

**FREDERICO GONÇALVES CEZAR**

**PREVISÕES SOBRE TECNOLOGIAS:  
PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS NA ANÁLISE DE RISCO  
DA SOJA TRANSGÊNICA**

**Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre em Filosofia, no  
Curso de Pós-Graduação em Teoria do  
Conhecimento do Departamento de Filosofia da  
Universidade de Brasília.**

**Orientador: Prof. Dr. Paulo César Coelho Abrantes**

**BRASÍLIA  
2003**



2.3.2. Explicações Técnicas .....	38
3. Previsões Tecnológicas .....	40
3.1. Tipos de Previsões Tecnológicas .....	40
3.2. Estrutura das Previsões Tecnológicas .....	42
CAPÍTULO 3 - A Análise de Risco .....	45
1. Definição de Risco .....	45
2. Análise e Gerenciamento de Risco .....	47
3. Possibilidade e Justificativas para uma Distinção entre a Análise e a Gestão de Risco .....	50
4. Análise de Risco e Previsões Tecnológicas .....	52
CAPÍTULO 4 - Princípio da Precaução .....	56
1. O Princípio da Precaução .....	57
1.1. Histórico .....	57
1.2. O Princípio da Precaução no Direito Brasileiro .....	60
2. A Estrutura do Princípio da Precaução .....	62
3. Considerações Epistemológicas sobre o Princípio da Precaução .....	65
3.1. Conhecimento e Tomada de Decisão .....	65
3.2. Princípio da Precaução e Epistemologia .....	66
3.3. Ausência de "Certeza Científica" sobre a Previsão de Dano .....	67
3.4. "Ausência de Absoluta Certeza" nas Previsões sobre Tecnologias ..	68
4. O Princípio da Precaução e a Análise de Risco .....	71
4.1. O Princípio da Precaução e a Percepção Inicial de Risco .....	71
4.2. O Princípio da Precaução e a Análise e Gestão de Risco.. .....	72
5. Conclusões .....	74
CAPÍTULO 5 - Análise de Risco da Soja Transgênica .....	75
1. Argumentos da Monsanto .....	76
1.1. Caracterização da Soja " <i>Round up Ready</i> " .....	76
1.2. Segurança Alimentar e Ambiental .....	77
2. Argumentos Contrários à Soja RR .....	80
3. Argumentos e Decisão da CTNBIO .....	84

4. Argumentos e Decisão Judicial .....	86
5. Considerações Epistemológicas sobre os Argumentos Explicitados no Processo .....	88
5.1. Conhecimentos Envolvidos nos Estudos da Monsanto .....	89
5.2. A Previsão Tecnológica sobre Efeitos Alimentares e Ambientais da soja RR .....	90
5.3. Análise de Risco .....	91
5.4. As Manifestações Contrárias .....	92
5.5. A Decisão da CTNBIO .....	94
5.6. A Decisão Judicial .....	95
 CONCLUSÃO .....	 98
 BIBLIOGRAFIA .....	 103

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, um dos temas que vêm suscitando maior controvérsia no país é o da liberação para uso comercial interno de avanços biotecnológicos, especialmente na área da agricultura. Em especial, o debate quanto à possibilidade de organismos geneticamente modificados gerarem conseqüências danosas para a saúde humana e para o meio ambiente ocupa grande espaço na imprensa e tem despertado grande interesse da opinião pública. O assunto vem ainda sendo objeto de litígios sob consideração do Judiciário e tem exigido uma atenção especial por parte do Governo quanto à expedição de normas e atos administrativos.

Nesse âmbito, deve ser destacado o caso da liberação no país da soja “*Round up Ready*”. A denominação “*Round up Ready*” remete à linhagem e às cultivares de soja geneticamente modificadas, patenteadas pela empresa multinacional Monsanto, obtidas através da inserção, no seu genoma, de um gene isolado da bactéria *Agrobacterium* sp. estirpe cp4. Esse gene exógeno, confere à soja transgênica resistência ao herbicida “*Round up*”, também patenteadado pela Monsanto.

O uso comercial dessa soja transgênica, tanto para plantio como para o consumo humano, tem gerado notável controvérsia, a qual é especialmente caracterizada pelo flagrante distanciamento entre a percepção de senso comum sobre eventuais riscos envolvidos na sua utilização e o entendimento preponderante da comunidade científica sobre a matéria.

Em 1998, a Monsanto deu entrada, junto à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBIO, a processo administrativo, nº 01200.002402/98-60, requerendo a liberação comercial da soja geneticamente modificada para adquirir tolerância ao herbicida “*Round up*”. Fundamentando seu pedido, a interessada juntou diversos estudos técnico-científicos informando sobre as características desse organismo transgênico e sobre a segurança ambiental e alimentar da sua utilização.

O pleito da Monsanto foi fortemente combatido por organizações não governamentais de defesa do consumidor e do meio ambiente. Tais entidades manifestam-se no processo criticando os pareceres técnico-científicos apresentados pela multinacional, questionando sua isenção, aplicabilidade, a metodologia adotada e, em especial, a capacidade desses pareceres demonstrarem irrefutavelmente a impossibilidade desse organismo gerar efeitos adversos para a saúde humana e para os ecossistemas onde for inserido.

Apesar do exame desse processo suscitar temas relevantes para diversas áreas do saber, uma análise crítica mais aprofundada sobre as posições nele defendidas prescinde de uma abordagem epistemológica. Com efeito, ao considerarem os riscos alimentares e ambientais potencializados pelo uso dessa tecnologia, tanto o discurso favorável à liberação comercial como aquele a ela contrário fundamentam-se em noções de ciência e de tecnologia não evidenciadas, discutidas pela teoria do conhecimento, filosofia da ciência e filosofia da tecnologia.

Dentro desse contexto, esse trabalho tem por objetivo analisar as questões epistemológicas que são suscitadas pelo debate sobre a liberação da soja transgênica. O trabalho foi desenvolvido no âmbito do Curso de Mestrado do Departamento de Filosofia da Universidade de Brasília pois a análise a que nos propomos é centrada na discussão de conceitos em epistemologia que são trabalhados pela filosofia da ciência e por uma filosofia da tecnologia que prioriza os aspectos epistemológicos na investigação do fenômeno tecnológico.

É de se ressaltar que, ao abordar a questão tecnológica, grande parte da crítica contemporânea o faz, prioritariamente, através de considerações sobre aspectos éticos, políticos e sócio-econômicos suscitados pelas tecnologias. Trata-se de uma forma de abordagem onde, partindo da pressuposição de certos valores e de diagnósticos genéricos sobre conseqüências do desenvolvimento tecnológico, faz-se uma avaliação crítica sobre efeitos da tecnologia para a sociedade e para o meio ambiente.

Em decorrência das duas grandes guerras mundiais, intensificou-se essa perspectiva que, na maioria das vezes, procura denunciar os danos sociais resultantes da implantação de avanços tecnológicos, ou mesmo a incapacidade da evolução tecnológica atender às prerrogativas de um autêntico humanismo. Mais recentemente, com a intensificação do interesse de preservação do meio ambiente e, em especial, com o desastre nuclear de Chernobill, fortaleceu-se uma perspectiva de avaliação da tecnologia moderna que salienta seus efeitos nocivos para o meio ambiente, para a saúde humana e para a sociedade.

Em que pese a relevância dessa forma de abordagem, há de se notar que ela é necessariamente posterior à discussão de três temas de elevada importância filosófica: a) valores aplicáveis ao julgamento sobre a conveniência de tecnologias; b) natureza do fenômeno tecnológico; e c) pressupostos epistemológicos envolvidos na predição sobre conseqüências de uma tecnologia já adotada ou da implantação de novos projetos tecnológicos.

Reforçando a relevância desse terceiro tema, Joseph Pitt defende a necessidade de que sejam devidamente debatidos pressupostos epistemológicos – como, por exemplo, a confiabilidade de metodologias utilizadas na predição das conseqüências de inovações ou modificações tecnológicas específicas – antes de se utilizar argumentos gerados a partir dessas convicções epistemológicas como base para a análise crítica dos problemas e vantagens do uso de uma determinada tecnologia (PITT, 2000, p. vii).

Em consonância com esta perspectiva, o foco deste trabalho é, justamente, a análise dos aspectos epistemológicos envolvidos na avaliação de tecnologias. Ou seja, este estudo parte da compreensão de que uma crítica mais cuidadosa sobre os argumentos favoráveis ou contrários a determinadas tecnologias prescinde de uma investigação preliminar sobre as noções epistemológicas que os condicionam.

Dado que as divergências quanto à conveniência da implantação de novas tecnologias envolvem, principalmente, prognósticos conflitantes sobre efeitos desses avanços tecnológicos, o trabalho prioriza a investigação sobre a natureza das

previsões sobre tecnologias. Neste intuito, utilizamo-nos da estratégia proposta por Joseph Pitt pela qual se utiliza a filosofia da ciência como um modelo para a investigação epistemológica em filosofia da tecnologia.

Esse tipo de abordagem propõe o estudo, em filosofia da tecnologia, de elementos correlatos aos apontados pela filosofia da ciência como caracterizadores da prática e produção científica. Deste modo, dado que a filosofia da ciência se defronta com temas como a natureza do conhecimento científico e da explicação científica, a função e estrutura das leis científicas e a natureza da metodologia científica, sugere-se a investigação sobre os seguintes temas correlatos em filosofia da tecnologia, que têm relevância para a investigação que propomos neste trabalho:

- a) A natureza do conhecimento tecnológico;
- b) A função e estrutura das leis tecnológicas (técnicas);
- c) A natureza da explicação tecnológica (técnica);
- d) A natureza da metodologia tecnológica.

Há de se notar que Pitt não aborda explicitamente a questão da natureza e da estrutura formal de previsões tecnológicas. Ou seja, apesar de promover um exame detalhado sobre explicações tecnológicas e sobre os diferentes tipos de explicações técnicas, ele não desenvolve uma investigação específica sobre as previsões no âmbito da tecnologia, como contrapartida às previsões científicas. Deste modo, este trabalho discute a natureza dessas previsões, buscando complementar o enfoque em filosofia da tecnologia proposto por esse autor.

Também é feito um estudo sobre a temática denominada pela literatura especializada como Análise de Risco. Essa temática relaciona-se com a investigação sobre a metodologia válida para a identificação de riscos envolvidos no uso e desenvolvimento de uma determinada tecnologia.

Propomo-nos a vincular as discussões sobre o caráter e a aplicabilidade da Análise de Risco à investigação filosófica sobre previsões tecnológicas. Desta forma, partindo da caracterização da Análise de Risco como uma metodologia utilizável na

quantificação do risco representado pela utilização ou desenvolvimento de um determinado tipo de engenho, fazemos uma abordagem crítica sobre os resultados fornecidos por esta Análise, à luz dos esclarecimentos preliminares sobre a natureza e estrutura formal das previsões tecnológicas.

Analisamos, ainda, o teor do princípio de direito ambiental, denominado Princípio da Precaução. Este princípio, freqüentemente invocado em casos envolvendo a liberação de inovações tecnológicas, possibilita diversas interpretações segundo noções epistemológicas previamente assumidas e em função das fases da Análise de Risco a que pode ser aplicado.

Debatidas essas questões, propomos uma análise epistemológica do debate sobre riscos envolvidos na liberação comercial da soja *“Round up”*, na forma com que este se apresenta no processo administrativo da CTNBio. Trata-se de um estudo de caso no qual é aplicado o instrumental epistemológico desenvolvido nos capítulos anteriores.

Analisamos criticamente, segundo este viés, a argumentação sobre riscos ambientais e alimentares da soja *“Round up”*, explicitada no referido processo, especialmente nas seguintes peças: a) estudos apresentados pela Monsanto - empresa detentora da nova tecnologia; b) manifestações contrárias à liberação dessa soja transgênica – de autoria, principalmente, de organizações não governamentais de defesa do consumidor e do meio ambiente; c) comunicação da análise de segurança alimentar e ambiental feita pela CTNBIO - órgão administrativo de biossegurança composto majoritariamente por especialistas; d) decisão do Juiz da 6ª Vara Federal – que analisa, no âmbito do Poder Judiciário, medida cautelar impetrada pelo Instituto de Defesa do Consumidor – IDEC visando impedir a liberação dessa inovação biotecnológica.

## **CAPÍTULO 1**

### **CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

Para um trabalho que se propõe a investigar questões epistemológicas suscitadas pela avaliação de riscos associados a avanços tecnológicos, faz-se necessária uma discussão preliminar sobre a própria noção de tecnologia. Mais do que isso, como um dos aspectos mais importantes dentro desse viés epistemológico é saber como o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico atuam nesse tipo de avaliação, torna-se relevante um debate prévio sobre a própria definição de tecnologia que problematize a costumeira associação da tecnologia à ciência.

Este capítulo tem justamente por escopo fazer essa abordagem preliminar. Inicialmente, serão tecidas algumas considerações sobre uma caracterização da ciência. Em seguida, adotar-se-á uma definição ampla de tecnologia que problematiza a sua relação com a ciência. Será também considerado em que medida um estudo em filosofia da tecnologia pode se circunscrever ao campo da epistemologia.

Discutiremos ainda a natureza do conhecimento tecnológico e sua relação com o conhecimento científico. Neste particular, em consonância com a estratégia de investigação proposta por Pitt em sua obra *Thinking about Technology*, será então iniciada a identificação de conceitos correlatos em filosofia da tecnologia àqueles ressaltados pela moderna filosofia da ciência em sua tentativa de reconstruir a linguagem e a prática científicas.

#### **1. A Ciência**

Em um sentido moderno, a ciência designa tanto um produto como um processo. Enquanto produto, ela remete ao corpo de leis e teorias aceitas pela comunidade científica – o conhecimento científico; enquanto processo, denota o conjunto de atividades que visam à produção desse tipo de conhecimento.

O objetivo da ciência é tido como o de auxiliar na compreensão da forma com que o mundo nos é apresentado e ela cumpre esse objetivo através da construção e do teste de teorias que, usualmente, adotam uma linguagem sem referência a entidades, propriedades ou processos diretamente observáveis. Por essa via, as teorias científicas são valorizadas pelo seu poder explicativo e preditivo.

Admite-se que o processo de geração do conhecimento científico seja muitas vezes direcionado por interesses econômicos, políticos ou sociais, mas, os produtos da atividade científica constituem um conhecimento com pretensões à objetividade. Por essa razão, em nossa sociedade, especialmente ao nível institucional, o embasamento científico é altamente considerado como fator determinante da racionalidade na tomada de decisões. Seja na formulação de leis, na expedição de atos administrativos bem como em decisões judiciais, é freqüente a participação de especialistas, cujos testemunhos, pareceres e estudos são tratados privilegiadamente em razão do pretense caráter objetivo do qual são revestidos.

Deve-se notar que, de acordo com uma visão contemporânea preponderante, o conhecimento científico é caracterizado, sobretudo, por teorias que são aceitas, em caráter provisório, pela comunidade científica. Dado que as teorias podem ser descartadas ou aprimoradas por esta instituição, reconhece-se que o conhecimento científico é falível e, portanto, mutável.

Segundo essa visão, o processo dinâmico pelo qual os cientistas reavaliam constantemente suas concepções e métodos é o que fornece maior confiabilidade às ciências. Conforme esclarece PITT (2000, p.34), este processo autocrítico garante que, em relação a qualquer conhecimento que seja demandado, o conhecimento que passa pelo crivo da comunidade científica é, em geral, o melhor disponível naquele momento.

Com base nessas noções, é que, apesar de superada a caracterização tradicional do conhecimento científico como associado à certeza e à infalibilidade, permanece, em grande parte das sociedades contemporâneas, o reconhecimento da ascendência epistemológica desse conhecimento sobre os demais. A partir de uma

perspectiva “pragmática”, onde o conhecimento é avaliado de acordo com sua capacidade em proporcionar ações bem sucedidas, o conhecimento científico é altamente valorizado no mundo contemporâneo.

## **2. A Tecnologia**

### 2.1. Uma Definição de Tecnologia

Existem diferentes tentativas de definição de tecnologia. MITCHAM (1994) sugere que qualquer definição adequada deve abranger a tecnologia em seus diferentes modos de manifestação, seja enquanto objeto, atividade ou conhecimento. A tecnologia enquanto **objeto** remete ao modo mais imediato de apreensão do fenômeno tecnológico: os diversos tipos de artefatos criados pelo homem para atender aos mais diversos fins, tais como roupas, utensílios, ferramentas, máquinas, etc.

Além desses artefatos, não se deve desconsiderar que as próprias instituições sociais também podem ser consideradas como ferramentas utilizadas pelo homem para perseguir determinados objetivos. Ressalte-se ainda, no tocante à biotecnologia, que os organismos geneticamente modificados são criações humanas utilizáveis como produtos ou em processos produtivos. Deste modo, numa perspectiva mais abrangente, tanto as instituições sociais como esses organismos devem ser incluídos no rol de elementos que remetem à idéia de tecnologia como objeto.

Enquanto **conhecimento**, a tecnologia designa o conjunto amplo de informações sobre a fabricação, o funcionamento, o uso e efeitos dos objetos tecnológicos<sup>1</sup>. Já a tecnologia como **atividade** remete aos comportamentos humanos envolvidos na utilização ou criação dos objetos tecnológicos, tais como: o

---

<sup>1</sup> A questão do conhecimento tecnológico, pela importância que assume no trabalho, é tratada em uma subseção em separado.

artesanato, a invenção, o desenvolvimento de projetos, a manufatura, o trabalho, a operação e a manutenção desses objetos.

Dada essa variedade de manifestações do fenômeno tecnológico é natural que as definições propostas para a tecnologia sejam ou incompletas - priorizando determinados aspectos desse fenômeno complexo - ou excessivamente genéricas – buscando abranger as diversas nuances da tecnologia sem conseguir, no entanto, estabelecer uma delimitação precisa.

Dentre estas tentativas de definição, talvez a mais largamente difundida seja aquela que define a tecnologia como ciência e engenharia aplicada. Uma primeira objeção quanto a essa delimitação do fenômeno tecnológico seria a de que nem toda tecnologia se baseia integralmente na aplicação de um conhecimento científico prévio. Porém, no que tange à tecnologia moderna, essa objeção parece perder força tal o vínculo demonstrado por grande parte dos recentes avanços tecnológicos e o desenvolvimento científico – vínculo, este, reforçado a partir do segundo pós-guerra.

Especificamente quanto ao conhecimento em engenharia - dado que este é um conhecimento específico para cada tarefa e direcionado para o uso e produção de artefatos que devem atender a fins pré-determinados – ele não se confunde com o conhecimento científico, entendido como aquele voltado genericamente à explicação e à previsão e revestido de um elevado grau de abstração.

Com relação aos outros tipos de conhecimento tecnológico, que não os relativos às engenharias, a distinção entre os conhecimentos científico e tecnológico é ainda mais flagrante. A título de ilustração, as pessoas que fazem a manutenção de microcomputadores caseiros em nosso país muitas vezes não têm uma formação em engenharia ou em disciplinas científicas. No entanto, elas detêm um conhecimento tecnológico sobre o funcionamento do computador, desenvolvido a partir de experiências de tentativa e erro ou imitação, que lhes permite, eficazmente, corrigir falhas que impedem a adequada utilização desse tipo de artefato –

conhecimento este que não se limita à aplicação de um conhecimento científico prévio.

Também não se pode desconsiderar as diversas inovações em produtos e processos que não se reduzem à aplicação de um conhecimento científico previamente disponível. Diversas invenções continuam sendo patenteadas por empresas ou pessoas que não detêm e não se utilizam de um conhecimento científico especializado.

Mas o problema mais fundamental que aquela definição carrega, que impede a sua adoção neste trabalho, é o de que não traduz a relevância e abrangência da tecnologia na civilização moderna. Ela reduz o fenômeno da tecnologia aos objetos tecnológicos, desconsiderando a peculiaridade do conhecimento tecnológico e, principalmente, a dimensão social desse fenômeno – o que a caracteriza como uma visão instrumentalista da tecnologia.<sup>2</sup>

Por sua vez, através de uma apreciação mais cuidadosa sobre as relações entre ciência e tecnologia, que suplanta a comum associação das tecnologias às ferramentas mecânicas, Joseph Pitt propõe uma distinta abordagem sobre tecnologia a qual se mostra frutífera para a investigação a que nos propomos e que, por este motivo, será adotada no decorrer do trabalho.

Na visão de Pitt, uma ferramenta é concebida como um meio para facilitar a obtenção de um determinado fim. Nesse sentido, pode-se entender que os governos, as organizações e as hierarquias sociais também são ferramentas. Ou seja, esta concepção se baseia na idéia de que nem todas as ferramentas que a humanidade criou são ferramentas mecânicas.

Assim, ele propõe a definição de tecnologia como “humanidade trabalhando” [ *humanity at work* ]. Segundo PITT (2000, p.12): *“As ferramentas, elas próprias, não são a tecnologia; é o uso que lhes tem sido dado o que caracteriza uma*

---

<sup>2</sup> Sobre a visão instrumentalista da tecnologia, ver BORGMANN (1984, pp. 10-11).

