tecnológica, mas encontram-se subordinados aos fins considerados no nível pragmático (QUERALTÓ, 2003, p. 78).

Além da predominância do aspecto pragmático sobre o aspecto teórico na racionalidade tecnológica, há outro elemento importante a ser observado, como argumenta Queraltó no mesmo texto, pois ela não é um tipo de racionalidade que opera somente sobre os elementos materiais, sendo capaz de perpassar diferentes setores que envolvem, por exemplo, a organização de grupos ou instituições.

O caráter autoexpansivo da racionalidade tecnológica constitui-se na terceira característica fundamental da mesma e é um dos elementos essenciais que ajudam a compreender e a explicar por que a tecnologia – entendida aqui em um sentido amplo – está constantemente em transformação. Dito de outra forma, a concepção de eficácia operativa traz consigo a concepção de que devemos ampliar e maximizar a eficácia indefinidamente, rumando assim a uma eficácia plena. Nesse sentido, a racionalidade tecnológica tem como propósito ampliar os seus domínios *ad infinitum*. Esse avanço tende a transformar o mundo, segundo Queraltó (1993) em um mundo “*more tecnologico*”⁶³. O caráter autoexpansivo da racionalidade tecnológica é primordial e faz com que ela busque o aperfeiçoamento constantemente. Trata-se de

⁶³ Quintanilla (2005, p. 29-30) adota um discurso semelhante ao expresso nessa passagem, pois para ele “a lógica do desenvolvimento tecnológico impõe de fato uma contínua ampliação da perspectiva, até o ponto em que há cada vez menos problemas tecnológicos limitados e, cada vez mais, problemas tecnológicos que têm um caráter global”. Os problemas tecnológicos não são mais resolvidos isoladamente, pois eles fazem parte de um sistema tecnológico no qual a resposta para determinado quesito exige a adequação ou o remodelamento de outras partes do sistema. Em muitos casos, a resolução de tais problemas demanda a formação de uma equipe multidisciplinar, pois há diferentes elementos envolvidos.

realizar uma busca inteligente dos objetivos estabelecidos. Seguindo essa linha de raciocínio, chega-se à conclusão de que a tecnologia necessariamente evolui; ela não tem como ficar estagnada. Assim, para Queraltó (2003, p. 88) “[...] ela não pode senão avançar cada vez mais: tentará expandir-se continuamente já que esse movimento de expansão é o resultado de sua estrutura racional e não pode fazer outra coisa porque de outro modo estaria se contradizendo”.

A autoexpansividade da racionalidade tecnológica funciona como um mecanismo interno da própria tecnologia e, portanto, de certo modo independente da demanda social ou dos aspectos políticos e econômicos. Queraltó não ignora que a demanda econômica e social também impulsiona – em alguns momentos de forma mais incisiva e em outros de forma mais tímida – o desenvolvimento tecnológico. No entanto, a demanda social e os aspectos político-econômicos constituem-se para ele em fatores externos da expansão tecnológica que podem influir de um modo bastante variado⁶⁴. A racionalidade tecnológica visa, ao mesmo tempo, ampliar a quantidade e a qualidade da sua eficácia operativa. Nesse sentido, afirma Queraltó

(...) a sociedade tecnológica, por ser movida invariavelmente pela racionalidade tecnológica, tenderá sempre a produzir *maior e melhor controle* sobre a realidade, não só um aumento quantitativo de novas tecnologias, mas especialmente um aumento qualitativo das mesmas, isto é, tecnologias mais sofisticadas, mais efetivas, mais sutis, mais refinadas, etc. As consequências sociais e antropológicas de tudo isso podem ser realmente imprevisíveis, tanto em aspecto positivo quanto negativo (QUERALTÓ, 2008a, p. 170-1).

Por fim, a racionalidade tecnológica pode ser compreendida como vontade de poder, afirma Queraltó (2003), pois ela serve de base para a satisfação do desejo de dominação do mundo que é, para ele, um elemento característico do homem contemporâneo. O domínio e a ampliação do domínio do homem sobre o mundo são maximizados através da implementação da racionalidade tecnológica que possibilita ao homem desejar e realizar coisas que eram inimigáveis há poucas

⁶⁴ Sobre o assunto ver Gonzáles (1998).

décadas. Além disso, a racionalidade tecnológica – dotada de sua capacidade transformadora e manipuladora da realidade – necessita interferir na realidade para se constituir enquanto tal, ou seja, a racionalidade tecnológica não “nasce” como racionalidade tecnológica. A racionalidade tecnológica, prossegue Queraltó (2003, p. 99), não apenas busca o poder sobre a realidade “despretensiosamente”, mas o necessita como requisito básico para a sua própria fundamentação. Assim, sem essa vontade de poder sobre o mundo a razão tecnológica tenderia a se esgotar e, conseqüentemente, desaparecer. Vista a questão de outro ângulo, poder-se-ia dizer que o homem contemporâneo tem a necessidade de atuar sobre a realidade e ampliar indefinidamente o seu domínio sobre ela, e que o faz tecnologicamente.

Assim, podemos dizer que para Queraltó a noção de racionalidade tecnológica encontra-se fundamentada em um enfoque histórico-antropológico, pois é concebida como um produto da ciência moderna e que está a serviço do homem, chegando a alguns casos, a invadir e a modificar a própria existência humana (das próteses até as experiências de “realidade virtual”). De um modo geral, a racionalidade tecnológica é mais ampla do que a racionalidade científica, pois está presente em diferentes setores (materiais e imateriais) do mundo contemporâneo, ampliando sempre o domínio do homem sobre o mesmo. Além disso, o autor observa

(...) este argumento [sobre a razão tecnológica] implica duas conseqüências importantes para o nosso tema [o das formas da racionalidade]. Primeiro, que a racionalidade tecnológica é certamente uma forma racional válida em si, adequada ao seu espaço epistemológico de objetos, isto é, o utensílio, seja este material ou não. E, segundo, que se a atividade da racionalidade tecnológica permanece dentro de seus limites próprios, não há nada que objetar, nem a respeito de seu uso nem a respeito dos seus resultados específicos aceitos como válidos (QUERALTÓ, 2003, p. 93-4).

De resto, a racionalidade tecnológica não se opõe à racionalidade científica. Não há um duelo entre as duas formas de racionalidade. Segundo Queraltó (2008b, p. 169) há uma “subordinação e não o desaparecimento” da racionalidade científica. Isso não quer dizer que,

por exemplo, a tecnologia não se interesse pela ciência pura ou outros fins teóricos, mas que a investigação tecnológica buscará a modificação ou transformação como elemento justificativo de sua prática.

Encontramos em Queraltó, portanto, bons argumentos em prol de uma racionalidade tecnológica autônoma, embora descendente da racionalidade científica. Acreditamos que tais argumentos já poderiam ser suficientes para sustentar uma emancipação fraca da racionalidade tecnológica em relação à racionalidade científica, mas podemos enriquecer essa tese através da incorporação de novos exemplos fornecidos pelos teóricos que abordam a temática da racionalidade por um indireto, relacionando-a à estruturação do *design*.

3.4 A racionalidade tecnológica entendida a partir da estruturação do *design*

Embora não trabalhem diretamente com a questão da racionalidade tecnológica, Vermaas *et. al.* (2011, p.2) na obra *A Philosophy of Technology: from technical artefacts to sociotechnical systems*, lançam luzes sobre essa temática e nos possibilitam explorar, ainda que indiretamente, tal problema. Os autores em questão sustentam que o núcleo da atividade do *designing* técnico pode ser dividido em três fases, a saber, i) a fase conceitual; ii) a fase da materialização e, por fim, iii) a fase do detalhamento. Essas três fases condensam, de certo modo, o processo que é realizado para o desenvolvimento de um artefato tecnológico. Trata-se de um processo ordenado e sistemático que tem início com uma fase (a conceitual), na qual ocorre a configuração básica do artefato e dos componentes mais importantes que são descritos funcionalmente. Em seguida, na fase da materialização, os componentes tecnológicos são selecionados e, por fim, na fase do detalhamento, ocorre o refinamento dos componentes de descrição física.

Além de Vermaas *et. al.* a questão da racionalidade também é tomada como objeto de estudo por Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009, p. 565), em um artigo chamado *Rationality in Design* no qual consideram que há diferentes tipos de questões que envolvem a racionalidade e que emergem a partir das atividades práticas das engenharias. O grande desafio, prosseguem os autores, consiste em identificar em que medida um processo de *design* pode ser considerado um processo racional. Ambos autores têm consciência das peculiaridades que perpassam as diferentes áreas das engenharias, pois

Em algumas práticas a fase do *design* inclui a elaboração e o teste dos protótipos dos objetos projetados, enquanto que em outras, a elaboração de um exemplar do objeto projetado não é considerado parte da fase de *design*. Em algumas práticas, os critérios estéticos são um importante parâmetro, em outras não. Alguns projetos de *design* podem ser realizados por um único *designer*, enquanto outros requerem uma equipe multidisciplinar. Há também uma enorme variedade nos tipos de problemas de *design* a serem solucionados (KROES, FRANSSSEN, BUCCIARELLI, 2009, p. 566).

De acordo com a passagem acima, observa-se que a atividade do *design* contempla uma pluralidade de aspectos. Essa ampla variedade de modos de proceder não inviabiliza o trabalho dos profissionais envolvidos. Mesmo diante dessa multiplicidade de atividades torna-se possível, sustentam os autores (id.:567), identificar um *processo de design* que é sistematizado – de uma forma muito semelhante àquela apresentada no parágrafo anterior por Vermaas *et.al.* – e é caracterizado pelos seguintes passos: “*i*) tradução das necessidades dos clientes em necessidades funcionais e estas em especificações de *design*; *ii*) geração de uma série de opções viáveis; *iii*) seleção de uma das opções; e *iv*) justificação da proposta do *design* final”. Percebe-se assim que várias decisões precisam ser tomadas ao longo do processo de *design* e acredita-se que elas podem ser justificadas a partir de bons argumentos ou boas razões. Nesse sentido, afirmam Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009, p. 565) “essas razões supostamente mostram que, dado um objetivo do processo de *design* e dados os vários cursos de ação possíveis, um curso de ação é preferível entre todos os outros porque ele permite atingir mais direta ou efetivamente o objetivo proposto”.

Assim, de um modo geral, percebemos que o caráter processual do *design* nos permite investigar e compreender o papel que a racionalidade exerce nas engenharias e nas demais áreas tecnológicas. A estruturação da atividade do *design* a partir de um conjunto de passos nos abre uma porta para explorar o papel da racionalidade nas áreas tecnológicas. Contudo, essa não é a única forma plausível de entender essa racionalidade. Acreditamos ser possível atacar o problema da racionalidade tecnológica também de outra maneira, a saber,

considerando ao mesmo tempo a perspectiva do *designer* e a do usuário. Esse tema será tratado mais adiante.

O primeiro passo do processo de *design* sugerido por Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009) consiste na tradução das necessidades dos clientes⁶⁵ em necessidades funcionais e estas em especificações de um *design*. Em outras palavras, o ponto inicial de toda a atividade do *design* consiste em identificar e demarcar qual a função que um determinado dispositivo deverá cumprir. Isso nem sempre é um processo fácil, pois em muitos casos o esforço para enfrentar o desafio é totalmente inovador, porque pode não haver procedimentos ou conhecimentos prévios que possam ser utilizados com tal propósito.

Vermaas *et.al* (2011) consideram que o *design* constitui-se em uma atividade interativa que busca constantemente converter os desejos e as expectativas dos consumidores em funções técnicas. À medida que os *designers* conseguem traduzir os objetivos em funções, buscam desenvolver artefatos que sejam capazes de realizar essa função de modo eficaz e cada vez mais eficiente. No entanto, um *designer* não é compreendido apenas como um prestador de serviço que se encontra disponível para satisfazer as necessidades dos consumidores. Em muitas circunstâncias, ele também precisa orientar, interpretar e, algumas vezes, rejeitar as demandas de seus clientes⁶⁶ por ter consciência de que se trata de um projeto de alto risco ou que pode causar danos às pessoas envolvidas. Além de observar e, muitas vezes, ouvir a voz de sua consciência o *designer* se depara com um conjunto de exigências que precisam ser observadas ao longo da atividade. Assim, por exemplo, prosseguem os autores,

O *design* técnico de um avião deve ser concluído dentro de um espaço de tempo e as aeronaves devem cumprir certos requisitos físicos – a largura, por exemplo, deve ser adaptada para que se possam atender as dimensões-padrão da aeronave – demandas financeiras devem ser

⁶⁵ A clientela pode ser a mais variável possível, envolvendo desde indivíduos isolados que desejam desenvolver um artefato para solucionar um problema localizado e único; pequenas, grandes empresas ou enormes corporações que têm objetivo de desenvolver um produto ou um dispositivo para ser comercializado em série; instituições sociais públicas ou privadas, ou o próprio Estado.

⁶⁶ Sobre esse tema ver mais Carl Mitcham (1997, p. 261ss).

consideradas, os custos de construção e manutenção devem caber dentro do orçamento do cliente, assim como devem ser contabilizados aspectos referentes à segurança, à ergonomia e às normas ambientais. Tomados conjuntamente, esses fatores fazem com que o *design* técnico seja um jogo muito diferente daquele realizado, por exemplo, na pesquisa científica (VERMAAS, 2011, p. 128).

Os *designers* precisam lidar também com algumas limitações que são impostas pelas próprias condições físico-químicas, assim como outras restrições e exigências que têm um caráter, moral, político, religioso, ambiental ou social. Para ilustrar a complexidade que envolve a criação e o desenvolvimento de um artefato tecnológico, reconstruiremos alguns valores que estão envolvidos no processo de *design* da construção do motor de um avião apresentado inicialmente por Vermaas *et. al* (2011).

O ponto de partida, como já vimos, consiste em identificar as múltiplas exigências que envolvem a criação do motor e sua funcionalidade. Neste contexto, a preocupação do *designer* ou da equipe de *designers* vai muito além da construção de um artefato que funcione. Ele(s) precisa(m) construir um artefato que funcione de acordo com um conjunto específico de critérios. Alguns dos requisitos do projeto levam em consideração a potência necessária que o motor deve ter para fazer determinado artefato voar. A confiabilidade e a segurança dos motores estão diretamente relacionadas com a segurança dos passageiros, como também das pessoas que estão em solo. Da mesma forma, os motores precisam ser capazes de cumprir determinadas exigências de desempenho relacionadas ao impulso ou à velocidade. Associado a isso, eles devem satisfazer certos requisitos associados ao meio ambiente como, por exemplo, aqueles que dizem respeito ao consumo de combustível e à emissão de substâncias tóxicas e/ou poluentes. Acrescente-se a isso tudo, o fato dos motores terem de respeitar determinados níveis máximos de barulho. Diante disso, Vermaas *et. al.* (2011, p. 46) argumentam que: “definitivamente, não é fácil respeitar simultaneamente todos esses valores diferentes quando se desenvolve motores de aeronaves”. Embora não haja uma sequência lógica ou um elemento que possa ser considerado definitivamente superior às demais, os profissionais envolvidos no projeto precisam estabelecer acordos e

fazer determinadas concessões para que o projeto seja de fato concretizado.

Percebemos aqui novamente as dificuldades que envolvem a definição e a estruturação dos problemas tecnológicos, pois em alguns casos as necessidades dos clientes são praticamente incompatíveis com as condições técnicas existentes. Por exemplo, talvez o homem mais rico do mundo tenha o desejo de viajar à velocidade da luz; ou de viver definitivamente em outro planeta; ou possuir a fonte da juventude, etc., mas tais ambições são atualmente impossíveis de serem realizadas, pois não é plausível desenvolver artefatos tecnológicos que consigam desempenhar tais funções⁶⁷. Assim, “para resumir, o que é desejável e o que é possível resultam em condições ou restrições do artefato que está sendo projetado. Juntos, eles determinam o espaço de solução para o problema de *design*” (Vermaas *et. al.* 2011, p. 96).

Há, portanto, dois tipos de condições-limites para a atividade do *design*: umas de caráter físico-químico (eventualmente, também biológico) e outras de caráter contextual. Entretanto, ao analisarmos as condições contextuais, observamos que elas são muito heterogêneas e abrangem diferentes requisitos. Vermaas *et. al.* apontam para os seguintes:

- a função primária do artefato técnico;
- o uso (segurança, facilidade de uso, condições climatológicas e geográficas, etc.)
- a produção (segurança na produção, possibilidade de produção em massa, condições derivadas das facilidades de produção, etc.)
- manutenção (segurança, custos, etc.)
- mercado (preço)
- seguro
- financiamento
- aspectos legais (patentes)
- meio ambiente
- padrões e normas técnicas
- critérios estéticos
- etc. (VERMAAS *et al.*, 2011, p. 67)

⁶⁷ Adiante voltaremos a esse tema, pois abordaremos a questão da racionalidade dos próprios fins tecnológicos.

Assim, de antemão faz-se necessário ter discernimento que permita selecionar os projetos que são passíveis de execução daqueles utópicos ou inviáveis. Especificando ainda mais os elementos acima apresentados, Vermaas *et. al* (2011, p. 50) afirmam que há uma estrutura reguladora formada pelas normas da engenharia; pelos múltiplos valores associados à área; pelos códigos de ética profissional; pelas promulgações governamentais que orientam e governam os rumos do processo de *design*. Essa estrutura reguladora auxilia na tomada de decisão que envolve a constituição do próprio processo de *design* como, por exemplo, quando o *designer* é levado a avaliar quais efeitos colaterais serão considerados aceitáveis e quais serão considerados intoleráveis.

Como temos visto aqui, a atividade do *design* é, por natureza, criativa⁶⁸. Entretanto, os autores em questão sustentam que não há tensão entre racionalidade e criatividade no *design*. Para justificar essa posição, eles invocam um princípio bastante conhecido e, por vezes, muito criticado da filosofia da ciência que é o da distinção entre o contexto da descoberta e o contexto de justificação (Reichenbach). É sabido que para Popper (1959, p. 31-2), por exemplo, a maneira como as ideias científicas são geradas não pode ser reduzida a uma análise racional. Popper não via problema em conceber a ciência como uma atividade criativa e racional, pois ele entendia que criatividade e racionalidade desempenhavam seus papéis em contextos diferentes, a saber, a criatividade governava o contexto de descoberta e a racionalidade predominava no contexto de justificação. Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009, p. 585) incorporam essa caracterização na análise da esfera tecnológica, pois admitem que não há uma lógica para a invenção tecnológica, ou seja, “a racionalidade não tem papel na criação de novas ideias para a solução de problemas tecnológicos. Ela somente exerce um papel na escolha entre essas ideias”⁶⁹.

⁶⁸ Quintanilla (2005, p. 125) observa que a criatividade aproxima *design* e arte: “a originalidade e a criatividade no desenho de projetos técnicos são o ponto de contato da tecnologia com a arte. Como na obra artística, no desenho de um projeto não somente têm um papel importante os critérios de eficiência técnica, mas também critérios de gosto estético e de estilo do projetista. Os projetos de um arquiteto criativo levam uma marca de sua personalidade que nos permite identificá-los como obras suas”.

⁶⁹ Entendemos que eles querem dizer que não existe uma fórmula ou algoritmo para criar, não que a criatividade seja literalmente irracional.

É notório que a separação entre o contexto da descoberta e o contexto da justificação se tornou problemática em filosofia da ciência e, da mesma forma, acreditamos que ela o é na filosofia da tecnologia, pois em muitos casos a criatividade e racionalidade não parecem estar em contextos separados. Assim, como já foi apontado por Kuhn (1962), o processo de descoberta e de validação apresentam-se unificados na história da ciência. Ao que nos parece, nas áreas tecnológicas, a criatividade e a racionalidade não devem apenas tolerar uma à outra, mas, na medida do possível, deve-se fazer um esforço para que elas possam trabalhar conjuntamente na resolução dos problemas.

O segundo passo do processo de *design* sugerido por Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009) compreende a geração de uma série de opções viáveis que se apresentam como alternativas para a resolução do problema. Mas o que é uma opção viável? Viável para quem? Para o *designer*, para o cliente, para o governo, para o usuário? Os autores em questão não fornecem uma resposta clara para as indagações levantadas, mas deixam subentendido que seria viável para todos os grupos envolvidos. Note-se que para se atingir uma opção viável diante de interesses divergentes é necessário estabelecer negociações, sendo que alguns grupos precisam fazer concessões em prol da execução do projeto.

O terceiro ponto do processo de *design* envolve a seleção de uma das opções fornecidas para a resolução do problema tecnológico. Mas antes de explorarmos a questão da racionalidade envolvida nesse processo de escolha gostaríamos de abrir um parêntese e analisar a possibilidade de falarmos na racionalidade dos próprios fins, ou seja, saber se os fins propostos são racionais.

Ao longo da recente tradição de estudos sobre o tema em filosofia da tecnologia, podemos dizer que há claramente duas abordagens predominantes e distintas entre si sobre a racionalidade. Uma delas é caracterizada, por exemplo, por Herbert Simon (1983, p. 7-8) que sustenta uma visão de racionalidade totalmente instrumental, sendo que a mesma não tem a capacidade de dizer para onde vamos; sendo que a mesma, no máximo, pode dizer como devemos agir para chegar lá. Por outro lado, há teóricos como Edvardsson e Hansson (2005) que alimentam a expectativa de haver fins genuinamente racionais. Há aqui, portanto, um embate, pois a racionalidade instrumental parte do princípio de que os fins são arbitrários (produto do contexto e da tradição), fugindo do âmbito da justificação racional. Em

contrapartida, outros teóricos sustentam que existe a possibilidade de se estabelecer um conjunto de critérios que permitem uma interpretação racional dos próprios fins. De acordo com Edvardsson e Hansson (2005, p. 345), tais critérios deveriam ser caracterizados pela sigla SMART⁷⁰, isto é fins poderiam ser considerados racionais se eles fossem específicos, mensuráveis, alcançáveis (ou aceitos), realistas e temporalmente limitados.

É importante ressaltar aqui que estamos lidando com a racionalidade dos próprios fins em si mesmos e não com fins que podem ser alcançados através de procedimentos entendidos como racionais, e cuja racionalidade se transferiria, por assim dizer, aos fins. A racionalidade dos próprios fins pode ser identificada a partir de algumas características como, por exemplo, a partir do momento em que eles demonstram ser precisos e também passíveis de alcance. Uma discussão semelhante a respeito da racionalidade dos objetivos da ciência é encontrada em Laudan (1984, p. 52) e que aqui também nos parece válida para os objetivos e fins estabelecidos para as áreas tecnológicas. Laudan identifica diferentes tipos de objetivos que são utópicos e que, portanto, deveriam de ser abandonados. Assim, um objetivo é demonstrativamente utópico à medida que “não pode ser realizado, dado nosso entendimento da lógica ou das leis da natureza”. Laudan cita como exemplo desse utopismo o debate a respeito da infalibilidade do conhecimento realizado no século XIX. Um objetivo é semanticamente utópico, continua o autor, se nós não conseguimos caracterizá-lo precisamente de modo sucinto e convincente. Todos aqueles objetivos que são ambíguos e imprecisos são caracterizados como utópicos. Neste caso, Laudan menciona os conceitos de “simplicidade” e “elegância” que possibilitam uma ampla variedade de interpretações. Por fim, um objetivo é epistemicamente utópico quando nós não temos um critério para determinar se ele foi realizado ou não. Isso acontece, por exemplo, quando queremos formular uma teoria verdadeira, mas não temos estabelecido previamente um critério de verdade que permita reconhecê-la uma vez alcançada.

Creemos que uma reflexão análoga vale para os objetivos tecnológicos. Tanto os *designers* das engenharias e das outras áreas tecnológicas quanto os cientistas precisam ser cautelosos na estipulação de seus objetivos e de suas metas de trabalho, sob pena de gastarem

⁷⁰ Os objetivos deveriam ser (S)pecific, (M)easurable, (A)chievable or sometimes (A)ccepted, (R)ealistic and (T)ime-bound.

vários anos de suas vidas e uma quantidade infinita de recursos em projetos que não serão realizados. Por analogia aos exemplos de Laudan, podemos estar seguros de que se propor a produzir um artefato que seja meramente “econômico” ou “rápido”, sem outras precisões, seria pura perda de tempo.

Chegamos agora ao quarto passo do processo de *design* (conforme a classificação de Kroes, Franssen e Bucciarelli) que consiste precisamente na justificação da proposta do *design* final. Há vários critérios que podem ser invocados para justificar a escolha de uma determinada proposta, desde os científicos (informações sobre propriedades físico-químicas dos materiais e processos necessários) até aos contextuais (custo, prazo de execução, conveniência industrial ou política, etc.) que estão relacionados à viabilidade global do projeto mencionado anteriormente. Mas será que há um critério superior perante o qual os demais critérios têm que se curvar? Que critério é esse? Como podemos identificá-lo? *Grosso modo*, poderíamos dizer que os projetos tecnológicos são orientados prioritariamente pela eficiência, sendo este o critério determinante. Contudo, essa abordagem não é unânime entre os filósofos da tecnologia. Por exemplo, Jarvie (1983), ao revisar o artigo *The Structure of Thinking in Technology* de Henryk Skolimowski, considera que a eficiência nem sempre é considerada o principal critério para compreender o progresso tecnológico, pois o termo “eficiência” pode ser utilizado de diferentes formas pelos profissionais das diferentes áreas da engenharia⁷¹.

No entanto, podemos dizer que a eficiência parece ser o ideal constantemente buscado pelos *designers* e construtores das diferentes áreas tecnológicas, mas isoladamente parece ser incapaz de justificar a escolha de uma proposta de *design* final. A justificação da proposta final leva em consideração um conjunto de critérios muitas vezes divergentes entre si, como já foi alertado. Por exemplo, em alguns casos é extremamente difícil conciliar um projeto que seja tecnicamente eficiente, economicamente viável, e ecologicamente sustentável. Novamente, assim como foi apresentado no terceiro passo do processo de *design*, é preciso analisar e discutir os pontos em questão, buscando-se chegar a um denominador comum. Em algumas circunstâncias, uma proposta final de *design* poderá levar em consideração principalmente aspectos econômicos, enquanto em outros contextos poderá ser atribuída

⁷¹ Essa discussão será retomada no próximo capítulo.

ênfase maior a elementos relativos à eficiência e/ou à sustentabilidade. Todavia, a justificação que é apresentada em prol de uma proposta sempre deve levar em consideração a viabilidade técnica de sua execução, isto é, o artefato precisa ser capaz de realizar suas funções. De acordo com Houkes e Vermaas,

O processo de *design* é racional somente se o *designer* está apto a justificar suas crenças físicas. Além disso, um *designer* de uma caneta laser deve ser capaz de justificar que ela tem específicas capacidades físico-químicas e que estas capacidades explicam por que a caneta pode ser usada efetivamente para apontar itens sobre slides projetados (HOUKE e VERMAAS, 2010, p. 87).

Vermaas *et. al.* (2011) consideram que na fase do *design*, os engenheiros já antecipam não apenas a forma de seu produto, mas também o modo como ele pode ser usado. Contudo, embora os engenheiros possam definir o uso específico do produto, eles são incapazes de determiná-lo. De fato, os artefatos podem ser utilizados de formas diferentes daquelas propostas pelos *designers*⁷².

A essa altura já nos parece claro que a atribuição de suas feições a determinado artefato tecnológico não se dá através de uma derivação mecânica. Ao contrário, os profissionais envolvidos no processo precisam tomar decisões e estabelecer quais elementos ou quais características serão incorporadas no artefato. De acordo com Vermaas *et. al.* (2011, 28), a primeira decisão que os engenheiros precisam tomar é se o *design* será normal ou radical, pois isso traz consequências importantes. Se eles optarem pelo *design* normal (ou seja, um produto com ligeira variação que justifique a inovação),⁷³ seguirão o caminho

⁷² Isso vale desde a trivial utilização de uma chave de fenda como alavanca, ou de uma impressora de computador como suporte de outros objetos, até o caso sofisticado, analisado por Feenberg, da Rede Minitel, introduzida na França na década de 1990 como um sistema de informação e transformada pelos usuários em rede de comunicação (FEENBERG, 2002, p. 118-119). Obviamente o mesmo vale para a utilização da Internet, não apenas como meio de comunicação e informação, mas como instrumento de controle e de revolta. Retomaremos o assunto mais adiante.

⁷³ Os conceitos “*design* normal” e “*design* radical” serão retomados e aprofundados nas próximas seções.

que já vem sendo percorrido por uma longa tradição. A configuração do artefato, assim como suas partes mais importantes, já se encontra determinada e o trabalho tem tudo para transcorrer dentro de uma normalidade. Neste caso, pode-se considerar que a inovação é um processo histórico no qual há uma adaptação e uma “evolução” gradual. Caso a opção seja feita pelo *design radical* (fortemente inovador) o desafio se multiplica, pois se faz necessário estabelecer os pressupostos básicos que permitirão o desenvolvimento do artefato tecnológico.

Assim como os demais teóricos da tecnologia mencionados recentemente, Vincenti (1990) também considera que a atividade do *design* está estruturada em diferentes etapas. Para ele, existe uma estrutura hierárquica tanto para o *design* normal quanto o *design* radical. Em alguns casos, pode haver a interação entre esses diferentes níveis. A estrutura hierárquica fornecida por Vincenti tem como pano de fundo o desenvolvimento de aeronaves, que compõe um sistema complexo, e envolve os seguintes passos:

1. Definição do projeto – tradução de uma necessidade comercial ou militar em um problema técnico concreto para o nível 2.
2. Projeto geral – *layout* do arranjo e das proporções do avião para atender a definição do projeto.
3. *Design* dos componentes principais – divisão do projeto em projeto da asa, projeto da fuselagem, projeto do trem de pouso, projeto do sistema elétrico, etc.
4. Subdivisão das áreas dos componentes do projeto do nível 3 de acordo com as disciplinas de engenharia necessárias (isto, é, projeto aerodinâmico da asa, projeto estrutural da asa, projeto mecânico da asa, etc.).
5. Divisão adicional das categorias do nível 4 em problemas muito mais específicos [como os da seção das asas, p.e.]. (VINCENTI, 1990, p. 9).

Resumidamente, pode-se dizer que a sistematização da atividade do *design* também pode ser compreendida como uma tentativa de racionalizar o processo de criação e de construção de artefatos tecnológicos.

Nessa racionalização, o tecnólogo não é obrigado a reportar-se a valores epistêmicos (como o cientista), porém não pode ignorá-los, na medida em que acredita trabalhar com base em conhecimentos confiáveis. De qualquer modo, são outros os valores que definem a racionalidade da sua atividade, a começar pela eficiência, seguida de outros valores como a economia de recursos, e compatibilizada ainda com outros como a beleza (tão importante na produção comercial), e ainda, em certos casos, o respeito por crenças religiosas ou políticas.

Na próxima seção daremos um passo além em nossa argumentação e buscaremos compreender a racionalidade tecnológica em um contexto distinto daquele até aqui apresentado, a saber, em um contexto relacionado ao processo de criação e uso dos artefatos tecnológicos.

3.5 Os *designers* e a racionalidade: a explicação tecnológica e o plano de uso

Na tentativa de contemplar o problema da racionalidade tecnológica de modo satisfatório vamos dividir a análise em dois campos, a saber, a racionalidade na atividade dos *designers* e a racionalidade no contexto de *uso*. Os nomes adotados para esses dois campos são meramente retóricos, pois também poderíamos caracterizar o primeiro campo como uma racionalidade interna ou incorporada e o segundo campo como uma racionalidade externa ou associada ao uso dos artefatos tecnológicos. Trabalhamos com esses dois contextos, pois consideramos pertinente a caracterização dos artefatos tecnológicos a partir de uma natureza dual.

Outro ponto de partida adotado por Vermaas *et al.*, autores de *A Philosophy of Technology: from technical artefacts to sociotechnical systems* (2011), para falar indiretamente da questão da racionalidade tecnológica está na distinção sustentada por eles entre artefatos técnicos e objetos físicos⁷⁴. Eles caracterizam os artefatos técnicos como objetos elaborados pelos homens e que são utilizados para realizar determinados

⁷⁴ Tanto os autores da obra acima citada quanto nós estamos cientes de que a distinção entre objetos naturais e artificiais apresenta inúmeros problemas filosóficos, mas não nos concentramos nesse debate. Para resumir, adotaremos a seguinte definição de artefato técnico dada por Vermaas *et. al.* (2011, p.7) “um artefato técnico é um objeto físico com uma função técnica e um plano de uso, projetado (*designed*) e feito pelos seres humanos”.

objetivos. Os objetos naturais, por sua vez, não seriam criados pelo ser humano e seriam, portanto, desprovidos de funcionalidades intencionais. Em outras palavras, se por um lado, a função e o plano de uso⁷⁵ não dizem respeito aos objetos naturais (como uma rocha ou uma reação química), por outro lado, passam a ser compreendidos como elementos essenciais na abordagem dos artefatos técnicos. Contudo, a função não é uma propriedade restrita aos artefatos, comentam os autores, pois ela também está presente nos organismos naturais e nos objetos sociais. Entretanto, afirmam Vermaas *et.al*,

Nós podemos, portanto, concluir que há uma importante diferença no modo como os objetos técnicos e os objetos sociais realizam suas funções. Os artefatos técnicos realizam suas funções em virtude de suas propriedades físicas enquanto que a realização da função dos objetos sociais depende de uma aceitação coletivo/social (VERMAAS *et. al.*, 2011, p. 12).

Como sabemos, Kroes e Meijers (2006, p. 2) consideram que os artefatos tecnológicos são objetos híbridos, que somente podem ser adequadamente descritos quando combinamos os aspectos do mundo físico com os aspectos do mundo intencional. De acordo com essa perspectiva, o *designer* ocupa uma posição privilegiada, pois ele tem a capacidade de estabelecer um vínculo entre a estrutura física e a funcionalidade desejada. Uma possibilidade de estruturar e compreender o trabalho dos *designers* nos é dada pela explicação tecnológica, que busca descrever todo o processo que envolve a criação, o desenvolvimento e o uso dos artefatos tecnológicos, estabelecendo os vínculos que há entre os aspectos estruturais dos artefatos e dos dispositivos com suas funções. No entanto, a consolidação desse vínculo não é um processo simples. Acreditamos que uma forma possível de compreendermos a racionalidade nas áreas tecnológicas seja dada também através do exame rigoroso da explicação tecnológica. A explicação tecnológica tem a possibilidade de desvendar os mistérios que envolvem o funcionamento dos artefatos tecnológicos esclarecendo, por exemplo, os processos internos que ocorrem em um artefato durante a realização de uma determinada função.

⁷⁵ Retomaremos a noção de “plano de uso” mais adiante.

Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009, p. 568) consideram ser necessário compreender a racionalidade que está envolvida no processo de *design*, pois entendendo de modo claro e preciso os papéis que ela exerce ao longo de todo o processo seria possível aperfeiçoar e articular melhor a prática do *design*. Segundo essa concepção, é possível intuir “que há maneiras melhores e piores – maneiras relativamente sistemáticas e maneiras relativamente caóticas – de resolver problemas de *design* em engenharia e tomar decisões em *design* de engenharia”.

Para compreender melhor os obstáculos que envolvem as escolhas do processo de *design* precisamos recorrer novamente à natureza dos problemas tecnológicos e à distinção entre os problemas bem-definidos e os problemas maldefinidos. Como havíamos comentado no capítulo anterior, a maioria dos problemas tecnológicos em seu estágio inicial parecem ser problemas maldefinidos ou mal-estruturados, pois expressam apenas o desejo ainda não preciso de um objetivo (objeto, procedimento) que deveria ser atingido, mas ainda sem saber como e quando isso seria realizado. Essa imprecisão que permeia o início da atividade do *design* pode ser melhor compreendida a partir da seguinte passagem da obra de Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009, p. 570): “uma coisa é exigir que uma solução de *design* seja um sucesso de mercado, que seja bela e inovadora; outra coisa é atingir dados objetivos (ou intersubjetivos) para o sucesso de mercado, para a beleza e para a inovação”. Assim, percebe-se que os profissionais do *design* enfrentam múltiplos desafios, pois nos diferentes estágios do processo de *design* precisam lidar com interesses conflitantes. No entanto, tais divergências não podem paralisar a ação, e de fato, como nos parece, a ação dificilmente é interrompida. Nas situações de discordâncias que emergem ao longo dos quatro passos do processo de *design*, eles precisam estabelecer uma negociação e encontrar um equilíbrio entre as várias especificações envolvidas. Kroes, Franssen e Bucciarelli (2009, p. 580) admitem que “o maior problema enfrentado pelos *designers* em engenharia é fazer um ‘balance’ [*trade-off*], isto é, pesar as vantagens e as desvantagens de uma solução de *design* contra outra”. Devido à complexidade de fatores em jogo (exigências técnicas, econômicas, sociais, etc.), as soluções de *design* não são propriamente refutadas nem se mostram simplesmente “melhores” ou “piores” do que outras em um mesmo plano. Faz-se necessário realizar uma análise criteriosa para identificar quais elementos indicam uma vantagem para uma das alternativas viáveis. Diante de tal dificuldade, a Teoria da Escolha

Racional estabelece uma escala de dados quantitativos e qualitativos que serão fundamentais no processo decisório entre duas ou mais alternativas concorrentes.

A tentativa de compreender adequadamente a dinâmica do processo tecnológico proporcionou o surgimento da explicação tecnológica. A teoria da explicação tecnológica apresentada inicialmente por Kroes em 1998, desenvolvida e revisada em seus escritos posteriores foi tomada como objeto de estudo Ridder (2006) em um artigo intitulado *The (alleged) inherent normativity of technological explanations* no qual ele argumenta, contrariando o pensamento de Kroes, que os artefatos técnicos têm a capacidade de realizar suas funções devido à sua composição físico-química.

Em outro contexto, mas não menos interessante do apontado acima, Pitt em seu artigo *Technological explanation* (2009) propõe fazer uma avaliação da explicação tecnológica, tema considerado pelo autor, relativamente inexplorado. Pitt levanta a seguinte indagação: “Por que nós precisamos de uma teoria da explicação tecnológica?” e responde da seguinte forma:

Em resumo, nossas tecnologias e a forma como nós as utilizamos são o que nos marca (identifica) como humanos. Isso significa que se queremos conhecer o que nós somos e como chegamos a este ponto [da história humana], precisamos explicar como criamos nossas tecnologias e como elas nos assistem e/ou nos reprimem. Isso significa que a teoria da explicação tecnológica é relevante para todas as formas de atividade humana, todas as que envolvem procedimentos com a tecnologia, incluindo a ciência. O que a teoria da explicação tecnológica fornecerá são meios para explicar como um artefato torna-se o que ele é. Isso pode ser uma história causal, mas também será parcialmente um recurso para a variedade de fatores sociais. A teoria da explicação tecnológica também fornecerá meios para explicar o papel dos artefatos em nossas vidas e o impacto introduzido pelo artefato sobre nossa estrutura social, nossos objetivos e valores. Ela, finalmente, também fornecerá meios para explicar falhas tecnológicas e distinguir questões que dizem respeito à falha do sistema das questões

que avaliam a culpa e a responsabilidade (PITT, 2009, p. 862).

Pitt (2009) argumenta que a explicação tecnológica, ao contrário da explicação científica que pode ser objetiva e direta (restrita), é multifocal. A explicação científica é considerada restrita, pois consegue descrever com rigor e precisão o comportamento dos objetos e dos fenômenos da natureza. Em contrapartida, a explicação tecnológica se depara com dificuldades maiores, pois lida com problemas mais complexos e difíceis de serem demarcados. As explicações tecnológicas precisam dar conta de um processo que abarca um cenário que vai desde a criação dos artefatos tecnológicos até aos usos que fazemos deles. Neste sentido, a explicação tecnológica assume um caráter contingencial, pois trata de objetos que foram constituídos de acordo com algumas vontades e desejos, mas que, dependendo das circunstâncias, podem ser utilizados de um modo distinto daquele planejado.

Ao falarmos sobre a natureza da explicação tecnológica nos deparamos com outra dificuldade já discutida pelos filósofos da tecnologia como Vincenti (1990), e Houkes (2009) que se referem ao caráter descritivo ou prescritivo da mesma. Segundo Vincenti (1990, p. 197) “o conhecimento descritivo, como o termo sugere, descreve as coisas como elas são. O conhecimento prescritivo, ao contrário, prescreve como as coisas devem ser para atingir determinado fim”⁷⁶. Por tanto, prossegue o autor, “o conhecimento descritivo é assim o conhecimento do fato ou da atualidade e ele é julgado em termos de sua coerência ou veracidade”. Em contrapartida, o conhecimento prescritivo envolve o conhecimento de um procedimento prático e é julgado em termos de sua eficiência, ou de acordo com seu sucesso ou sua falha. Buchanan⁷⁷ argumenta que:

Em essência, as ciências do artificial procuram explicar o comportamento complexo e o raciocínio dos *designers*, sem reduzi-los

⁷⁶ A caracterização dada por Vincenti se aproxima muito daquela definição dada por Simon “a ciência diz como as coisas são e a tecnologia como as coisas podem ser”.

⁷⁷ É professor de *design*, administração e sistemas de informação na faculdade de Weatherhead (EUA).

inteiramente às leis das ciências naturais. A diferença entre as ciências do artificial e as ciências naturais envolve a modalidade de suas razões (interesses). As ciências naturais são baseadas na modalidade da necessidade, mas as ciências do artificial são baseadas em contingências e possibilidades tanto quanto em necessidades (BUCHANAN, 2009, p. 421).

Observada a diferença entre os papéis descritivo e normativo do conhecimento é possível identificar que a explicação tecnológica é uma explicação prioritariamente normativa, pois não se propõe apenas a descrever como os artefatos tecnológicos se comportam enquanto desempenham suas funções. Ela vai além, pois dita como os artefatos devem proceder ou serem utilizados para que realizem adequadamente as suas funções.

Uma possível emancipação da tecnologia em relação à ciência também pode ser pensada levando-se em consideração à natureza dos testes e dos experimentos que são realizados em ambas as áreas. De um modo geral, os testes científicos exercem funções variadas e são compreendidos de modo distinto pelos filósofos da ciência. Para Popper, sabidamente, os testes científicos são realizados com o intuito de refutar determinada teoria. Caso os testes não refutem a teoria eles contribuem para corroborá-la. Na ciência, de um modo geral, os testes encontram-se subordinados às questões epistêmicas, sendo que eles têm a função de aumentar o alcance e a precisão de uma determinada teoria, assim como demonstrar se a teoria é verdadeira ou falsa, adequada empiricamente, etc. Nas áreas tecnológicas, os testes assumem um papel distinto, pois visam antecipar possíveis falhas, verificam a resistência dos materiais e a qualidade do produto, etc. De um modo geral, os testes tecnológicos buscam evitar prejuízos das mais distintas naturezas⁷⁸. Assim, quando se testa, por exemplo, a resistência dos materiais utilizados na construção civil ou na aviação, busca-se desenvolver edificações e aeronaves respeitando os limites obtidos nas amostragens prévias. Da mesma forma, os testes permitem fazer um uso mais racional de determinados materiais. Por exemplo, se determinados testes laboratoriais fornecem indícios de que é possível construir uma aeronave espacial com

⁷⁸ Petroski (1992, cap.5) trata das contribuições das falhas para o progresso tecnológico.

materiais mais leves e igualmente resistentes, os mesmos podem significar grandes avanços para os profissionais envolvidos nessa atividade, pois, conseqüentemente, a diminuição do peso da estrutura da aeronave pode contribuir para um aumento no número de equipamentos ou de outros materiais o que poderá significar, por exemplo, uma maior autonomia à aeronave e aos seus tripulantes.

Além de compreendermos a racionalidade tecnológica a partir da estruturação do processo do *design* e da explicação tecnológica, nós podemos realizar outras ponderações partindo da própria natureza dos artefatos tecnológicos. Esse assunto será tratado na próxima seção e também fornecerá importantes argumentos que ajudarão a diferenciar e promover uma emancipação da tecnologia em relação à ciência.