*tecnologia e são as pessoas que fazem essa opção por algum uso para algum propósito."*

Essa concepção de tecnologia prioriza a manifestação da tecnologia enquanto atividade humana sem descartar, contudo, a apreciação sobre o conhecimento e os objetos tecnológicos – requisitos, que são, para essa atividade. Trata-se de uma definição que proporciona uma análise mais ampla sobre o fenômeno tecnológico sem, contudo, implicar na assunção de um determinismo tecnológico<sup>3</sup>.

Não há aqui a pretensão de defender que esta concepção corresponda a uma noção completa ou definitiva sobre tecnologia. Ela é adotada, simplesmente, por se mostrar adequada para a investigação a que nos propomos. De fato, é uma definição propiciadora de um entendimento abrangente sobre o fenômeno tecnológico que permite uma análise mais cuidadosa da relação entre ciência e tecnologia e não desconsidera a influência humana sobre os efeitos das tecnologias.

## 2.2. Tecnologia e Ciência

Joseph Pitt aponta as seguintes perspectivas errôneas, embora comumente adotadas, sobre as relações epistemológicas entre ciência e tecnologia:

- 1) uma distinção entre conhecimento teórico e prático, onde a ciência representa o lado do conhecimento teórico "puro" e a tecnologia o do conhecimento prático; e
- 2) uma caracterização da tecnologia como conhecimento hierarquicamente inferior ao conhecimento científico (pela suposta "pureza" deste último).

Essas caracterizações seriam inadequadas pelas seguintes razões: a) o vínculo entre tecnologia e ciência não é historicamente generalizável pois, como já dissemos, muitas tecnologias não se baseiam em um conhecimento científico e

---

<sup>3</sup> A expressão "determinismo tecnológico" designa uma visão sobre o fenômeno tecnológico, onde a tecnologia é caracterizada como uma força autônoma que molda os valores e a sociedade e que é dificilmente contida.

teórico prévio; b) a prática científica é orientada por pressupostos teóricos e metodológicos e por pré-concepções sob os domínios investigáveis<sup>4</sup>, de modo que seus produtos são "contaminados" por essas pressuposições; c) a prática científica é cada vez mais dependente de montantes elevados de recursos, sendo viabilizada por meio de investimentos de fundos governamentais e de investimentos privados - assim os interesses políticos e sócio-econômicos exercem uma influência crescente sobre os rumos da produção científica, comprometendo a idéia de que não há outros interesses envolvidos na atividade científica que não o da pura busca pelo conhecimento.

É reconhecido que algumas tecnologias são resultantes da aplicação do conhecimento científico, mas, conforme já comentado, isto não bastaria para exaurir a caracterização de tecnologia, mesmo na sua expressão moderna. Há de se ressaltar, inclusive, que a visão da atividade científica proposta por Kuhn, abriu portas para considerações sobre a contribuição de avanços tecnológicos para o desenvolvimento de novas teorias e paradigmas bem como para o seu confronto com evidências empíricas usualmente obtidas por meio de experimentação - comprometendo a idéia da necessária anterioridade da ciência em relação à tecnologia.

Além disso, numa visão ampla sobre tecnologias, como a que é desenvolvida por Pitt, a comunidade científica, enquanto instituição social, também é uma forma de tecnologia. Atualmente, a burocracia institucional da ciência condiciona o que é ou não aceitável em matéria de ciência moderna. Esta burocracia envolve fatores tais como os fundos de financiamento público e/ou privado, avaliação inter-pares, competição na carreira, periódicos e o processo educacional.

Muitos desses fatores podem ser entendidos como mecanismos utilizados e manipulados para alcançar determinados fins. Ou seja, segundo uma visão ampla do fenômeno tecnológico que não restringe as tecnologias às ferramentas mecânicas, a utilização dessas ferramentas sociais também se constitui em tecnologia. Assim, pode-se concluir que as tecnologias estão envolvidas com a própria produção do

---

<sup>4</sup> O que remete à noção de "Imagens de Ciência" em ABRANTES (1998).

conhecimento científico, não somente no contexto da experimentação, mas também no tocante ao aspecto institucional da ciência.

Segundo Pitt, uma adequada caracterização da relação entre ciência e tecnologia deve refletir o fato de que o progresso na ciência moderna demanda uma infra-estrutura tecnológica. Dever-se-ia, assim, ressaltar a relevância da infra-estrutura tecnológica nas reconstruções a respeito da atividade científica, dos seus produtos e de sua dinâmica.

### 2.3. Conhecimento Tecnológico

O conhecimento tecnológico pode ser entendido, em contraste com o conhecimento dos fenômenos da natureza, como tendo por objeto específico as criações humanas e ações a elas relacionadas. Em uma visão que não reduz o conhecimento tecnológico ao conhecimento em engenharia, o conhecimento em tecnologia é entendido como abrangendo a criação, uso, funcionamento e efeitos dos diferentes tipos de objetos tecnológicos.

Segundo MITCHAM (1994, p.193), estariam subsumidas sob o conceito de “conhecimento tecnológico”:

- I) **Habilidades sensório-motoras** – habilidades de produzir e usar tecnologias adquiridas intuitivamente, por tentativa e erro ou por imitação;
- II) **Máximas técnicas** – regras advindas de trabalhos pré-científicos que buscam informar sobre práticas bem sucedidas - como, por exemplo, as regras traduzidas em livros de receitas;
- III) **Regras tecnológicas** – regras sobre tecnologias formuladas a partir de experiências diretas, as quais não observam uma integração sistêmica dentro de um arcabouço teórico;
- IV) **Teorias tecnológicas** – de acordo com Mario Bunge <sup>5</sup>, essas teorias são de dois tipos:

---

<sup>5</sup> Citado em MITCHAM, 1994, pp. 193-194.

- a) *Teorias tecnológicas substantivas* - aplicações de teorias científicas a situações mais particulares e menos abstratas - como no caso da eletrônica enquanto aplicação da teoria da eletricidade. Essas teorias tecnológicas substantivas correspondem às chamadas ciências da engenharia e constituem-se em ciência aplicada no sentido estrito;
  
- b) *Teorias tecnológicas operativas* – aplicação de métodos científicos para desenvolver teorias tecnológicas sobre a ação, direcionadas à utilização prática, tais como as teorias de decisão e as teorias de projeto [ *design* ].

Adotando a definição de conhecimento dada por Platão, como crença verdadeira e justificada, Carl Mitcham conclui que as crenças “verdadeiras” sobre a fabricação e o uso de objetos tecnológicos podem ser justificadas pelo apelo a essas habilidades, máximas, leis ou teorias. Portanto, dependendo do tipo de justificação aceita, estariam em jogo diferentes tipos de conhecimento tecnológico.

### **3. Um Enfoque Epistemológico em Filosofia da Tecnologia**

Joseph Pitt lembra que a abordagem da tecnologia feita pelos filósofos contemporâneos é caracterizada, principalmente, pela análise crítica dos efeitos sociais das tecnologias. Esta crítica social é feita, basicamente sob três formas: 1) críticas baseadas principalmente em considerações ideológicas; 2) críticas baseadas em projeções das conseqüências de se aceitar uma tecnologia ou do desenvolvimento de um novo projeto tecnológico; 3) uma combinação dessas duas críticas.

Com relação à crítica ideológica, considera-se que esta pouco contribuiria para uma análise imparcial das vantagens e desvantagens de uma tecnologia. Em relação à segunda modalidade de crítica, Pitt sugere que é necessário explicitar e

discutir os pressupostos epistemológicos subjacentes às antecipações sobre efeitos da tecnologia, ao invés de, simplesmente, se adotar crenças fragilmente justificadas sobre esses efeitos como fundamento para críticas à tecnologia.

Por esta razão, o autor defende uma precedência da discussão epistemológica em relação à avaliação crítica sobre benefícios ou malefícios de uma dada tecnologia. De acordo com Pitt:

*"Compreender o que sabemos sobre tecnologia e compreender como nós sabemos que o que sabemos é confiável são os pré-requisitos para oferecer avaliações relevantes sobre os efeitos de tecnologias e inovações tecnológicas no nosso mundo e nas nossas vidas" (PITT, 2000, p. viii).*

Esse enfoque epistemológico em filosofia da tecnologia, cuja importância é ressaltada por Pitt, é adotado neste trabalho. É uma forma limitada de apreciação sobre o fenômeno tecnológico que se circunscreve aos aspectos epistemológicos suscitados por esse fenômeno, principalmente no que se refere à natureza do conhecimento envolvido na criação, utilização e avaliação de tecnologias e aos pressupostos epistemológicos suscitados por análises críticas sobre tecnologias.

Focalizar as questões epistemológicas ao invés de se limitar ao campo das críticas sociais possibilita um estudo mais completo e aprofundado em filosofia da tecnologia. Além disso, muitos dos conflitos envolvendo posições contrárias e favoráveis a certas tecnologias envolvem, na verdade, uma tensão entre diferentes convicções epistemológicas quanto a elementos a serem considerados para efeito de uma avaliação adequada sobre a segurança de uma dada tecnologia.

Por exemplo, nos debates travados sobre a segurança na implantação de usinas para a geração de energia nuclear, tanto no Brasil como no exterior, os técnicos que defendem a segurança no emprego dessa tecnologia parecem adotar em seus discursos padrões epistemológicos provenientes da prática da engenharia. Por sua vez, o discurso dos grupos e indivíduos que demonstram insegurança

quanto a efeitos danosos para a saúde humana e para o meio ambiente parecem invocar padrões de análise mais rigorosos, mais amplos e menos definidos.

### 3.1. A Filosofia da Ciência como Modelo para a Filosofia da Tecnologia

Dentro dessa perspectiva epistemológica em filosofia da tecnologia, Pitt propõe uma investigação mais detalhada sobre a natureza do conhecimento tecnológico baseada na identificação de conceitos em filosofia da tecnologia correlatos aos identificados pela filosofia da ciência como caracterizadores da natureza da atividade científica. Trata-se de uma estratégia de investigação filosófica que, partindo da intuitiva proximidade entre os fenômenos científico e tecnológico e do reconhecimento do maior desenvolvimento da filosofia da ciência, propõe a utilização da filosofia da ciência como modelo para a investigação epistemológica em filosofia da tecnologia.

A filosofia da ciência freqüentemente relaciona como elementos fundamentais para a caracterização da ciência: o papel da comunidade científica; a estrutura das teorias científicas; as leis científicas; a explicação/previsão científica e a metodologia científica. Deste modo, sugere-se uma apreciação sobre o fenômeno tecnológico que investigue elementos correlatos tais como: a) o papel exercido pela comunidade tecnológica; b) a natureza e estrutura das teorias tecnológicas; c) a função e estrutura das leis tecnológicas; d) as explicações e previsões tecnológicas; e e) a metodologia tecnológica.

Neste capítulo, já foi discutida, brevemente, a natureza das teorias tecnológicas. Passa-se, em seguida, a alguns poucos comentários sobre a noção de comunidade tecnológica, sendo que o tópico das leis, explicações e previsões tecnológicas será detalhadamente analisado no próximo capítulo. Ressalte-se ainda que a discussão sobre metodologias tecnológicas se restringe, neste trabalho, às metodologias adotadas para a previsão de efeitos de tecnologias e será contemplada na investigação sobre a Análise de Risco.

No que concerne à investigação sobre a existência de uma contraparte à comunidade científica, no tocante à tecnologia, Pitt lembra que, segundo o entendimento comum, a tecnologia estaria associada a artefatos. Contudo, os artefatos são o resultado final de um processo, de modo que, para se achar um paralelo em tecnologia à comunidade científica, deve-se focar o processo que leva à produção de artefatos e identificar os indivíduos e suas funções nesse processo.

O conceito correlato ao de cientista deve, como o próprio conceito de cientista o faz, indicar o criador e repositário do conhecimento, no caso da tecnologia. Adicionalmente, da mesma forma com que o cientista deve saber como interferir na natureza para obter conhecimento, o “tecnólogo” deve saber como os mecanismos atuam e como combiná-los para produzir novos mecanismos.

Assim, Pitt aduz que a contraparte tecnológica ao conceito do cientista contemporâneo é o conceito de engenheiro. A comunidade de engenheiros é composta por este grupo de indivíduos detentores do conhecimento sobre o desenvolvimento e a construção de mecanismos utilizados na transformação do ambiente natural, social ou doméstico, para atender às mais diversas necessidades.

## CAPÍTULO 2

### LEIS, EXPLICAÇÕES E PREVISÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

Dando continuidade à exploração de conceitos correlatos em filosofia da tecnologia aos discutidos pela filosofia da ciência, neste capítulo busca-se analisar de maneira mais detalhada a natureza das leis, explicações e previsões no âmbito da tecnologia. Com este objetivo, faremos, inicialmente, um apanhado geral sobre a natureza das leis, explicações e previsões científicas, segundo reconstruções filosóficas que se tornaram referência na área.

Em especial, será considerada a admissibilidade de explicações técnicas e tecnológicas constituídas sob o modelo indutivo. Feitas essas ponderações, partiremos para uma análise pormenorizada sobre as previsões tecnológicas, complementando assim a abordagem proposta por Joseph Pitt em filosofia da tecnologia<sup>6</sup>.

A investigação sobre a natureza das previsões tecnológicas é, a nosso ver, um requisito para análises críticas mais consistentes sobre argumentos favoráveis ou contrários a determinadas tecnologias. Tal discussão mostrar-se-á também relevante para a abordagem da Análise de Risco segundo uma perspectiva epistemológica em filosofia da tecnologia, bem como para um estudo epistemológico do Princípio da Precaução.

#### **1. Leis, Explicação e Previsão em Ciência**

##### 1.1. Leis e Explicação em Ciência

Segundo SALMON (1992, p.17), uma lei é uma regularidade que se mantém através do universo. O enunciado de uma lei seria apenas um enunciado sobre a

---

<sup>6</sup> Como já assinalado no início deste trabalho, Pitt não avança nesse ponto, o que nos pareceu curioso. Em troca de mensagens com o autor, este informou que realmente não teve interesse em adentrar na questão da previsão em tecnologia, em sua obra *Thinking about Technology*. Contudo, mostrou-se inteiramente de acordo com a idéia desenvolvida neste trabalho de investigar as previsões sobre tecnologia em contraposição às previsões científicas como uma continuidade natural do seu enfoque em filosofia da tecnologia.

existência dessa regularidade. Conforme ensina ABRANTES (1999, p.15), as leis científicas são descritas por enunciados universais que não especificam coordenadas de espaço e tempo.

Esses enunciados podem assumir as seguintes formas lógicas: a) no caso de leis determinísticas - "*todos os casos de p são casos de q*" ou b) no caso de leis estatísticas - "*a probabilidade para um caso de p ser um caso de q é r*"<sup>7</sup>. Enquanto enunciados sem restrição de espaço ou tempo, as leis científicas não podem ser verificadas por um número finito de observações, de modo que elas sempre vão além dos dados empíricos disponíveis.

Por sua vez, o ato de explicar denota, de forma geral, a atribuição de causa ou razão para um determinado fenômeno ou para um conjunto destes. Apesar de também poder tomar a forma de simples descrições, a explicação geralmente subentende a menção a leis ou a relações de causalidade.

A análise filosófica distingue diversos tipos de explicação, que variam de acordo com as formas de questionamento feitas - "o que é?", "por quê?", "para quê" ou "como?" - e de acordo com o âmbito em que o questionamento se coloca - seja, por exemplo, no campo científico, técnico, artístico ou religioso. A explicação científica remete a um tipo especial de explicação feita com base em leis e teorias aceitas pela comunidade científica<sup>8</sup>. Ela busca estabelecer relações entre os fatos, sempre em conformidade com a dimensão teórica própria do conhecimento científico.

É importante distinguir a explicação sobre por que um determinado fenômeno ocorre de dar razões para se acreditar que ele ocorre (confirmação). Segundo exemplo que Salmon apresenta, o fato de que a luz proveniente das

---

<sup>7</sup> Não pretendemos discutir o relevante tópico, em filosofia da ciência, de como distinguir leis científicas genuínas de meras generalizações acidentais. Limitamo-nos a assinalar que, para efeito da diferenciação das leis científicas de simples generalizações acidentais, existem duas características básicas que são atribuídas exclusivamente às leis: 1) as leis genuínas devem servir de base para condicionais contrafáticos; 2) uma lei científica deve estar situada em um contexto teórico ou fazer parte de uma rede de generalizações empíricas – de forma que as leis científicas são deduzíveis a partir de outras leis ou teorias.

<sup>8</sup> A explicação científica é freqüentemente caracterizada como aquela construída a partir de leis científicas. Contudo, há filósofos que defendem a existência de legítimas explicações científicas que não se baseiam em leis.

galáxias distantes tende para o vermelho apenas confirma que as galáxias estão se afastando, mas não explica o porquê das galáxias se comportarem assim (SALMON, 1992, p.8).

Uma reconstrução filosófica influente das explicações científicas as considera enquanto argumentos - estes entendidos como uma simples seqüência de enunciados - dentre os quais um é designado como a conclusão do argumento e os demais como suas premissas. Assim, qualquer explicação pode ser reconstituída como um argumento contendo duas partes: o *explanans* e o *explanandum*. Este último termo remete ao enunciado a ser explicado, que tanto pode ser de um fato singular como de uma lei. Já o *explanans* é constituído por enunciados sobre fatos singulares e/ou leis, que são invocados para explicar o *explanandum*<sup>9</sup>.

No contexto dessa reconstrução, os argumentos relevantes podem ser de tipo dedutivo ou indutivo. Passa-se à enunciação de quatro características desses argumentos que serão importantes para a discussão subsequente<sup>10</sup>:

#### DEDUÇÃO:

- 1) *Caráter Não-Ampliativo* - Em um argumento dedutivo válido, a conclusão está presente, ainda que de forma implícita, nas premissas;
- 2) *Preservação da Verdade* - Se as premissas forem verdadeiras, a conclusão necessariamente será verdadeira. A dedução válida é, necessariamente, preservadora da verdade;
- 3) *À Prova de Erosão* - Se novas premissas forem adicionadas a um argumento dedutivo válido (e nenhuma das premissas originais for modificada ou suprimida) o argumento permanece válido.
- 4) *Validade do Argumento sem Graduações* - A validade de um argumento dedutivo não admite graduação. Ou o argumento é (totalmente) válido ou é inválido.

#### INDUÇÃO:

- 1) *Caráter Ampliativo* - A conclusão de um argumento indutivo vai além do que está contido nas suas premissas;
- 2) *Não preservação da verdade* - Um argumento indutivo válido pode ter premissas verdadeiras e uma falsa conclusão;
- 3) *Sujeição a "erosões"* - A introdução de novas premissas pode comprometer totalmente um argumento indutivo. A indução não é à prova de erosões;

- 4) *Graus de Força* - Os argumentos indutivos apresentam diferentes graus de força. Em algumas induções, as premissas suportam as conclusões mais fortemente que em outras. No caso de argumentos indutivos válidos, se as premissas forem verdadeiras (e incorporarem todo conhecimento relevante) a conclusão é provável.

---

<sup>9</sup> Para efeito de uma análise mais cuidadosa, quando se quer mencionar o enunciado do fato ou lei a ser explicado ou dos fatos e leis invocados para efeito da explicação fala-se, respectivamente em *explanandum-enunciado* e *explanans-enunciado*. Por sua vez, quando se quer referir ao próprio fato ou lei que se busca explicar ou aos próprios fatos ou leis utilizados para a explicação, fala-se, respectivamente em *explanandum-fato* e *explanans-fato*. É comum denominar a referência de um enunciado sobre um fato particular como um evento ou ocorrência. Salmon ressalta que os eventos que se apresentam no mundo são muito complexos, sendo improvável que se consiga descrever todos os aspectos da ocorrência. Deste modo quando se fala em um fato particular, deve-se compreender que essa expressão designa um número reduzido de aspectos do evento em questão.

<sup>10</sup> Baseado em SALMON, 1992, p. 11.

### 1.1.1. O Modelo Nomológico-Dedutivo de Explicação

O modelo nomológico-dedutivo (N-D) é uma tentativa de reconstruir e esclarecer o caráter e a estrutura da explicação científica, proposta, inicialmente, por Carl G. Hempel e Paul Oppenheim<sup>11</sup>. Nesse tipo de reconstrução, o *explanandum* (no caso de ser um enunciado factual) é deduzido de uma lei geral e de determinados enunciados fáticos (*explanans*), dentro de uma estrutura argumentativa logicamente válida. Simbolicamente:

$$\frac{(x) F_x \prod G_x}{F_a} \\ \hline G_a$$

Esse modelo também pode ser utilizado para a reconstrução de explicações de leis científicas determinísticas. Neste caso, o *explanandum* é um enunciado universal de uma lei determinística que é deduzido a partir de enunciados universais de outras leis determinísticas mais abrangentes. Como exemplo, a explicação sobre a lei de conservação do momento linear pode ser reconstruída na forma de um argumento onde o enunciado dessa lei é deduzido a partir dos enunciados da segunda e terceira leis de Newton. É de se ressaltar que, diferentemente da reconstrução de explicações sobre fatos, na reconstrução das explicações sobre leis, o *explanans* não apresenta enunciados singulares.

ABRANTES (1999, pp. 18-19) diferencia as condições lógicas para a explicação, segundo o modelo N-D, das condições epistêmicas. As condições lógicas são: a) o *explanandum* deve ser uma conseqüência lógica do *explanans*; e b) o *explanans* deve ser constituído por leis e condições antecedentes ou iniciais (no caso de explicação de fatos).

---

<sup>11</sup> Hempel, Carl G. and Paul Oppenheim (1948), "Studies in the Logic of Explanation", *Philosophy of Science* 15: 135-175. Reimpresso em Hempel (1965b) *Aspects of Scientific Explanations and Other essays in the Philosophy of Science*.

Por sua vez, as condições epistêmicas destacadas são as seguintes:

- 1) O *explanans* deve ter conteúdo empírico - os enunciados devem ser passíveis de testes através de experimentos ou observações, não se admitindo proposições analíticas ou metafísicas;
- 2) As sentenças que constituem o *explanans* devem ser verdadeiras (ou bem confirmadas);
- 3) As premissas do *explanans* devem ser estabelecidas independentemente do fato explicado;
- 4) As premissas do *explanans* poderiam ser utilizadas para a previsão;
- 5) As premissas da explicação devem ser compatíveis com leis e teorias bem estabelecidas.

### 1.1.2. Críticas ao Modelo Nomológico-Dedutivo de Explicação

Após uma década de aparente consenso sobre o modelo, começaram a ser apresentadas críticas no sentido de que as condições impostas pelo modelo N-D não são suficientes para assegurar a exclusão de explicações consideradas ilegítimas ou a inclusão de todas as legítimas, propostas nas diversas ciências. Essas críticas foram feitas através de contra-exemplos que se tornaram clássicos, os quais resumimos a seguir:

#### **a) Contra-exemplo 1 - O mastro da bandeira e sua sombra**

Apesar de se poder deduzir o tamanho de um mastro a partir da extensão da sua sombra e da elevação do sol, dificilmente aceitar-se-ia esse argumento como uma efetiva explicação para o tamanho do mastro - apesar de estar em conformidade com o modelo N-D. Esse contra-exemplo ressalta a aparente inadequação de explicações sobre causas feitas através dos seus efeitos.

#### **b) Contra-exemplo 2 - O barômetro e a tempestade**

Através da leitura de um barômetro em funcionamento é possível prever a ocorrência de uma tempestade - porém a queda da coluna de mercúrio no barômetro não explica, por si só, a tempestade. Por outro lado, a profunda queda na pressão atmosférica explica tanto a tempestade como a queda da coluna de mercúrio. O que esse contra-exemplo pretende demonstrar é que há vezes onde se verificam dois efeitos correlacionados, decorrentes de uma

mesma causa, e que, nesse caso, não se pode explicar um efeito com base no outro.

**c) *Contra-exemplo 3 - O eclipse solar***

Das posições atuais do sol, da lua e da terra, através das leis da mecânica, pode-se prever um futuro eclipse total do sol. As mesmas premissas podem ser utilizadas para explicar a ocorrência do eclipse. Contudo, não é adequado utilizar essa mesma estrutura argumentativa (válida segundo o padrão nomológico-dedutivo) para explicar eclipses no passado - pois não é viável explicar um fenômeno com base em condições posteriormente verificadas.

**d) *Contra-exemplo 4 - O homem e a pílula***

Nesse contra exemplo, cogita-se a hipótese de um homem que explica a sua falha em engravidar pelo fato de estar tomando pílulas anticoncepcionais (a explicação se baseia na generalização de que qualquer homem que toma pílula anticoncepcional não pode engravidar). Pretende-se com isso demonstrar que é possível construir argumentos dedutivos válidos e com premissas verdadeiras, mas com informação irrelevante.

**e) *Contra-exemplo 5 - A mancha de tinta***

Suponhamos que diante da pergunta sobre como uma mancha de tinta apareceu no tapete de escritório respondamos que: *"havia um vidro de tinta preta no canto de uma mesa próxima, o qual foi derrubado despercebidamente pelo cotovelo de um professor que o estava utilizando"*. Apesar de essa explicação ser aceitável, ela não se enquadra no modelo N-D, pois não remete a nenhuma lei. Deste modo, fica sugerido que explicações usualmente aceitas enquanto tal sejam reconstruíveis sem o apelo a leis, por um modelo que se pretende geral de explicação.

Além desses contra-exemplos, faz-se ainda necessário mencionar o problema suscitado pelas explicações funcionais para o modelo nomológico-dedutivo. Essas explicações, muito presentes em ciências que tratam de sistemas organizados tais como a biologia ou a ecologia, também não admitem essa reconstrução lógica.

**1.1.3. *Dois Padrões de Explicação Estatística***

Hempel e Oppenheim já sugeriam que nem todas as explicações científicas podem ser reconstruídas pelo modelo nomológico-dedutivo. As leis estatísticas ocupam um papel de destaque na ciência contemporânea, de modo que explicações do tipo estatística são muito freqüentes. Consoante isso, Hempel distinguiu dois

modelos de explicação estatística: o estatístico-dedutivo (E-D) e o estatístico-indutivo (E-I).

No padrão E-D, leis estatísticas são explicadas pela sua dedução a partir de leis estatísticas mais abrangentes. Trata-se de uma estrutura argumentativa em muito similar às explicações de leis no modelo N-D, em que ao invés de leis determinísticas, constam do *explanans* e do *explanandum* leis estatísticas.

Já o tipo de explicação E-I submete situações particulares a leis estatísticas (similarmente ao modo com que, no padrão N-D, eventos particulares são subsumidos sob leis universais). Na explicação E-I, porém, a relação entre premissas e conclusão é do tipo indutiva e não dedutiva. O exemplo dado por Hempel é o seguinte:

**Exemplo 1**

- *Quase todos os casos de infecção por streptococcus são solucionados rapidamente após a administração de penicilina.*
  - *Jane Jones teve uma infecção por streptococcus.*
  - *Jane Jones recebeu tratamento com penicilina.*
- 
- 
- *Jane Jones se recuperou rapidamente.* [r]

Trata-se de um tipo de explicação onde no *explanans* figura o enunciado de uma regularidade estatística, além de enunciados singulares (que descrevem fatos), e o *explanandum* é um enunciado singular que descreve o fato a ser explicado. Enquanto no modelo N-D o *explanandum* é deduzido das premissas, no modelo E-I, o *explanandum* é induzido das premissas.

A dupla linha representa uma relação de suporte indutivo e a variável *r* designa a força desse suporte. Segundo Salmon, "*Essa força de suporte pode ser expressa exatamente como um valor numérico de uma probabilidade ou, vagamente, através de frases como 'muito provável' ou 'quase certo' "* (SALMON, 1992, p.25).

Menciona-se que Hempel foi o primeiro a noticiar um problema fundamental com a explicação estatística. No exemplo 1, considerando que certas amostras da bactéria *streptococcus* são resistentes à penicilina, poder-se-ia construir o seguinte argumento indutivo:

Exemplo 2:

- *Quase nenhum caso de infecção por streptococcus resistentes à penicilina é solucionado rapidamente após a administração de penicilina;*
  - *Jane Jones teve uma infecção por streptococcus resistentes à penicilina*
  - *Jane Jones recebeu tratamento com penicilina.*
- 
- 
- [r]
- *Jane Jones não se recuperou rapidamente.*

O que é importante notar em relação a este último argumento, comparando-o com o do exemplo 1, é que as premissas dos dois argumentos são mutuamente compatíveis – todas podem ser verdadeiras ao mesmo tempo. Porém as suas conclusões se contradizem. Esse é um tipo de situação inadmissível em argumentos dedutivos.

Hempel chamou esse problema peculiar das explicações do tipo E-I de “*problema da ambigüidade*”. Isso ocorre porque, enquanto os argumentos dedutivos são à prova de erosão (o argumento permanece válido se outras premissas são adicionadas), fortes argumentos indutivos podem ser comprometidos pela adição de uma ou mais premissas.

Hempel buscou resolver o problema da ambigüidade através do *requerimento de máxima especificidade (RMS)*. A idéia básica é a de que, na construção de explicações do tipo E-I, deve-se incluir no *explanans* todo o conhecimento relevante disponível antes do fato a ser explicado, sob pena do argumento indutivo não ser válido. Deste modo, no argumento do exemplo 1, se é disponível a informação de que a infecção de Jane é causada por uma bactéria resistente à penicilina, o argumento não poderia ser qualificado como válido.

Assim, propõe-se uma generalização das condições epistemológicas e lógicas de adequação propostas anteriormente para explicações segundo o modelo N-D, de modo a servir, também, para o E-I:

- 1) A explicação deve ser um argumento (dedutivo ou indutivo) válido sob o ponto de vista lógico;
- 2) O *explanans* deve conter ao menos uma lei (determinística ou estatística) e ela deve ser realmente utilizada para inferir-se o *explanandum*;
- 3) O *explanans* deve ter conteúdo empírico - os enunciados devem ser passíveis de testes através de experimentos ou observações, não se admitindo proposições analíticas ou metafísicas;
- 4) As sentenças que constituem o *explanans* devem ser verdadeiras (ou bem confirmadas);
- 5) As premissas do *explanans* devem ser estabelecidas independentemente do fato explicado;
- 6) As premissas do *explanans* poderiam ser utilizadas também para a previsão;
- 7) As premissas da explicação devem ser compatíveis com leis e teorias bem estabelecidas.
- 8) A explicação deve satisfazer o requerimento de máxima especificidade.

Essa reconstrução filosófica das explicações científicas tornou-se referência por ter sido recebida com grande aprovação pela maioria dos filósofos da ciência na segunda metade da década de 60 e no início da década de 70. Há, porém, problemas com as explicações de tipo E-I (além dos já apontados para o tipo N-D), conforme analisaremos a seguir.

#### 1.1.4. Críticas ao padrão E-I de Explicação Científica

Do mesmo que a crítica ao modelo nomológico-dedutivo, o padrão de explicação do tipo Estatístico-Indutivo sofreu críticas através de notórios contra-exemplos, alguns dos quais são a seguir explicitados:

### a) C1 - Contra-exemplo "Psicoterapia"

Bruce Brown tem sintomas de problemas neuróticos. Ele se submete à psicoterapia e seus sintomas desaparecem. Assim, poder-se-ia criar o seguinte argumento do tipo indutivo para explicar esse fato:

- *A maioria das pessoas que têm sintomas neuróticos do tipo N e que se submetem a tratamento psicoterápico vêm-se livres desses sintomas.*
- *Bruce Brown teve um sintoma neurótico do tipo N e se submeteu à psicoterapia.*

---

---

- *Bruce Brown se viu livre desses sintomas.* [r]

Há, contudo, muitas pessoas que se vêm livre desses sintomas sem se submeterem a tratamento psicoterápico. Portanto, independentemente do valor de  $r$ , se a taxa de recuperação daquelas pessoas que se submetem à psicoterapia não é maior que a taxa de recuperação espontânea, seria um erro considerar o argumento explicitado anteriormente como uma explicação legítima.

O que se busca demonstrar com este contra-exemplo é que a alta probabilidade não é suficiente para uma explicação ser considerada adequada. Por outro lado, se a variável  $r$  não é muito alta, mas superior à taxa de recuperação espontânea, a submissão ao tratamento psicoterápico passa a ter ao menos algum grau de força explicativa. Salmon aduz que **C1** coloca a necessidade de se considerar a exclusão de irrelevâncias na explicação científica. Vimos que Hempel, através de seu requerimento de máxima especificidade, propôs que toda a informação relevante seja considerada na explicação do tipo indutiva-estatística. O presente contra-exemplo coloca como restrição adicional que se excluam informações irrelevantes no modelo E-I.

### b) C2 - Contra-exemplo "Sífilis e Paresis"

Paresis é uma forma de sífilis terciária que somente pode ser contraída por pessoas que passam pelas formas primária, secundária e latente de sífilis, sem o tratamento com penicilina. Assim, uma resposta aceitável à pergunta sobre por que uma determinada pessoa sofre de paresis é a de que ele ou ela foi vítima de sífilis latente não tratada. Porém, somente uma pequena proporção daqueles com sífilis latente não tratada - por volta de 25% - realmente contraem paresis. Portanto, tomada uma pessoa qualquer vítima de sífilis latente não tratada, deve-se inferir que a pessoa não desenvolverá paresis. O contra-exemplo **C2** busca demonstrar que existem legítimas explicações do tipo E-I onde o *explanans* não leva a um *explanandum* altamente provável<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> O contra exemplo **C2** tem importante relação com a tese da simetria da explicação-previsão analisada na próxima seção: apesar da sífilis latente não tratada ser altamente relevante para a ocorrência da *paresis*, ela não torna a *paresis* altamente provável.

### c) C3 - Contra-exemplo "A moeda adulterada"

Suponha-se que uma moeda tenha sido adulterada para tender a cair do lado da cara. A probabilidade de cair cara passa a ser de 95%, contra 5% de cair coroa. A moeda é lançada e cai do lado da cara. Nesta hipótese, é fácil construir uma explicação do tipo E-I que cumpre todos os requisitos. Mas, supondo-se que caia coroa, a explicação do tipo E-I, para este fato, torna-se inviável. Porém, à medida que se compreende o mecanismo envolvido compreende-se também a improbabilidade envolvida em cair cara, mesmo que ela ocorra menos freqüentemente. Segundo Salmon, a "lição" dada por **C3** é a de que *"Se estamos na posição de construir explicações estatísticas de eventos que são altamente prováveis, então nós também possuímos a capacidade de construir explicações estatísticas que são extremamente improváveis"* (SALMON, 1992, p. 29).

## 1.2. Reconstrução Lógica da Previsão Científica

Ao lado da explicação, a previsão é um outro objetivo central da atividade científica. Lembra ABRANTES (1999, p.22) que os proponentes do modelo nomológico-dedutivo sugeriram que a previsão científica pode ser reconstruída como tendo a mesma estrutura lógica da explicação.

A definição que Salmon dá para essa tese da simetria lógica entre previsão e explicação científica é a de que *"qualquer explicação aceitável de um fato particular é um argumento, dedutivo ou indutivo, que poderia ter sido usado para prever o fato em questão se os fatos declarados no explanans tivessem sido disponibilizados antes de sua ocorrência"* (SALMON, 1992, p. 25)<sup>13</sup>.

Deste modo, o que diferencia a previsão científica da explicação é que, naquela, o evento a ser previsto é posterior aos eventos descritos nas condições iniciais contidas nas premissas do argumento enquanto que, na explicação, os eventos descritos nessas condições são posteriores ao *explanandum-fato*. Esta, portanto, é uma distinção pragmática e não lógica.

Várias críticas são feitas à tese da simetria lógica. Em primeiro lugar, objetiva-se que em várias explicações baseadas em relações de causalidade, a causa é

---

<sup>13</sup> Essa simetria permite que se formule uma das condições epistêmicas para explicações aceitáveis. Ver p. 22 (condição 4) e p. 26 (condição 6).

somente necessária para o efeito, não sendo suficiente. Nestes casos, mesmo se conhecendo as causas, não se pode prever o efeito. Existem ainda explicações onde as causas invocadas são suficientes, mas não são necessárias - de forma que, nesses casos, as previsões não pode ser convertidas em explicações.

É importante também ressaltar o problema suscitado pelas explicações do tipo narrativas. Essas explicações não são formuladas a partir de leis e, portanto, não se encaixam no modelo nomológico-dedutivo. Por serem constituídas a partir de causas (ou razões) necessárias mas não suficientes e por não se basearem na aplicação de leis, a essas explicações narrativas não é aplicável a tese da simetria lógica entre previsão e explicação.

### *1.2.1. Predições Estatísticas*

Pode-se sustentar a existência de uma simetria lógica entre explicação e previsão também no modelo estatístico-indutivo<sup>14</sup>. Ou seja, a explicação estatística de um evento  $q$ , segundo um suporte indutivo  $r$ , poderia ser convertida, do ponto de vista formal, numa previsão desse evento. Supondo que os fatos descritos pelas premissas da explicação fossem conhecidos antes do fato a que  $q$  se refere, permitir-se-ia prever, com o mesmo suporte indutivo  $r$ , o evento  $q$ .

A previsão constituída segundo o modelo estatístico é tão mais provável quanto mais conhecimento relevante tiver sido incorporado em suas premissas, devendo-se atender, tal como na explicação estatística, ao requerimento de máxima especificidade.

Previsões estatísticas são largamente invocadas em ciência. Como exemplifica HEMPEL (1965, p.407), em casos de emissão de partículas-beta por átomos que se desintegram, as leis de deterioração radioativa fornecem uma

---

<sup>14</sup> Essas previsões reconstruíveis segundo o modelo indutivo, suscitadas pela primeira vez na dissertação, assumem papel de destaque na discussão desenvolvida neste e nos próximos capítulos sobre previsões tecnológicas, Análise de Risco e interpretações para o Princípio da Precaução.

previsão probabilística dessas emissões, sem uma precisão determinística para cada ocorrência individual.

## **2. Leis, Explicações e Previsões em Tecnologia**

Nesta segunda seção, far-se-á, inicialmente, um resumo da abordagem proposta por Pitt sobre leis e explicações tecnológicas e técnicas para, em um segundo momento, analisar-se criticamente tal enfoque. Nessa crítica será especialmente considerada a admissibilidade de uma reconstrução formal dessas explicações segundo o modelo E-I ou a partir de um simples conjunto de enunciados singulares compondo o *explanans*. Essas considerações preliminares visam auxiliar no estudo, posteriormente desenvolvido, referente às previsões sobre tecnologias.

### 2.1. Leis e Explicações Tecnológicas

Pressupondo-se o modelo nomológico-dedutivo como uma reconstrução lógica da explicação científica e lembrando que o caráter fundamental da explicação científica, segundo este modelo, é a subsunção de um enunciado sobre um fato particular a um enunciado nomológico determinístico cuja justificação já tenha sido estabelecida, Pitt investiga a existência de leis tecnológicas determinísticas que propiciariam uma reconstrução lógica similar da explicação no âmbito da tecnologia (PITT, 2000, p. 43).

Inicialmente, partindo da sua concepção ampla de tecnologia enquanto “*humanity at work*” - a qual engloba as atividades humanas envolvidas na utilização e produção de ferramentas mecânicas ou sociais – ele pondera que as leis tecnológicas não se refeririam, exclusivamente, às ferramentas mecânicas.

As leis tecnológicas seriam principalmente sobre pessoas e suas relações com essas ferramentas, caracterizando-se como matéria de investigação das ciências sociais. Essas leis constituir-se-iam em generalizações sobre: a) relações interpessoais; b) efeitos das instituições sociais sobre as relações interpessoais; ou

c) comportamento dos indivíduos em relação a diversos tipos de ferramentas (mecânicas ou sociais) em diferentes tipos de ambiente (Ibid., p. 44).

Exemplificando esse tipo de abordagem, sugere-se a existência de leis tecnológicas como a que descrevesse o comportamento de um indivíduo ao qual é entregue um martelo: quando a pessoa recebe um martelo, ela testa o equilíbrio do martelo antes de utilizá-lo. O autor reconhece que esse tipo de enunciado sugere mais uma generalização empírica que propriamente uma lei, mas serviria para indicar em que se constituiria uma lei tecnológica (Ibid., p. 44).

Para Pitt, uma primeira razão pela qual a análise e a formulação dessas leis tecnológicas manter-se-ia imprecisa em nossos tempos seria a de que os cientistas sociais dificilmente chegam a um consenso sobre leis capazes de exprimir adequadamente o comportamento do ser humano frente a ferramentas sociais e artefatos em determinadas circunstâncias. Haveria, segundo ele, uma grande quantidade de candidatas a esses tipos de lei, no domínio social - mas, concomitantemente, existiria pouco acordo sobre como escolher dentre elas.

Parte do problema é o fato de que o comportamento humano é dificilmente generalizável e o ambiente onde esse comportamento se desenvolve é constantemente alterado. Dessa forma, por mais que se consiga uma generalização é difícil testá-la, pois a situação à qual ela se refere já estaria provavelmente alterada.

Daí a dificuldade de se adotar um modelo nomológico-dedutivo para a explicação tecnológica: esse modelo pressuporia a formulação de leis determinísticas sobre o comportamento de pessoas e sobre a interação destas com ferramentas sociais e artefatos. Com base nessa dificuldade e na constatação de que, comumente, quando se pede por uma explicação tecnológica deseja-se, na verdade, a explicação sobre como específicas coisas criadas e manufaturadas funcionam - ou seja, detalhes técnicos - Pitt enfoca, de forma mais restrita, as explicações técnicas.

## 2. 2. Explicações Técnicas

Adotando uma distinção conceitual entre tecnologia e técnica - de modo que esta última designaria, exclusivamente, os artefatos mecânicos particularmente considerados, Pitt aborda as explicações técnicas como explicações sobre específicas características ou efeitos de artefatos ou sistemas de artefatos, particularmente considerados (Ibid., p. 49).

Diferentemente da explicação científica, onde há o objetivo de subsumir um evento particular a uma lei universal, na explicação técnica buscar-se-ia a compreensão de um evento particular envolvendo um artefato em termos de outros eventos particulares. Assim, por exemplo, quando se procura uma explicação sobre o motivo pelo qual um dado automóvel não funciona, não se exige referência a uma lei universal sobre o (mau) funcionamento de automóveis - essa explicação é costumeiramente feita com base em enunciados descrevendo eventos particulares.