3.6 A compreensão dos artefatos tecnológicos a partir de sua natureza dual

Praticamente nenhum assunto em Filosofia da Tecnologia foi estudado tão sistematicamente nas últimas décadas quanto à natureza dos artefatos tecnológicos. Os membros do programa *A natureza dual dos artefatos*⁷⁹ sustentam que um artefato tecnológico é ao mesmo tempo uma construção física e uma construção social, possuindo assim uma natureza dual (KROES E MEIJERS 2002, p. 4-8)

Conforme Kroes

Um objeto tecnológico como um aparelho de televisão ou uma chave de fenda tem uma natureza dual. Por um lado, ele é um *objeto físico* com uma estrutura física específica (propriedades

⁷⁹ Originamente, este foi o título do programa internacional de pesquisa *The Dual Nature of Technical Artifacts* mantido pela *Netherlands Organisation of Scientific Research (NWO)*. O programa foi conduzido pelo departamento de Filosofia da Universidade de Tecnologia de Delft em colaboração com o departamento de filosofia da Universidade de Buffalo, Instituto de Tecnologia de Massachusetts, Virginia Tech e Universidade de Tecnologia de Eindhoven. O programa iniciou-se em abril do ano 2000 e durou até 2006. Fizeram parte deste programa de pesquisa autores como: Jeroen de Ridder, Randall Dipert, Maarten Franssen, Wybo Houkes, Peter Kroes, Anthonie Meijers, Marcel Scheele, Pieter Vermaas, Keess Dorst, Louis Bucciarelli, Davis Baird, Ann Johnson, Joe Pitt e Sven Ove Hansson. Todos esses membros têm vários artigos e livros publicados a respeito desse assunto.

físicas) e o comportamento do mesmo é governado pelas leis da natureza. Por outro lado, um aspecto essencial de um objeto tecnológico é sua *função*. Um objeto tecnológico tem uma função que, dentro de um contexto da ação humana, pode ser usada como um meio para um fim. Um objeto físico é portador de uma função e é em virtude de sua função que um objeto é um objeto *tecnológico*. Usualmente, um objeto tecnológico envolve a materialização de um *design* humano e é feito especialmente para realizar certa função. A função e o suporte físico, juntos, constituem um objeto tecnológico. A função não pode ser isolada de um contexto de uso de um objeto tecnológico; ela é definida dentro do contexto. Como o contexto é um contexto de ação, nós chamaremos a função uma construção humana (ou social). Assim, um objeto tecnológico é uma construção física tanto quanto uma construção humano/social (KROES, 1998, p. 1, grifos do autor).

De acordo com essa abordagem, o conhecimento da natureza dos artefatos tecnológicos não é adquirido exclusivamente através da descrição de suas propriedades físicas e estruturais, pois estas não contemplam de forma satisfatória os elementos funcionais. De um modo muito semelhante, a linguagem da física moderna não pode ser utilizada automaticamente para explicar a atividade tecnológica, pois ela não tem lugar para funções (projetadas), objetivos ou intenções. Mais amplamente, a linguagem científica, em geral, não consegue explicar de forma satisfatória a natureza dos artefatos tecnológicos. Vaesen, outro estudioso do assunto, coincide em que:

Os artefatos, assim, são entidades físicas, sujeitas às leis da natureza, mas o que os diferencia das pedras e nuvens - isto é, o que faz deles artefatos - é o fato deles serem intencionalmente produzidos e utilizados pelos seres humanos para realizar certos fins. Ao contrário das pedras e nuvens, os artefatos têm um propósito claro, uma função, uma finalidade (VAESEN, 2011, p. 1).

A aceitação da dualidade dos artefatos tecnológicos conduz ao debate sobre como as descrições físicas e intencionais dos artefatos se relacionam entre si. A dificuldade consiste em saber se as funções são primariamente vistas como adicionadas ao substrato físico, ou realizadas de modo inerente pelos próprios objetos físicos, isto é, saber se as funções são primariamente concebidas como modelos de estados mentais e se existem somente na mente dos *designers* e dos usuários.

Referindo-se ao entendimento da função Vermaas *et al* (2011, p. 14-16) identificam duas interpretações distintas para o caso. A primeira vincula à função aos objetivos das ações humanas. Neste caso, as funções são descritas em termos de uma “caixa preta” na qual somente há o conhecimento do *input* e do *output*. Nesse sentido, alguém pode olhar para um artefato tecnológico “de fora” e descrever de forma mais ou menos precisa o que ele faz. Sendo assim, podemos dizer que um artefato técnico desempenha a sua função quando é utilizado eficazmente para alcançar determinados objetivos. Segundo essa abordagem, a função é caracterizada exteriormente a partir do usuário. No entanto, a caracterização da função a partir da “caixa preta” é insuficiente, principalmente quando levamos em consideração o processo de *designing*, fabricação, manutenção e reparo dos artefatos técnicos desenvolvido pelos engenheiros. Neste caso, a “caixa preta” pode ser aberta e vista de dentro, a partir de seu próprio interior. Aqui, os engenheiros estão mais propensos a compreender a função como propriedade ou capacidade física dos artefatos técnicos. Quando a função é compreendida a partir da perspectiva interna, os objetivos e desejos dos usuários desaparecem dando-se ênfase aos aspectos estruturais do artefato em questão.

Diante das duas perspectivas apresentadas, poderíamos perguntar: seria possível deduzir uma descrição estrutural completa a partir das funções tecnológicas de um objeto? Segundo a argumentação de Vincenti (1990:209) e Polanyi (1962:174-84) os princípios operacionais dos objetos tecnológicos não estão contidos nas leis da natureza nem podem ser deduzidos delas. É possível concluir dali que tais princípios operacionais nos fornecem um importante elemento para diferenciar a tecnologia da ciência. Por exemplo, podemos descrever um automóvel a partir de sua estrutura física e para isso as leis físico/químicas são importantíssimas, pois elas nos ajudam a compreender o processo de combustão e, conseqüentemente, o funcionamento do motor; possibilitam a construção de automóveis com

maior estabilidade aerodinâmica; demonstram a resistência que o ar exerce sobre o veículo, etc. No entanto, as informações científicas não conseguem descrever as características funcionais do veículo. Ter acesso às leis científicas que governam o comportamento de um automóvel, não nos permite inferir sua função, nem avaliar seu desempenho como artefato específico.

De acordo com Kroes (2001, p. 3) “a análise filosófica do conhecimento de função e o significado do termo ‘função’ é um tópico bastante negligenciado” entre os teóricos da área. Essa negligência, segundo o autor, parte da própria ciência moderna – em especial, a ciência física – que busca reduzir o conceito “funcional” ao conceito estrutural. Uma notável exceção é o uso da função em biologia. Esse uso tem sido um tópico de intensos debates e pesquisas entre filósofos da biologia, ainda que esteja longe de ser estabelecido um consenso sobre o assunto. A seguir apresentaremos alguns dos principais pontos da discussão dessa problemática com intuito de estabelecermos um paralelo entre a tecnologia e um ramo específico da ciência, neste caso, a biologia.

3.7 Racionalidade e funcionalidade⁸⁰

A questão da funcionalidade é um dos grandes temas que inspiram discussões que afetam tanto filósofos da biologia quanto filósofos da tecnologia. Não é nosso objetivo aqui realizar uma análise sistemática a respeito dessa temática, pois isso foge à proposta deste trabalho. Faremos apenas uma apresentação panorâmica a respeito de alguns pontos que julgamos interessantes de serem tratados nessa seção, assim como levantaremos alguns questionamentos que permanecerão em aberto e com os quais poderemos nos ocupar em trabalhos futuros.

A princípio, parece haver uma importante diferença entre as noções de *funções técnicas* e *funções biológicas*, sendo que a primeira refere-se implicitamente ao contexto da ação humana intencional, enquanto que a última não. De acordo com os teóricos da tecnologia Krohs e Kroes (2009, p. 8) a função, dentro do domínio tecnológico, pode ser interpretada como uma relação entre meios e fins sendo que os

⁸⁰ Adotamos como principal referencial teórico desta temática o livro editado por Ulrich Krohs e Peter Kroes (2009) chamado *Functions in Biological and Artificial Worlds: Comparative Philosophical Perspectives*.

fins podem ser compreendidos como desejos cultivados pelos seres humanos. No entanto, dentro do domínio biológico, a interpretação da função como uma relação entre meios e fins torna-se mais problemática, pois o próprio *status* dos fins no mundo biológico permanece, para muitos, algo confuso e não evidente.

Assim, é possível perceber que existe uma grande dificuldade para estabelecer uma noção unificada de função na biologia e a tecnologia e este impedimento está relacionado ao problema da intencionalidade. A intencionalidade parece ser facilmente compreendida dentro do contexto tecnológico, mas é muito difícil de ser sustentada num contexto biológico. Por exemplo, podemos dizer que um carro é desenvolvido levando em consideração, prioritariamente, a intencionalidade dos fabricantes e dos usuários. Os *designers*, mecânicos e projetistas desenvolvem determinado modelo veicular para atender os desejos de determinado grupo de consumidores⁸¹. Neste caso, podemos dizer que o automóvel foi intencionalmente projetado para cumprir suas funções. Na biologia, por outro lado, observamos que o coração exerce a função de bombear o sangue, fazendo-o circular por todo o organismo. Mas parece-nos obvio que o bombeamento sanguíneo ocorre de forma mecânica e não intencional⁸².

Contudo, a distinção entre a função biológica e a função técnica não é uma questão unânime entre todos os teóricos da área. Mark Perlman⁸³, por exemplo, se dedica em explorar as semelhanças

⁸¹ Isso permite distinguir ainda entre diversas intencionalidades tecnológicas. Longy (2009, p. 52) diz: “Para resumir, as funções de artefatos não são fáceis de analisar como primeiramente poderíamos pensar. Elas podem ter duas origens, a saber, elas podem resultar da intenção de algum inventor ou de uma seleção sociocultural. Todavia, uma diferença na origem não poderia ser de grande significância, pois as intenções estão envolvidas em ambos os casos. No primeiro caso, há as intenções dos inventores e no segundo caso, há as intenções dos compradores e dos usuários”.

⁸² De acordo com Perlman (2009, p. 27-28), “Virtualmente, todas as teorias da função biológica são não intencionalistas, pois não têm um criador com intenções. Há somente duas exceções que são: a aproximação religiosa (teísta) que baseia a função nas intenções conscientes de um Criador Divino e [a posição de] Searle, quando vê as funções como meramente relatos intencionais humanos”.

⁸³ Professor de filosofia do Departamento de Filosofia e Estudos Religiosos da *Western Oregon University*.

existentes entre as funções naturais e as funções tecnológicas. Assim, diz o autor:

(...) não há, a princípio, diferença entre funções naturais e funções dos artefatos. Há, supostamente, muitos casos onde objetos “naturais” são de fato alterados pela ação humana como também muitos artefatos completamente naturais. Minha primeira recomendação ao pensar a respeito de função é não esboçar uma linha rígida entre funções naturais e funções dos artefatos (PERLMAN, 2009, p. 19).

Perlman (idem) aponta para inúmeros casos nos quais o homem tem modificado o ambiente de acordo com seus propósitos. Plantas – como os *bonsais* japoneses e uma vasta variedade de rosas⁸⁴ – e animais⁸⁵ são meticulosamente modificados e modelados pelo *design* humano. Françoise Longy⁸⁶ (2009) – estudiosa da epistemologia evolucionária – explora a possibilidade de pensarmos a *função* contendo características biológicas e intencionais. Assim, quando falamos em manipulação genética, por exemplo, pressupomos um ambiente controlado e no qual o homem estará constantemente agindo sobre o material e monitorando os passos dos procedimentos. Nesse sentido, plantas e organismos são alterados de acordo com as preferências humanas.

Vermaas (2009, p. 69), por sua vez, considera que tanto os artefatos tecnológicos como os itens biológicos permitem uma descrição

⁸⁴ A título de curiosidade, no site <<http://www.everyrose.com>> é possível encontrar aproximadamente 7250 variedades de rosas.

⁸⁵ Grande parte dos animais domésticos foi projetada (*designed*) pelos humanos. Exemplo disso são as vacas leiteiras projetadas para produzir uma grande quantidade de leite. Outros animais como os cães das raças *pugs* e *bulldogs* são frutos da interferência humana que foram projetados para serem animais de estimação ou como instrumentos de defesa, mas devido essa interferência intencional, acabaram se tornando totalmente dependentes dos humanos em relação a sua alimentação, pois perderam o “instinto” caçador. Desse modo, tais animais dificilmente sobreviveriam sem os cuidados básicos dos humanos.

⁸⁶ Professora de lógica e filosofia da ciência na Universidade *Marc Bloch* de Strasbourg. Tem várias pesquisas realizadas sobre a intencionalidade, assim como sobre a noção de função que pode aplicada tanto a coisas quanto a organismos, artefatos, instituições sociais e seres humanos.

funcional. No entanto, há diferenças substanciais entre as funções dessas duas áreas, impossibilitando assim uma teoria uniforme sobre o assunto. A diferença substancial, segundo Vermaas, deve-se ao fato de as funções biológicas serem tomadas tipicamente como *propriedades não relacionais objetivas* enquanto que as funções técnicas são concebidas como *relações subjetivas* e dependentes dos estados mentais dos agentes. A função biológica passa a ser concebida como uma propriedade que o organismo *tem* enquanto que a função técnica apresenta-se como uma propriedade *atribuída* pelos agentes aos artefatos. Poderíamos dizer que a função biológica é imanente ao organismo enquanto que a função tecnológica é instituída pelo homem em determinado artefato⁸⁷. Nesse aspecto, argumenta Vermaas:

Tomar a função técnica como parcialmente subjetiva não parece ser problemático. Artefatos são projetados e usados pelos agentes para suas funções e isso introduz uma relação aceitável entre funções as técnicas e os estados mentais – intenções e propósitos – dos *designers* e dos usuários (VERMAAS, 2009, p. 71).

Por outro lado, Davis Baird⁸⁸ (2004, p. 122) entende que a função é um fenômeno técnico e controlado. Os usuários têm a expectativa de que os artefatos técnicos se comportem de forma adequada, realizando a função para a qual eles foram projetados. Nesse sentido, a função passa a ser manipulada, podendo ser desenvolvida, expandida ou reformulada de acordo com os propósitos requeridos.

⁸⁷ Segundo McLaughlin (2003, p. 44) podemos considerar que, de um ponto de vista natural, nada é um artefato. Somos nós que fazemos com que um produto animal (por exemplo, as represas dos castores) seja um “artefato): é um *status* que nós conferimos a eles. Sem agentes não há artefatos nem uma função a ser realizada. A função de um artefato é derivada do propósito de algum agente. Em alguns casos, é possível atribuir alguma função artificial aos objetos naturais sem mudá-los profundamente ou sem modificá-los como um todo.

⁸⁸ É professor da Universidade da Carolina do Sul e suas pesquisas estão relacionadas à filosofia da ciência e à filosofia da tecnologia. Durante vários anos, investigou sobre a história e a filosofia dos instrumentos científicos, buscando compreender como as coisas que nós produzimos expressam ou incorporam o nosso conhecimento.

Franssen⁸⁹ (2009, p. 103) observa que existe pouco consenso na filosofia da ciência e na própria filosofia da tecnologia sobre o conceito de “função”. Essa imprecisão vem acompanhada de uma carência em saber identificar as condições que governam e legitimam a atribuição de uma função. Franssen (2008) defende que os artefatos não surgem apenas a partir de uma mediação causal das pessoas, mas eles são criados através de um ato intencional. Franssen (*idem*) busca estender a compreensão do aspecto dual (físico e intencional) dos objetos também aos usuários e aos *designers*, considerando, por exemplo, que o *designer* de um artefato tem uma posição privilegiada sobre o mesmo, pois o artefato é produto de seu ofício. O autor argumenta que a descrição física e a descrição intencional, propostas pelo programa da *natureza dual*, não são complementares, mas que a primeira está contida na última.

Como temos observado acima, há uma pluralidade de abordagens que acabam configurando a funcionalidade tecnológica e biológica de diferentes modos. Tentar solucionar as disparidades entre as perspectivas apresentadas foge ao propósito deste trabalho. O que nos interessa nesta discussão é destacar que a criação e a produção dos artefatos e dispositivos tecnológicos é um produto de uma ação intencional, isto é, ela nasce de um desejo ou de uma ambição que o homem cultiva em poder controlar ou manipular determinado ambiente ou situação. Como vimos nas seções anteriores, trata-se de um procedimento ordenado através do qual se almeja intencionalmente desenvolver um artefato que seja capaz de realizar uma função específica que solucione um determinado problema.

O aspecto funcional, seja na biologia ou nas áreas tecnológicas, conduz à reflexão relacionada ao problema do mau funcionamento e, conseqüentemente, ao debate sobre a normatividade das funções. Explicar o mau funcionamento é algo muito desafiador, pois ele também se faz presente nas áreas tecnológicas e na biologia. De acordo com Franssen (2009, p. 115), no caso dos artefatos, o mau funcionamento pode ser compreendido como uma simples falha de um dispositivo que foi programado por um *designer* para realizar uma determinada função. Na biologia, por sua vez, o mau funcionamento não pode ser compreendido como um fenômeno isolado. Poderíamos dizer

⁸⁹ Professor Associado de Filosofia da *Delft University of Technology* – Holanda que desenvolve pesquisas relacionadas à normatividade dos artefatos tecnológicos.

que cada um dos diferentes órgãos do corpo humano como, por exemplo, o fígado, os rins, os pulmões e o coração têm, separadamente, um mau funcionamento? O mau funcionamento de órgãos biológicos é semelhante ao mau funcionamento dos artefatos? Quais são as causas do mau funcionamento dos artefatos tecnológicos e dos órgãos humanos?

Uma forma de compreender o problema do mau funcionamento consiste em adotar como pano de fundo o ideal de eficiência. Os artefatos tecnológicos e os órgãos do corpo humano podem realizar ou não suas funções. No entanto, parece haver níveis e estágios onde eles conseguem desempenhar sua função de modo regular, isto é, estágios em que funcionam perfeitamente bem e outros em que eles não conseguem realizar as funções de modo satisfatório por diferentes motivos. As causas que são invocadas para explicar o mau funcionamento dos artefatos tecnológicos são múltiplas e variadas, indo de uma falha ocasionada pelo desgaste dos elementos físicos e químicos que compõem determinados objetos a uma falha ocasionada pelo uso indevido por parte do sujeito que manipula o artefato, passando por acidentes ocasionados pelo meio. As causas que explicam o mau funcionamento dos organismos biológicos também são diversas. Os males, as doenças e as enfermidades que afetam os diferentes órgãos com intensidades variadas também podem ser produzidos por um elemento exterior ou ocasionadas pelo desgaste ou envelhecimento natural dos órgãos. De certa forma, também podemos fazer um uso inadequado de nossos corpos (por exemplo, quando não levamos uma vida saudável, não praticamos exercícios físicos com regularidade ou exageramos na bebida e no cigarro ou em outras drogas), potencializando o desgaste e até promovendo a “falência” dos nossos órgãos.

A identificação do mau funcionamento dos artefatos tecnológicos e dos órgãos nos seres vivos estimula a reflexão sobre as medidas que poderiam ser tomadas para evitar o mau funcionamento e/ou consertar o dispositivo quando ele para de desempenhar a função para o qual ele foi projetado. Nas áreas tecnológicas, o processo de manutenção e de conserto dos artefatos é uma área tão importante quanto àquelas destinadas à criação e o desenvolvimento de novos produtos. Sabe-se, desde princípio, que os artefatos tecnológicos podem apresentar falhas e deixar de funcionar adequadamente. Sabendo disso, há equipes de assistência técnica capazes de realizar os reparos necessários, possibilitando que o artefato volte a desempenhar sua

função inicial. Com os seres vivos acontece praticamente o mesmo, pois os diversos procedimentos médicos e as mais variadas drogas farmacêuticas objetivam fazer com que os órgãos comprometidos por alguma doença ou enfermidade possam desempenhar – embora parcialmente – suas funções elementares⁹⁰.

A investigação da funcionalidade nas áreas científicas e tecnológicas apresenta-se como um tema muito fértil e promissor. A próxima seção é destinada a apresentação da função própria e da função accidental.

3. 8 Função própria e função accidental

Outro problema relacionado à função que se faz presente tanto na biologia quanto nas áreas tecnológicas consiste em saber se os elementos biológicos e os dispositivos e artefatos tecnológicos têm uma *função própria*. Krohs e Kroes entendem que:

As funções têm uma parte importante no modo como nós classificamos nosso mundo, especialmente a parte do mundo que é povoada pelos artefatos técnicos. Frequentemente, esses artefatos técnicos são classificados a partir de suas funções, isto é, suas funções próprias. Se alguma vez alguém usa uma cunha para apertar um parafuso, esta cunha não se torna membro da classe das chaves de fendas. Os artefatos técnicos não são classificados a partir de suas funções accidentais, mas a partir de suas funções próprias (KROHS; KROES, 2009, p. 163).

A temática da função própria dos artefatos tecnológicos é um assunto bastante discutido entre aqueles pensadores que exploram a natureza ontológica dos artefatos tecnológicos. Entre tais pensadores destacam-se Kitamura e Mizoguchi (2009, p. 208) que argumentam que a função essencial de um artefato é pretendida pelo *designer* que concebe o objeto. Desse modo, “um artefato de engenharia é projetado e

⁹⁰ Os recursos tecnológicos (implantes dentários, aparelhos marca-passos, membros artificiais) têm o mesmo propósito. Incluindo-se as drogas já citadas, todos eles constituem uma óbvia transição entre o mundo “natural” e o tecnológico.

manufaturado com o propósito de ter certa capacidade para realizar sua função essencial. Assim, a função essencial fornece a identidade ao artefato”. Ele é racional e intencionalmente desenvolvido para desempenhar uma função específica. Em muitos casos – como, por exemplo, de uma furadeira – o nome do artefato deriva de sua função essencial, sendo até mesmo difícil pensar um uso distinto para ela a não ser perfurar um determinado objeto ou uma superfície. Hipoteticamente, um usuário pode fazer um uso distinto do uso pretendido pelo *designer*. Nessas circunstâncias, nós reconhecemos que o dispositivo realiza uma função acidental, ou seja, ele é utilizado para determinada atividade que não foi antecipada pelo *designer*. As funções acidentais escapam em sua maioria ao alcance do projetista, pois não podem ser enumeradas completamente nem ser atribuídas de forma *a priori*. O contexto e as diferentes necessidades do usuário fazem com que os artefatos tecnológicos tenham suas funções acidentais maximizadas.

Há outro elemento que se encontra diretamente associado ao uso que fazemos dos artefatos tecnológicos, a saber, a questão da responsabilidade. Por exemplo, se um usuário seguir todos os passos contidos no plano de uso – como observado no primeiro capítulo – e o artefato não obtiver um desempenho eficiente realizando sua função própria, a responsabilidade da falha recai sobre o projetista ou sobre a empresa que fabricou determinado artefato. No entanto, quando determinado artefato é usado em condições ou de uma forma não prevista pelo projetista, o usuário não teria motivo para ficar insatisfeito. O uso inadequado dos artefatos tecnológicos, na maioria das vezes, impede que a função seja realizada de modo eficiente e aumenta o risco de danos e avarias aos próprios artefatos ou até mesmo de acidentes produzidos pelos mesmos.

Não obstante, é preciso admitir que o uso dos artefatos possa ocorrer de forma versátil. Virtualmente, muitos artefatos podem ser utilizados para diferentes propósitos e de diferentes maneiras (como já mencionamos nesta tese). É verdade que muitos artefatos contêm instruções que evitam um uso impróprio. Essas instruções são frequentemente denominadas de plano de uso e constituem “uma maneira mais ou menos padronizada de manipulação dos objetos com o objetivo de realizar um objetivo prático” (HOUKES; VERMAAS, 2010, p. 8). A habilidade ao manipular um determinado artefato pode trazer consequências diretas para o resultado da sua utilização (basta pensar no mau uso de uma máquina de lavar roupas). Deste modo, prossegue

Kroes (2009, p. 514), a fabricação dos artefatos não pressupõe apenas a capacidade da produção de um artefato sobre um plano ou um *design*, mas envolve também o planejamento de como será utilizado este objeto.

A noção de plano de uso adquire uma ênfase maior nos escritos de Vermaas *et al.* (2011), pois passa a ser utilizada como um critério para diferenciar os objetos técnicos dos objetos naturais. Os autores comparam os artefatos técnicos com os objetos físicos. Assim,

(...) a maior diferença entre um avião e um elétron é que o primeiro tem uma função e um plano de uso enquanto o segundo não. Os objetos físicos, como um elétron, não tem função ou plano de uso; não há espaço para funções e planos de uso na descrição da realidade física (VERMAAS *et al.*, 2011, p. 9).

No entanto, prosseguem eles, isso não significa dizer que os elétrons não possam realizar funções nos equipamentos tecnológicos. A existência de um plano de uso pode ser utilizada assim como um critério para distinguir o conhecimento científico do conhecimento tecnológico, pois, de acordo com Vermaas (2011, p. 65), “as leis da física de Newton não ditam como os corpos deveriam se mover, elas apenas descrevem o que eles atualmente fazem”, enquanto que as regras tecnológicas e os planos de uso orientam a ação das pessoas para que elas possam atingir determinados objetivos. As regras tecnológicas, como observado anteriormente, têm um caráter diretivo e podem ser alteradas e modificadas quando os artefatos tecnológicos são remodelados. Seguindo essa linha de raciocínio, McLaughlin (2003, p. 56) observa que “um artefato ou uma ação tem uma função se ela é um meio para um fim, não necessariamente algum fim que nós queremos realizar atualmente, mas um apenas algum fim que nós meramente queremos estar aptos a realizar quando for o momento”.

Apesar de os usos acidentais serem imprevisíveis, parece haver artefatos técnicos cuja funcionalidade está diretamente associada a certas formas de usos acidentais. Uma chave de fenda tanto pode ser utilizada para apertar ou afrouxar parafusos, como também servir de alavanca na abertura de determinados produtos enlatados. Percebe-se então apenas uma sutil diferença entre os dois modelos de artefatos técnicos, pois no primeiro grupo (o caso de um barbeador, p.e.) a funcionalidade encontra-se incorporada no artefato, sendo que apenas

esporadicamente este pode ser utilizado de outra forma, enquanto que no segundo caso, a funcionalidade parece não se encontrar determinada pelo projetista, pois também pode ser atribuída por um agente exterior que decide utilizar o artefato de um modo muito peculiar. *Grosso modo*, os artefatos pertencentes ao primeiro grupo podem ser denominados de “máquinas”, - conforme a distinção realizada no primeiro capítulo – enquanto que os incluídos no segundo grupo podem ser chamados de “instrumentos” ou “ferramentas”. Assim, os instrumentos têm a capacidade de ser utilizados em diferentes contextos e desempenham diferentes finalidades enquanto que as máquinas possuem um uso mais específico. Nesse sentido, os instrumentos são artefatos tecnológicos mais simples e, na maioria das vezes, dispensam o plano de uso. Por exemplo, ao comprar uma chave de fenda não solicitamos um manual de instrução, enquanto que, ao adquirirmos uma impressora o fazemos.

3.9 Seria a racionalidade dialética de Pera aplicável nas áreas tecnológicas?

Embora a análise de Pera (1994) se limite ao campo científico, acreditamos que a aproximação de seu modelo de racionalidade dialético às áreas tecnológicas possa trazer resultados interessantes. Faremos algumas especulações sobre como o modelo dialético de racionalidade poderia ser empregado nas áreas tecnológicas e quais os benefícios que esse vínculo poderia trazer.

A aproximação entre o modelo de racionalidade dialético de Pera e as áreas tecnológicas nos parece viável pelos seguintes motivos: i) a inexistência (insuficiência) de um modelo de racionalidade metodológico nas áreas tecnológicas; ii) a natureza dos próprios problemas tecnológicos; iii) as limitações dos estudos sobre a racionalidade tecnológica.

Referente ao primeiro ponto mencionado acima, observa-se que o modelo de racionalidade baseado na metodologia é insuficiente para legitimar a racionalidade das áreas tecnológicas. Essa insuficiência se deve principalmente a dois motivos, a saber, a) as limitações dos modelos metodológicos desenvolvidos nas áreas tecnológicas que não atingem um grau de sistematização como aquele proposto por Bunge (1989) para as ciências naturais e ii) o fato de muitos problemas enfrentados pelos profissionais dessas áreas não poderem ser solucionados através da aplicação das regras metodológicas disponíveis.

O segundo ponto que nos permite observar a viabilidade da aproximação do modelo de racionalidade de Pera às áreas tecnológicas explora a natureza dos problemas tecnológicos que, em sua grande maioria, são caracterizados como problemas maldefinidos e mal-estruturados. Acreditamos que esse ponto permite estabelecer a melhor justificativa da aproximação, pois o caráter irregular dos problemas tecnológicos não pode ser corrigido através da invocação de um princípio, procedimento ou regra metodológica. A estruturação e a consolidação de um problema tecnológico exigem uma discussão, um debate entre as diversas partes envolvidas no processo, pois os diferentes profissionais inseridos nessa atividade – *designers*, clientes, governo, investidores – geralmente defendem pontos de vista e interesses divergentes. Essa não é uma tarefa fácil, e a resolução não surge através de um passe de mágica. Quando surge um impasse entre as partes envolvidas, parece não haver outra saída a não ser tentar convencer o interlocutor a mudar de ideia ou flexibilizar sua posição inicial. Para que isso aconteça, faz-se necessário desenvolver uma estratégia argumentativa através da qual seja possível mostrar a viabilidade de determinada proposta em detrimento de outra. Durante esse processo, devem-se levar em consideração os melhores argumentos apresentados pelos pares.

Parece-nos que a tecnologia é, por natureza, uma atividade produzida dialeticamente, pois geralmente envolve uma equipe multidisciplinar que se reúne e determina qual o problema em questão. Por se tratar de um trabalho onde diferentes partes estão envolvidas, pressupõe-se que sejam feitas concessões entre as mesmas, para se chegar a um acordo quanto ao artefato a ser produzido. Um exemplo desse processo pode ser observado nas páginas anteriores onde aludimos aos diversos critérios que estão envolvidos no desenvolvimento do motor de uma aeronave. Pontos de vista econômicos, funcionais, ambientais, etc. precisam ser levados em consideração durante o desenvolvimento de determinado artefato. Diante dessa pluralidade de critérios, faz-se necessário encontrar um equilíbrio entre as partes envolvidas para que o projeto possa ser desenvolvido em sua totalidade e, neste caso, o modelo dialético é de fundamental importância.

O terceiro ponto referente à viabilidade de aproximar o modelo de racionalidade de Pera às áreas tecnológicas refere-se à própria limitação dos estudos referentes à racionalidade tecnológica. Acreditamos que essa aproximação pode ser muito fecunda e pode nos

ajudar a compreender melhor todo o processo tecnológico. Assim, quando somos convidados a refletir sobre a racionalidade tecnológica, podemos direcionar nosso foco para duas perspectivas distintas, ou seja, num primeiro momento, podemos analisar os discursos e atividades que antecedem o desenvolvimento do artefato, explorando questões vinculadas aos profissionais que estão envolvidos no processo de criação de um determinado dispositivo ou artefato tecnológico. Num segundo momento, somos levados a considerar o debate que é realizado em torno da forma ou do modo como os indivíduos usam ou devem usar determinados artefatos tecnológicos. São dois contextos distintos onde são levados em consideração argumentos peculiares. A adesão ou a rejeição a um argumento não pode ser dada aleatoriamente. Faz-se necessário haver um princípio normativo que seja capaz de guiar o processo decisório. Neste contexto, o modelo de racionalidade dialético de Pera parece se encaixar perfeitamente.

A nosso ver, também a concepção de processo de *design* de Kroes, Franssen e Buccionelli (2009) parece comportar perfeitamente um modelo de racionalidade dialética, pois, como vimos, o primeiro passo consiste justamente na tradução das necessidades dos clientes em necessidades funcionais. Trata-se de um grande desafio, pois as necessidades dos clientes são diversas e nem sempre é fácil convertê-las em especificações de *design*. É preciso debater detalhadamente quais são as funções que se deseja que determinado artefato tecnológico desempenhe, levando-se em consideração as expectativas do cliente assim como a factibilidade técnica estabelecida pelas propriedades físico-químicas dos materiais, a viabilidade econômica, o prazo de execução, etc.

Além disso, o processo de *design* também inclui uma fase na qual é realizada a seleção de uma das opções desenvolvidas. Novamente, o modelo de racionalidade dialético proposto por Pera parece se encaixar perfeitamente, pois as escolhas não ocorrem a partir de um algoritmo. Dificilmente todos os profissionais envolvidos no processo de *design* escolherão a mesma opção. Ao admitir-se o dissenso no processo de escolha, faz-se necessário adotar um procedimento que seja capaz de dissolvê-lo, chegando-se assim a uma escolha consensual. Diante de uma pluralidade de opções, escolher a melhor nem sempre é uma tarefa fácil, pois há um conjunto de critérios e valores que podem orientar

escolhas diferentes. Assim, a escolha de uma opção torna necessário arguir e convencer interlocutores que sustentam posições divergentes⁹¹.

3.10 Semelhanças e divergências entre a racionalidade científica e a racionalidade tecnológica

Embora não exista um modelo de racionalidade unanimemente aceito para as áreas tecnológicas – há, como vimos, apenas algumas propostas –, não estamos autorizados a afirmar que tais áreas sejam desprovidas de qualquer procedimento racional. Parece-nos que, enquanto que na ciência a discussão sobre a racionalidade encontra-se vinculada aos modelos metodológicos, contrametodológicos e abordagens alternativas aos mesmos, na tecnologia a racionalidade pode ser localizada na sistematização da própria atividade. Em outras palavras, a racionalidade tecnológica perpassa o contexto de criação e o contexto de uso, instruindo como os artefatos tecnológicos devem ser desenvolvidos e orientando como os mesmos devem ser utilizados.

A nosso ver, é possível identificar alguns elementos comuns entre a racionalidade em ambas as áreas. A primeira característica diz respeito à função ordenadora, justificadora e legitimadora que a racionalidade exerce tanto na ciência quanto na tecnologia. Nesse sentido, pode-se dizer que a tecnologia é um empreendimento tão racional quanto à ciência, pois é desenvolvido levando-se em consideração um conjunto de princípios que fazem dela uma atividade confiável. A segunda característica comum é que a racionalidade tecnológica se aproxima muito do modelo de racionalidade dialética proposto por Pera para a ciência. Por fim, outro elemento que perpassa o debate da racionalidade em ambos os campos é a questão dos valores. Embora os valores utilizados em cada campo sejam diferentes, eles ocupam um espaço fundamental, pois as normas e regras são – como vimos – insuficientes para governar a ciência e a tecnologia.

Por outro lado, partindo do princípio de que a ciência e a tecnologia têm objetivos diferentes e lidam com problemas específicos, torna-se possível pensar e sustentar um modelo de racionalidade distinto, pois as estratégias utilizadas para alcançar os objetivos teóricos da ciência são diferentes daquelas empregadas para satisfazer os

⁹¹ Caberia, portanto, algum tipo de *retórica tecnológica* análoga à retórica científica estudada por Pera. Pela nossa revisão da literatura, esse assunto ainda não parece estudado.

problemas pragmáticos das áreas tecnológicas. Também, a concepção de racionalidade tecnológica parece ser mais ampla, pois envolve elementos como o interesse do mercado e do consumidor, a relação custo-benefício, preocupações estéticas e ambientais, por exemplo. Em outras palavras, nas áreas tecnológicas o número de elementos envolvidos parece ser bem maior que os identificados na ciência, tornando, por esse motivo, a questão mais complexa e de difícil resolução. Assim, faz-se necessário identificar e compreender os diferentes interesses que estão em jogo para poder então os contornar de um modo satisfatório. Por fim, como Queraltó (2003) considerou, a racionalidade tecnológica emerge para solucionar outros tipos de problemas que ultrapassam o campo de atuação da racionalidade científica. Deste modo, o que percebemos é que não há uma competição entre os dois modelos de racionalidade, ou seja, não se trata de uma exclusão, mas de uma complementação, pois a racionalidade científica serve para justificar adequadamente a ciência, mas, em contrapartida, é insuficiente para legitimar a atividade tecnológica. Resumidamente, podemos dizer: se “racionalidade” significa a maneira de justificar, mediante argumentos, o alcance de resultados, ciência e tecnologia o fazem apelando a critérios parcialmente diferentes, embora compartilhando procedimentos (essencialmente, a discussão dialética).

Em definitivo, parece-nos que também a propósito da racionalidade, a tecnologia pode reivindicar uma emancipação fraca com relação à ciência: existem semelhanças nos procedimentos justificativos (e o recurso ao saber científico é decisivo para justificar produtos tecnológicos), porém a tecnologia tem, sem dúvida, uma maneira própria de argumentar e produzir consensos.

CAPÍTULO 4

O progresso da ciência e da tecnologia

Ao longo dos capítulos anteriores buscamos apresentar alguns argumentos que nos permitem compreender a ciência e a tecnologia como atividades que têm objetivos diferentes, embora não sejam atividades dissociadas. Enfatizamos que, algumas vezes, a ciência e a tecnologia adotam – e outras tantas desenvolvem – métodos específicos para atingir seus respectivos objetivos. Para tanto, como apresentamos no capítulo anterior, a ciência e a tecnologia parecem contar com a orientação de modelos de racionalidade que lhes são próprios. Neste capítulo, buscaremos identificar as possíveis similaridades e peculiaridades que há em relação à noção de progresso implicada por essas duas áreas. Através de uma abordagem panorâmica, que perpassa os diversos argumentos desenvolvidos pelos filósofos profissionais a respeito do progresso científico, propomos sustentar que há uma diferença significativa entre os critérios utilizados na avaliação do progresso científico e na apreciação do progresso tecnológico. Mantendo-nos fiéis ao pressuposto inicial de que é errôneo considerar a tecnologia simplesmente como ciência aplicada, pretendemos explorar que também é equivocado compreender o progresso tecnológico apenas como um resultado ou um desdobramento inevitável do progresso científico.

4.1 O progresso científico como problema filosófico

A investigação sobre o progresso científico faz parte da agenda dos filósofos profissionais há várias décadas e ainda é objeto de discussão entre os especialistas da área. Chang (2007, p. 1)⁹² afirma que “o progresso científico permanece como uma das questões mais significativas na filosofia da ciência atual”. Mas como observava Losee (2004, p. 2) há muito tempo: “há um acordo quase que unânime de que a ciência é uma disciplina progressiva. Entretanto, a natureza de seu progresso tem sido, e continua sendo, matéria de disputa”. Essa preocupação filosófica em torno da ideia de progresso na ciência se

⁹² Professor do departamento de Ciência e Estudos Tecnológicos do *University College London*.

justifica, pois para muitos pode parecer estranho ou insensato conceber a ciência como uma atividade não progressiva. Já para o senso comum, a ciência é uma atividade obviamente progressiva: hoje sabemos (muito) mais do que no passado, recente ou longínquo. Contudo, a não obviedade dessa convicção foi apontada por autores como Feyerabend (1975) e Bauer (1994) que formularam severas críticas aos modelos de progresso científico sustentados por vários pensadores ao longo da tradição.

Neste capítulo, não faremos um trabalho historiográfico, repassando diversos autores e enfoques desenvolvidos sobre a problemática do progresso, pois essa atividade já foi realizada de um modo eficiente por diferentes pensadores⁹³. Concentramos nossos esforços então em compreender quais elementos são levados em consideração quando os filósofos profissionais falam em progresso científico, buscando entender como esse progresso pode ocorrer.

De um modo geral, poderíamos dizer que a concepção do progresso científico pode ter duas modalidades: teórica (cognitiva) ou prática. Vale dizer: quando falamos em progresso científico geralmente estamos nos referindo, seja ao desenvolvimento teórico, seja aos aspectos práticos da ciência⁹⁴. Estes últimos abrangem tanto as aplicações tecnológicas da ciência quanto a dependência da teorização com relação aos artefatos (p.e. telescópio, microscópio, acelerador de partículas) e procedimentos práticos (pesar, medir, experimentar). No entanto, ao revisarmos os escritos dos principais filósofos da ciência percebemos que os mesmos criaram uma extensa argumentação em prol do avanço científico teórico – explorando os mais variados argumentos para justificar o progresso cognitivo da ciência – e deixaram a noção de progresso científico prático em segundo plano, numa espécie de limbo filosófico⁹⁵. De certo modo, não seria nenhum exagero dizer que os

⁹³ Craig Dilworth (2007), John Losee (2004) e Barry Gower (1997) fizeram estudos sistemáticos sobre o progresso científico percorrendo as principais teses dos filósofos que se dedicaram a esse tema.

⁹⁴ Buscaremos compreender o progresso da ciência levando em consideração principalmente os aspectos internos da própria ciência, afastando-nos, conseqüentemente, das abordagens do progresso científico fornecidas pelos sociólogos da ciência e pelos filósofos construtivistas (embora estes últimos não necessariamente representem uma abordagem externa).

⁹⁵ Kitcher (1993, p. 92) é um bom exemplo disso, pois se dedicou muitos anos ao estudo do progresso e da racionalidade científica. No entanto, o progresso

filósofos da ciência sustentam uma abordagem do progresso científico exclusivamente teórico-cognitiva, isto é, onde somente são levados em consideração elementos relacionados ao conhecimento científico, deixando de lado as implicações práticas da ciência.

No intuito de demonstrarmos a predominância do enfoque cognitivo (ou teórico) do progresso científico, analisamos brevemente três passagens de diferentes pensadores onde é possível perceber a ênfase dada aos aspectos cognitivos e a relutância em estender a reflexão filosófica aos aspectos práticos. A primeira passagem é extraída do prólogo do livro de Larry Laudan (1977) intitulado *Progress and its problems*. Ao falar sobre as ambiguidades do uso do termo progresso Laudan afirma:

(...) Concretamente, é habitual falar de progresso no sentido de uma melhoria nas condições de vida materiais ou “espirituais”. Embora esse sentido de progresso seja, sem dúvida, importante, praticamente não me ocuparei dele neste ensaio. Centrar-me-ei exclusivamente no domínio do *progresso cognitivo* que é o *progresso com respeito às aspirações intelectuais da ciência*. O progresso cognitivo não supõe progresso espiritual, material ou social; nem estas noções são supostas por ele. Essas noções, seguramente, não estão desconectadas entre si, mas se referem a processos muito diferentes e, ao menos para os

prático é praticamente inexplorado sendo tratado em alguns poucos parágrafos e sendo assim concebido: “há um tema recorrente na história do pensamento a respeito dos objetivos da ciência: a ciência deveria contribuir para ‘aliviar a condição do homem’, deveria permitir-nos controlar a natureza – ou talvez, nos casos em que nós não podemos controlá-la, fazendo predições para ajustar nossa conduta a um mundo não cooperativo –, deveria fornecer os meios para melhorar a qualidade e a duração da vida humana, etc. À primeira vista, esta concepção de ciência que a considera promotora de objetivos impessoais não epistêmicos parece relativamente fácil de entender. Suponhamos que, em um dado momento, nós temos um projeto prático para fazer algo e este projeto é interrompido porque não podemos responder uma determinada pergunta ou fazer um determinado dispositivo. Se, em algum momento posterior, o desenvolvimento da ciência nos permitir responder a pergunta ou construir o dispositivo, então parecerá que temos feito *progresso prático*”. (Grifo no original).

objetivos da presente discussão, devem ser distinguidas escrupulosamente (LAUDAN, 1977, p. 6-7, grifos no original).

A segunda defesa da natureza cognoscitiva do progresso científico é retirada do artigo de Niiniluoto (2011) chamado *Scientific Progress* no qual ele admite que o conceito de progresso científico possa ser definido de diferentes modos levando-se em consideração elementos de caráter econômico, profissional, educacional, metodológico, social, tecnológico e cognitivo. No entanto, ele considera que

Todos esses aspectos do progresso científico podem envolver diferentes considerações, não havendo um conceito singular que pudesse contemplar todos eles. Assim, para nosso propósito, é apropriado aqui concentrar somente no progresso cognitivo, isto é, para fornecer uma abordagem do avanço da ciência em termos do seu sucesso na busca do conhecimento (NIINILUOTO, 2011, p. 1).

Por fim, podemos observar que a valorização da abordagem cognoscitiva em relação ao progresso da ciência está presente entre críticos e comentadores do tema. Por exemplo, Baird e Faust consideram que:

Os filósofos falam da *ciência* em termos de teoria e experimento. Mesmo quando eles falam de *progresso do conhecimento científico*, eles falam *somente* em termos de teoria. Segundo muitos filósofos, os experimentos são realizados a fim de promover a teoria; melhoramentos na habilidade de experimentar tornam-se bens instrumentais que têm como objetivo justificar as afirmações de um domínio cada vez mais amplo das sentenças. Assim, de acordo com muitos filósofos, teorias melhores justificam o progresso científico (BAIRD; FAUST, 1990, p. 147, grifos no original).