Supondo que o *explanandum* seja um enunciado sobre o não funcionamento de um determinado automóvel - "*o automóvel de João Jorge não funciona*" - pode-se formular uma explicação técnica que tenha no *explanans*, exclusivamente enunciados singulares do tipo "*não havia combustível no automóvel de João Jorge no momento da ignição*" ou "*não foi dada, antes, a partida na ignição do automóvel de João Jorge*".

Mais do que a simples perspectiva da explicação técnica poder ser feita somente com base em enunciados singulares, Pitt frisa que a demanda inicial quanto a explicações técnicas é por uma estrutura de explicação constituída somente por esse tipo de enunciados (Ibid., p. 45). Ele reconhece que, em última instância, a busca de explicações técnicas pode exigir enunciados nomológicos - mas o que se demanda, usualmente, no que se refere a explicações técnicas, são explicações feitas em termos de outros enunciados singulares.

### 2.2.1. Tipos de Explicação Técnica

Partindo dessa análise, Pitt expõe os três diferentes tipos de casos que suscitam a busca por explicações técnicas:

- 1) Explicações sobre falhas - o artefato falhou em atender às expectativas ("*por que isso não funciona?*");
- 2) Explicações sobre funcionamento - alguém quer saber como um artefato faz as coisas que faz ou alcança os resultados que proporciona ("*como isso funciona?*");
- 3) Explicações sobre conseqüências não pretendidas - o artefato gerou efeitos não pretendidos ("por que aquilo aconteceu?") (Ibid., pp. 45-46).

Respondendo a um possível questionamento oponível a esta taxonomia de explicações técnicas - qual seja o de se as conseqüências não pretendidas poderiam ser reduzidas ao primeiro caso, referente a falhas técnicas - Pitt pondera que tais conseqüências podem tanto se referir a especiais casos de falha como também a especiais casos de sucesso (Ibid., p. 46).

Como exemplo de efeito não pretendido, pode-se pensar na utilização de aviões como armas terroristas, a exemplo do atentado ao *World Trade Center*, ocorrido em 11 de setembro de 2001; como na influência exercida pela *Internet* para a proliferação de grupos sociais vinculados a determinados interesses ou preferências, a despeito dos limites representados pelos Estados Nacionais; ou, como lembrado por Pitt, na contribuição da pílula anticoncepcional para uma maior participação da mulher no mercado de trabalho.

Assim sendo, as conseqüências relevadas segundo esse enfoque, não podem ser confundidas, de uma forma simplista, com falhas - motivo pelo qual as explicações técnicas quanto a conseqüências não pretendidas exigem um tratamento próprio.

## 2.2.2. Estrutura das Explicações Técnicas

### 2.2.2.1. Explicações Técnicas sobre Falhas

Com base nessa caracterização dos três tipos de casos que invocam explicações técnicas, Pitt analisa as estruturas que caracterizam essas explicações. No que se refere às explicações sobre falhas apresentadas por um dado artefato, o autor argúe que *“em princípio, não se pode apelar para uma simples lei tecnológica geral, no espírito de N-D, que explique o que deu errado”* (Ibid., p. 46).

Ele defende que, analisado um número razoável de exemplos concretos sobre falhas de artefatos, verificar-se-á que a explicação completa sobre as falhas apresentadas por cada um dos artefatos constitui-se em uma lista de vários fatores particulares, atuantes em um determinado tempo e lugar, que impedem a generalização sobre fatores causadores de falhas. Essa lista de fatores específicos vai desde condições meteorológicas e utilização de material inadequado até a efetiva participação humana na manipulação do artefato.

Reforçando essa sua concepção, Pitt lembra que, apesar do projeto de *Chernobill* ter sido exatamente o mesmo seguido por vários outros reatores nucleares espalhados pela antiga União Soviética, foi aquele reator, em especial, que apresentou falhas. Esse exemplo demonstraria que tal tipo de explicação deve se referir a um artefato específico e exige a consideração de vários fatores atuantes para a falha no determinado caso concreto - ao invés de apelar para generalizações sobre fatores de falha.

Apesar disso, o discurso dos oponentes a uma determinada tecnologia apelam, implicitamente, a uma espécie de lei determinística para falhas. Deste modo, a falha de um particular artefato é, por vezes, estendida e generalizada a todos os artefatos do mesmo tipo, para que se impeça a sua utilização. Assim, se houve falha em determinados reatores nucleares, conclui-se que todos os reatores nucleares sofrerão falhas. O autor observa que essa análise desconsidera,

principalmente, a participação humana no funcionamento de tecnologias e que essa participação pode variar dependendo de inumeráveis fatores.

Comenta-se a possível objeção de que esse problema da particularidade (entendido como o de que não se pode apelar para uma lei geral que fundamente a explicação, nos moldes do modelo nomológico-dedutivo) igualmente ocorre quando se busca uma explicação científica para qualquer evento específico. Em relação a ela, Pitt admite que uma explicação científica para um evento natural pode também apelar para múltiplos fatores. Entretanto, ele aponta como distinção o fato de que, se por um lado, um evento natural pode demandar uma explicação científica extremamente complexa, a estrutura da explicação final permanece essencialmente a mesma – uma dedução.

Ao seu ver, a explicação científica para um evento natural específico pode ser reconstruída segundo uma estrutura complicada, com várias condições iniciais e diversos tipos de leis. Mesmo assim, o enunciado do evento explicado seria sempre obtido mediante uma dedução, com premissas constituídas por enunciados de leis científicas que atendem a uma coerência quanto a um sistema teórico que as abrange<sup>15</sup>. Em contrapartida, na explicação técnica não haveria a exigência de que cada uma das várias explicações que colaboram para a compreensão do que aconteceu se submeta a uma coerência teórica sistêmica.

#### 2.2.2.2. Explicações Técnicas sobre Funcionamento

Com relação a explicações sobre porque coisas funcionam com sucesso, estas seriam geralmente mais simples. Como lembra PITT (2000, p.47), uma forma adequada e muito utilizada para explicar porque artefatos funcionam da maneira como fazem é considerar, retrospectivamente, o efeito final e sua causa imediata, esta última e sua causa imediata e assim sucessivamente.

---

<sup>15</sup> Deste modo, Pitt sugere que o modelo N-D aplica-se, em princípio, a todos os casos de explicação científica sobre eventos naturais.

Quanto às possíveis objeções de que essa estratégia levaria, em último momento, à explicação em termos de princípios científicos envolvidos no funcionamento do artefato, ou de que ela propiciaria um regresso infinito, Pitt lembra que a explicação técnica: a) não demanda considerações mais aprofundadas sobre conceitos teóricos por ela suscitados (como, por exemplo, a noção de força); e b) se refere sempre aos efeitos específicos de determinado artefato, ou sistema de artefatos.

Assim, essas explicações se fazem sobre porque “este” carro anda ou porque “esta” lâmpada acende - explicações sobre a causa desse carro ou a causa dessa lâmpada referir-se-iam a um diferente tipo de antecedentes causais. Para este autor, as questões técnicas sobre o funcionamento do artefato cessam quando começam as questões sobre a causa do artefato.

#### 2.2.2.3. Explicações Técnicas sobre Conseqüências não Pretendidas [*unintended consequences*]

No tocante a explicações sobre conseqüências não pretendidas, ressalta-se que a falha em se antecipar todas as possíveis conseqüências da introdução de uma nova tecnologia, muitas vezes não se dá meramente por não se ter todo o conhecimento necessário para se fazer predições precisas – a falta de conhecimento, algumas vezes, é a própria causa de um resultado não pretendido surgido da utilização de uma nova tecnologia, ou mesmo de seu desenvolvimento (PITT, 2000, p.49).

Segundo Pitt, o impacto inesperado de uma invenção é freqüentemente resultante da "engenhosidade humana", que se utiliza de uma tecnologia para atingir outros fins e atender a outras necessidades, de forma que não haveria uma relação necessária entre a adoção de uma nova tecnologia e determinados impactos na sociedade:

*“Conseqüências não pretendidas não devem ser vistas necessariamente como uma falha da parte de planejadores e designers. Mais propriamente,*

*dada a habilidade dos seres humanos de pegar novas idéias e objetos e adaptá-los às suas próprias necessidades e objetivos, a ocorrência de conseqüências não pretendidas é um aspecto básico do mundo da tecnologia, do mundo da humanidade trabalhando” (PITT, 2000, p. 49).*

Portanto, esse autor sugere que as explicações técnicas sobre conseqüências não pretendidas podem ser feitas com base em três tipos de fatores: I - falha em se antecipar todas as possíveis conseqüências da introdução de um novo artefato; II - falta de certo tipo de conhecimento por parte dos planejadores; ou III - utilização do artefato para outros fins e utilidades que não os originalmente almejados pelos seus planejadores.

### 2.3. Considerações Críticas sobre o Enfoque de Pitt

#### *2.3.1. Explicações Tecnológicas Estatísticas e Narrativas*

Com relação às explicações tecnológicas, Pitt não descarta, em definitivo, a apreensão de leis tecnológicas determinísticas que possibilitem a reconstrução dessas explicações segundo o modelo N-D. Assim, apesar de explicitar os graves entraves suscitados pela tentativa de formulação de leis tecnológicas pelas ciências sociais, ele admite que, com um maior desenvolvimento dessas ciências, seria viável a reconstrução dessas explicações segundo uma estrutura formal dedutiva.

Essa postura de Pitt parece contradizer todo seu esforço de refutar o determinismo tecnológico. Admitir a hipótese de leis tecnológicas determinísticas sobre a relação de pessoas com mecanismos desconsidera o papel essencialmente criativo desempenhado pela humanidade na sua interação com ferramentas mecânicas e sociais.

Esta "engenhosidade humana", historicamente verificável, faz com que estas ferramentas sejam empregadas de modos e para fins não anteriormente concebidos. Tal constatação parece comprometer a formulação de leis tecnológicas determinísticas e explicações tecnológicas reconstruíveis segundo o modelo N-D.

Por outro lado, este fator não impede que se formulem generalizações estatísticas sobre o comportamento humano diante de ferramentas mecânicas e sociais. Deste modo, pode-se conceber a reconstrução de explicações sobre o comportamento das pessoas em relação a essas ferramentas com base em leis estatísticas, fornecidas pelas ciências sociais, sobre as reações mais prováveis, verificadas em determinadas condições, envolvendo determinado tipo de ferramentas.

É necessário reforçar que a explicação sobre por que uma pessoa, ou um grupo de pessoas, reagiu de um determinado modo a uma determinada tecnologia pode ser reconstruída na forma de explicações narrativas, sem leis envolvidas. Pitt não se aprofunda nesse tópico, mas, efetivamente, admite essa forma de explicação tecnológica que não é baseada em generalizações universais ou estatísticas, mas tão somente em enunciados singulares (PITT, 2000, p.45).

No exemplo que se segue, ilustramos esse tipo de explicação meramente narrativa, que assume a forma de um argumento indutivo enumerativo, imaginando um caso onde se procura explicar a diminuição no número de pessoas que assistiam televisão, em um determinado horário, em uma dada localidade:

- *De janeiro de 2000 a janeiro de 2002, aumentou em 1000 o número de pessoas com acesso à Internet, na cidade de São José;*
- *De janeiro de 2000 a janeiro de 2002, aumentou em 2000 o número de pessoas com videocassete em casa, na cidade de São José.*

- 
- 
- *Na noite de 15 de fevereiro de 2002, registrou-se a queda em 500 no número de pessoas que assistiram televisão às 21h na cidade de São José, comparativamente ao número de pessoas que assistiram televisão nesse horário em 15 de dezembro de 1999.*

### 2.3.2. Explicações Técnicas

Vimos que, para Pitt, as explicações técnicas são feitas em relação a falhas ou funcionamento de determinados artefatos, ou sobre conseqüências não pretendidas que estes tenham gerado. Com relação a todas essas modalidades de explicação técnica, conclui-se que elas não são propriamente feitas em termos de

leis determinísticas - de modo que não poderiam ser reconstruídas segundo o modelo nomológico-dedutivo.

Como uma primeira crítica a esse enfoque, não parece de todo defensável excluir por completo a formulação de leis gerais sobre falhas e, conseqüentemente, a reconstrução dessas explicações com base no modelo N-D. Ao nosso ver, é viável conceber leis determinísticas sobre condições em que um determinado tipo de artefato não funciona adequadamente. Isso é possível pois há casos mais simples de falhas de artefatos que não envolvem, necessariamente, generalizações sobre o comportamento humano.

Imaginemos, por exemplo, generalizações do seguinte tipo: *“automóveis sem combustível não se movem por si só”*; *“computadores sem CPU não processam dados”*; ou *“canetas que não têm tinta não escrevem”*. Seja explícita ou tacitamente, esse tipo de regra tecnológica é usualmente invocado em explicações sobre falhas no funcionamento de artefatos.

Ao excluir explicações baseadas nesse tipo de generalização, Pitt não parece propor, simplesmente, a reconstrução lógica de explicações comumente empregadas sobre falhas de artefatos. Na sua análise, o autor parece já partir da idéia de que as explicações baseadas nessas regras tecnológicas não são explicações técnicas adequadas.

No seu entendimento, as “explicações completas” para cada um dos casos de falha são feitas com base em enunciados singulares sobre fatores específicos relacionados com o determinado artefato (ibid., p.46). Deste modo, sugere-se que a estrutura formal de explicações técnicas sobre falhas seria a de um argumento indutivo enumerativo cujas premissas são, exclusivamente, enunciados singulares. Contudo, é discutível se essas premissas não envolvem, implicitamente, as referidas regras tecnológicas.

Uma outra crítica mais geral quanto à abordagem proposta por Pitt, no que se refere à estrutura das explicações técnicas, é a de que não é discutida a

possibilidade de leis técnicas estatísticas sobre funcionamento, falhas e consequências não pretendidas de artefatos. Esse autor pressupõe o modelo N-D como o único modelo de reconstrução da explicação científica, desconsiderando as explicações científicas estatísticas. Assim, Pitt se limita, na sua estratégia de investigação, a discutir a existência de leis determinísticas no campo da técnica que possibilitassem uma estrutura similar de explicação (segundo o modelo N-D) no tocante às explicações técnicas – desconsiderando a investigação sobre leis técnicas estatísticas.

Essas leis indicariam a probabilidade estatística de que um determinado evento ocorra a partir do uso de um tipo de artefato, sob determinadas condições. Tais leis estatísticas abrem a possibilidade de explicações técnicas sobre enunciados factuais reconstruíveis segundo o modelo estatístico-indutivo ou mesmo a explicação sobre leis técnicas reconstruíveis segundo o modelo estatístico-dedutivo.

### ***3. Previsões Tecnológicas***

As previsões científicas dizem respeito a prognósticos de eventos naturais ou sociais propiciados por um conhecimento de tipo científico. De uma maneira correlata, o que se pretende abranger sob a noção ampla de previsões tecnológicas são as antecipações sobre o funcionamento, falhas e efeitos de ferramentas mecânicas e sociais - previsões, estas, feitas com a participação de um conhecimento tecnológico. Trata-se de matéria não explorada por Pitt e pretendemos dessa forma estender e complementar a sua abordagem em filosofia da tecnologia, de modo a adequá-la aos objetivos deste trabalho.

#### ***3.1. Tipos de Previsões Tecnológicas***

Propomos, aqui, uma taxonomia para as previsões tecnológicas que, apesar de apresentar similaridades com relação à classificação apresentada por Pitt para as

explicações tecnológicas e técnicas, não apresenta uma integral correspondência com aquela<sup>16</sup>:

- **Previsões sobre Funcionamento** - dizem respeito a antecipações: I) das entradas [*inputs*] e saídas [*outputs*] decorrentes do funcionamento dos mecanismos ou sistemas de mecanismos; ou II) do funcionamento interno desses mecanismos, ou sistemas de mecanismos. No primeiro caso, essas previsões informam sobre quais serão os insumos, produtos e subprodutos - materiais ou imateriais - envolvidos no funcionamento do mecanismo. No segundo caso, informa-se como dar-se-á o funcionamento interno dessa tecnologia;

- **Previsões sobre Falhas** – indicam os prognósticos sobre: I) falha a ser apresentada pelo mecanismo, ou por determinados componentes do mecanismo, em fornecer as saídas planejadas, a partir das entradas previamente estimadas, sob certas condições; II) quais seriam os produtos ou subprodutos gerados ou comprometidos em razão de falhas do mecanismo ou de algum de seus componentes.

- **Previsões sobre Efeitos Sociais** – antecipações de efeitos econômicos, políticos ou culturais gerados: I) pelas saídas ou entradas envolvidas no funcionamento do mecanismo ou na possível falha deste; ou II) pelos efeitos ambientais ou sanitários delas decorrentes;

- **Previsões sobre Efeitos Ambientais** - antecipações de efeitos para o meio ambiente gerados: I) pelas saídas ou entradas envolvidas no

---

<sup>16</sup> Dentre as diferenças, não adotarei uma distinção entre previsões tecnológicas e previsões técnicas. Segundo minha leitura de Pitt, há artificialidade na separação entre explicações técnicas e tecnológicas. No que tange às explicações técnicas sobre conseqüências não pretendidas, os exemplos que o próprio Pitt dá remetem a efeitos sociais inesperados e não premeditados gerados por ferramentas mecânicas ou sociais – como a criação de periferias nas grandes cidades em decorrência da construção de automóveis (PITT, 2000, p.49) e a maior possibilidade das mulheres se manterem nas carreiras de trabalho em decorrência da pílula anticoncepcional (Ibid., p.46). Parece haver, assim, uma confusão entre a explicação técnica sobre conseqüências não pretendidas e as explicações tecnológicas, que também dizem respeito a efeito dos artefatos sobre o comportamento humano.

funcionamento do mecanismo ou na possível falha deste; ou II) pelos efeitos sociais ou sanitários delas decorrentes;

- **Previsões sobre Efeitos para a Saúde Humana** – antecipações de efeitos para a saúde humana gerados: I) pelas saídas ou entradas envolvidas no funcionamento do mecanismo ou na possível falha deste; ou II) pelos efeitos sociais ou ambientais delas decorrentes.

Esta classificação busca ressaltar a compreensão de que as previsões tecnológicas sobre efeitos ambientais, sociais ou sanitários se fazem a partir de previsões sobre o funcionamento e sobre falhas dos diversos tipos de engenho. Além disso, a antecipação de cada um desses tipos de efeitos também deve levar em consideração as previsões sobre os outros tipos de efeitos.

Assim, apesar das previsões sobre efeitos de tecnologias se referirem a eventos naturais ou sociais, elas não são feitas, exclusivamente, com base em um conhecimento científico – elas são feitas também a partir de um conhecimento sobre o funcionamento e sobre falhas das tecnologias que não se reduz, necessariamente, a um conhecimento científico. Em todos os tipos de previsões tecnológicas, fazem-se atuantes tanto o conhecimento científico como o tecnológico.

### 3.2. Estrutura das Previsões Tecnológicas

As previsões tecnológicas sobre funcionamento ou falhas devem levar em consideração os diversos usos que podem ser dados aos mecanismos pelo ser humano assim como a capacidade humana para corrigir eventuais desvios no funcionamento destes. Por sua vez, as previsões sobre efeitos da tecnologia, por serem feitas a partir dessas outras previsões, também envolvem o fator humano. Deste modo, todos os tipos de previsão tecnológica envolvem prognósticos sobre o comportamento humano<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Mesmo os casos mais simples de previsões sobre falhas que aparentemente não envolvem o comportamento humano, devem levar em consideração a capacidade humana de corrigir essas falhas. Por exemplo, mesmo que um automóvel esteja sem combustível, não se pode prever que, necessariamente, o carro não andará por si só – deve-se levar em consideração que o carro pode ser reabastecido por ação humana. Assim, diferentemente das explicações técnicas sobre falhas, as previsões tecnológicas sobre falhas não podem ser feitas com base em leis determinísticas.

Conforme já comentado, o papel eminentemente criativo exercido pela humanidade no uso de tecnologias - utilizando-as muitas vezes de modos e para fins não anteriormente concebidos - compromete a formulação de leis tecnológicas determinísticas. Deste modo, é inviável a formulação de previsões tecnológicas a partir dessas leis e, portanto, a reconstrução dessas previsões segundo o modelo nomológico-dedutivo.

Não há óbice, porém, à reconstrução dessas previsões segundo o modelo indutivo. As leis estatísticas atuantes nesse modelo seriam generalizações probabilísticas sobre o provável funcionamento, falhas e efeitos do mecanismo para o meio ambiente, para a saúde humana ou para a sociedade em condições padrão.

Essas leis estatísticas seriam obtidas a partir de hipóteses sobre a frequência de resultados a serem apresentados pelo tipo de mecanismo, sob determinadas condições – hipóteses, estas, que seriam revistas conforme mais experiência fosse acumulada quanto aos resultados verificados. A rejeição ou confirmação dessas hipóteses envolveria a decisão: a) sobre o nível de desvio entre a frequência estabelecida na lei e aquela efetivamente observada que ensejaria a rejeição da lei; e b) sobre qual o nível de conformação entre a frequência estabelecida na lei e aquela efetivamente observada que ensejaria a confirmação da lei estatística.