Está claro que a ciência é uma atividade cognitiva, porém pairam no ar outras indagações do tipo: ela é exclusivamente cognitiva ou tem

também algum elemento prático, aplicado? Se ela não é apenas uma atividade cognitiva, não seria necessário repensar a concepção de progresso científico e desenvolver outra abordagem que contemplasse também os aspectos práticos? Até o presente momento, não encontramos razões precisas e/ou suficientes que justifiquem ou demonstrem o porquê do progresso científico prático ter sido renegado ou tratado como um tema de segunda ordem na agenda dos filósofos da área⁹⁶. Diante desse contexto, restam-nos diversas inquietações como: há progresso científico prático? Em que ele difere do progresso teórico? Ainda faz sentido sustentar essa distinção? Quais são os critérios que permitem avaliar o desenvolvimento científico prático? Quais são os elementos que devem ser levados em consideração para atribuímos progresso a um campo científico prático? Como devemos conceber e mensurar o progresso prático? Quais são os principais autores que sustentam essa abordagem? Resumidamente, podemos dizer que se trata de um problema ainda em aberto na filosofia da ciência, embora autores como Derek de Solla Prince (1963) e Allan Franklin (1989) já tenham realizado algumas reflexões sobre os problemas acima mencionados.

Sabemos que os filósofos da ciência desenvolveram diferentes critérios para avaliar o progresso científico. A seguir, apresentaremos os principais critérios utilizados para caracterizar o progresso científico. Posteriormente, faremos o mesmo em relação aos critérios empregados nas áreas tecnológicas. Assim, acreditamos ser possível comparar adequadamente as duas noções de progresso, avaliando suas similaridades e suas divergências.

4.2 Os indicadores de progresso científico

O termo progresso – tomado conjuntamente com os termos método e racionalidade – é um dos elementos definidores da atividade

⁹⁶ Temos apenas algumas hipóteses para isso. A primeira delas recai sobre a suspeita de que o progresso prático da ciência seria um resultado automático do progresso teórico e cognitivo. Outra razão poderia ser o fato de muitos pensadores considerarem que o progresso científico prático não produz problemas filosóficos interessantes. Por fim, poderíamos alegar que a simples resolução dos problemas práticos seria uma forma de autojustificação do progresso científico.

científica⁹⁷. E, embora as abordagens referentes à natureza do progresso científico possam ser divergentes, todos concordam, argumentam Niiniluoto (2011), bem como Aier e Fischer (2010), que o progresso científico é um conceito normativo⁹⁸. Nesse sentido, o progresso deve ser compreendido sempre a partir de uma relação entre um ponto *A* e um ponto *B*. A passagem de um ponto ao outro constitui progresso se o ponto *B* é melhor que o ponto *A*, a partir de um conjunto de critérios ou valores. Assim, o progresso sempre deve ser compreendido a partir de uma forma relacional que na ciência geralmente é efetuada entre teorias, paradigmas, programas de pesquisa, metodologias, etc.

Conceber o progresso científico a partir de um modelo relacional é algo elementar e praticamente consensual entre os filósofos da ciência. No entanto, as grandes divergências teóricas ocorrem no campo dos critérios ou modelos utilizados para avaliar a passagem do ponto *A* para o ponto *B*, pois os mesmos não são unânimes. Sabe-se que os filósofos da ciência vinculados às mais diversas correntes filosóficas⁹⁹, desenvolveram estratégias argumentativas para dar conta do progresso de sua área de investigação. Para fins didáticos, diremos que essas diferentes abordagens postulam *indicadores de progresso*. Por indicadores de progresso da ciência entendemos aqueles critérios qualitativos e quantitativos que foram propostos pelos filósofos da ciência com intuito de justificar a progressividade da ciência. Os indicadores de progresso científico atuam como referenciais teóricos que possibilitam avaliar a atividade científica, verificando, por exemplo, se determinada área encontra-se em desenvolvimento, se está estagnada ou se a mesma é degenerativa ou decadente. Assim, por exemplo, ao longo da filosofia da ciência podemos identificar diferentes indicadores de progresso que foram desenvolvidos levando-se em consideração certa

⁹⁷ Kuhn (1970, p. 162), por exemplo, indaga: “um campo de estudos progride porque é uma ciência ou é uma ciência porque progride?”.

⁹⁸ Niiniluoto (1995) considera que “progresso” é um conceito axiológico ou normativo, que deveria ser distinguido, por exemplo, de termos descritivos neutros como “mudança” e “desenvolvimento”. Nesse sentido, as diferentes teorias do progresso científico fornecidas pelos filósofos pertencentes às mais distintas áreas não se propõem meramente a descrever os modelos de desenvolvimento que a ciência tem seguido. Essas teorias almejam estabelecer quais os *valores* e os *objetivos* que constituem uma boa ciência.

⁹⁹ Sejam eles positivistas, neopositivistas, falibilistas, falsificacionistas, racionalistas, realistas ou anti-realistas...

“imagem” de ciência (por exemplo, resolver problemas, aprimorar as previsões, refutar teorias ou até “aproximar-se da verdade”). Nesse sentido, a concepção de progresso científico emerge a partir de um modo específico de ver e compreender a própria ciência. Sendo assim, cada posição teórica postulou uma finalidade da ciência e, conforme essa finalidade, postulou também recursos para avaliar o progresso científico.

Diante da pluralidade de indicadores de progresso científico torna-se difícil, para não dizer impossível, selecionar apenas um indicador e o transformar no referencial obrigatório para a averiguação do progresso em todas as áreas. Acreditamos que ao invés de fazermos a seleção de um indicador, poderíamos desenvolver uma concepção de progresso científico convergente e mais ampla, na qual pudéssemos utilizar vários indicadores conjuntamente. Mas por que trabalhar com esses indicadores de progresso científico e não apenas com teorias do progresso científico desenvolvidas pelos diferentes filósofos? Por que não escolher somente uma das teorias e defendê-las dos ataques de seus críticos? Apontamos três razões para isso.

Em primeiro lugar, consideramos que a ciência é uma atividade múltipla – distribuída em diferentes áreas de especializações – e, por esse motivo, pode perseguir fins distintos que não se encaixam perfeitamente em uma única teoria do progresso científico. Por exemplo, um cientista que consegue aperfeiçoar seus estudos e realizar previsões cada vez mais rigorosas em sua área científica está: i) se aproximando da verdade? ii) aumentando sua capacidade de solucionar problemas? iii) realizando uma melhor explicação? iv) fazendo uma adequação empírica? ou v) contribuindo para o aumento do conhecimento? Não sabemos ao certo. Talvez pudéssemos dizer que ele se encaixaria nas cinco categorias. Resumidamente, o que queremos dizer é que existem diferentes formas de avaliarmos o progresso científico nas mais distintas áreas e julgamos não ser necessário adotar apenas um desses padrões.

A segunda razão para trabalharmos com tais indicadores é derivada também do caráter plural da ciência, pois em algumas circunstâncias determinado profissional pode solucionar um problema científico de uma forma extremamente engenhosa, mas tal resolução não equivale à construção de uma teoria verdadeira ou aproximadamente verdadeira. Deveríamos considerar então que ele não fez progresso algum?

A terceira razão para trabalharmos com os indicadores de progresso refere-se ao fato de podermos empregar dois ou mais indicadores – de acordo com a especificidade ou a complexidade de cada situação – para compreendermos e explicarmos de uma forma mais precisa e fidedigna o progresso da ciência. Deste modo, consideramos que os indicadores de progresso científico – tomados conjuntamente ou em pequenos grupos – podem fornecer uma abordagem mais precisa em relação ao desenvolvimento da ciência, pois como a história da filosofia da ciência nos mostra, praticamente todas as teorias do progresso científico apresentaram algum tipo de limitação quando confrontadas com exemplos históricos. O que propomos aqui é apenas repensarmos a concepção *monista* do progresso científico concentrada em um único modelo teórico e explorarmos a viabilidade de adotarmos uma concepção mais ampla e flexível considerada como *pluralista*, fundamentada nos vários indicadores de progresso.

Entretanto, existem formas alternativas de compreender o progresso da ciência que vão além das propostas contidas nos indicadores de progresso científico apresentadas acima. Trata-se de abordagens que concentram suas análises em outros aspectos da atividade científica. Uma compreensão ampla e distinta a respeito do progresso científico nos é fornecida por Kitcher (1993, p. 4) que se dedica à investigação das variedades do progresso científico¹⁰⁰. Para nosso propósito, restringiremos a argumentação a dois pontos, a saber, o progresso conceitual e o progresso explicativo. De acordo com a abordagem de Kitcher (1993, p. 95-96), “o progresso conceitual é obtido quando nós ajustamos os limites de nossas categorias para que se configurem às classes [naturais] e quando somos capazes de fornecer especificações mais adequadas de nossas referências”. Para exemplificar a passagem acima, o autor nos convida a pensar a respeito do aprimoramento conceitual que sofreu o conceito de “planeta” ao longo da história da ciência, designando primeiramente os corpos celestes que ainda denominamos planetas (Marte, Venus, etc.) e incluindo posteriormente à própria Terra. Ainda que os referentes continuassem os mesmos, o modo de referência mudou e isso constituiu um progresso na

¹⁰⁰ Kitcher (1993, p. 95-120) identifica seis formas distintas de progresso científico: conceitual, explicativo, erótico (isto é, relativo ao aperfeiçoamento das questões), instrumental, demonstrativo e metodológico.

direção de melhor detectar as classes naturais¹⁰¹. Como o texto comentado é do início da década de 90 e o aprimoramento conceitual não cessou, cabe mencionar que a comunidade dos astrônomos profissionais (União Internacional da Astronomia) decidiu em 2006 – depois de um longo período de estudos – que Plutão não deveria mais ser considerado um planeta, mas um “planeta anão”. Esta decisão seria, sem dúvida, uma ilustração a mais da posição de Kitcher.

Assim, para Kitcher (1993, p. 104), “o progresso conceitual¹⁰² deveria ser avaliado em termos de proximidade ao estado ideal. Um dos objetivos da ciência é a construção de uma linguagem em que as expressões remetam a classes genuínas e em que seja possível dar especificações descritivas dos referentes das instâncias”. Nesse sentido, temos progresso científico todas as vezes em que os profissionais de uma área conseguem estabelecer um aperfeiçoamento conceitual. Esse aperfeiçoamento pode ocorrer de dois modos distintos, a saber, com a manutenção do termo inicial ou com o desenvolvimento de um novo conceito que substitua o antigo. No primeiro caso, a história da física nos fornece vários exemplos, pois conceitos como “força”, “massa”, “movimento” foram utilizados para designar coisas muito distintas nos diferentes períodos históricos. Por outro lado, conceitos como “flogisto”, “ímpetus” e “éter” foram suprimidos das teorias científicas

¹⁰¹ Kitcher tem uma concepção realista da ciência. Exemplos análogos seriam, conforme o mesmo autor, noções tais como “molécula”, “ácido”, “homologia” e outros (ibid.).

¹⁰² A progressividade conceitual é assim apresentada por Kitcher (1993, p. 104-105): “(PC) Uma prática P_2 é conceitualmente progressiva em relação a uma prática P_1 somente se há um conjunto C_2 de expressões em que a linguagem de P_2 e um conjunto C_1 de expressões na linguagem P_1 é tal que:

- (a) com exceção das expressões que estão nesses conjuntos, todas as expressões que aparecem em qualquer das linguagens aparecem em ambas as linguagens com um potencial de referência comum;
- (b) para qualquer expressão e em C_1 , se há uma classe a que alguma instância de e se refere, então há uma expressão e^* em C_2 que tem instâncias que se referem a essa classe.
- (c) para qualquer e , e^* , [como em (b)], o potencial de referência de e^* refina o potencial de referência de e , já acrescentando uma descrição que detecta a classe pertinente, ou abandonando um modo de referência que pertence ao potencial de referência de e que não detectou a classe pertinente.

por não descreverem precisamente a realidade, e deram espaço para outros termos mais adequados.

Já o progresso explicativo consiste, segundo Kitcher (1993, p. 106) “em melhorar a nossa explicação da estrutura da natureza, uma explicação que toma corpo nos esquemas de nossas práticas”. De um modo geral, pode-se dizer que as áreas científicas realizam um progresso explicativo quando as investigações e práticas posteriores introduzem esquemas explicativos que são melhores do que aqueles esquemas adotados anteriormente. De posse, como foi dito, de uma postura realista, Kitcher considera que a ciência deseja produzir uma descrição cada vez mais rigorosa e precisa da realidade. Assim, novos esquemas conceituais são produzidos para dar conta de problemas sejam estes antigos ou novos. Da mesma forma, novas teorias científicas surgem para especificar pontos ou anomalias que não foram contempladas pelas suas antecessoras. Também podemos compreender o progresso explicativo como a expansão dos pressupostos teóricos contidos em um determinado esquema conceitual ou em uma teoria.

Tomando como exemplo a teoria de Kitcher, observamos que as tentativas de compreender e explicar o progresso científico adotaram como ponto de partida pressupostos cognitivos¹⁰³. Nesse sentido, a ciência apresenta-se como sinônimo de um conhecimento confiável. Mas será que ciência está realmente voltada única e exclusivamente para o conhecimento? É correto compreendermos a ciência apenas como uma atividade cognitiva?

De um modo geral, os filósofos da ciência fornecem uma resposta afirmativa a tal questionamento enquanto que alguns cientistas e outros profissionais vinculados a áreas científicas destoam da posição dos filósofos, admitindo que a ciência tenha também um aspecto prático e aplicado, que deveria ser levado em consideração ao definir seu progresso. A compreensão da ciência como uma atividade exclusivamente cognitiva parece ter dificultado e até inibido uma reflexão filosófica mais sistêmica em relação à aplicabilidade da própria ciência. Em caráter especulativo, pode-se dizer que, para muitos filósofos da ciência, os aspectos práticos da atividade científica e a aplicabilidade da ciência parecem não conter problemas filosóficos interessantes e, por esse motivo, não serem merecedores de uma análise mais rigorosa da comunidade filosófica.

¹⁰³ A observação vale para as teorias mais conhecidas: Popper, Kuhn, Laudan, Lakatos, etc.

No entanto, mais enigmático do que a escassez de reflexões filosóficas sobre a aplicabilidade da ciência e a ausência de indicadores de progresso pragmático da mesma é o salto teórico dado por muitos pensadores que consideram a aplicação da ciência como sendo tecnologia. O entendimento linear de que a ciência é necessariamente a gestora da tecnologia produz uma visão excessivamente simplificada e distorcida a respeito do próprio progresso tecnológico, pois de acordo com a visão linear entre ciência e tecnologia para haver progresso tecnológico basta simplesmente fomentar a ciência. Em outras palavras, o progresso tecnológico é resultado do progresso científico.

Como já temos demonstrado em diferentes partes dessa tese, o vínculo entre ciência e a tecnologia não é tão simples assim. Todos os elementos utilizados para caracterizar o progresso científico são de caráter cognitivo e a tecnologia, por natureza, não tem como objetivo básico conhecer e explicar a natureza. Nas próximas seções, pretendemos insistir que essa concepção simplificada e ingênua de progresso tecnológico é equivocada e, por esse motivo, precisa ser revista. Além de criticarmos essa concepção do progresso tecnológico, buscaremos apresentar argumentos e critérios que nos permitem avaliar e compreender o progresso tecnológico a partir de um ponto de vista distinto daquele estipulado pelos filósofos da ciência tradicionais. Mas antes de tratarmos desse assunto, precisamos dizer mais algumas palavras sobre a forma como a ciência progride.

4.3 A noção tradicional do progresso científico como linear e cumulativo

De um modo geral, e como já foi lembrado, o senso comum compreende a ciência como sendo uma atividade que, desde a Antiguidade, vem evoluindo e fornecendo melhores explicações sobre o homem e o mundo que o cerca, promovendo uma gradual ampliação da compreensão da realidade. Trata-se de uma visão otimista, segundo a qual os cientistas utilizam-se dos conhecimentos disponíveis ao longo da história da ciência para fazer novas descobertas, possibilitando assim haver uma representação mais adequada dos fenômenos de nosso entorno, sem que haja descontinuidades nessa evolução. *Grosso modo*, acredita-se que as novas gerações de cientistas, dotados de nossos instrumentos e novos recursos metodológicos são capazes de expandir

gradativamente os limites do conhecimento que temos sobre o mundo, promovendo o aperfeiçoamento sistemático das teorias científicas.

Essa visão continuísta do desenvolvimento científico não é algo restrito ao senso comum. Diferentes filósofos desenvolveram sofisticados argumentos em defesa dessa posição. Niiniluoto, no texto de 1980 chamado *Scientific progress*, compartilha do estudo clássico realizado J. Bury (1935) de que a ideia de progresso científico tem uma origem recente, pois embora fosse antecipada por diferentes pensadores medievais e renascentistas, ela foi consolidada apenas nos séculos XVII e XVIII. Um dos ingredientes essenciais dessa concepção de progresso, afirma o autor, é de que o conhecimento científico progride através da acumulação. Assim, prossegue Niiniluoto,

Associado ao otimismo metodológico dos empiristas clássicos (Francis Bacon) e dos racionalistas (Descartes) havia a visão de que o Método Científico, se usado adequadamente, garantiria que a ciência cresceria acumulando verdades estabelecidas de forma confiável. Progresso científico, nesta visão, significa que novas verdades são adicionadas ao corpo de resultados aceitos da investigação científica (NIINILUOTO, 1980, p. 428).

Partindo desse ponto de vista, ao estabelecer os princípios elementares de uma determinada área e adotar um método científico confiável, a ciência tende necessariamente a progredir, pois através de uma rigorosa investigação é possível encontrar respostas verdadeiras para os problemas em questão. Assim, o método científico não apenas se torna responsável pelo progresso científico, mas também possibilita que esse progresso seja contínuo e cumulativo, sem grandes saltos ou rupturas com o passado.

A concepção de progresso apresentada acima foi alvo de numerosas críticas dos filósofos da ciência, geralmente daqueles que não acreditaram que a ciência pudesse alcançar conhecimentos suficientemente verificados, que pudessem servir de base para os novos. Outra crítica frequentemente apresentada ao modelo tradicional cumulativo diz respeito ao caráter linear e contínuo do desenvolvimento científico, pois tanto a história da ciência quanto a prática científica fornecem vários contraexemplos a essa abordagem. Há uma pluralidade

de casos na história da ciência nos quais os conhecimentos e as informações das gerações passadas não forneceram nenhuma contribuição para o desenvolvimento de novas teorias científicas. Em muitas ocasiões, as informações disponíveis desempenharam um papel contrário, pois se tornaram obstáculos ao desenvolvimento científico, impedindo que novas perspectivas fossem desenvolvidas. Por fim, alguns teóricos sustentaram ainda que a noção de progresso científico não precisava estar vinculada à verdade, como supunha a concepção tradicional. Os críticos defendiam que é possível estabelecer modelos alternativos de progresso científico nos quais a verdade não se apresenta como elemento definidor da ciência e do seu avanço.

Embora a visão tradicional do progresso científico por acumulação tenha sofrido diversos ataques, ainda é possível encontrarmos atualmente defensores dessa abordagem. Alexander Bird¹⁰⁴ (2007, 2008a, 2008b), por exemplo, é um dos principais representantes do progresso cumulativo do conhecimento científico. No texto intitulado *What is Scientific Progress?* Bird (2007, p. 64) afirma que “a ciência faz progresso precisamente quando ela demonstra a acumulação de conhecimento científico; um episódio na ciência é progressivo quando no final há mais conhecimento do que no início”¹⁰⁵. O autor reconhece que a tese do progresso cumulativo foi frontalmente atacada no século passado, principalmente por Kuhn na *Estrutura das Revoluções Científicas*. As duras críticas de Kuhn fizeram com que a concepção de progresso científico cumulativo fosse condenada e deixada de lado pelos estudiosos da área. Bird tenta resgatar a noção de progresso cumulativo, demonstrando a viabilidade do mesmo através de argumentos mais sofisticados que vão além da proposta de nosso trabalho. A posição de Bird parece, no entanto, minoritária.

4. 4 O progresso científico não meramente cumulativo

Pode-se dizer que a concepção tradicional de progresso científico cumulativo e direcionado à verdade serviu de modelo para os filósofos

¹⁰⁴ Professor e filósofo da ciência do departamento de filosofia da Universidade de Bristol.

¹⁰⁵ O entendimento da ciência como uma atividade que progride através do acúmulo de conhecimento não é, certamente, uma ideia nova em filosofia da ciência. Essa tese já aparece no *Novum Organum* de Francis Bacon, e caracterizou o Positivismo e o Neopositivismo.

da ciência até a metade do século XX. Como já sabemos, uma das primeiras críticas apresentadas à concepção de progresso cumulativo foi efetuada por Popper com seu modelo falibilista, segundo o qual, as teorias científicas menos satisfatórias são substituídas por outras teorias mais satisfatórias, possibilitando assim que a ciência progrida através da refutação de teorias que são falseadas. Desse modo, seguindo o raciocínio de Popper, o progresso científico pode ser compreendido como um progresso teórico que ocorre quando substituímos as teorias falseadas por melhores teorias que são capazes de solucionar os problemas que suas antecessoras deixaram em aberto. A substituição de uma teoria refutada por outra teoria melhor produz um progresso não cumulativo, pois não há uma transição gradual da antiga teoria para a nova teoria científica. Nesse aspecto, pode-se dizer que a ciência não progride de modo cumulativo, pois as novas teorias não derivam necessariamente das antigas.

A partir da publicação da *Estrutura das Revoluções Científicas* em 1962 os profissionais da área se depararam com uma nova possibilidade de compreender o progresso científico. De acordo com Kuhn (1962), o progresso científico contempla períodos cumulativos e momentos revolucionários, estando a atividade científica direcionada à resolução de problemas e não mais à verdade ou à aproximação da mesma. Como sabemos, o progresso científico revolucionário, de acordo com a visão kuhniana, envolve rupturas teóricas e metodológicas que acabam reestruturando a própria atividade científica, fazendo com que os profissionais envolvidos nesta atividade “trabalhem em um novo mundo”. Deste modo, os cientistas geralmente não buscam “salvar as teorias” e os trabalhos de seus antecessores. Por exemplo, problemas considerados importantíssimos e que desafiavam as mentes mais brilhantes dos cientistas de determinados períodos, e as entidades que os explicavam (como nos casos do “éter”, do “flogisto” e do “*ímpetus*”) não foram mais considerados perturbadores e, através da reestruturação da atividade científica, deixaram de existir, pois a comunidade científica adotou uma nova forma de compreender e interpretar os fenômenos que os tinham suscitado.

Larry Laudan também é um crítico da concepção do progresso cumulativo. Ele considera que

Um dos principais obstáculos ao desenvolvimento de uma teoria do progresso científico tem sido a suposição universal de que o progresso pode

ocorrer somente se ele é *cumulativo*, isto é, se o conhecimento aumenta somente por acréscimo. Dado que há graves dificuldades, tanto conceituais quanto históricas, em relação à visão de progresso por acréscimo, eu proponho uma definição de progresso científico que não demanda um desenvolvimento cumulativo (LAUDAN, 1977, p. 6).

Resumidamente podemos dizer que hoje se acredita que o progresso científico ocorre de um modo cumulativo ou não cumulativo, conforme os períodos e circunstâncias. Em qualquer caso, o progresso encontra-se necessariamente vinculado ao aumento (acréscimo ou reformulação) do conhecimento. Assim, quando os filósofos da ciência falam em progresso científico, estão se referindo aos avanços e às conquistas teóricas (novas teorias, novas descobertas, novas explicações). Trata-se de conquistas teóricas que, amiúde, não têm e, quem sabe, jamais terão alguma aplicação prática. São avanços que potencializam desvendar os segredos mais obscuros do homem e da natureza, mas que não têm nenhuma relação imediata com o desenvolvimento de um determinado artefato tecnológico.

4. 5 O progresso tecnológico

Tentar compreender e explicar a natureza e a dinâmica do progresso tecnológico representa um enorme desafio para os poucos teóricos que o adotam como objeto de estudos, sejam eles filósofos, sociólogos¹⁰⁶, economistas¹⁰⁷, representantes do governo ou analistas de mercado. Dentre todos esses ramos, pode-se dizer que a investigação filosófica sobre o progresso tecnológico é aquela que se encontra mais

¹⁰⁶ De um modo geral, a investigação sociológica do progresso tecnológico tende a: i) exaltar as condições sociais e considerá-las determinantes para o desenvolvimento tecnológico; e: ii) avaliar quais são os impactos – sejam eles positivos ou negativos – e as transformações que o progresso tecnológico exerce sobre indivíduos e sobre a sociedade.

¹⁰⁷ Em contrapartida, uma abordagem economicista a respeito do progresso tecnológico tende a priorizar os recursos financeiros que estão envolvidos ao longo de todo o processo de desenvolvimento tecnológico. Recortes semelhantes também são realizados pelos representantes do governo e pelos analistas de mercado.

defasada ou, se preferirmos, em um estágio ainda embrionário, pois são poucos os autores que se dedicam a explorar essa temática. A escassez da reflexão filosófica sobre o progresso tecnológico deve-se talvez, como já ressaltamos em outras seções, a uma compreensão equivocada da tecnologia como sendo ciência aplicada. Sendo assim compreendida, o avanço tecnológico não parece conter problemas filosóficos interessantes. Aqueles que não compartilham desta visão se deparam com outros obstáculos, pois precisam desenvolver novos referenciais teóricos para dar conta da problemática. A tarefa é árdua, porque os critérios cognitivos desenvolvidos para avaliar, mensurar e legitimar o progresso científico são, na maioria das vezes, insuficientes para abarcar a dimensão do desenvolvimento tecnológico. Ocorre que este último produz, primariamente, resultados materiais em forma de artefatos, dispositivos e utensílios que influenciam direta ou indiretamente a vida do indivíduo, a sociedade, a economia, o meio ambiente, produzindo secundariamente novos conhecimentos. Além do mais, e como já dissemos, os artefatos tecnológicos possuem uma natureza dual, isto é, eles são compreendidos a partir de suas características técnicas e a partir do uso para o qual ele é designado. Desse modo, a concepção de progresso tecnológico tende a ser mais ampla do modelo proposto para a ciência e incluir forçosamente elementos de natureza prática.

A complexidade da análise que envolve a noção de progresso tecnológico é reconhecida por diferentes autores. Quintanilla (1998, p. 122-3), por exemplo, considera que a noção de progresso tecnológico é mais complexa do que a noção de progresso científico porque não há clareza de quais elementos estão envolvidos em uma mudança tecnológica. Queraltó (2008a: cap.4), por sua vez, entende que há um aumento significativo dos valores que são levados em consideração para avaliar as mudanças tecnológicas. Rachel Laudan (1984a, p. 2), compartilha desse critério e observa que “a mudança tecnológica, como entendida genericamente, é um fenômeno multifacetado que envolve fatores cognitivos, sociais, organizacionais, econômicos, para nomear apenas alguns”¹⁰⁸. Trata-se de um fenômeno complexo que pode ser

¹⁰⁸ Dentre as múltiplas abordagens possíveis, Rachel Laudan opta por explorar os aspectos cognitivos que estão envolvidos em uma mudança tecnológica, afastando-se assim de abordagens sociológicas ou economicistas do progresso. Os aspectos externos à tecnologia discutidos, por exemplo, pela sociologia e a economia são considerados importantes para a autora, mas não são tomados

estudado por profissionais das mais diversas áreas do conhecimento. R. Laudan (*ibidem*) considera que a tecnologia tem sua própria dinâmica interna e é de fundamental importância entender isso, pois caso contrário, seríamos incapazes de compreender como que os tecnólogos são capazes de responder às pressões sociais e econômicas.

Assim como apresentamos nas seções anteriores alguns indicadores para o progresso na ciência, pretendemos investigar quais seriam os indicadores equivalentes para as áreas tecnológicas. Esse será o tema da próxima seção.

4.6 Progresso tecnológico: a eficiência e outros indicadores

De um modo geral, o conceito de eficiência exerce na filosofia da tecnologia um papel semelhante aquele ocupado pela verdade na filosofia da ciência. Enquanto que as teorias científicas são avaliadas tendo como pano de fundo uma concepção ou um ideal de verdade (ou ao menos, de conhecimento rigoroso) os dispositivos e os artefatos tecnológicos são julgados a partir de uma concepção de eficiência. Nas próximas páginas, analisaremos a viabilidade de adotarmos a eficiência como um dos indicadores do progresso tecnológico.

Um dos primeiros autores a analisar filosoficamente o papel da eficiência nas áreas tecnológicas foi o pensador polonês Henryk Skolimowski (1983), que, como sabemos, faz parte do grupo de pensadores que criticam a concepção de tecnologia como ciência aplicada. Como temos observado ao longo deste trabalho, os teóricos que sustentam que a tecnologia é ciência aplicada partem do princípio de que a mesma é metodologicamente derivada dos campos científicos e, por esse motivo, pode ser adequadamente compreendida através da análise das diversas disciplinas científicas. Skolimowski (1983, p. 43) considera que tais pensadores não são capazes de fornecer uma explicação satisfatória para o progresso tecnológico. Para ele, “o progresso tecnológico é a chave para entender a tecnologia. Sem a compreensão do progresso tecnológico, não há compreensão da tecnologia nem uma ideia de filosofia da tecnologia” (*ibidem*).

A concepção de progresso tecnológico é de fundamental importância para Skolimowski porque ele sustenta, como já vimos no

como determinantes ou suficientes para explicar as mudanças que ocorrem na tecnologia.

primeiro capítulo, que a ciência e a tecnologia têm objetivos e metodologias diferentes, estando a ciência voltada a conhecer o que há no mundo e a tecnologia direcionada a uma expectativa, ou seja, ela está vinculada àquilo que pode ser ou àquilo que pode existir. Assim como muitos filósofos da ciência, o pensador polonês considera que a ciência é uma atividade prioritariamente cognitiva e progressiva, sendo que a substituição das teorias científicas (elemento básico de avaliação do progresso científico) pode ser orientada por diferentes critérios. Em muitos casos, determinada teoria científica é substituída por outra teoria levando em consideração que a última teoria é “melhor”, mais simples, mais universal, mais detalhada, com maior poder de explicativo, etc. Ao assumir um ponto de vista realista, o autor polonês considera que o progresso científico possibilita um entendimento cada vez mais adequado da realidade. Nesse sentido, a ciência progride na medida em que conhecemos melhor o mundo e as coisas que estão nele.

Dada sua convicção de que a tecnologia não é mera ciência aplicada, por que Skolimowski elege o progresso tecnológico como elemento chave para distinguir a tecnologia da ciência? Será que não haveria outros critérios ou outras bases que nos possibilitariam separar mais facilmente a tecnologia da ciência do que a noção de progresso? De certo modo, a resposta é simples, pois Skolimowski quer ressaltar que os critérios utilizados para avaliar e legitimar o progresso científico são, em alguns casos, insuficientes e, em outros, ineficientes para explicar o desenvolvimento tecnológico. O próprio autor é categórico em suas afirmações, pois em sua opinião, “os critérios do progresso tecnológico não podem ser substituídos nem sequer traduzidos com sentido a critérios do progresso científico. E, reciprocamente, os critérios do progresso científico não podem ser expressos em termos de critérios em termos do progresso tecnológico” (SKOLIMOWSKI, 1983, p. 45).

Skolimowski aponta cinco critérios que podem servir de indicadores para o progresso tecnológico.

É uma peculiaridade do progresso tecnológico fornecer os meios (além de produzir novos objetos) para produzir “melhores” objetos da mesma classe. Por melhor [objeto] podem ser entendidas diversas características, por exemplo: (1) mais durável, ou (2) mais confiável, ou (3) mais sensível (se a sensibilidade for sua

característica essencial), ou (4) mais rápido no desempenho de sua função (se sua função tem a ver com a velocidade), ou (5) a combinação de todas elas acima mencionadas (SKOLOMOWSKI, 1983, p. 44)

Além dos critérios apresentados acima, o filósofo polonês destaca outros dois elementos que permeiam praticamente todo o desenvolvimento tecnológico, a saber, i) a economia de tempo de produção e ii) a redução dos custos de produção. O primeiro elemento é muito importante, pois como a tecnologia lida com problemas pragmáticos a resolução dos mesmos envolve certa urgência. Praticamente todos os projetos tecnológicos precisam ter uma estimativa do tempo necessário para a criação e o desenvolvimento de um determinado artefato ou dispositivo tecnológico. Em linhas gerais, os projetos tecnológicos têm uma data específica para o início e o término. Embora, como vimos nos capítulos anteriores, os problemas tecnológicos possam ser considerados inicialmente maldefinidos, exigindo assim mais tempo e mais investimentos, os tecnólogos não podem se dedicar a eles eternamente. Poderíamos dizer: caso se trate de um problema tecnológico, o mesmo tem de ser resolvido o mais rapidamente possível. O segundo elemento mantém relação com o primeiro, pois os custos do desenvolvimento de um artefato tecnológico podem variar de acordo com o tempo e com o número de tentativas necessárias para a realização de um dispositivo que funcione de uma forma adequada e que seja capaz de realizar suas funções.

Embora Skolimowski apresente um conjunto de indicadores para o progresso tecnológico, como observado acima, ele acredita que há um “ideal de eficiência” que perpassa todos os critérios. Assim, “o progresso tecnológico poderia ser descrito como a busca da eficácia¹⁰⁹ na produção de objetos de um determinado tipo” (1983, p. 45). Por tal razão, diferentes áreas tecnológicas como, por exemplo, a topografia, a engenharia civil e a engenharia mecânica, cada uma a sua maneira, perseguiria um ideal de eficiência, sendo que para a primeira seria a precisão da medição, para a segunda a durabilidade e para a terceira a eficiência em seu sentido técnico de aprimoramento da eficácia.

¹⁰⁹ Skolimowski faz um uso ambíguo dos termos eficácia e eficiência, utilizando-os, algumas vezes, como sinônimos.

A concepção do progresso tecnológico de Skolimowski (1983) produziu desdobramentos interessantes entre os teóricos da filosofia da tecnologia. Por exemplo, o antropólogo I. C. Jarvie (1983) escreveu um artigo chamado *The social character of technological problems: comments on Skolimowski's paper* (1983) onde retoma os principais pontos discutidos pelo filósofo polonês e apresenta sua própria caracterização acerca do progresso tecnológico. A principal crítica de Jarvie a Skolimowski está relacionada à concepção de eficiência utilizada pelo polonês para as áreas tecnológicas. Jarvie (1983) questiona, por exemplo, se a durabilidade é mesmo o principal critério utilizado pelos engenheiros civis na construção de casas, pois considera que os americanos e outros povos poderiam construir suas casas a prova de incêndio, a prova de inundações, a prova de furações e terremotos, mas são desencorajados porque tais construções são inviáveis por serem excessivamente caras, e/ou consumirem muitos recursos naturais, ou ainda devido à demora na execução do projeto. Resumidamente, pode-se dizer que Jarvie considera que a eficiência não pode ser compreendida como sendo o critério essencial do progresso tecnológico. Como já argumentamos em outras seções desta tese, os problemas tecnológicos comportam, na maioria das vezes, múltiplas soluções. Assim, para avaliar e explicar o progresso tecnológico de um modo fidedigno é preciso levar em consideração um conjunto de critérios válidos para determinadas áreas ou projetos.

Se comparada a lista dos indicadores do progresso científico apresentada nas seções anteriores, a lista dos indicadores do progresso tecnológico é mais ampla e variada, pois inclui elementos que vão além da natureza técnica. A eficácia e a eficiência são elementos importantíssimos para caracterizar o progresso tecnológico, mas associado a eles há fatores específicos relacionados ao custo de produção, comercialização e manutenção; a durabilidade; a segurança; as questões ambientais, entre outras mais. Nesse aspecto, Quintanilla afirma:

O desenvolvimento tecnológico não é autônomo. Além dos critérios internos de eficiência e de seus derivados, para avaliar as tecnologias utilizamos também outros critérios que temos chamados de “externos” e que se referem ao valor da tecnologia para a sociedade que se propõe a usá-la ou desenvolvê-la. A avaliação externa das

tecnologias é tão essencial para o desenvolvimento tecnológico como a avaliação interna. Um projeto tecnológico pode ser viável, extremamente eficiente, efetivo e confiável e ainda não ser interessante para nenhum grupo humano (por ser muito caro, pouco útil, excessivamente perturbador da estrutura social ou do meio natural, demasiado arriscado ou imoral); em tal caso, permanecerá no limbo dos projetos possíveis que nunca chegarão a ser realidade. Por outro lado, as demandas, as necessidades e os desejos de uma sociedade condicionam os objetivos de desenvolvimento tecnológico tanto como as disponibilidades de recursos materiais, científicos e tecnológicos prévios (QUINTANILLA, 2005, p. 139).

A questão de avaliar o progresso tecnológico é tão complexa que se os indicadores de progresso não forem estabelecidos previamente pode-se colocar em xeque a própria noção de progresso tecnológico. Dada certa realização tecnológica, avaliada de determinada maneira, profissionais inseridos em outro contexto e defensores de outros indicadores podem questionar a ideia de progresso tecnológico. Essa postura frequentemente é observada em debates que envolvem ambientalistas *versus* empresas multinacionais ligadas ao agronegócio que produzem agrotóxicos. O primeiro grupo questiona se o suposto aumento de produção de alimentos proporcionado pelas novas estratégias tecnológicas das empresas multinacionais pode ser considerado um avanço. A crítica leva em consideração os efeitos colaterais gerados pela aplicação maciça dos agrotóxicos e seus impactos para o homem e o meio ambiente¹¹⁰.

Outro elemento importante a ser observado consiste no fato dos indicadores do progresso tecnológico terem seu campo de atuação reduzido a um determinado contexto ou a uma determinada área. Assim, a concepção de progresso tecnológico não deve ser entendida genericamente, sob pena de não haver uma compreensão fidedigna do fato. O progresso tecnológico, assim como o científico, também possui uma natureza relacional, ou seja, ele ocorre quando um dispositivo B é

¹¹⁰ A avaliação da biotecnologia é um dos temas que o professor Hugh Lacey (2000, 2006, 2007, 2008) tem se preocupado em analisar.

desenvolvido e supera o dispositivo A. No entanto, é necessário ter bastante cautela, pois os novos artefatos tecnológicos serão considerados melhores ou superiores a partir de um conjunto de fatores, incluindo o próprio interesse dos usuários, que, amiúde, não podem ser generalizados. Costumeiramente, falamos que os dispositivos tecnológicos mais modernos são superiores aos seus similares mais antigos, mas sempre é possível efetuar uma avaliação comparativa verificando, por exemplo, quais são as vantagens e as desvantagens de um novo dispositivo. Em linhas gerais, o progresso tecnológico sempre é concebido dentro de um contexto onde são verificadas as vantagens fornecidas por ele e as desvantagens ou limitações que o mesmo apresenta. A vinculação da concepção do progresso tecnológico com o contexto de uso fragiliza, a nosso ver, a noção do progresso, pois enquanto que uma parcela de usuários pode considerar um grande avanço tecnológico o desempenho de determinado dispositivo, outros consumidores podem ter uma concepção diferente devido à dificuldade de utilizar o artefato ou alguma outra limitação.

Em um artigo chamado *Progress, values and responsibility*, o professor Lenk¹¹¹ apresenta um conjunto de critérios que são levados em consideração ao considerarmos o progresso tecnológico e entre eles estão: melhoramento da qualidade do material, maior resistência do produto, maior precisão, viabilidade, melhor controle, maior velocidade, eficiência econômica, simplicidade de cálculo entre outros. Nesse sentido, recomenda-se considerar o progresso tecnológico sempre a partir de um contexto específico, comparando o dispositivo A com o dispositivo B. Assim, pode-se dizer que há progresso tecnológico quando: i) um dispositivo consome menos energia que outro; ii) é mais ágil na resolução de uma tarefa; iii) tem um *layout* mais otimizado; iv) traz mais funcionalidades agregadas; v) é mais eficiente...

Também devemos reparar em que o progresso tecnológico pode trazer vantagens e desvantagens para os seus usuários com o passar do tempo. Em muitos casos, as desvantagens ou os efeitos colaterais de determinadas tecnologias somente podem ser observadas depois de algumas décadas¹¹².

¹¹¹ Professor da Universidade de Karlsruhe, Alemanha.

¹¹² Como sabemos, na história da tecnologia há um vasto número de casos de artefatos (principalmente elementos químicos) que foram desenvolvidos e utilizados pelos homens e que depois de algum tempo demonstram ser nocivos. Rachel Carson (1962) tornou-se amplamente conhecida por apresentar vários

Outro assunto a ser considerado ao tentar compreender o progresso tecnológico é a questão de saber se existe um fator ou alguns fatores intrínsecos que impulsionam a tecnologia. Se a tecnologia é uma atividade progressiva, assim como a ciência, podemos indagar: o que impulsiona o progresso tecnológico?

Ramón Queraltó (2008b, p. 170-1), acredita que a tecnologia tem um dinamismo próprio, pois o mesmo argumenta que a tecnologia “tenderá sempre a produzir *maior e melhor controle* sobre a realidade, não somente um aumento quantitativo de novas tecnologias, mas especialmente um aumento qualitativo das mesmas, ou seja, tecnologias mais sofisticadas, mais sutis, mais finas”. Assim, há progresso tecnológico quando surgem novos dispositivos ou artefatos que permitem controlar novos elementos da realidade e também quando há o aperfeiçoamento dos artefatos já existentes, possibilitando deste modo a maximização da eficiência.

A busca pela inovação e pela maximização da eficiência – consideradas por Quintanilla como diretrizes do progresso tecnológico – pode ocorrer, segundo esse autor de duas formas distintas, a saber, de uma forma normal ou radical. Assim, argumenta o autor:

Geralmente a mudança técnica se produz por modificação e por reestruturação de técnicas previamente disponíveis ou de novas invenções e descobrimentos técnicos. Eles podem ser resultados de ensaios e tentativas não sistemáticas ou de programas sistemáticos de investigação e desenvolvimento tecnológico. Em qualquer caso, nos processos de descobrimento técnico se dão dois tipos de operações intelectuais, a saber, operações de *projeto* e operações de *avaliação*. Ambas podem ser levadas a cabo de forma racional, sistemática e científica ou de forma empírica e intuitiva (embora não necessariamente irracional) (QUINTANILLA, 2005, p. 111, grifo no original)¹¹³.

exemplos da utilização equivocada de produtos químicos para o combate de pragas que tiveram efeitos devastadores tanto para humanos quanto para não humanos.

¹¹³ A visão do desenvolvimento tecnológico sustentada por Quintanilla (2005, p. 61) também é interessante de ser observada, pois “um dos temas importantes da

No que tange aos problemas tecnológicos, alguns poderão ser solucionados a partir da estrutura teórico-prática já existente, enquanto outros problemas exigirão respostas inovadoras ou revolucionárias. Nesse sentido, Jarvie diz que

Nem todo progresso tecnológico é abandono e substituição dos meios prévios. Novos meios utilizados para resolver problemas antigos, velhos meios usados para resolver novos problemas, e novos meios usados para resolver novos problemas são todos facilmente ilustrados (JARVIE, 1983, p. 51).

Por outro lado, há de se levar em consideração a dinâmica e a organização interna das comunidades tecnológicas. Constant (1984, p. 30) analisa o papel dessas comunidades e das suas hierarquias na estruturação das práticas. Ele considera que velhas comunidades e tradições, de um modo geral, são incapazes de produzir tecnologias radicalmente novas. Para corroborar seu argumento, ele recorre a um exemplo da história da aviação que retrata a passagem do modelo de aeronaves com motores a pistão para aeronaves com motores a jato. O *turbo jet* não foi desenvolvido a partir das informações contidas nas aeronaves com pistões¹¹⁴. Tratou-se de um modelo totalmente inovador,

filosofia da técnica consiste na análise das formas de evolução das técnicas e dos problemas suscitados pelo seu desenvolvimento. Há ao menos dois tipos distintos de mudança tecnológica, segundo ele: a modificação de uma técnica e a invenção ou projeto de uma nova técnica. Em cada caso as mudanças podem ser produzidas de diferentes maneiras, através da articulação de técnicas preexistentes, através da incorporação de novos conhecimentos, através do *design* de novos objetivos, etc. Os fatores que influenciam o desenvolvimento tecnológico podem ser de um caráter que podemos considerar “interno” (melhora da eficiência de um processo, da duração de uma máquina ou da confiança de um dispositivo), ou “externo” (fatores sociológicos, demográficos, econômicos, culturais, etc.). E, por último, o desenvolvimento das técnicas pode envolver diferentes modos: pode ser acumulativo ou disperso, gradual ou em saltos, rápido ou lento, caótico ou progressivo”.