Em todos os tipos de previsões tecnológicas, o enunciado factual sobre uma determinada tecnologia ou regularidade sobre um tipo de tecnologia é induzido das premissas. Ou seja, essas previsões fixam uma probabilidade de ocorrência de um fato ou de verificação de uma regularidade que é induzida de um conhecimento relevante disponível. Não se nega a hipótese de que essas previsões possam assumir uma estrutura altamente complexa, onde suas premissas sejam também constituídas por leis científicas universais - mas, independentemente do caráter das premissas, a estrutura dessas previsões será sempre a de uma indução e não de uma dedução.

Se esta reconstrução é correta, então as previsões tecnológicas compartilham de todas as limitações próprias aos argumentos de tipo indutivo:

- a) *Caráter Ampliativo* - a previsão vai além do conhecimento relevante disponível, incorporado nas premissas;
- b) *Não preservação da verdade* - Uma previsão tecnológica, apesar de ter se baseado em um conhecimento bem confirmado, pode não antecipar corretamente os fatos;
- c) *Sujeição a "erosões"* – Um novo conhecimento disponibilizado pode comprometer totalmente uma previsão tecnológica;
- d) *Graus de Força* - Existem previsões tecnológicas mais ou menos confiáveis; em algumas, o conhecimento disponível suporta as conclusões mais fortemente que em outras.

Por sua vez, o conhecimento relevante para esse tipo de previsão pode ser constituído por: a) descrições sobre aspectos específicos do mecanismo então considerado, tais como o material e o método utilizados no seu desenvolvimento; b) descrições sobre o ambiente em que o mecanismo será utilizado ou desenvolvido; c) descrições dos indivíduos ou grupo de indivíduos responsáveis pela sua operacionalização; d) leis científicas determinísticas ou estatísticas; e) leis tecnológicas/técnicas estatísticas; f) informações sobre a "função" desempenhada por uma determinada estrutura, componente ou pessoa.

Cabe ressaltar que a força da fundamentação indutiva numa previsão tecnológica pode ser expressa seja por um valor numérico ou por condicionantes do tipo "provável", "improvável", "muito provável", "pouco provável" ou "quase certo", de acordo com o grau e tipo de conhecimento relevante disponível e efetivamente empregado na previsão.

## CAPÍTULO 3

### A ANÁLISE DE RISCO

Neste capítulo, introduzimos a discussão sobre a temática denominada pela literatura especializada como Análise de Risco. Esta relaciona-se com a possibilidade de quantificação do risco representado pelo uso ou desenvolvimento de um determinado produto ou processo - aí incluídos os artefatos tecnológicos. Conforme aduzido por Vlasta Molak, a Análise de Risco pode ser definida como “... *um corpo de conhecimento (metodologia) que avalia e deriva a probabilidade de um efeito adverso de um agente (químico, físico, ou outro), processo industrial, tecnologia, ou processo natural*” (MOLAK, 1997, p. 1).

A discussão que propomos sobre Análise de Risco é decorrente do aprofundamento do debate sobre previsões tecnológicas. Nosso enfoque sobre essa matéria é centrada na possibilidade de utilização dessa Análise para a quantificação do risco representado pela utilização ou desenvolvimento de um determinado objeto tecnológico.

Trata-se, portanto, de uma apreciação epistemológica sobre metodologias que visam à antecipação de efeitos adversos suscitados por tecnologias. Esta apreciação, conforme será comentado, está intimamente relacionada com a discussão sobre a natureza das previsões tecnológicas.

#### **1. Definição de Risco**

Antes de centrarmos-nos nas questões epistemológicas suscitadas pela Análise de Risco, fazem-se necessárias algumas considerações preliminares sobre a própria noção de risco. Segundo o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, a palavra risco remete a uma “*probabilidade de perigo, geralmente com ameaça física para o homem e/ou para o meio ambiente*”; ou ainda, a uma “*probabilidade de insucesso, de malogro de determinada coisa, em função de acontecimento eventual, incerto, cuja ocorrência não depende exclusivamente da vontade dos interessados*”.

Dessa definição, já podem ser destacados os elementos fundamentais da noção de risco que norteiam o processo de Análise de Risco: a) incerteza, b) potencialidade de efeitos adversos, c) aspecto quantitativo do risco.

Em primeiro lugar, é de se ressaltar o caráter de incerteza que é inerente a qualquer consideração sobre riscos. Com efeito, seja a certeza quanto a verificação de efeitos adversos seja quanto à impossibilidade desses efeitos descaracterizam por completo uma situação de risco.

No tocante à segunda característica, esta indica uma submissão da determinação do risco a um julgamento prévio pelos segmentos sociais (ou segmento social) envolvidos sobre o que deve ser considerado, de fato, um efeito adverso – de forma que esses efeitos são reconhecidos como adversos a partir de um juízo valorativo.

Por outro lado, a palavra risco remete a um juízo probabilístico. Dado que a certeza sobre um efeito adverso representa não mais uma situação de risco mas sim uma determinação prévia ou antecipação de efetivo dano (probabilidade = 1) e que a segurança sobre a impossibilidade do efeito adverso rechaça qualquer consideração sobre risco atuante (probabilidade = 0), pode-se considerar que o risco implica em uma probabilidade (necessariamente entre 0 e 1) de um efeito adverso. Esse aspecto quantitativo normalmente atribuído ao risco, que possibilita a distinção entre conjunturas de maior ou menor risco, mostra-se crucial para a atividade de Análise de Risco.

Outra consideração preliminar relevante é a distinção, freqüentemente não evidenciada pela linguagem coloquial, entre risco e perigo. Como vimos, o risco é comumente definido como a probabilidade de um efeito adverso. Por sua vez, o perigo [ *hazard* ], na literatura técnica de Análise de Risco, designa especificamente o fator cuja quantidade e concentração pode implicar em efeitos adversos. Deste modo, conforme explicitado por MOLAK (1997, p. 278), *“equiparar ‘perigo’ a risco é uma falácia a que qualquer analista de risco está atento, dado que o risco não existe*

*se não há nenhuma exposição potencial ao perigo (agente químico ou físico, evento natural, processo, tecnologia, etc...)."*

## **2. Análise e Gerenciamento de Risco**

Segundo MOLAK (1997, p.1), na medida em que permanecemos vivos, podemos ser considerados analistas e gestores de risco bem sucedidos. Seja ao dirigir um carro, ao ficar em casa, ao alimentar-se, ou ao fazer investimentos, o ser humano decide sobre ações a serem desempenhadas a partir de avaliações prévias sobre prejuízos e benefícios que cada atividade pode implicar. A análise e o gerenciamento de risco, entendidos em seus sentidos mais amplos, são assim processos fundamentais para os seres vivos - dado que o mundo físico se apresenta repleto de perigos, reais ou percebidos, para a manutenção da vida.

A Análise de Risco, nesse sentido inicial, pode ser considerada como a aplicação de um conjunto de conhecimentos disponíveis e métodos na consideração sobre efeitos adversos potencializados por um determinado agente. Por sua vez, a Gestão de risco denota o processo de tomada de decisão posterior, no qual, com base nos resultados da Análise de Risco e em considerações sobre eventuais benefícios colaterais envolvidos, são escolhidas determinadas linhas de ação - seja no sentido de desconsiderar o risco, de evitá-lo ou de minimizá-lo. Ressalte-se que, em ambas as etapas, a caracterização de efeitos adversos e de benefícios se faz segundo juízos valorativos.

Contudo, em um sentido mais formal e moderno, a Análise de Risco é entendida como a aplicação de uma metodologia e de conhecimentos tecnológicos, matemáticos e científicos especializados de sorte a quantificar a probabilidade de um efeito adverso potencializado por um dado agente. Essa concepção formal de Análise de Risco pressupõe que, enquanto a consideração sobre o que sejam efeitos adversos pode ser uma decisão conduzida pelo senso comum, os demais aspectos suscitados por aquela Análise, pela complexidade do jargão e dos detalhes envolvidos, em geral são tratados por especialistas.

Deste modo, não obstante os diversos tipos de risco passíveis de consideração, haveria uma estrutura mínima necessária para a qualificação de um efetivo processo de Análise de Risco, composto pelas seguintes etapas:

- a) Identificação do perigo (agente);
- b) Relação entre exposição e resposta - estudo sobre a quantidade, intensidade ou concentração de um perigo relacionável a um efeito adverso;
- c) Análise de exposição – avaliação sobre o modo com que algo ou alguém é ou pode ser exposto a uma potencial ameaça;
- d) Caracterização do risco - quantificação da probabilidade dos efeitos adversos com base nos resultados obtidos nas etapas anteriores, com a explicitação do conhecimento e metodologia empregados e das incertezas atuantes.

É de se salientar que, freqüentemente, a etapa de Análise de risco conclui que mais conhecimentos e/ou o aprimoramento da metodologia são necessários, e que nenhuma expressão numérica pode ser, naquele momento, derivada para expressar adequadamente a magnitude do risco.

Essa análise de risco moderna remonta ao desenvolvimento da teoria da probabilidade e à introdução de métodos científicos para estabelecer relações causais entre atividades perigosas e problemas de saúde. Como alguns marcos históricos, há de se ressaltar: a introdução da teoria da probabilidade por Pascal em 1657; a elaboração das tabelas de expectativa de vida por Edmond Halley em 1693; e a elaboração, por Laplace, de um protótipo da moderna análise de risco quantitativa, com seus cálculos sobre a probabilidade de morte nas hipóteses de vacinação ou não contra a varíola, em 1792.

Com o desenvolvimento do capitalismo, mais especificamente com a cobrança de taxas de juros e com os contratos de seguro, houve um grande incremento no uso de métodos matemáticos relacionados ao cálculo de probabilidades e à quantificação de riscos.

Mas o real desenvolvimento da Análise de Risco deu-se mais recentemente, sobretudo nos países industrialmente desenvolvidos, em decorrência de dois fatores principais: a) verificação de desastres ambientais e sinistros decorrentes de falhas de segurança demonstradas por reatores nucleares; b) criação de agências governamentais regulatórias de controle ambiental e de defesa do consumidor e do trabalhador - agências essas criadas em resposta a danos ambientais e à saúde humana decorrentes, preponderantemente, do aumento da poluição industrial e do uso de pesticidas.

A Análise de Risco formal vem sendo alvo de críticas sob diversas formas. Há segmentos na sociedade que consideram, por vezes, essa prática como inadequada do ponto de vista científico, ineficiente do ponto de vista prático ou simplesmente inaceitável segundo uma perspectiva ética e/ou política.

A crítica relativa à inadequação científica do processo de Análise de Risco é feita de modos variados. Uma consideração comum sobre a falta de objetividade desse processo aponta a impossibilidade de uma completa dissociação entre as posições defendidas pelos analistas de risco e os interesses de setores específicos a que estariam vinculados (governo, indústria, comércio, ou organizações não governamentais de defesa do consumidor, do meio ambiente ou do trabalhador). Outra ponderação que comumente é utilizada para justificar essa forma de crítica se baseia numa suposta falta de rigor científico na Análise de Risco, em virtude de limites temporais e/ou restrições financeiras que lhe são impostos.

Já as considerações sobre a suposta ineficiência prática da Análise de Risco, por vezes são justificadas pela complexidade dos aspectos considerados e da conseqüente impossibilidade de uma Análise de Risco fazer considerações adequadas sobre os riscos envolvidos. Em outros casos, esse tipo de crítica ressalta o descomprometimento da Análise de Risco com uma adequada política regulatória, por privilegiar o atendimento a padrões rigorosos de pesquisa - baseados nos padrões a que normalmente se submete a atividade científica - em detrimento da celeridade exigida para a eficácia da atividade regulatória.

A crítica ética e política comumente lançada contra a Análise de Risco aponta que esta, além de transferir poder desmedido a tecnocratas, em detrimento da efetiva participação da sociedade, freqüentemente admite o comprometimento de recursos naturais e de danos à saúde humana se estiverem em jogo metas consideradas como mais fundamentais para esses tecnocratas, para o Governo ou para o setor empresarial.

Apesar desses posicionamentos contrários, verifica-se, especialmente nos Estados Unidos, um aumento na utilização da metodologia da análise de risco para a solução de problemas cada vez mais complexos. O uso da avaliação de risco por agências reguladoras, para a identificação de possíveis danos ambientais ou à saúde humana decorrentes de dados produtos ou atividades, continua ganhando suporte em diversas legislações, dentre estas a brasileira.

### ***3. Possibilidade e Justificativas para uma Distinção entre a Análise e a Gestão de Risco***

Conforme já colocado, é usual a distinção entre a Análise e a Gestão de Risco. Costumeiramente, a Análise de Risco é caracterizada como uma atividade exclusivamente técnico-científica que tem por único escopo estabelecer uma quantificação do risco, a partir de uma decisão política anterior sobre o que deve ser considerado como efeito adverso e sobre o tempo e os recursos que poderão ser utilizados no processo. Além da quantificação do risco, entende-se que a Análise de Risco deve indicar os pressupostos metodológicos adotados e o nível de incerteza na caracterização do risco.

Por sua vez, a Gestão do Risco é tida como uma atividade distinta e posterior à Análise de Risco, aonde, com base nos resultados fornecidos por aquela Análise e numa avaliação sobre eventuais benefícios colaterais envolvidos, tomam-se decisões sobre providências a serem implementadas. Deste modo, ao contrário da Análise de Risco, a Gestão de Risco é normalmente caracterizada como uma

atividade preponderantemente política, envolvendo diversos atores com diferentes qualificações.

Contudo, há posições bem justificadas que defendem a impossibilidade de uma total dissociação entre esses dois processos. Howard Latin, dentre outros, critica a possibilidade de condução da Análise de Risco exclusivamente segundo perspectivas científicas. Para LATIN (1997, p. 303-304):

*“Análise de Risco é muito importante e muito incerta para ser deixada exclusivamente a cargo dos analistas de risco. Em vez disso, considerações de política social devem exercer um papel tão proeminente na escolha das estimativas de risco como na determinação final de quais riscos previstos devam ser julgados inaceitáveis.”*

Segundo esse autor, a quantificação de risco sofre de fundamentais lacunas sobre aspectos como: os mecanismos causais atuantes nas eventuais ameaças estudadas; possibilidade de extrapolações de baixos níveis de exposição a altos níveis; efeitos latentes e períodos de latência; especificidades de subpopulações expostas; efeitos cancerígenos de substâncias; níveis de exposição no presente e no passado; padrões de dispersão para contaminantes; dentre outras. Dúvidas sobre itens como esses, sobre cuja determinação não haveria um consenso científico, impossibilitariam quantificações de risco adequadas.

Sugere-se ademais que, diferentemente da pesquisa científica, o processo de Análise de Risco não pode ser suspenso para a obtenção de mais dados, ou para o teste de hipóteses, sem que esteja em jogo o agravamento de problemas sociais ou ambientais.

Mais do que isso, é defendido que a Análise de Risco não pode ser considerada, em hipótese alguma, uma atividade estritamente técnico-científica pois, enquanto avaliação que subsidia e condiciona a decisão sobre as ameaças que devem ser toleradas ou não, ela envolve conseqüências econômicas, ambientais e sociais.

A questão sobre o tempo que os analistas de risco devem esperar para que se obtenha conhecimento suficiente para uma avaliação confiável é uma questão controversa. Principalmente em casos onde há a perspectiva de danos graves, não relaxar os padrões de prova e precisão geralmente requeridos para uma ciência significa contribuir para a inação regulatória - razão pela qual os analistas são pressionados a apresentarem respostas em tempo hábil, mesmo que suas conclusões sejam baseadas em hipóteses altamente especulativas.

Latin observa que a perspectiva de submeter a Análise de Risco aos mesmos padrões rigorosos de obtenção de dados e testes de hipóteses vigente nas ciências é idealizada e pode favorecer a verificação dos próprios efeitos adversos que se buscam evitar. Ao seu ver, na falta de consenso sobre como superar problemas de alto nível de incerteza na quantificação de risco, devem prevalecer, na tomada de decisões, considerações de ordem política que auxiliem na fixação de taxas de risco provisórias.

Tais críticas feitas quanto a separação entre a Análise de Risco e Gestão de Risco demonstram que a Análise de Risco pode ser influenciada tanto por aspectos exclusivamente epistêmicos como por aspectos pragmáticos. Essas duas perspectivas a que esta análise se submete invadem a própria definição de Análise de Risco: a expressão é também utilizada para designar o processo integral que engloba tanto o processo técnico-científico de quantificação do risco como também o gerenciamento do risco.

#### ***4. Análise de Risco e Previsões Tecnológicas***

A Análise de Risco - entendida enquanto um processo separado da gestão de risco e como atividade que tem por escopo exclusivo estabelecer a quantificação do risco - quando tem por objeto a análise de efeitos decorrentes desenvolvimento ou utilização de um artefato (ou tipo de artefato), pode ser caracterizada como uma metodologia empregada na previsão tecnológica sobre efeitos sociais, ambientais e sanitários adversos.

Ou seja, nesses casos, a Análise de Risco culmina na formulação de previsões – via de regra - estatísticas sobre a ocorrência futura de efeitos adversos para o meio ambiente, para a sociedade ou para a saúde humana potencializados pelo desenvolvimento ou utilização de ferramentas mecânicas ou sociais – segundo uma noção de adversidade previamente construída.

Uma primeira consequência a ser destacada dessa associação que aqui propomos entre a Análise de Risco e as previsões tecnológicas é a de que essa análise pode ser investigada usando-se os conceitos e modelos desenvolvidos por uma filosofia da tecnologia que priorize aspectos epistemológicos. A caracterização da Análise de Risco enquanto metodologia empregada nas previsões sobre tecnologias abre espaço para amplas e importantes considerações epistêmicas dentro desse ramo da investigação filosófica a que nos dedicamos na primeira parte do trabalho.

Por outro lado, essa relação com a previsão tecnológica ajuda a evidenciar a complexidade do processo de Análise de Risco e as limitações a que seus resultados são submetidos. Primeiramente, há de se salientar a grande quantidade e variedade de conhecimentos que se fazem necessários para essas previsões e que, assim, devem atuar na Análise de Risco<sup>18</sup>.

Muitas vezes, parte desse conhecimento não é disponível e os analistas de risco se vêem no dilema de fazer a previsão sem leis, teorias e dados empíricos relevantes - em benefício da celeridade do processo regulatório - ou de procrastinar suas estimativas até que esse conhecimento esteja disponível - o que compromete, muitas vezes, a rapidez e eficácia das políticas regulatórias.

Há também de se ressaltar que as previsões sobre efeitos de tecnologias devem considerar todos os insumos, produtos e subprodutos envolvidos no funcionamento normal do mecanismo, como também em casos de falha deste. Além disso, os efeitos ambientais, sociais e sanitários interagem entre si, de modo que,

---

<sup>18</sup> Vide p. 44.

mesmo que a previsão pretendida se faça, apenas, sobre um determinado tipo de efeito, as previsões sobre os outros tipos não devem ser desconsideradas.

Portanto, uma Análise de Risco idealmente considerada deveria abranger todos esses tipos de previsão tecnológica para só então propor uma quantificação de risco. Contudo, pelo excessivo tempo e pelo elevado montante de recursos que essas apreciações suscitam, a Análise de Risco normalmente desconsidera um ou vários desses aspectos da previsão tecnológica.

Adicionalmente, segundo a associação que propomos com a previsão tecnológica, o produto da Análise de Risco compartilha de todas as limitações inerentes aos argumentos de tipo indutivo<sup>19</sup>, de modo que os resultados desse processo são precários. Em primeiro lugar, a quantificação de risco é feita a partir da extrapolação das leis, teorias e dados disponíveis. Mesmo que esse conhecimento seja válido, a quantificação de risco, por ele propiciada, pode ser descabida.

Além disso, um novo conhecimento que não estava disponível no momento em que se fez a Análise de Risco, pode vir a comprometer seus resultados por completo. Dado que o processo se faz segundo uma limitação de tempo e/ou de recursos, podem ser então desconsideradas informações que viriam a invalidar por completo os seus resultados.

Essa associação entre Análise de Risco e Previsão Tecnológica deixa claro que, sob o ponto de vista epistemológico, a incerteza é inerente a esta análise e chama a atenção para a imprescindibilidade da identificação:

- a) pelos analistas de risco - das opções metodológicas seguidas e da estimativa de incerteza atuante na mensuração do risco;
- b) pelos solicitantes da análise - dos efeitos adversos a serem especificamente considerados e do tempo e dos recursos que deverão ser despendidos.

---

<sup>19</sup> Vide p. 44.

Sem essas especificações, a quantificação de risco torna-se vazia para efeito da fase posterior de Gestão do Risco. Contudo, mesmo com tais especificações, o estudo epistemológico reforça o entendimento de que toda quantificação de risco tem um caráter essencialmente provisório, precário e datado.

## **CAPÍTULO 4**

### **PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO**

Este trabalho busca discutir questões epistemológicas suscitadas pelo processo de liberação comercial no Brasil de um produto transgênico. Talvez, uma das questões mais recorrentes nesse processo seja a discussão sobre a aplicação do intitulado Princípio da Precaução - princípio de direito ambiental que regula a adoção de medidas de proteção ao meio ambiente em casos envolvendo ausência de certeza científica e ameaças de danos sérios ou irreversíveis<sup>20</sup> - e sua relação com o processo de Análise e Gestão de Risco.

A investigação mais detalhada sobre o princípio demonstra que este suscita tópicos de significativa relevância epistemológica, ao lado de suas implicações éticas e jurídicas, em geral mais ressaltadas. Defenderemos nesta parte do trabalho que as diversas e por vezes antagônicas interpretações e aplicações propostas para o Princípio da Precaução baseiam-se em diferentes pressuposições assumidas quanto à natureza do conhecimento científico e tecnológico. Além disso, ainda dentro dessa abordagem preponderantemente epistemológica, aqui desenvolvida, verifica-se que a relação desse princípio com o processo de Análise de Risco é altamente complexa.

Portanto, este capítulo assume como objetivo debater questões epistemológicas suscitadas pelo referido princípio. Tendo em vista as diversas redações do princípio em diferentes ordenamentos e em diversas normas legais bem como as características peculiares que lhe são atribuídas pela doutrina jurídica e pela jurisprudência, será feito, preliminarmente, um breve histórico de suas principais formulações.

A investigação mais detalhada sobre as implicações epistemológicas do Princípio da Precaução adotará, em seguida, a sua formalização na Declaração do

---

<sup>20</sup> Dentro desse comentário preliminar sobre a abrangência de aplicação do Princípio, cabe lembrar que a noção de meio ambiente é, para esses fins, costumeiramente entendida de uma forma abrangente englobando o próprio ser humano - de modo que o Princípio da Precaução é também invocado em casos de ameaças à saúde humana.

Rio/92. A partir dessa redação, será construído um panorama de interpretações cabíveis para o Princípio possibilitadas por: a) imprecisões na mencionada formalização; b) por noções epistemológicas previamente assumidas na sua aplicação e; c) pela forma com que é concebida a interação do Princípio da Precaução com o processo de Análise de Risco.

## **1. O Princípio da Precaução**

### 1.1. Histórico

O Princípio da Precaução foi idealizado, inicialmente, pelo direito germânico, no início da década de setenta. Na essência daquele *Vorsorgeprinzip* estava a idéia de que a sociedade poderia evitar danos ambientais a partir de cuidadosos planejamentos que evitassem a instalação e propagação de atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental (MACHADO, 2000, p. 49).

Dentro do ordenamento daquele país, a mais importante implementação do princípio está contemplada no *Ato de Poluição do Ar* de 1974. Neste ato, estipula-se que o possuidor de uma planta técnica é obrigado a tomar medidas de precaução para evitar o dano ambiental com a ajuda de instrumentos ou mecanismos que correspondam às técnicas avançadas disponíveis para a limitação da emissão de poluentes (HEY, 1992, p.308).

Esse princípio do direito alemão passou a ser largamente invocado na tentativa de implantação de políticas mundiais de preservação do meio ambiente, como as de combate à chuva ácida e ao aquecimento global. Assim, ele passou a ser contemplado em diversos instrumentos de política internacional que buscavam controlar atividades tidas como potencialmente causadoras de graves danos ambientais, independentemente de se ter uma “certeza científica” sobre a real vinculação entre essas atividades e os danos presumidos.

Seguem alguns exemplos de acordos internacionais que absorveram o Princípio da Precaução:

- A Declaração Ministerial da Segunda Conferência do Mar do Norte de 1987 (London Declaration), estabelece que:

*“De modo a proteger o Mar do Norte de efeitos possivelmente danosos das substâncias mais perigosas, é necessária uma abordagem precautória - o que pode requerer o controle da entrada de tais substâncias mesmo antes de uma relação causal ter sido estabelecida por evidências científicas absolutamente claras .”<sup>21</sup>*

- Na Conferência Internacional do Conselho Nórdico sobre a Poluição dos Mares de 1989, fica explicitado, no seu comunicado final, que o Princípio da Precaução deve ser aplicado para:

*“...salvaguardar o ecossistema marinho, entre outras coisas, da eliminação e prevenção de emissões de poluição onde houver razão para acreditar que os danos ou efeitos prejudiciais sejam prováveis de serem causados, mesmo quando haja evidência científica inadequada ou inconclusiva para provar uma relação causal entre emissões e efeitos.”<sup>22</sup>*

- Na Convenção de Bamako de 1991 para o controle da movimentação transfronteiriça e do manejo de resíduos perigosos na África, ficava estabelecido que:

*“... cada grupo deve se esforçar para adotar e implementar a abordagem preventiva e precautória para os problemas de poluição que implica, inter alia, prevenir a liberação no meio ambiente de substâncias que podem causar dano a humanos ou ao ambiente sem esperar por provas científicas sobre esse dano.”<sup>23</sup>*

Há de se observar que, na forma inicial dada pelo direito germânico, o Princípio da Precaução ainda não apresentava, explicitamente, a preocupação de delimitar a atuação do conhecimento científico na decisão sobre medidas de preservação ambiental ante as atividades potencialmente danosas. Geraldo Eulálio do Nascimento e Silva dá-nos uma idéia sobre o contexto em que surgiu essa

---

<sup>21</sup> “In order to protect the North Sea from possibly damaging effects of the most dangerous substances, a precautionary approach is necessary which may require action to control inputs of such substances even before a causal link has been established by absolutely clear scientific evidence.”

<sup>22</sup> “...safe guard the marine ecosystem by, amongst other things, eliminating and preventing pollution emissions where there is reason to believe that damage or harmful effects are likely to be caused, even where there is inadequate or inconclusive scientific evidence to prove a causal link between emissions and effects.”

<sup>23</sup> “...each party shall strive to adopt and implement the preventive, precautionary approach to pollution problems which entails, inter alia, preventing the release into the environment of substances which may cause harm to humans or the environment without waiting for scientific proof regarding such harm.”

preocupação, a qual seria, conforme acima ilustrado, posteriormente inserida em vários acordos internacionais como um dos elementos do Princípio da Precaução:

*“Quando das discussões que antecederam a assinatura da Convenção de Viena sobre a proteção da camada de ozônio (1985), foi aceita uma regra interpretativa do Preâmbulo, segundo a qual as medidas destinadas a proteger a camada de ozônio de modificações devidas a atividades humanas devem ser baseadas em considerações científicas e técnicas pertinentes. Na ocasião, alguns peritos emitiram conceitos que muito se assemelham à filosofia que seria acolhida mais tarde pelo princípio da abordagem preventiva.<sup>24</sup> O perito dos Estados Unidos lembrou que, segundo estudos realizados, existia o perigo de uma ameaça substancial à camada de ozônio e que, levando em conta que as incertezas científicas deveriam permanecer por muito tempo, era necessário considerar quais seriam as conseqüências numa demora baseada na insistência de dados 100% certos e o erro de não tomar de imediato medidas destinadas a prevenir danos irreparáveis à camada de ozônio. Por sua vez, o perito do Brasil ponderou que, se ficasse provado que a assinatura de uma convenção fora um erro, as conseqüências seriam mínimas; mas, se nada fosse feito e os prognósticos dos cientistas estivessem corretos, as conseqüências poderiam ser irreparáveis” (SILVA, 1995, p.55).*

Com a Declaração do Rio de 1992, oriunda da Conferência das Nações Unidas sobre Meio ambiente e Desenvolvimento, surgiu a mais representativa formulação do Princípio da Precaução no direito internacional. No Princípio 15 dessa Declaração (NU, 1992), fica estabelecido que:

*“De modo a proteger o meio ambiente, a abordagem precautória deve ser largamente aplicada pelos Estados de acordo com suas capacidades. Onde houver ameaça de dano sério ou irreversível, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como uma razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental.”<sup>25</sup>*

Posteriormente a este, vários acordos internacionais passaram a adotar definições semelhantes para o Princípio da Precaução, dentre estes a Convenção

---

<sup>24</sup> Não há, nessa citação, um compromisso com a distinção entre precaução e prevenção. A expressão “*abordagem preventiva*” remete à expressão em inglês “*precautionary approach*”, adotada na formulação do Princípio da Precaução na Declaração do Rio de 1992. Numa tradução mais comprometida com a referida diferenciação, essa expressão poderia ser traduzida como “*abordagem precautória*”. Ver discussão abaixo.

<sup>25</sup> “*In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation.*”

da Diversidade Biológica, que é ratificada pelo Brasil. Acrescente-se ainda que em 1998, em Wingspread, nos Estados Unidos, realizou-se reunião com cientistas, legisladores, advogados e ambientalistas para buscar uma definição para o Princípio da Precaução.

A Declaração de Wingspread define o Princípio da Precaução da seguinte forma:

*“Quando uma atividade gera ameaças de dano à saúde humana ou ao meio ambiente, medidas de precaução devem ser tomadas mesmo se algumas relações de causa e efeito não são completamente estabelecidas cientificamente. Neste contexto, o proponente de uma atividade, mais do que o público, deve ter o ônus da prova.”<sup>26</sup>*

### 1.2. O Princípio da Precaução no Direito Brasileiro

No Ordenamento Jurídico Brasileiro, o Princípio da Precaução é expressamente enunciado em três momentos: I - na Declaração do Rio de Janeiro de 1992; II – na Convenção sobre Diversidade Biológica; III – na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. São abaixo relacionadas as formulações do princípio nesses três diplomas:

I - Declaração do Rio/92:

*“Princípio 15: ... onde houver ameaça de dano sério ou irreversível, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como uma razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental.”*

II – Convenção sobre Diversidade Biológica - Preâmbulo:

*“...quando exista ameaça de sensível redução ou perda de diversidade biológica, a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar medidas para evitar ou minimizar essa ameaça.”*

---

<sup>26</sup> *“When an activity raises threats of harm to human health or the environment, precautionary measures should be taken even if some cause and effect relationships are not fully established scientifically. In this context the proponent of an activity, rather than the public, should bear the burden of proof.”*

III – Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, artigo 3º:

*“Princípios – 3. As partes devem adotar medidas de precaução para prever, evitar ou minimizar as causas da mudança do clima e mitigar seus efeitos negativos. Quando surgirem ameaças de danos sérios ou irreversíveis, a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar essas medidas, levando em conta que as políticas e medidas adotadas para enfrentar a mudança do clima devem ser eficazes em função dos custos, de modo a assegurar benefícios mundiais ao menor custo possível.”*

Além dessas formas positivadas do princípio no ordenamento jurídico pátrio, a jurisprudência e a doutrina conferiram outras características ao Princípio da Precaução. Deste modo, conforme interpretado por Paulo Affonso Leme Machado, a aplicação do princípio seria efetivada pela realização do Estudo Prévio de Impacto Ambiental:

*“No caso da aplicação do princípio da precaução, é imprescindível que se use um procedimento de prévia avaliação, diante da incerteza do dano, sendo este procedimento o já referido Estudo Prévio de Impacto Ambiental. Outras análises, por mais aprofundadas que sejam, não podem substituir esse procedimento”* (MACHADO, 2000, p.65).

Segundo ainda grande parte da doutrina e da jurisprudência, o Princípio da Precaução implica em uma inversão do ônus da prova. Os professores Alexandre-Charles Kiss e Dinah Shelton<sup>27</sup>, citados por MACHADO (2001, p.3) explicitam que:

*“Em certos casos, face à incerteza científica, a relação de causalidade é presumida com o objetivo de evitar a ocorrência de dano. Então, uma aplicação estrita do princípio da precaução inverte o ônus normal da prova e impõe ao autor potencial provar, com anterioridade, que sua ação não causará danos ao meio ambiente”* (MACHADO, 2000, p. 58).

Outra criação doutrinária e jurisprudencial relevante é a diferenciação entre a prevenção e a precaução. Havendo certeza sobre a relação de causa e efeito danoso, não se deve falar mais em precaução mas sim em prevenção. Segundo TICKNER e RAFFENSPERGER (1999, p. 3), *“se há a certeza sobre causa e efeito,*

---

<sup>27</sup> *Traité de Droit Européen de L'Environnement*. Paris: Éditions Frison-Roche. 1995, p.42.

*como no caso do chumbo e da saúde das crianças, então a ação não é mais de precaução, apesar de poder ser preventiva".*

No mesmo sentido, Paulo Affonso Leme Machado faz a seguinte diferenciação entre o Princípio da Precaução (**PP**) e o Princípio da Prevenção (**PV**):

*"Em caso de certeza do dano ambiental, este deve ser prevenido, como preconiza o princípio da prevenção. Em caso de dúvida ou de incerteza também se deve agir prevenindo. Essa é a grande inovação do princípio da precaução" (MACHADO, 2000, p. 65).*

Desta forma, verifica-se que o significado atribuído ao Princípio da Precaução por grande parte da doutrina jurídica brasileira e pela jurisprudência remete à definição dada pela Declaração de Wingspread. Sob essa perspectiva o Princípio da Precaução comporta quatro elementos: I – ameaça de dano; II – inversão do ônus da prova; III – incerteza científica e IV – medidas de precaução.

## **2. A Estrutura do Princípio da Precaução**

Para maior clareza, tendo em vista a análise epistemológica que faremos na seção 3, propomos uma análise da estrutura do Princípio tomando por base o seu enunciado na Declaração do Rio/92. A análise restrita a essa particular formulação se justifica pela grande representatividade desta declaração tanto no direito ambiental brasileiro quanto no direito internacional.

Retomemos, portanto, a redação do princípio, segundo essa declaração:

*"... onde houver ameaça de dano sério ou irreversível, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como uma razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental".*

Para fins dessa análise da estrutura do princípio, adotemos as seguintes convenções simbólicas:

**d** ≡ "dano sério ou irreversível";

**Ad** ≡ "ameaça de dano sério ou irreversível";

**CC** ≡ "certeza científica";

**M** ≡ "medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental".

A primeira parte de **PP** informa que ele só se aplica em situações em que haja uma ameaça de **d**. Portanto, segundo essa condição necessária, **PP** não se aplica a casos de certeza de dano ambiental - mas sim a situações em que haja, simplesmente, presunção sobre a possibilidade ou probabilidade<sup>28</sup> de **d**.

Há de se lembrar que a contenção do dano ambiental efetivo é promovida pela aplicação de **PV** e não de **PP**. Portanto, a comentada condição inicial reafirma a distinção doutrinária entre esses dois princípios. Adicionalmente, cabe observar que **PP** não especifica quem deverá identificar e como a situação de ameaça e que critérios deverão ser seguidos para uma caracterização prévia de certos tipos de danos ambientais como sérios ou irreversíveis.

Atendida essa condição, **PP**, em sua segunda parte, informa que  $\sim$ **CC**<sup>29</sup> não deve ser utilizada como razão para se postergar **M** - ou seja, busca-se assegurar que  $\sim$ **CC** não deve implicar  $\sim$ **M**. Nessa segunda parte de **PP**, não é explícito a que exatamente **CC** se refere.

Tendo em vista a distinção entre **PV** e **PP** bem como o histórico do desenvolvimento e aplicação do **PP** no direito internacional e interno, que apresentamos na primeira parte deste capítulo<sup>30</sup>, nos permitimos interpretar que essa

---

<sup>28</sup> O termo "ameaça" comporta esses dois sentidos.

<sup>29</sup> Em linguagem natural "ausência de certeza científica" - onde "~" simboliza a negação.

<sup>30</sup> Ver formulações do Princípio da Precaução na Declaração Ministerial da Segunda Conferência do Mar do Norte, na Conferência Internacional do Conselho Nórdico sobre a Poluição dos Mares e na Declaração de Wingspread, mencionadas na seção 1.1.

ausência de certeza científica diz respeito à previsão de que, dados certos pressupostos, um determinado agente **g** causará **d** <sup>31</sup>.

Com base nessa interpretação, temos a seguinte tabela sobre os casos<sup>32</sup> em que se aplicam, respectivamente, **PV** e **PP**:

Tabela 1

Casos	PV	PP
1) CC (g Π d)	X	
2) CC ~(g Π d)		
3) ~CC (g Π d)		X
4) ~CC ~(g Π d)		X

A primeira linha da tabela, referente ao caso 1, ilustra a distinção, já comentada, entre o Princípio da Precaução e o Princípio da Prevenção. A segunda indica que o único caso onde se afasta por completo a aplicação desses dois Princípios é o da “*certeza científica*” de que não há uma relação causal entre um agente (**g**) e o dano (**d**).

As duas últimas linhas, referentes aos casos 3 e 4, ilustram o âmbito de alcance do Princípio da Precaução. A redação dada pela Declaração do Rio/92 admite que **PP** seja invocado tanto no caso de “*ausência de certeza científica*” quanto à existência de relação causal entre o agente e o dano, como no de “*ausência de certeza científica*” quanto à não existência de relação causal entre o agente e o dano.

Com base nessas considerações, propomos duas representações simbólicas cabíveis para o Princípio da Precaução:

<sup>31</sup> Este trabalho não se propõe a analisar questões ontológicas, de forma que não é feita uma discussão sobre causalidade e não há o comprometimento com uma específica teoria da causação. A nossa interpretação para **PP** informa, genericamente, que ele se aplica em casos onde haja ausência de certeza científica, seja quanto à relação causal entre um agente (**g**) e o dano (**d**), seja, simplesmente, quanto à relação inferencial entre enunciados que descrevem **g** e **d**.

<sup>32</sup> Em linguagem natural, os quatro casos são: 1) “Certeza Científica de que um agente **g** causará **d**”; 2) “Certeza Científica de que um agente **g** não causará **d**”; 3) “Ausência de certeza científica de que um agente **g** causará **d**”; 4) “Ausência de certeza científica de que um agente **g** não causará **d**” - onde “~” simboliza a negação e “Π” indica uma relação causal ou, simplesmente, inferencial entre os enunciados que descrevem **g** e **d**.

1ª Se houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, se

$\sim\text{CC} [\sim(\mathbf{g} \amalg \mathbf{d})]$

então se deve adotar **M** <sup>33</sup>

2ª Se houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, se

$\sim\text{CC} [(\mathbf{g} \amalg \mathbf{d})]$

então se deve adotar **M** <sup>34</sup>

### **3. Considerações Epistemológicas sobre o Princípio da Precaução**

#### 3.1. Conhecimento e Tomada de Decisão

A tomada de decisões comumente se dá em um contexto de incerteza. Seja em foro íntimo, seja ao nível institucional, tomam-se decisões cujas implicações econômicas, sociais e ambientais não são completamente antecipáveis. Dada a complexidade das relações sociais, das interações ecológicas e do próprio ser humano e, quanto mais, pela própria impossibilidade da onisciência, as conseqüências mediatas e imediatas de uma determinada decisão não são de todo previsíveis.

Conforme ressaltado por Joseph Pitt (2000, p.13), o processo decisório pode ser entendido como uma transformação de entradas [*inputs*] em saídas [*outputs*]. A partir de algo percebido como um problema, atuam o conhecimento disponível e um conjunto predeterminado de valores (entradas). Da composição desses elementos

---

<sup>33</sup>Em linguagem natural: "Se houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis e se houver ausência de certeza científica de que não há uma relação (causal) entre um agente (**g**) e o dano (**d**) devem ser adotadas medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental".

<sup>34</sup> Em linguagem natural: "Se houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis e se houver ausência de certeza científica de que há uma relação (causal) entre um agente (**g**) e o dano (**d**) devem ser adotadas medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental".

são geradas deliberações que culminam em uma ação prática e/ou num outro processo de decisão (saídas).

O conhecimento disponível - envolvendo a evidência empírica acumulada, as teorias e metodologias aceitas - informa sobre os riscos e possíveis benefícios associados a uma determinada decisão. Dada a natureza do conhecimento e da(s) metodologia(s) pressupostas, este processo fornece, tipicamente, uma previsão probabilística. Os riscos e benefícios de uma dada decisão são, posteriormente, avaliados segundo um determinado padrão de valores. Após esse juízo sobre os riscos e benefícios envolvidos é que se opta por uma determinada linha de ação.

É de se notar que o conhecimento que atua na tomada de decisão não é somente o conferido pelas ciências. Simultaneamente, ou exclusivamente, podem exercer influência outros tipos de conhecimento como o de senso comum ou um conhecimento tecnológico que prescindia de embasamento científico. Como exemplo, a pessoa que dirige um automóvel toma decisões rápidas e com fortes implicações para o seu bem estar físico mais com base em noções de senso comum<sup>35</sup> e num conhecimento tecnológico sobre como funcionam os comandos do veículo, do que a partir de aprofundadas noções científicas sobre fatores químicos e físicos envolvidos.

### 3.2. Princípio da Precaução e Epistemologia

O Princípio da Precaução, nas suas diversas formulações, interpretações e aplicações, regula a participação do conhecimento de senso comum e/ou técnico-científico em casos envolvendo potencial dano ao meio ambiente. Portanto, sem desconsiderar a importância da análise ética, política ou sócio-econômica, o princípio suscita uma análise estritamente epistemológica.

Como uma primeira consideração de ordem epistemológica, deve-se observar que o princípio contém a expressão "*ausência de absoluta certeza científica*". A sua redação na Declaração do Rio/92 traduz a preocupação de que a

---

<sup>35</sup> Na ação de dirigir, fazem-se muitas vezes atuantes conhecimentos que não são tecnológicos nem científicos, baseados em uma forma de automatismo inconsciente.

"ausência de absoluta certeza científica" poderia ser alegada como razão para adiar medidas de prevenção da degradação ambiental. Mais do que isso, conforme analisado na tabela 1, o Princípio da Precaução só não é aplicável em casos de "certeza científica" quanto à ocorrência futura, ou não, de danos sérios ou irreversíveis.