¹¹⁴ Constant (ibidem): “os *turbo jets* foram inventados não porque o motor a pistão falhou, mas porque a ciência da aerodinâmica sugeriu que em altas altitudes, os voos supersônicos poderiam necessitar de uma alternativa ao motor de pistão e à hélice”. Para resolver essa dificuldade os engenheiros que desenvolveram o sistema *turbo jets* tiveram que desenvolver também um novo

provocado de fora da comunidade tecnológica tradicional, cujo proceder Constat sugere que se parece com a “ciência normal” de Kuhn. Constat considera que:

Uma mudança radical é usualmente precipitada ou por uma “falha funcional” ou por uma “anomalia presumida”. Nenhuma tecnologia é sempre perfeita e o curso normal do desenvolvimento tecnológico é expandir as melhorias – lentamente – através de uma articulação deliberada ou da extensão da tradição recebida. (CONSTANT, 1984, p. 30)

Seguindo esse mesmo raciocínio, Rachel Laudan (1984, p. 86) afirma que uma falha tecnológica demanda necessariamente mais tecnologia, ou seja, exige que sejam realizadas análises novas e mais profundas com objetivo de solucionar o antigo problema. Essa autoexpansividade da tecnologia assume assim uma forma indefinida, pois não há um ponto limite ao qual ela pretenda chegar e aí permanecer estagnada.

Quintanilla (1998, p. 130) acrescenta que o progresso tecnológico tem uma dimensão dupla, isto é, ele está constantemente buscando a eficiência e a inovação. De certa forma, “o princípio da eficiência demanda obter progressivamente um sistema tecnológico mais eficiente. O princípio da inovação, por sua vez, recomenda ampliar o domínio do sistema técnico para contemplar mais tipos e partes da realidade”. O mesmo autor, agora em outro texto (QUINTANILLA, 2005, p. 62), sustenta que o progresso tecnológico possui uma lógica própria, a saber, um *imperativo de inovação constante*. Assim como já observado anteriormente, o autor considera que a inovação e o desenvolvimento tecnológico não são acidentes, mas se dão de um modo permanente, ou seja, são características fundamentais da tecnologia.

A busca constante pela inovação e pelo aperfeiçoamento tecnológico produz uma imagem dinâmica de progresso tecnológico, pois ao mesmo tempo em que há uma expansão dos mecanismos que possibilitam o controle de determinados elementos, intensificando assim o domínio sobre eles, há a possibilidade de se fazer o desejado de modos

sistema de combustão, totalmente distinto do sistema utilizado nos motores de pistão.

distintos, ou seja, o progresso tecnológico é versátil. Essa versatilidade deve-se à capacidade adaptativa que a tecnologia possui, pois os novos problemas tecnológicos serão abordados com novos dispositivos que, por sua vez, terão um novo *design* e uma nova configuração.

Deste modo, estamos conscientes de que há fatores internos que atuam como elementos propulsores e fazem a tecnologia se desenvolver. O progresso tecnológico, assim como o progresso científico, pode ser compreendido de duas formas distintas, ou seja, ele pode ocorrer de um modo contínuo e cumulativo ou de um modo não contínuo e não cumulativo. E pode ser entendido intrinsecamente, fugindo a certo determinismo das análises puramente sociológicas ou econômicas¹¹⁵.

4.7 Há elementos comuns entre o progresso científico e o progresso tecnológico ou eles são totalmente diferentes?

Como temos visto até aqui, não parece haver dificuldades em conceber a ciência e a tecnologia como duas atividades que realizam progresso. Mas a noção de progresso de ambas as áreas possui algum elemento em comum ou elas são completamente distintas?

Antes de atacarmos diretamente essa questão precisamos recordar que, de conforme a nossa maneira de conceber sua inter-relação, a ciência e a tecnologia estabelecem conexões e, por esse motivo, se influenciam mutuamente. Como já mencionamos no primeiro capítulo, muitas vezes, o progresso científico somente é possível porque a tecnologia desenvolve e disponibiliza uma variedade de instrumentos que permitem aos cientistas realizar observações e experimentos mais rigorosos. Nesse sentido, a tecnologia potencializa o progresso científico. Por outro lado, há de se destacar também que algumas descobertas científicas estimulam o desenvolvimento tecnológico, fornecendo os conhecimentos necessários para a criação de novos artefatos e dispositivos. No entanto, consideramos que há características comuns presentes tanto no progresso científico quanto no progresso

¹¹⁵ Um dos fatores extrínsecos que começa a ganhar ênfase no processo de desenvolvimento tecnológico são os programas institucionais (empresas, governo, estatais...) de Inovação e Desenvolvimento (I + D) que têm como objetivo básico o desenvolvimento sistemático de novas tecnologias com o intuito de promover o desenvolvimento tecnológico nacional, regional ou setorial.

tecnológico, assim como há elementos que são específicos a cada uma das áreas.

Começamos identificando alguns elementos comuns. Tanto a ciência quanto a tecnologia são atividades que progridem, ou seja, a ideia de progresso pode ser concebida como um elemento definidor de ambas as áreas. Outro elemento comum do progresso científico e do progresso tecnológico consiste no modo como o mesmo pode ocorrer, ou seja, ele pode acontecer de uma forma “normal” ou “revolucionária”. O progresso científico normal – tendo como pano de fundo a tese de Kuhn – ocorre quando os cientistas concentram seus esforços na articulação da natureza à proposta do paradigma. Já nas áreas tecnológicas, os profissionais vivem esse período quando trabalham em um *design* normal, ou seja, quando eles buscam aperfeiçoar um aparelho ou dispositivo, mantendo os aspectos funcionais básicos do antigo produto. Em outras palavras, o progresso normal ocorre quando os profissionais da tecnologia não buscam desenvolver um artefato tecnológico completamente inovador, sem nenhum similar no mercado, mas adaptam o dispositivo familiar às novas exigências (um procedimento, por sinal, muito comum nas indústrias). O progresso científico revolucionário, por sua vez, ocorre quando um paradigma ou uma tradição de pesquisa são substituídos por outros, sendo os últimos parcialmente incompatíveis com os primeiros. Trata-se de um progresso marcado por rupturas e saltos teóricos. Nas áreas tecnológicas, há um progresso revolucionário quando o *designer* busca desenvolver um artefato ou dispositivo completamente inovador, ou seja, quando se deseja criar um artefato capaz de realizar uma determinada função que nenhum dispositivo foi capaz de executar até aquele momento ou quando um dispositivo tem de desempenhar uma função em um contexto novo, como foi o caso dos *turbo jets* apresentados nas páginas anteriores.

Como temos observado, o progresso tecnológico também é marcado por algumas peculiaridades que permitem diferenciá-lo do progresso científico. Primeiramente, pode-se dizer que o progresso buscado pela ciência e pela tecnologia tem um propósito muito distinto, sendo que o primeiro encontra-se voltado basicamente aos fins teóricos, cognitivos e intelectuais enquanto que o segundo persegue prioritariamente resultados práticos, desenvolvendo objetos que tenham a capacidade de realizar funções específicas. Por esse motivo, os critérios que são utilizados para avaliar e verificar o progresso científico

são distintos daqueles utilizados para avaliar o progresso tecnológico. Como já foi assinalado, os indicadores do progresso científico tendem a levar em consideração somente elementos de natureza teórica enquanto que tais critérios são insuficientes para descrever e avaliar o progresso tecnológico. Nesse sentido, a noção de progresso tecnológico apresenta-se como mais complexa que aquela existente na ciência, pois diferentes elementos precisam ser levados em consideração quando decidimos identificar a sua manifestação. Enquanto que a ciência (pura) progride levando em consideração apenas critérios epistêmicos como a verdade, a adequação empírica, ou o poder preditivo, a tecnologia não pode ficar restrita aos critérios estritamente técnicos. A maior eficiência é geralmente utilizada como um indicador do progresso tecnológico, mas como vimos, ela deve ser especificada e combinada ou confrontada com outros critérios e valores: sociais, econômicos, políticos, estéticos, ambientais e legais.

Assim, acreditamos ser pertinente a diferenciação entre o progresso científico e o progresso tecnológico, pois eles possuem uma dinâmica diferente. Com isso, acreditamos ser possível romper com a visão ingênua de que o progresso científico implica automaticamente em progresso tecnológico (ou que o progresso tecnológico é sempre manifestação de progresso científico). Desse modo, o investimento em ciência não implica necessariamente em um ganho tecnológico. Assim, parece existir aqui também uma emancipação fraca da tecnologia com relação à ciência: o progresso científico reflete-se, inúmeras vezes, em progresso tecnológico, porém nem sempre é esse o caso, havendo progressos tecnológicos num sentido diferente do progresso (cognitivo) científico.

CONCLUSÃO

Nesta tese, investigamos a possibilidade de interpretar a tecnologia de uma forma distinta daquelas visões predominantes na recente tradição da filosofia da tecnologia. Assim, a nossa tarefa consistiu em identificar alguns elementos que nos permitem detectar uma emancipação da tecnologia em relação à ciência. Reiterando o que já dissemos, trata-se de uma emancipação *fraca*, pois não há uma ruptura radical, mas autonomia em relação aos problemas, metodologias, racionalidade e progresso.

Nesta parte, gostaríamos apenas de resumir as peculiaridades que a tecnologia tem em relação à ciência, permitindo-nos falar em uma emancipação. Com esse propósito, chamamos a atenção para alguns pontos significativos que nos permitem fundamentar a mencionada emancipação.

O primeiro deles diz respeito à caracterização dos objetos de estudo das áreas, pois, embora elas sejam compreendidas como atividades que buscam solucionar problemas, a natureza dos problemas solucionados por elas é distinta. Ao passo que a ciência lida com problemas de natureza teórico-cognitiva (conforme Kuhn e Laudan), a tecnologia se debruça com problemas práticos e funcionais. Por esse motivo, consideramos natural que a forma de solucionar tais problemas também adquira uma dinâmica específica com procedimentos metodológicos singulares. O método, elemento essencial para a investigação científica, não é transferido automaticamente para as áreas tecnológicas, pois essas trabalham a partir de um ordenamento mínimo fornecido pelo *design*. Os testes realizados em ambas as áreas também adquirem formas e finalidades específicas; estão vinculados aos fins epistêmicos nas áreas científicas e aparecem associados a compromissos práticos e funcionais nas áreas tecnológicas. Assim, enquanto que um experimento científico explica e demonstra a dilatação dos metais, gerando a evidência necessária para corroborar a generalização teórica “Todos os metais se dilatam quando aquecidos”, um experimento tecnológico busca explorar o potencial de dilatação de um metal específico – o ferro, por exemplo – e levará em consideração os resultados obtidos no momento de projeção e construção de uma determinada estrutura metálica com este metal. Compreender os elementos envolvidos e o potencial de dilatação dos metais é

imprescindível para o desenvolvimento de projetos eficientes e confiáveis nas engenharias.

Outro ponto significativo que nos permite sustentar a emancipação da tecnologia em relação à ciência está vinculado ao modelo de racionalidade adotado pela ciência e pela tecnologia. Nesse sentido, os argumentos utilizados para justificar um projeto científico são distintos daqueles empregados para legitimar um procedimento tecnológico. Enquanto que na ciência predominam os valores epistêmicos como verdade, adequação empírica etc., na tecnologia os valores técnicos como viabilidade e eficiência, necessitam dividir espaço com valores sociais, econômicos, estéticos. Associado a isso, pode-se dizer que há uma explicação tecnológica que se distingue da explicação científica, sendo que cada uma delas explora um conjunto específico de características. Enquanto que a explicação científica zela pela coerência e consistência dos enunciados em relação aos fatos examinados, a explicação tecnológica visa dar conta do comportamento dos artefatos tecnológicos, contemplando desde as fases que precedem a sua elaboração até as fases que envolvem a manipulação e o uso dos mesmos. Além disso, embora o termo “função” seja comum nas duas áreas, a significação que o mesmo adquire é bastante distinta, como vimos ao longo da tese. A eficiente realização de uma função tecnológica, muitas vezes, encontra-se condicionada ao uso adequado de determinado dispositivo, sendo que as orientações sobre o uso adequado podem ser obtidas nos planos de uso. Por fim, chegamos à noção de progresso utilizada em ambas as áreas. Ressaltamos que a concepção de progresso tecnológico é distinta daquela desenvolvida pelos filósofos da ciência, não meramente por ser de natureza prática (pois a ciência tem também aspectos práticos), mas também porque está mais ligada à apreciação contextual e à diversidade de exigências que a produção de conhecimento científico.

Ao concluir nossa tese temos plena convicção de que é possível sustentar uma emancipação fraca da tecnologia em relação à ciência. Contudo, ainda precisamos lidar com o desafio que nos é imposto pela tecnociência, fenômeno social relativamente recente que pressupõe que a ciência e a tecnologia encontram-se fundidas de tal modo que não faz mais sentido considerá-las como atividades distintas¹¹⁶.

¹¹⁶ Não nos referimos agora ao enfoque sociológico da ciência apresentado por Ana Cuevas (2005), mas a uma modalidade nova da pesquisa científica, analisada filosoficamente.

Originariamente, “tecnociência” designava essa imbricação cada vez maior da ciência com a tecnologia, que vai se tornando uma “mediação” (Queraltó) indispensável da pesquisa, além de fornecer novos objetos de investigação (como as partículas subatômicas). Posteriormente, “tecnociência” passou a designar a inserção cada vez maior da pesquisa científica em projetos industriais, bélicos e políticos, que faz com que a ciência se torne cada vez mais um instrumento, perdendo valor de um fim em si mesma (ver Echeverría 2003). Ciência e tecnologia não são compreendidas como dois ramos que trabalham de uma forma isolada, mas como entidades que desenvolvem projetos conjuntamente. Essa espécie de simbiose entre a ciência e a tecnologia ocasionou profundas mudanças nos traços da ciência, alterando significativamente o modo de trabalho dos profissionais envolvidos nos projetos e interferindo diretamente nas demonstrações, nos experimentos, nos objetos de estudo, no processamento de dados e na própria linguagem científica. A tecnociência é, segundo Echeverría, sucessora da macrociência (*Big Science*) iniciada durante a Segunda Guerra Mundial com megaprojetos como o “Manhattan”, produtor da bomba atômica. No imediato pós-guerra, os Estados Unidos primeiro, e outras potências depois, criaram planos de incentivo à ciência e à tecnologia com a finalidade de aumentar a produtividade industrial, melhorar a saúde e a educação da população e desenvolver a capacidade bélica.

Echeverría descreve minuciosamente em seu livro a “*Revolução Tecnocientífica*”, pois em seu entendimento ela mudou muito o sentido da prática científica. A macrociência tinha características tais como o financiamento governamental dos projetos, a integração de cientistas e tecnólogos na pesquisa, a industrialização e a militarização da atividade, sua submissão a uma política que subordinava explicitamente o saber ao poder.

A tecnociência, por sua vez, deixa de ter o Estado como seu principal investidor, e acaba buscando recursos e financiamentos nas grandes empresas e indústrias da iniciativa privada. Enquanto que na macrociência os recursos necessários para os projetos de investigação eram fornecidos pelo governo, na tecnociência os projetos são custeados a partir de investimentos oriundos das grandes empresas e dos grandes laboratórios. Concebida desta maneira, a tecnociência se caracteriza pela a instrumentalização privada do conhecimento científico-tecnológico. O conhecimento implicado por esse processo deixa de ser

um fim em si mesmo e se transforma em *commodity* que passa a ser comercializado nas Bolsas de Valores. Busca-se agora, por exemplo, uma maneira de sintetizar um remédio, de aperfeiçoar determinada produção industrial, de aprimorar uma arma ou um sistema de defesa, e não de ampliar o saber em matéria de química, física ou biologia. As organizações tecnocientíficas se transformam em grandes empresas criadoras de produtos, dispositivos, bens e serviços para o consumo.

Desse modo, a tecnociência supõe e provoca também uma reestruturação dos valores que orientam a atividade científica. Critérios epistêmicos como verdade, adequação empírica, coerência e consistência teórica, precisam dividir espaço com outros critérios associados aos valores tecnológicos, econômicos, políticos, militares, sociais, ambientais e estéticos. Os valores considerados pela tradição filosófica como “extracientíficos” e que durante muito tempo foram menosprezados por muitos filósofos da ciência, assumem um papel de destaque no modelo tecnocientífico.

Para seus críticos, isso é uma ameaça à existência da ciência básica, à sociedade (pois gera riscos incontroláveis) e à própria tecnologia, que fica atrelada aos interesses industriais, bélicos e políticos já mencionados. Aliás, se a tecnociência fosse um fenômeno universal, a própria tecnologia deixaria de existir como realidade com índole própria. Isso porque, embora os projetos tecnológicos dependam de fatores sociais, na tecnociência estes últimos parecem exacerbados, ao ponto da própria tecnologia passar a ser (não menos do que a ciência) um mero instrumento do desejo por poder e de lucro.

Embora a prática tecnocientífica constitua um desafio à nossa tese acreditamos ser possível mantê-la, por diferentes motivos. O primeiro consiste em dizer que focalizar a atenção na tecnociência nos parece ser um olhar excessivamente restritivo e inadequado para caracterizar definitivamente a ciência e a tecnologia. “Tecnociência” descreve de um modo adequado os grandes projetos desenvolvidos hoje por empresas multinacionais que têm o objetivo de desenvolver um produto ou um dispositivo para ser comercializado ou que gere um impacto significativo na esfera social, econômica ou política de um Estado ou de uma Nação. Entretanto, será que toda a ciência e a tecnologia se resumem a isso? Acreditamos que não, e o próprio Echeverría (2003, p. 45), um dos principais teóricos do assunto, admite que nem tudo é tecnociência na atividade científica contemporânea. No mesmo sentido argumenta Ziman (2002), outro estudioso da diferença

entre a “ciência acadêmica” e a “ciência industrial”¹¹⁷, a ciência tradicional ainda parece subsistir paralelamente aos megaprojetos tecnocientíficos. Por exemplo, a Astronomia, desde a Antiguidade até os dias atuais, se apresenta como um dos ramos mais fascinantes da ciência e vem realizando descobertas fantásticas a respeito do nosso universo. Porém, tais descobertas ainda não foram convertidas em artefatos ou produtos tecnológicos. Ao que nos parece, a astronomia se recusa a se enquadrar no modelo tecnocientífico, embora seja desenvolvida a cada dia com passa com uma maior infraestrutura tecnológica. Mais claro ainda é o caso da Matemática. Sua importância é fundamental para inúmeras áreas, mas a matemática pura em si não ostenta nenhuma preocupação com a aplicabilidade prática ou com a criação de um dispositivo tecnológico. Acreditamos ser possível encontrar outros exemplos no meio acadêmico de “ciências” semelhantes à Astronomia e à Matemática. A “tecnociência” tem grande respaldo e goza de muito prestígio, pois lida com grandes projetos que consomem milhões de dólares e demandam uma grande equipe multidisciplinar que está empenhada em desenvolver novos dispositivos. Em contrapartida, há inúmeros projetos de pesquisa de menor proporção – e que não estão direcionados à criação e ao desenvolvimento de um artefato tecnológico específico que possa ser comercializado, mas à obtenção de novos conhecimentos – que ainda são financiados pelo Estado e são desenvolvidos em laboratórios das universidades.

Em segundo lugar, a concepção da tecnociência como vinculação estreita da ciência e a tecnologia parece exagerar ao pressupor que quando a ciência e a tecnologia trabalham conjuntamente haja uma fusão entre ambas, provocando o surgimento de uma nova área. Consideramos essa interpretação radical, pois pensamos que a ciência e a tecnologia podem trabalhar conjuntamente – e de fato o fazem –, mas nem por isso perdem definitivamente a sua identidade. Metaforicamente, a ciência e a tecnologia podem ser vistas com um par de pernas, que dão sustentação aos seres bípedes. Embora trabalhem conjuntamente para a realização de um conjunto de metas e de objetivos elas se mantêm distintas uma da outra¹¹⁸.

¹¹⁷ Não faltam opiniões contrárias. Manuel Medina, outro filósofo espanhol, defende que o empreendimento científico foi potencialmente tecnocientífico desde seu começo (v. MEDINA 1985).

¹¹⁸ Por isso nossa posição difere da de Layton (1974), já mencionada, que usa uma metáfora parecida (“gêmeos especulares”).

Em terceiro lugar, pensamos que se a tecnociência configura uma deformação da ciência (e da tecnologia) e uma ameaça social (como seus críticos afirmam), isso se deve ao rumo que a sociedade industrial adota e não à natureza da tecnologia ou à dinâmica da sua relação com a ciência. Enquanto ciência e tecnologia subsistirem como realidades de direito próprio, achamos que a emancipação fraca da tecnologia com relação à ciência é a maneira mais adequada de conceber a relação entre ambas.

Finalizamos nosso trabalho expressando o desejo de contribuir para a Filosofia da Tecnologia como um ramo específico da reflexão filosófica, e não mero capítulo da Filosofia da Ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAZZI, E. e PAURI, M. (eds). The reality of the unobservable. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.

AIER, Stephan. FISCHER, Christian. Criteria of progress for information systems design theories. Springer-Verlag, 2010, pp. 133-172.

BACON, F. Novum organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza: Nova Atlântica. [orig. 1620]. São Paulo: Abril Cultural, 1979. (Os pensadores).

BAIRD, Davis. Thing knowledge: A philosophy of scientific instruments. Berkeley: University of California Press, 2004.

_____. Thing Knowledge: function and truth. Techné: 6, w. p. 13-27, 2002.

BAIRD, D. & FAUST, T. Scientific instruments, scientific progress and the cyclotron. British journal for the philosophy of science, 41, 1990, pp. 147-175.

BAUER, Henry H. Scientific literacy and the myth of the scientific method. Urbana/Chicago: University of Illinois Press, (1994)

BIJKER, Wiebe E. How is technology made? In: Cambridge journal of economics. N. 34, 2009. Disponível: <http://cje.oxfordjournals.org/content/34/1/63.full.pdf+html> Acesso em 10 de novembro de 2009.

BIJKER, W. E.; HUGES, T. P.; PINCH, T. The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology. Cambridge Mass.: The MIT Press. 1987.

BIRD, Alexander. The historical turn in the philosophy of science. In. S. Psillos & M. Curd (Eds.), The routledge companion to the philosophy of science. Abingdon: Routledge, 2008a, pp. 67-77.

_____. Scientific Progress as Accumulation of Knowledge: A Reply to Rowbottom. Studies in the history and philosophy of science, 39(2), 2008b, pp. 279-181.

_____. What is scientific progress? *Nous*, 41(1), 2007, p. 64-89.

BORGMANN, Albert. *Technology and the character of contemporary life. A philosophical inquiry.* Chicago: The University of Chicago Press, 1984.

BROWN, Harold. *Perception: theory and commitment: The New Philosophy of Science.* Chicago-London: The University of Chicago Press, 1977.

BUCHANAN, Richard. Thinking about design: an historical perspective. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science).* Amsterdam, Elsevier, 2009

BUGLIARELLO, Gerge. The social function of engineering: a current assessment. In: *Engineering as a social enterprise.* Ed. Hedy E. Sladovich: Washintong, D.C.: National Academy Press, 1991.