### 3.3. Ausência de "Certeza Científica" sobre a Previsão de Dano

Segundo nossa interpretação para o Princípio da Precaução, ele busca afastar argumentos que apontem para uma "ausência de absoluta certeza científica" na previsão de danos ambientais sérios ou irreversíveis, causados por um determinado agente, com o intuito de impedir o emprego de "medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental".

Mais especificamente, o Princípio da Precaução é usualmente invocado em casos de atividades humanas exercidas com o emprego de tecnologias avançadas que suscitam incertezas quanto a efeitos mediatos para o meio ambiente e para a saúde humana – normalmente, emprega-se o princípio em casos envolvendo "ausência de absoluta certeza científica" na previsão sobre efeitos danosos de tecnologias.

As formulações do Princípio da Precaução não descartam a possibilidade da sua utilização para conter danos ambientais graves decorrentes, exclusivamente, de agentes naturais. Por exemplo, nada impediria que o Princípio fosse invocado para forçar o Poder Público a tomar medidas no sentido de impedir a extinção de uma espécie ou o comprometimento de uma paisagem natural ameaçada por um período maior de estiagem ou por fortes chuvas.

Mas, pela experiência acumulada na aplicação do Princípio e pela dificuldade de se conter ou impedir danos ambientais sérios ou irreversíveis que não remetam mediatamente à interferência humana, é que se conclui por essa abrangência do Princípio.

### 3.4. "Ausência de Absoluta Certeza" nas Previsões sobre Tecnologias

Conforme analisamos, o Princípio da Precaução é usualmente empregado em situações onde há incerteza sobre a previsão de efeitos de tecnologias. Ao mesmo tempo, segundo a interpretação que construímos para **PP**, este se aplica em casos de incerteza quanto a previsões feitas em um contexto científico: fala-se em uma *"ausência de absoluta certeza científica"*. Há, assim, uma aparente incongruência, dado que, como analisamos nos capítulos anteriores, as previsões sobre tecnologias não são feitas exclusivamente com base em um conhecimento científico: elas pressupõem, adicionalmente, um conhecimento tecnológico.

Portanto, uma primeira questão a ser abordada é se **PP** reconhece a distinção entre esses dois tipos de conhecimento ou se o domínio científico é aí pressuposto como continente do tecnológico. Não pretendemos aqui nos comprometer com qualquer dos dois entendimentos - mas, há de se apontar que existem argumentos convincentes para a defesa de ambos. Em defesa do primeiro, deve-se notar, por exemplo, que, diferentemente de **PP**, o Princípio 9 da mesma Declaração do Rio/92 fala, expressamente, em conhecimento científico e tecnológico<sup>36</sup>.

Pressupondo que **PP** se atenha à distinção mais cuidadosa entre esses dois tipos de conhecimento, ele poderia ser aplicado para assegurar a adoção de **M** nos seguintes sentidos:

1. Pressupondo que **Ad** se refira a previsões tecnológicas sobre prováveis efeitos ambientais danosos potencializados por uma tecnologia **g**<sup>37</sup>, **PP**

---

<sup>36</sup> "States should cooperate to strengthen endogenous capacity-building for sustainable development by improving scientific understanding through exchanges of scientific and technological knowledge, and by enhancing the development, adaptation, diffusion and transfer of technologies, including new and innovative technologies"(grifo nosso).

<sup>37</sup> Conforme já comentado, **PP** não especifica quem deverá identificar e como a situação de ameaça e que critérios deverão ser seguidos para uma caracterização prévia de certos tipos de danos ambientais como sérios ou irreversíveis. Deste modo, nessas duas primeiras possibilidades de aplicação do Princípio, cogita-se que a ameaça de danos sérios ou irreversíveis seja caracterizada por uma previsão probabilística sobre efeitos danosos de uma tecnologia feita com base em um conhecimento científico e tecnológico.

poderia ser então invocado para neutralizar argumentos que buscassem desconsiderar tais previsões pelo fato delas serem probabilísticas e, portanto, sem o rigor de uma "*absoluta certeza científica*" invocada na segunda parte do Princípio. Neste caso, a noção de "*certeza científica*" estaria relacionada com a certeza lógica própria da dedução em contraposição à incerteza inerente aos argumentos indutivos<sup>38</sup>. A formalização suscitada por esta utilização de **PP** é a segunda que nós propusemos<sup>39</sup>;

2. Também pressupondo que **Ad** se refira a previsões tecnológicas sobre prováveis efeitos ambientais danosos potencializados por uma tecnologia **g**, **PP** poderia ser aplicado para evitar críticas contra tais previsões que as desconsiderassem pelo fato de não se submeterem aos mesmos padrões rigorosos normalmente impostos aos produtos da atividade científica e, assim, serem feitas sem uma "*absoluta certeza científica*". Aqui, a noção de certeza científica estaria relacionada com o teste de hipóteses, com a conformação a teorias aceitas pela comunidade científica e com a avaliação inter-pares a que, normalmente, os produtos da atividade científica são submetidos. A formalização suscitada por esta utilização de **PP** é também a segunda que nós propusemos.

Contudo, há argumentos para se defender que o Princípio da Precaução não se atém à distinção mais cuidadosa entre o conhecimento científico e o tecnológico. Há de se considerar que é usual a noção de que o "*conhecimento científico e tecnológico*" designa um único e abrangente tipo de conhecimento – prática, essa, principalmente fundamentada na associação entre a ciência e a tecnologia moderna.

Assumindo que **PP** não se atenha a essa distinção de conhecimentos, são cabíveis outras interpretações que, diferentemente das anteriormente propostas, não buscam resguardar as previsões sobre tecnologias de críticas que exigem a submissão dessas ao mesmo rigor que pode ser exigido das previsões científicas.

---

<sup>38</sup> Conforme discutido no capítulo 2, as previsões tecnológicas são reconstruíveis na forma de argumentos indutivos.

<sup>39</sup> Vide p. 65.

Nessa outra perspectiva, a ameaça de dano estaria relacionada com uma percepção de senso comum ou de especialistas isolados de que uma dada tecnologia poderá gerar, direta ou indiretamente, danos ambientais sérios ou irreversíveis. Deste modo, o Princípio poderia ser aplicado para:

3. Proteger essas percepções difusas de ameaça de danos quanto a críticas que as invalidem pelo fato de não se basearem em estudos técnico-científicos mais aprofundados ou em entendimento consolidado pela comunidade científica. **PP** seria aplicado então para assegurar a adoção de **M**, afastando argumentos baseados na "*ausência de absoluta certeza científica*" dessas percepções iniciais sobre efeitos danosos de tecnologias. A noção de "certeza científica" que seria invocada para esses efeitos poderia ser tanto a "certeza" propiciada pela conformação a leis e teorias acolhidas pela comunidade científica como uma "certeza" propiciada pelo acolhimento de padrões adotados pelas engenharias. A formalização suscitada por esta utilização de **PP** é também a segunda que nós propusemos.
  
4. Determinar que, dado esse tipo de percepção de danos potencializados por tecnologias, somente não se adotará **M** se houver uma absoluta certeza científica e ou tecnológica de que a tecnologia então considerada (**g**) não causará danos sérios ou irreversíveis (**d**). Essa interpretação coloca em questão a inversão do ônus da prova que, conforme já comentamos<sup>40</sup>, é reconhecida pela jurisprudência e doutrina predominantes como uma das conseqüências do Princípio da Precaução. Se cabe ao detentor da tecnologia comprovar que não haverá danos sérios ou irreversíveis na sua utilização, a menos que se consiga provar com "*absoluta certeza científica*" que a tecnologia (**g**) não causará danos sérios ou irreversíveis (**d**), o Princípio poderia ser invocado pelo fato de haver uma percepção difusa de ameaça de danos e a "*ausência de absoluta certeza científica*" de que **g** não causará **d**. Nesta aplicação,

---

<sup>40</sup> Vide p. 61.

ficaria em aberto qual, exatamente, seria o nível e tipo de certeza que se estaria exigindo para a não adoção de **M** e a formalização suscitada é a primeira que propusemos<sup>41</sup>. Dado o já comentado nível de incerteza inerente às previsões tecnológicas e o caráter falível e relativo do conhecimento científico, é difícil imaginar um caso concreto em que se concluiria, então, pela não adoção de **M**.

#### ***4. O Princípio da Precaução e a Análise de Risco***

Essas questões lógico-epistemológicas suscitadas pelo Princípio da Precaução, tornam extremamente rica e complexa a sua relação com o processo de Análise e Gestão de Risco. Talvez o grande problema suscitado pela relação entre o Princípio da Precaução e a Análise de Risco seja o de saber se o princípio remete:

- I - à fase anterior à quantificação do Risco, onde é definido o que sejam os efeitos adversos, segundo uma percepção de risco inicial.
- II - à Análise de Risco propriamente dita, onde, com base em um conhecimento técnico-científico especializado e na identificação anterior dos efeitos adversos a serem considerados, é feita uma quantificação do risco.
- III - à Gestão de Risco, que é o processo de tomada de decisões posterior.

##### **4.1. O Princípio da Precaução e a Percepção Inicial de Risco**

Supondo que o princípio remeta à primeira fase, ele poderia assumir a seguinte função: verificada ainda na fase de percepção de risco, mediante o senso comum ou por pareceres isolados de especialistas, a possibilidade de danos tidos como sérios ou irreversíveis, a falta de certeza científica<sup>42</sup> não poderia ser invocada

---

<sup>41</sup> Vide p.65.

<sup>42</sup> No caso: ~CC (g∏d) .

para adiar medidas imediatas (eficazes e economicamente viáveis) para prevenir a degradação ambiental.

Nesta interpretação, o Princípio da Precaução poderia buscar assegurar que a ascendência epistemológica do conhecimento científico, assegurada pelo crivo da comunidade científica, deveria ser desconsiderada nos casos em que houvesse uma percepção de risco inicial identificando a ameaça de danos sérios ou irreversíveis. Assim, essa antecipação de ameaça de dano, que prevaleceria segundo critérios políticos, poderia ser suficiente para a adoção imediata de medidas de prevenção da degradação ambiental prevista.

#### 4.2. O Princípio da Precaução e a Análise e Gestão de Risco

Considerando que o princípio se refira à fase de Análise de Risco em sentido estrito, ele poderia informar que, havendo a percepção anterior de ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica de que um determinado agente (**g**) causará (**d**)<sup>43</sup> não poderia ser utilizada como razão para adiar a finalização dessa etapa de quantificação do risco, no intuito de obtenção de mais dados ou estudos ou testes de hipóteses, e assim retardar a adoção de medidas de precaução contra a degradação ambiental antecipada.

Pensando na aplicação do princípio à fase de Gestão de Risco, há diversos entendimentos possíveis. Primeiro, poder-se-ia compreender que a intenção do princípio seria a de simplesmente evitar que a incerteza inerente à quantificação do risco - que inclusive deve ser demonstrada - não poderia representar óbice para a adoção de medidas de proteção ambiental contra a ameaça de dano estimada.

Ou seja, imaginando uma Análise de Risco que apontasse um risco elevado (probabilidade próxima a 1) de que um agente (**g**) cause danos ambientais sérios ou irreversíveis (**d**), o Princípio da Precaução poderia ser invocado na fase de gestão de risco para evitar argumentos que buscassem adiar ou evitar a adoção de **M** com

---

<sup>43</sup> No caso, ~CC (**g**||**d**).

base na "*ausência de absoluta certeza científica*" do resultado fornecido por esta Análise de Risco, em especial no sentido de comprovar que **g** causará **d**. Ou seja, neste caso a ameaça de danos seria caracterizada por uma Análise de Risco<sup>44</sup>.

Para efeito de outra interpretação, admitamos uma Análise de Risco que apresentasse uma probabilidade de risco próximo a zero e cujo resultado se procura desconsiderar para efeito da adoção de medidas imediatas de prevenção contra uma ameaça de dano identificada pelo senso comum ou pareceres isolados de especialistas.

Dada a incerteza inerente à quantificação do risco, poderia, nesse caso, se argumentar que a análise de risco conclui por uma "*ausência de absoluta certeza científica*" de que um determinado agente (**g**) não causará **d**. O Princípio da Precaução poderia ser, então, aplicado no sentido de impedir que essa Análise de Risco que apontasse risco próximo a zero fosse utilizada como razão para postergar, na fase de Gestão de Risco, medidas de precaução contra o dano ambiental inicialmente percebido<sup>45</sup>.

O princípio permitiria concluir que no caso, por exemplo, do senso comum associar a possibilidade de danos ambientais a uma determinada atividade ou produto, um entendimento reconhecido pela comunidade científica que apontasse a inexistência de evidências conclusivas sobre essa associação (ausência de absoluta certeza científica sobre a ameaça de dano) não seria capaz de invalidá-la e, conseqüentemente, de evitar que essa atividade ou produto fosse modificado ou eliminado.

Fica patente, neste caso, que somente uma "*absoluta certeza científica*" poderia confrontar a percepção inicial de risco propiciada pelo senso comum. Por conseqüência, a abrangência do nivelamento epistêmico sugerido por essa interpretação do princípio assumiria imenso vulto, quando se consideram as limitações inerentes às previsões sobre tecnologias.

---

<sup>44</sup> Vide segunda formulação proposta para o Princípio da Precaução na seção 2.

<sup>45</sup> Vide primeira formulação proposta para o Princípio da Precaução na seção 2.

## **5 - Conclusões**

Afora suas diversas interpretações, pode-se definir o Princípio da Precaução como diretriz que busca regular a participação do conhecimento técnico e científico na previsão e no combate a degradações ambientais potencializadas por tecnologias. Por esta razão, ele suscita importantes questões epistemológicas.

Reconhecendo que não são aqui destacadas todas as possibilidades de aplicação para o princípio, o que se buscou evidenciar é que ele permite interpretações diversas e muitas vezes conflitantes, de acordo com os pressupostos assumidos quanto à natureza do conhecimento científico e tecnológico e quanto à fase em que se aplica na Análise de Risco.

A discussão sobre o teor e as implicações do Princípio da Precaução põe em jogo questões de ordem epistemológica, dentre as quais se destacam: I) precedência epistêmica do conhecimento científico em relação a outras formas de conhecimento; II) distinção entre conhecimento científico e tecnológico; III) relação entre conhecimento e certeza; IV) natureza das previsões e metodologias tecnológicas.

Além disso, é complexa a relação do princípio com o processo total de Análise de Risco, de modo que, em algumas interpretações o princípio reafirma a relevância do conhecimento técnico-científico para a quantificação do risco, enquanto que, em outras, ele parece desprestigiar as conclusões propiciadas por esses conhecimentos para resguardar percepções de risco que se afirmam segundo critérios políticos e de acordo com o senso comum.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISE DE RISCO DA SOJA TRANSGÊNICA

Neste quinto capítulo, propomos uma discussão de questões epistemológicas suscitadas pelo processo administrativo nº 01200.002402/98-60, da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBIO, que trata da liberação do uso da soja transgênica "*Round up*" Ready<sup>46</sup>.

Neste processo, a Monsanto, empresa detentora da patente sobre esse avanço biotecnológico, apresenta uma série de argumentos, fundamentados em estudos "técnico-científicos" que apresenta, em favor da segurança ambiental e alimentar na utilização dessa soja. As conclusões feitas com base nesses estudos, apesar de serem acatados pela referida Comissão, são contestadas por manifestações de diversas entidades - dentre as quais se destacam organizações não governamentais de defesa do meio ambiente e do consumidor - e são efetivamente rejeitadas por uma decisão judicial.

Mais especificamente, serão aqui considerados os aspectos epistemológicos suscitados por parte dos argumentos favoráveis e contrários à liberação dessa soja transgênica externados nesses estudos, nas referidas manifestações, na decisão da CTNBIO e na decisão judicial que compõem o mencionado processo. Essa apreciação é feita a partir do ferramental epistemológico desenvolvido nos capítulos anteriores, de modo que este capítulo pode ser entendido como um estudo de caso sobre previsões tecnológicas, sobre análise de risco feita em relação a tecnologias e sobre aspectos epistemológicos suscitados pelo Princípio da Precaução.

Antes de iniciarmos essa investigação, devemos ressaltar a riqueza deste processo. A grande variedade de aspectos por ele suscitados tornam-no um objeto de estudo relevante para pesquisas em diversas áreas como a bioética, a ciência política, o direito e a sociologia.

---

<sup>46</sup> A partir daqui utilizar-se-á a designação "soja RR" em substituição a "soja 'Round Up' Ready".

Assim, o enfoque estritamente epistemológico alcança apenas uma das múltiplas facetas que este material suscita. Contudo, apesar de seu alcance limitado e de ser freqüentemente desconsiderada, acreditamos que a abordagem epistemológica é um requisito para apreciações críticas mais consistentes nas diversas áreas acima citadas sobre posicionamentos contrários ou favoráveis a determinadas tecnologias.

## **1. Argumentos da Monsanto**

O referido processo administrativo é inicialmente composto por estudos técnico-científicos apresentados pela Monsanto que buscam caracterizar a segurança alimentar e ambiental da utilização da soja *RR* (CTNBIO, 1998, pp. 04 – 111). A partir desses estudos, essa empresa solicita à CTNBIO a aprovação necessária para o registro, uso, ensaios, testes, plantio, transporte, armazenamento, comercialização, consumo, importação, liberação e descarte dessa soja.

### 1.1. Caracterização da Soja “Round up Ready”

Segundo esses estudos, a denominação soja “*Roundup Ready*”. remete à linhagem e às cultivares de soja geneticamente modificadas, patenteadas pela MONSANTO, derivadas da linhagem GTS 40-3-2 ou de suas progênies, que apresentam resistência ao glifosato (N-fosfonometil–glicina).

As plantas de soja “*Roundup Ready*” são produzidas através da inserção no genoma da cultivar A5403 (utilizada como variedade parental), do gene *cp4 epsps*, isolado da bactéria *Agrobacterium* sp. estirpe CP4. Esse gene codifica a enzima CP4 EPSPS (similar à enzima EPSPS) tolerante à ação do glifosato. Desse modo, fica suprimida a necessidade da enzima EPSPS para a biossíntese de aminoácidos aromáticos nesse vegetal transgênico.

A planta parental A5403 é uma variedade comercial americana que apresenta boa regeneração nos protocolos de processos de transformação genética

de plantas de soja. Para efeito da obtenção da linhagem GTS 40-3-2 (*glyphosate tolerant soybean*), o DNA exógeno é inserido em tecido meristemático de planta da cultivar de soja A5403 através do método de transformação de plantas por aceleração ou bombardeamento de partículas.

Nessa operação é utilizado como vetor o plasmídeo engenheirado PV-FGMGT04. Esse plasmídeo contém três genes produzidos por promotores de plantas: dois *cp4 epsps* e um gene codificando  $\beta$ -glucoronidase (GUS) oriundo de *Escherichia coli*.

O glifosato, ingrediente ativo do herbicida “RoundUp”, também patentado pela MONSANTO, é um produto de aplicação foliar que controla plantas daninhas através da inibição da enzima EPSPS (5-enolpiruvato-chiquimato-3-fosfato sintase), que atua na cadeia de biossíntese de aminoácidos aromáticos em plantas e microorganismos. Esta cadeia de formação de aminoácidos não é encontrada em mamíferos, aves e peixes, razão pela qual se acredita que o glifosato seja tóxico somente para plantas.

A soja “Roundup Ready” foi especialmente desenvolvida para ser utilizada em associação com o herbicida Roundup, de modo a permitir uma forma mais adequada de controle de plantas daninhas na cultura de soja. Quando o herbicida Roundup é aplicado às plantas de soja Roundup Ready, estas não são afetadas devido à ação contínua da enzima CP4 EPSPS que supre as necessidades da planta quanto a aminoácidos aromáticos.

### 1.2. Segurança Alimentar e Ambiental

Nos referidos estudos, a Monsanto aborda a questão da segurança alimentar e ambiental desse organismo geneticamente modificado, considerando os seguintes aspectos:

1. Histórico, taxonomia, biologia e reprodução da soja enquanto organismo parental;

2. Caracterização molecular da soja RR;
3. Desenvolvimento de genótipos da soja RR;
4. Uso do herbicida glifosato juntamente com a soja RR;
5. Impacto ambiental da soja RR;
6. Avaliação de segurança alimentar da proteína cp4epsps;
7. Avaliação da composição e nutrição da soja RR;
8. Confirmação da segurança da utilização da soja RR na alimentação em rações de diferentes animais.