BUNGE, Mario. *Ser, saber, hacer.* México: Paidós, 2002.

_____. *La investigación científica.* [orig. 1969]. 2 ed corrigida. Barcelona, Editorial Ariel, S.A. 1989.

_____. *Seudociência e ideologia.* Madri: Alianza Editorial, 1985a.

_____. *La ciência, su método y su filosofía.* Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte, 1985b.

_____. *Treatise on basic philosophy. Epistemology and methodology III: Philosophy of science and technology.* Dordecht, NL: D. Reidel, 1985c.

_____. *Epistemologia: curso de especialização.* São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo: 1980.

_____. *Action.* In: *Scientific research. Vol. 2. The search for truth,* New York: Springer, 1967, p. 121-150.

_____. *Technology as applied science.* In: *Technology and Culture*, 3: 329-347, 1966.

BURY, J. B. *The idea of progress.* New York: Macmillan, 1932.

CARNAP, Rudolf. *The logical structure of the world.* Berkeley; Los Angeles: The University of California Press, 1969.

_____. Logical foundations of probability. Chicago: University of Chicago Press, 1951.

_____. The Methodological character of theoretical concepts. In: FEIGL; SCRIVEN (Org.) The foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis. Minnesota Studies in Philosophy of Science, V. 1. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1956, p. 38-76.

_____. The unity of science. Londres: Kegan Paul, 1934.

CARSON, Rachel. Silent spring. New York: Frist Marines Books, [1962], 2002.

CHANG, H. Scientific progress: Beyond foundationalism and coherentism. Royal Institute of Philosophy Supplement. 82, 2007, p. 1-20.

COLLINS, H. M. Changing order. Replication and induction in scientific practice. Chicago: University of Chicago Press, 1985.

CONSTANT II, Edward W. Communities and hierarchies: structure in the practice of science and technology. In: LAUDAN, R. (Ed.) The nature of technological knowledge. Are models of scientific change relevant? Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1984.

CROSS, Nigel. Engineergin design methods: strategies for product design. England. 4a ed. John Wiley & Sons Ltd, 2005.

CUEVAS, Ana. The many faces of science and technology relationships. In: Essays in Philosophy: Vol. 6: Iss. 1, Article 3. 2005.

CUPANI, Alberto. O que aconteceu com a racionalidade da ciência? In: PESSOA JR, DUTRA (Orgs.) Racionalidade e objetividade científicas. Florianópolis: UFSC/NEL, 2013 (Rumos da epistemologia, v. 12).

_____. Filosofia da tecnologia: um convite. Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.

_____. La peculiaridad del conocimiento tecnológico. In: Scientia&Studia. São Paulo: v. 4,n.3, 2006, p. 353-71.

_____. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. In: Scientia&Studia. São Paulo. v.2, n. 4, 2004, p.493-518.

_____. La racionalidad de la ciencia: de axioma a problema. In: Reflexão (Campinas, SP), v. 78, p. 37-46, 2000.

DESCARTES, René. Meditações: objeções e respostas: [orig. 1641] São Paulo: Nova Cultural, 1988. (Os pensadores).

DILWORTH, Craig. Scientific progress: A study concerning the nature of the relation between successive scientific theories. 4a. ed. Netherlands: Springer, 2007.

DORST, Kees. OVERVELD, Kess van. Typologies of design practice. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier, 2009.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. The determinants and directions of technical change and the transformation of the economy. In: C. Freeman (ed.) Long waves in the world economy. London, Butterworth, 1983.

DOSI, G. L. Orsenigo. Industrial structures and technological progress. In: A. Heertje (ed.) Technology, innovation and finance. Oxford, Basil, Blackwell, 1988.

DUHEM, Pierre. The aim and structure of physical theory. Princeton, 1954.

DUSEK, VAL. Filosofia da tecnologia. [orig. 2006]. Trad. Luiz Carlos Borges. São Paulo: Edições Loyola, 2009.

ECHEVERRÍA, Javier. La revolución tecnocientífica. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España, 2003.

EDVARDSSON, Karin; HANSSON, Sven Ove. When is a goal rational? In: Social choice and welfare. Springer-Verlag, n.24, 2005, p. 343-361.

EEKELS, J. A methodological comparison of structures of scientific research and engineering design: their similarities and differences. In: Design studies: Vol 12, N. 4, October, 1991.

FEENBERG, Andrew. Transforming technology: a critical theory revisited. New York: Oxford University Press, 2002.

_____. Questioning technology. New York: Routledge, 2000.

FEIBLEMAN, J. Pure science, applied science, and technology: An attempt at definitions. In: *Philosophy and technology: readings in the philosophical problems of technology*. New York: The Free Press, 1972.

FEYERABEND, Paul. *Against method*. London: New Left Books, 1975.

_____. *Contra o método*. São Paulo: Editora da UNESP, 2007.

FRANKLIN, Allan. *The neglect of experiment*. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press, 1989.

FRANSSEN, Maarten. Design, use, and the physical and intentional aspects of technical artifacts. In: VERMAAS, Pieter et. al. *Philosophy and design: from engineering to architecture*. Springer, 2008.

FRANSSEN, Maarten. The inherent normativity of functions in biology and technology. In: KROHS, Ulrich; KROES, Peter. *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives*. Cambridge, Massachusetts, Londo, England. The MIT Press, 2009.

GAUCH, Hugh. *Scientific method in practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

GIERE, Ronald N. *Explaining science: a cognitive approach*. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, 1988.

GLEGG, Gordon L. *The design of design*. Cambridge/London/New York/Melbourne: Cambridge University Press, 1969.

GONZÁLEZ, Wenceslao. Racionalidad científica y racionalidad tecnológica: la mediación de la racionalidad económica. In: *Agora – Papeles de Filosofía* – Vol. 17, n.2, 1998, pp. 95-115.

GOWER, Barry. *Scientific method: an historical and philosophical introduction*. London: Routledge, 1997.

GUTTING, Garry. Paradigms, revolutions and technology. In: LAUDAN, R. (Ed.) *The nature of technological knowledge. Are models of scientific change relevant?* Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1984.

HABERMAS, Jürgen. *Ciencia y técnica como “ideología”*. Madrid: Tecnos, 1984.

HANSON, Norwood Russell. Patterns of discovery. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

HEMPEL, Carl. Aspects of scientific explanation. Nova York: Free Press, 1965.

HERSCHBACH, Dennis R. Technology as knowledge: implications for instruction. In: Journal of technology education. Vol. 7, N. 1, Fall, 1995.

HINDLE, Brooke. Technology in early America. Chapel Hill, N.C.: University of North Carolina Press, 1966.

HINTIKKA, J. (Eds.) Logic, methodology and philosophy of science. V. Dordrecht, 1977.

HOUKES, Wybo. The nature of technological knowledge. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier, 2009.

HOUKES, Wybo; VERMAAS, Pieter E. Technical functions: on the use and design of artifacts. Dordrecht/Heidelberg/London/New York: Springer, 2010.

HUGHES, Jesse. Practical reasoning and engineering. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier, 2009.

IHDE, Don. Technology and science. In: OLSEN, Jan Kyrre Berg; PEDERSEN, Stig Andur; HENDRICKS, Vicent F. (Eds.) A companion to philosophy of technology. Blackwell Publishing, 2009.

INKSTER, Ian. (Ed.) History of technology. New York: Continuum, 2009.

JARVIE, I.C. Technology and the structure of knowledge. In: MITCHAM, C. MACKEY, R. Philosophy and technology: reading in the philosophical problems of technology. New York: The Free Press, 1983.

KANT, I. Crítica da razão pura. [orig. 1781] Trad. de Valerio Rohden e Udo Baldur Moosburger. São Paulo: Abril Cultural, 1980. (Os pensadores).

KITAMURA, Yoshinobu. MIZOGUCHI, Riichiro. A device-oriented definition of functions of artifacts and its perspectives. In KROHS, Ulrich; KROES, Peter. *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives*. Cambridge, Massachusetts, Londo, England. The MIT Press, 2009.

KITCHER, P. *The advancement of science: science without legend, objectivity without illusions*. New York: Oxford University Press, 1993.

KROES, Peter. Foundational issues of engineering design. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science)*. Amsterdam, Elsevier, 2009.

KROES, Peter. MEIJERS, Anthonie. Special Issue – The dual nature of technical artefacts. In: *Studies in history and philosophy of science*. Elsevier, Vol 37, N. 1, 2006.

_____. The dual nature of technical artifacts – presentation of a new research programme. In: *Techné*: Vol. 6, n. 2, Winter, 2002.

_____. Technical Functions as Dispositions: a Critical Assessment. In: *Techné*: v.5, n.3, Spring, 2001.

_____. Technological explanations: the relation between structure and function of technological objects. In *Technè*, v. 3, n. 3, Spring 1998. Disponível em: <<http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v3n3/KROES.html>>. Acesso em março de 2010.

_____. ‘Technological explanations: the relation between structure and function of technological objects’, in *Technè*, Vol. 3, no. 3, Spring 1998 (11 pp.) (Electronic Journal of the Society for Philosophy and Technology; <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v3n3/KROES.html>).

_____. Technical and contextual constraints in design; an essay on determinants of technological change. In *The role of design in the shaping of technology*, eds. J. Perrin & D. Vinck, COST A4, vol. 5; 1996. pp. 43-76

KROHS, Ulrich; KROES, Peter. *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives*. Cambridge, Massachusetts, Londo, England. The MIT Press, 2009.

KUHN, Thomas. *The structure of scientific revolutions*. 2ed. Chicago: Foundations of the Unity of, 1970.

LACEY, Hugh. Crescimento econômico, meio ambiente e sustentabilidade social: a responsabilidade dos cientistas e a questão dos transgênicos. In: DUPAS, Gilberto (ed.). *Meio-ambiente e crescimento econômico: tensões estruturais*, São Paulo: Editora Unesp, p. 91-130, 2008.

_____. Há alternativas ao uso dos transgênicos? Novos estudos - Cebrap, n. 78, p. 31-39, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/nec/n78/05.pdf>>.

_____. *A controvérsia sobre os transgênicos: questões éticas e científicas*. Aparecida, SP: Ideias e Letras, 2006.

_____. *Tecnociência e os valores do Fórum Social Mundial*. In: LOUREIRO, J. M.; CEVASCO, M. E.; CORRÊA LEITE, J. (eds.), *O espírito de Porto Alegre*, Porto Alegre: Ed. Paz e Terra, 2000.

_____. *Valores e atividade científica*. São Paulo (SP): Discurso, 1998.

LAKATOS, Imre. *La metodología de los programas de investigación*. [orig. 1968] Madrid: Alianza Editorial, 1989.

_____. *Falsification and the methodology of scientific research programs*. In: LAKATOS; MUSGRAVE (Eds) *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, 1970.

LAKATOS, Imre; MUSGRAVE. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.

LAUDAN, L. *Science and Values*. Berkeley: University of California Press, 1984a

_____. *Progress and its problems*. Berkeley: University of California Press, 1977.

LAUDAN, R. (Ed.) *The nature of technological knowledge. Are models of scientific change relevant?* Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1984a.

_____. Cognitive change in technology and science. In: LAUDAN, R. (Ed.) *The nature of technological knowledge. Are models of scientific change relevant?* Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1984b.

LATOUR, Bruno. *Science in action*. Cambridge Mass: Harvard University Press, 1987.

LAYTON, Edwin. Technology as knowledge. *Technology and culture*, 15(1), 31-41, 1974.

_____. Mirror image twins: the communities of science and technology in 19th Century America. In: *Technology and Culture*, 19: 562-580, 1971.

LELAS, S. Science as Technology. *British Journal for the Philosophy of Science*, 44, 423-442, 1993.

LENK, Hans. Progress, values and responsibility. In: *Techné: Society for philosophy and technology*. Vol. 2, 1997.

LONGY, Françoise. How biological, cultural, and intended functions combine. In: KROHS, Ulrich; KROES, Peter. *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives*. Cambridge, Massachusetts, Londo, England. The MIT Press, 2009.

LOSEE, John. *Theories of scientific progress: an introduction*. New York: Routledge, 2004.

McLAUGHLIN, Peter. *What functions explain: functional explanation and self-reproducing systems*. New York: Cambridge University Press, 2003.

MEDINA, M. 1985 *De la techne a la tecnologia*. Valencia: Tirant lo Blanc.

MITCHAM, Carl. Os desafios colocados pela tecnologia à responsabilidade ética. In: *Análise Social*, vol. XLI (181), 2006, 1127-1141 (2006).

_____. Engineerign design research and social responsibility. In: SHRADER-FRECHETTE, Kristin. WESTRA, Laura (eds). *Technology and values*. Lanham/Boulder/New York/Oxford: Rowman&Littlefield Publishers, INC. 1997.

_____. Thinking through technology: the path between engineering and philosophy. Chicago: The University of Chicago Press, 1994a.

_____. Engineering design research and social responsibility. In: Technology and values. New York: Rowman & Littlefield Publishers, 1994b.

MITCHAM, C.; MACKEY, R. (Ed.) Philosophy and technology: reading in the philosophical problems of technology (orig. 1972). New York: The Free Press, 1983.

_____. MITCHAM, C. ; SCHATZBERG, E. Defining technology and the engineering sciences. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier, 2009.

NEURATH, Otto. Pseudorationalismus der Falsifikation. Erkenntnis. 5., 1935.

NEWTON-SMITH, W.H. The rationality of Science. Boston: Routledge & Kegan Paul, 1981.

NIINILUOTO, Ilkka. (2011). Scientific progress. In: Stanford encyclopedia of philosophy. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/scientific-progress/>>. Acesso em: 07 de março de 2013.

_____. Is there progress in Science? In: H. Stachowiak (ed.) Pragmatik, handbuch pragmatischen denkens, Band V, Hamburg: Felix Meiner Verlag, 1995, pp. 30-58.

_____. Scientific progress. In: Synthese. Dordrecht-Boston: Reidel Publishing, 1980. pp. 427-462.

NOLA, Robert. A selective survey of theories of scientific method. In: After Popper, Kuhn and Feyerabend: recent issues in theories of scientific method. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 2000.

NOLA, Robert. SANKEY, Howard. Theories of scientific method: an introduction. Stocksfield: Acumen, 2007.

NOLA, Robert. SANKEY Howard (Ed). After Popper, Kuhn and Feyerabend: recent issues in theories of scientific method. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 2000.

PERA, Marcello. *Discourses of Science*. Chicago&London: The University of Chicago Press, 1994.

PERLMAN, Mark. Changing the mission of theories of teleology: Dos and DON'Ts for thinking about function. In: KROHS, Ulrich; KROES, Peter. *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives*. Cambridge, Massachusetts, London, England. The MIT Press, 2009.

PETROSKI, H. *The evolution of useful things*. New York: Vintage, 1994.

_____. *To engineer is human: the role of failure in successful design*. New York: Vintage Books, 1992.

PITT, Joseph C. *Doing philosophy of technology: essay in a pragmatist spirit*. New York, Springer, 2011.

_____. Philosophy, engineering, and the sciences. In: POEL, Ibo van de; GOLDBERG, David E (Editors). *Philosophy and engineering: an emerging agenda*. New York, Springer, 2010.

_____. Technological explanation. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science)*. Amsterdam, Elsevier, 2009.

_____. *Thinking about technology*. In: Seven Bridges Press. New York. 2000 Disponível em: <http://www.phil.vt.edu/HTML/people/pittjoseph.htm>.

POEL, Ibo van de; GOLDBERG, David E (Editors). *Philosophy and engineering: an emerging agenda*. New York, Springer, 2010.

POLANYI, Michael. *Personal knowledge*. Chicago, 1962. .

POPPER, Karl Raimund. *Conhecimento objetivo*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1975.

POPPER, Karl. *The logic of scientific discovery*. London and New York: Hutchinson &Co, 1959.

_____. *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo: Cultrix, 1985.

PRESTON, Beth. Biological and cultural proper functions in comparative perspective. In: KROHS, Ulrich; KROES, Peter. *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical*

perspectives. Cambridge, Massachusetts, London, England. The MIT Press, 2009.

PRICE, Derek de Solla. Little science, big science. New York: Columbia University Press, 1963.

QUERALTÓ, Ramón. Ética, racionalidad...y también tecnología: tratando de atar algunos cabos. In: *Ludus Vitalis*, Vol. XVIII, n.33, 2010, pp. 245-263.

_____. La estrategia de Ulises o Ética para una sociedad tecnológica. [s.l]: Doss Ediciones, 2008a.

_____. Mutación de la ética en la sociedad tecnológica contemporánea. Ética y felicidad humana. In: *Ludus Vitalis*, Vol. XVI, n. 30, 2008b, pp. 165-196.

_____. Philosophical patterns of rationality and technological change. In: GONZALEZ, W. Science, technology and society: a philosophical perspective. [s.l]: Netbiblo, 2005.

_____. Ética, tecnología y valores en la sociedad global: el caballo de troya al revés. Madrid: Editorial Tecnos, 2003.

_____. Razionalità técnica e mondo futuro. Una eredità per il terzo millennio. Milano: FrancoAngeli, 2002.

_____. Scientific realism, objectivity and “technological realism”. In: AGAZZI, E. e PAURI, M. (eds). The reality of the unobservable. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.

_____. Technology as a new condition of possibility of scientific knowledge. In: *Phil & Tech* 4:2 Winter, 1998a.

_____. Racionalidad tecnológica y mundo futuro: la herencia de la razón moderna. In: *Seminarios de Filosofía*, N. 11, 1998b, pp. 203-219.

_____. Razón científica y razón técnica en el fin de la modernidad. *Anuario Filosófico*, n. 27, 1994, pp. 683-697.

_____. Mundo, tecnología y razón en el fin de la modernidad ¿Hacia el hombre <more technico> ? Barcelona, PPU, 1993.

QUINE, Willard. From a logical point of view. Cambridge, Mass., 1953.

QUINTANILLA, Miguel Á. *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. México: FCE, 2005.

_____. Technical systems and technical progress: a conceptual framework. In: PHIL&TECH. 1998,

_____. Problemas conceptuales y políticas de desarrollo tecnológicos. In: CRÍTICA, Revista Hispanoamericana de filosofía. Vol. XXII, n. 64, abril de 1990, pp. 23-39.

RADDER, Hans. Science, technology and the science-technology relationship. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science)*. Amsterdam, Elsevier, 2009.

RIDDER, Jeroen De. The (alleged) inherent normativity of technological explanations. In: *Techné: research in philosophy and technology*. N. 1, Vol. 10, 2006.

RYLE, Gilbert. *The Concept of Mind*. London: Hutchinson, 1949.

SALMON, W. Bayes' theorem and the history of science. In: STUEWER, R. (Ed.) *Historical and philosophical perspectives of science*. Minneapolis, 1970.

SANKEY, Howard. Realism, Method and Truth. In M. Marsonet (ed.), *The problem of realism*, Ashgate: Aldershot, 2002. pp. 64-81.

SCHYFTER, P. The bootstrapped artifact: A collectivist account of technological ontology, functions, and normativity. *Studies in history and philosophy of science*. 40(1), 102-111, 2009.

SHAPER, Dudley. Meaning and scientific change. In: R. G. Colodny (Ed.) *Mind and cosmos: Essays in contemporary science and philosophy*. University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, vol. 3, 1966, p. 41-85.

SIEGEL, Harvey. What is the question concerning the rationality of science? In: *Philosophy articles and papers*. Paper 8. Disponível em <http://scholarlyrepository.miami.edu/philosophy_articles/8>, 1985. Acesso em maio de 2013.

SIMON, Herbert A. *Reason in human affairs*. Basil Blackwell, Oxford, 1983.

_____. The sciences of the artificial. Cambridge/Massachussets: The MIT Press, 1981.

SKOLIMOWSKI, H. The structure of thinking in technology. In: MITCHAM, C. MACKEY, R. Philosophy and technology: reading in the philosophical problems of technology. New York: The Free Press, 1983.

SUPPES, Patrick. Studies in methodology and foundations of science. Dordrecht: Reidel, 1969.

SZCZEPANIK, Gilmar. Un diagnóstico de los estudios filosóficos de la tecnología en Brasil: análisis actual y desafíos futuros. In: Argumentos de Razón Técnica. Sevilla: Universidad de Sevilla, vol. 16, 2013, pp. 165-175.

_____. Ao que nos referimos quando falamos em técnica/tecnologia? In: MORTARI, C; DUTRA LH. (Orgs.) Anais VII Simpósio Internacional Principia. Florianópolis: NEL/UFSC, 2011. pp.265-281 (Rumos da epistemologia; v. 10)

TIANJI, Jiang. Scientific rationality, formal or informal? In: British journal for the philosophy of science. Vol, 36, pp. 409-423, 1985.

VAESEN, Krist. The functional bias of the dual nature of technical artefacts program. Studies in history and philosophy of science (2011), doi:10.1016/j.shpsa.2010.11.001.

Van FRAASSEN, Bas. The scientific image. Oxford: Oxford University Press, 1980.

VERMAAS, Pieter E. On unification: taking technical functions as objective (and biological functions as subjective). In.: KROHS, Ulrich; KROES, Peter. Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives. Cambridge, Massachusetts, Londo, England. The MIT Press, 2009.

VERMAAS, Pieter et al. A philosophy of technology: from technical artefacts to sociotechnical systems. Morgan & Claypool, Eindhoven University of technology, 2011.

_____. et al. Philosophy and design: from engineering to architecture. Springer, 2008.

VINCENTI, Walter. What engineers know and how they know it. Analytical Studies from Aeronautical History. London: The John Hopkins University Press, 1990.

_____. Technological knowledge without science: The innovation of flush riveting in American airplanes, ca. 1930-ca. 1950.

deVRIES, Marc J. Translating customer requirements into technical specifications. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) Philosophy of technology and engineering sciences (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier, 2009.

_____. The nature of technological knowledge: extending empirically informed studies into what engineers know. In: Techné, 6:3, Spring, 2003.

WHEWELL, Willian. The philosophy of inductive sciences: Found upon their History. 2v., London, 1840.

WINNER, Langdon. Whale and the reactor: a search for limits in an age of high technology. The University of Chicago Press. 1986.

ZIMAN, John. Real science: what it is and what it means. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

_____. Reliable knowledge: an exploration of the grounds for belief in science. London: Cambridge University Press, 1978.

_____. Public knowledge: the social dimension of science. London: Cambridge University Press, 1968.

WOOLGAR, S. The turn to technology in social studies of sciencies. In: Science, technology and human values, 16: 20-50, 1991.