A partir da análise desses estudos e da resposta encaminhada pela empresa multinacional às manifestações públicas encaminhadas à CTNBIO (CTNBIO, 1998, pp. 468-486), propomos a seguinte tipologia dos argumentos utilizados pela Monsanto para caracterizar a segurança ambiental e alimentar da soja RR :

1) *SEGURANÇA AMBIENTAL*

- a. O único gene inserido na soja Roundup é o gene cp4epsps;
- b. Entendimento sobre o (único) efeito do gene inserido na bioquímica da planta (o qual não interagiria com outros genes);
- c. O gene não possui propriedade patogênica;
- d. Gene estável e herança mendeliana (a inserção presente na linhagem GTS 40-3-2 comporta-se como um gene dominante que é herdado de forma estável e segue as Leis Mendelianas);
- e. O gene não causa danos ou impactos adversos a organismos benéficos à agricultura e não alvo desta tecnologia;
- f. O organismo doador do gene cp4epsps é um microorganismo comumente encontrado no solo;
- g. Estudos conduzidos em diferentes ambientes demonstraram que não há efeitos pleiotrópicos da inserção do gene cp4epsps em características fenotípicas da soja Round Up;
- h. A seqüência de aminoácidos da proteína cp4 epsps é conhecida;
- i. A soja RR não possui propriedade patogênica;
- j. A possibilidade de ocorrer fluxo gênico do gene Roundup Ready é extremamente baixa devido à biologia da soja (autógama) e pela soja não ter parentesco genético com qualquer espécie nativa para inter cruzar nas Américas (inclusive Brasil) e Europa Ocidental;
- k. As plantas daninhas e invasoras verificadas no Brasil não têm proximidade filogenética nem possuem compatibilidade sexual com a soja, não havendo possibilidade de transferência do gene de tolerância a glifosato da soja Round Up para qualquer uma dessas plantas;
- l. A modificação genética não aumenta o potencial como planta invasora da soja transgênica mais do que a soja não transgênica;
- m. A modificação genética não aumenta o potencial de outras plantas cultivadas tornarem-se plantas daninhas;
- n. Menor toxicidade do glifosato em relação a outros agrotóxicos;

- o. A enzima epsps, cuja produção é inibida pelo glifosato, não participa do metabolismo de mamíferos, aves e peixes de modo que o inseticida Roundup não compromete os processos metabólicos nesses animais;
- p. Caso ocorra a fecundação cruzada, não haveria impacto negativo ao meio ambiente, pois a soja não sobrevive no meio ambiente sem a intervenção humana (não existem populações ferais de qualquer espécie de soja no Brasil);
- q. Uso em larga escala da tecnologia em outros países, sem a verificação de danos alimentares e ambientais.

## 2) SEGURANÇA ALIMENTAR

- a. O único gene inserido na soja round up é o gene cp4epsps;
- b. Entendimento sobre o (único) efeito do gene inserido na bioquímica da planta (o qual não interagiria com outros genes);
- c. Estudos conduzidos em diferentes ambientes demonstraram que não há efeitos pleiotrópicos da inserção do gene cp4epsps em características fenotípicas da soja Round Up;
- d. O gene não possui propriedade patogênica;
- e. A seqüência de aminoácidos da proteína cp4 epsps é conhecida;
- f. A proteína cp4 epsps é funcionalmente e estruturalmente similar às proteínas epsps tipicamente presentes em alimentos e rações;
- g. A proteína cp4 epsps está presente em quantidades mais de 100 vezes menor que quaisquer das proteínas de reserva da soja e portanto não deve ser considerada como um macronutriente da semente de soja;
- h. Proteínas tóxicas não são homólogas a cp4 epsps;
- i. A torrefação e o ambiente ácido do estômago humano eliminam com alta probabilidade a atividade enzimática da cp4 epsps;
- j. O potencial alergênico da soja Roundup Ready e dos produtos derivados dessa soja não é significativamente diferente de outras variedades de soja;
- k. O grão da soja Roundup Ready não é materialmente diferente de outras sementes de soja, com relação aos nutrientes essenciais ou antinutrientes;
- l. A soja não possui propriedade patogênica;
- m. Estudos de laboratório (experimentação e simulação) atestam a não verificação de danos a animais pelo consumo da soja transgênica;
- n. Uso em larga escala da tecnologia em outros países, sem a verificação de danos alimentares e ambientais;
- o. Argumentos de autoridade (apelo à aprovação da comercialização da soja RR por agências reguladoras e a publicações em revistas especializadas que informam sobre a segurança alimentar dessa soja);
- p. Houve, no passado, importação da soja transgênica para o Brasil, sem que se verificassem danos alimentares.

A partir desses argumentos a Monsanto conclui que *"os resultados dos estudos técnico científicos realizados com a soja RR no Brasil e em outros países demonstram a sua segurança ambiental e alimentar"* <sup>47</sup> ou que os estudos e fundamentações técnicas aduzidas demonstram *"a substancial equivalência da Soja Roundup Ready em relação à soja geneticamente não modificada"*<sup>48</sup>.

---

<sup>47</sup> CTNBIO, 1998, p. 109.

<sup>48</sup> CTNBIO, 1998, p. 04.

## **2. Argumentos Contrários à Soja RR**

Em reação ao pleito da Monsanto, há no processo diversas manifestações de pessoas e entidades contrárias à liberação da soja RR. Nessas manifestações são tecidas críticas contra os pareceres técnico-científicos apresentados pela empresa, em especial contra a capacidade desses pareceres comprovarem definitivamente a não existência de riscos alimentares e ambientais na utilização desse organismo transgênico.

Sob uma perspectiva abrangente, as críticas podem ser categorizadas em três tipos principais:

- I. A avaliação de risco alimentar e ambiental feita pela Monsanto apresenta deficiências graves, pois: a) há questões essenciais que não foram devidamente investigadas quanto aos impactos da soja transgênica, do herbicida glifosato e da combinação destes dois produtos no meio ambiente e na saúde humana; b) os estudos da Monsanto não comprovam cientificamente a inexistência de riscos alimentares e comerciais implicados pela liberação comercial da soja RR; c) não há no processo citação de estudos ambientais ou toxicológicos realizados no Brasil;
- II. A utilização da Soja “*Round up*” para plantio e consumo humano e animal no país, apresenta riscos a médio e longo prazo imprevisíveis e caso ocorram poderão ser incontroláveis e irreversíveis;
- III. Há especialistas que alertam sobre as incertezas dos efeitos sobre o homem e sobre o meio ambiente dos produtos geneticamente modificados, como é o caso da soja RR.

Mais especificamente, as críticas feitas contra os resultados apresentados pelos estudos da Monsanto são baseadas nos seguintes argumentos:

## 1) CONTRA A SEGURANÇA AMBIENTAL

- a. Deve ser investigado o efeito da inserção do gene cp4 epsps na expressão dos genes envolvidos na produção de flavonóides e nodulinas em diferentes condições ambientais (a alteração na composição desses metabólitos pode afetar a nodulação e, portanto, o rendimento da fixação biológica de nitrogênio);
- b. Caso a soja transgênica seja plantada muito próxima à soja comum cultivada é possível a transferência do gene introduzido;
- c. Há evidências de transmissão de características de resistência ao glifosato (como no caso do azevém na Austrália);
- d. Não foi devidamente investigada a interação da soja modificada com cadeias tróficas de pragas e predadores;
- e. O registro de novas cultivares ou cultivares derivadas e a comercialização de sementes exigem resultados de ensaios em diferentes regiões edafoclimáticas, com dados sobre o delineamento experimental, grupo de maturação, características morfológicas e fenológicas, reações a pragas, produtividade e características agro-industriais;
- f. Devem ser considerados os possíveis efeitos da transferência de genes da soja depositadas no solo, no cultivo direto, para a microbiótica do solo;
- g. A documentação apresentada pela Monsanto não aborda possíveis efeitos adversos da soja RR em períodos de estiagem ou seca;
- h. Não foi apresentada nenhuma análise do risco de deriva genética da soja transgênica no Brasil;
- i. A documentação apresentada pela Monsanto não aborda possíveis efeitos adversos da soja RR em períodos de estiagem ou seca;
- j. Não foram apresentados dados demonstrando se a modificação alterou a suscetibilidade da planta a outras doenças (inclusive as típicas do Brasil);
- k. Devem ser explicitadas as espécies vegetais nativas capazes de serem polinizadas pela soja transgênica produzindo híbridos férteis;
- l. São necessários dados que comprovassem a equivalência de comportamento e de características das cultivares de soja RR plantadas no ambiente brasileiro em comparação com as cultivares não transgênicas;
- m. É necessária a análise de dados sobre o comportamento das cultivares Roundup Ready derivadas da linhagem 40-3-2 no nosso ambiente;
- n. Não foram apresentados dados pela Monsanto sobre experimentos no Brasil para a verificação dos efeitos da soja RR em organismos não alvo.

## 2) CONTRA A SEGURANÇA ALIMENTAR

- a. A alegação de que não há diferenças significativas entre a variedade GTS 40-3-2 e a variedade parental A5403 é descabida pois a concentração encontrada no ácido oléico, além de se encontrar no valor mínimo indicado pela literatura, apresentou uma grande variabilidade dentro das faixas de valores obtidos (em casos como estes a média tem significado estatístico restrito, devido ao fato de que os valores extremos da distribuição, podem proporcionar distorções estatisticamente significativas em relação à média, principalmente no caso de pequenas amostras);
- b. Há evidências de maior produção na soja transgênica de hormônios assimiláveis pelo metabolismo humano;
- c. No caso da diferença estatisticamente significativa encontrada na composição de ácido graxo, são necessários maiores esclarecimentos sobre o resultado (já que este ácido graxo é fundamental para a formação de alguns hormônios básicos para os animais superiores);
- d. Há carência de informações sobre o conteúdo de ácidos graxos detectados na “Análise da composição do grão de soja GTS” (p. 84);
- e. Os estudos apresentados pela Monsanto não especificam se os dados sobre níveis de fitoestrógenos foram avaliados em plantas pulverizadas com glifosato – seria uma grave omissão realizar as análises com a soja RR sem a pulverização do herbicida, tendo em vista que é o efeito do uso aumentado de glifosato que induz ao aumento destas

substâncias. É desconhecido o efeito eventual destes estrógenos no leite produzido pelas mulheres.

- f. Devem ser melhor investigadas causas e consequências da maior absorção de ferro verificada em animais alimentados com a soja RR.
- g. A solicitação da Monsanto não identifica o grau de resíduos nos derivados da soja produzidos pelo sistema Round-up Ready, mas apenas dados a respeito da composição nutricional. São necessárias análises dos resíduos encontrados na soja e nos seus produtos (no momento em que foram feitas as aplicações do Round up);
- h. Não foram devidamente investigadas possíveis reações alérgicas aos novos compostos da soja (em particular entre crianças que já apresentam alergias aos laticínios);
- i. A metodologia utilizada para determinar risco de reações alérgicas é inadequada. É sabido que existem indivíduos sensíveis às proteínas epsps, logo os testes sobre a alergenicidade à soja RR deveriam ser feitos com o soro destas pessoas, na presença da proteína da soja RR;
- j. A análise de segurança alimentar deve ser feita com base na soja RR produzida nas condições brasileiras;
- k. Deve ser investigado o padrão de expressão gênica das proteínas alergênicas na soja transgênica, cultivadas nas diferentes condições climáticas das regiões produtoras nacionais.

### 3) *CONTRA A SEGURANÇA AMBIENTAL E ALIMENTAR NA UTILIZAÇÃO CONJUNTA DA SOJA RR COM O GLIFOSATO*

- a. Não foi devidamente investigado o potencial de aquisição de resistência ao glifosato por ervas invasoras que prejudicam a lavoura de soja;
- b. Há evidências conflitantes de persistência do glifosato no solo na perspectiva de milhões de hectares plantados com soja nos cursos d'água, lençóis freáticos, etc...
- c. Há denúncias de que o glifosato permanece no solo toxicologicamente ativo por três anos;
- d. Resíduos de glifosato encontrados em morango, alface, cenoura e cevada persistiram por muito tempo depois da aplicação;
- e. No próprio processo (p.69) reconhece-se que o glifosato altera a composição florística do solo, aumentando a presença das ervas mais resistentes e eliminando a presença das mais sensíveis – o que claramente constitui um impacto ambiental negativo;
- f. O glifosato pode afetar animais e microorganismos benéficos do solo;
- g. Há “evidências científicas claras” de que o glifosato pode elevar o nível de fitoestrogênios em legumes, trazendo efeitos para mamíferos;
- h. A toxicologia ambiental e humana do glifosato e do surfatante associado foi inadequadamente apresentada, com erros grosseiros no perfil toxicológico, como a alegação da inexistência de sensibilização dérmica (na Califórnia, nos EUA, o glifosato está em terceiro lugar entre os pesticidas que ocasionam problemas graves de saúde entre trabalhadores na agricultura, incluindo 38% das dermatites);
- i. Pesquisas realizadas nos EUA revelam que herbicidas à base de glifosato apresentam toxicidade aguda em seres humanos;
- j. Não foi devidamente investigada a maior incidência de dermatites entre trabalhadores rurais provocadas pelo glifosato;
- k. No próprio processo assume-se que será necessário o uso de mais um herbicida para controlar a soja RR involuntária (tiguera) nos restos de cultura, citando-se o uso do paraquat ou glufosinato de amônia – o herbicida paraquat é uma das moléculas mais danosas à saúde humana e ao meio ambiente, sendo seu uso restrito em vários países do mundo, por sua alta toxicidade;
- l. Deve ser investigada a velocidade de degradação do glifosato no solo das diversas regiões produtoras nacionais, tendo em vista que as particularidades brasileiras quanto a ervas daninhas poderiam exigir quantidades maiores de glifosato;
- m. Não se sabe se, em condições brasileiras, haveria redução significativa do uso de outros herbicidas;

- n. Não foram apresentadas informações quanto à possível ocorrência de dormência induzida, com duração, término e intensidade nas diferentes condições ambientais prevalentes no Brasil;
- o. Não foi avaliado o efeito do herbicida glifosato, um quelador de ferro e alumínio, em solos brasileiros (o solo brasileiro tem mais ferro do que as regiões onde a soja RR foi desenvolvida).

Depreende-se da análise dos autos que, além das críticas com relação à segurança alimentar e ambiental, há também argumentos contrários à liberação da soja RR pelos supostos efeitos sócio-econômicos que tal expediente acarretaria, dentre os quais destacamos:

1. Essa tecnologia impede o uso da semente para a reprodução da safra seguinte, de modo que ela ampliaria a brecha social entre pequenos e grandes produtores agrícolas;
2. Aumento da dependência da agricultura brasileira a tecnologias de alto custo;
3. Perda do mercado europeu, que não liberou o uso e consumo da soja transgênica;
4. A adoção dessa tecnologia, enquanto tipo de manipulação genética, representa mais um passo em direção à uniformização de espécies, inclusive a humana;
5. Essa tecnologia implica na compra casada entre a semente de soja RR e o herbicida glifosato, gerando a dependência do agricultor em relação a produtos da Monsanto.

Com base nessa grande variedade de argumentos, essas manifestações públicas chegam a conclusões do seguinte tipo:

*“As entidades abaixo-assinadas (sic) consideram que as possíveis vantagens econômicas que a Monsanto e alguns setores agrícolas poderão usufruir de imediato com o plantio da soja transgênica não justificam os riscos ambientais, de saúde e sócio-econômicos que poderão atingir amplas parcelas da população, de maneira duradoura e irreversível.” – “Manifesto à Nação” (CTNBIO, 1998, pp. 379-381).*

*“Em vista de todos esses questionamentos sobre diversos aspectos do pedido da Monsanto pela “desregulamentação” de sua soja transgênica, e levando também em conta o internacionalmente consagrado Princípio da Precaução que deveria ser a base desta e todas as decisões no âmbito da biossegurança, solicitamos que este pedido receba o parecer negativo da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança.” – “Contestação ao Pedido de Desregulamentação da Soja Roundup Ready” (CTNBIO, 1998, pp. 404- 417).*

Especificamente com relação à Medida Cautelar inominada impetrada pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor – IDEC (CTNBIO, pp.582-615), destacamos o seguinte trecho referente a parecer citado do Ministério Público Federal:

*“A ausência de comprovação científica de efeitos danosos pela introdução da soja transgênica na cadeia alimentar, certamente foi e será usada pela Monsanto para justificar a comercialização. No entanto, não é porque ainda não há prova de que ela possa comprometer a saúde humana no presente, que essa soja geneticamente alterada pode ser considerada inofensiva para o ser humano.”* (CTNBIO, 1998, p. 589)

### **3. Argumentos e Decisão da CTNBIO**

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança- CTNBIO, a partir da análise dos estudos e informações prestadas pela Monsanto e das manifestações levadas a conhecimento no processo, em nota divulgada à imprensa (CTNBIO, 1998, pp. 641-643), conclui sua Análise de Risco afirmando entender que:

- Em relação à segurança ambiental:

*“... não haverá risco ambiental na utilização da soja transgênica em questão”* (CTNBIO, 1998, p. 641), mas que *“... por prudência, não vai desregulamentar o uso comercial da soja transgênica em questão e sim regulamentará o seu uso comercial procedendo pelo período de cinco anos análises e estudos em plantios comerciais disponibilizados pela requerente...”* (CTNBIO, 1998, p. 642).

- Em relação à segurança alimentar:

*“... não há risco para segurança alimentar no consumo da soja transgênica em questão tanto na dieta de humanos como na dieta de animais de uso pecuário; além dos riscos inerentes ao consumo da soja para os que têm reações adversas ao consumo”* (CTNBIO, 1998, p. 642).

Em nota divulgada à imprensa (CTNBIO, 1999, pp. 641-643) , a Comissão informa que chegou a essa conclusão com base nos seguintes elementos:

I) *Segurança Ambiental:*

- A taxa de alopolinização da soja é da ordem de 1%. As espécies selvagens compatíveis com a soja com as quais poderia se dar a alopolinização não existem no Brasil;
- A utilização do herbicida glifosato no Brasil, nas últimas duas décadas não ensejou o aparecimento de outras espécies de ervas daninhas a ele resistentes;
- A utilização desse herbicida não teve efeito negativo no processo de fixação biológica de nitrogênio, no comportamento dos cultivares de soja a ele expostos ou no comportamento de microorganismos fixadores de nitrogênio;
- Não há nenhum efeito documentado no Brasil de variações de comportamento populacional de insetos benéficos e/ou insetos pragas decorrente do uso do herbicida citado.

II) *Segurança Alimentar:*

- Em todos os países em que se utiliza comercialmente a soja RR não há qualquer caso documentado de indivíduo que, não tendo reação adversa ao consumo da soja não transgênica, tenha evidenciado reação adversa do ponto de vista alimentar como decorrência do consumo da soja RR;
- A análise da literatura referente ao suposto aumento da alergenicidade da soja transgênica com relação a cultivares comerciais resultou não confirmado;
- Foi verificada a segurança da proteína CP4EPPS quanto aos aspectos de toxicidade e alergenicidade;
- A introdução do transgene não altera a composição química da soja a não ser quanto a proteína CP4EPPS;
- Com *“base em metodologias científicas aceitas e publicadas em revistas indexadas e por conseguinte submetidas a análise do corpo editorial destas revistas que tem (sic) circulação internacional”*, ficou comprovada a

equivalência da composição química da soja transgênica com a soja convencional.

#### **4. Argumentos e Decisão Judicial**

A ação cautelar impetrada pelo IDEC e por outras entidades visando a impedir a utilização da soja RR para plantio e consumo foi julgada pela 6ª Vara da Seção Judiciária do Distrito Federal. A decisão judicial prolatada (CTNBIO, 1998, pp. 728-789) julgou procedente a ação cautelar, concluindo por diversas medidas, dentre as quais destacamos:

- obrigatoriedade de apresentação pela Monsanto do Estudo Prévio de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA;
- suspensão do cultivo, em escala comercial da soja RR para esclarecimento de questões técnicas suscitadas no processo.

Nessa decisão, há uma série de questões jurídicas debatidas, especialmente com relação às competências da CTNBIO, aplicação do Princípio da Precaução e a exigibilidade do EIA/RIMA para atividades envolvendo organismos geneticamente modificados (OGMs). Para efeito desse trabalho, serão ressaltadas as questões referentes à confiabilidade da Análise de Risco e aplicação do Princípio da Precaução.

Com relação à Análise de Risco feita pela CTNBIO, são formuladas críticas no seguinte sentido:

- não avaliação de todos os aspectos relacionados com a introdução do referido OGM no Brasil;
- não há capacidade de se prever todos os efeitos ecológicos que uma inserção de gene de outra espécie possa acarretar;

- a realização do EIA/RIMA é essencial para que sejam sanadas dúvidas sobre a segurança ambiental na utilização dessa soja transgênica;
- não há informações claras sobre os graus de toxicidade do produto para a espécie humana;
- trabalhos científicos publicados atestam que o herbicida Roundup acumula-se no solo e é prejudicial a peixes e ratos;
- a imposição de monitoramento indica a existência de perigo de dano ambiental.

Com relação à aplicação do Princípio da Precaução, chega-se à conclusão de que a aplicação do Princípio da Precaução se dá concretamente com a realização do EIA/RIMA, inclusive no que tange à liberação de organismos geneticamente modificados. Neste contexto, afirma-se que *“... a simples realização do EIA demonstrando os acervos de suas premissas ambientais daria à MONSANTO e à CTNBIO o argumento definitivo sobre o assunto, afastando qualquer dúvida sobre eventuais efeitos danosos decorrentes do descarte de OGM no meio ambiente”* (CTNBIO, 1998, p. 28).

No que tange a uma “ausência de absoluta certeza científica”, cita-se o Prof. Nelson Nery Júnior, segundo o qual:

*“... conceituada entidade científica européia a Physicians and Scientists for Responsible Application of Science and Technology – PSRAST (Médicos e Cientistas pela Aplicação Responsável da Ciência e da Tecnologia) afirma que não há comprovação científica de que os alimentos geneticamente modificados sejam seguros do ponto-de-vista da saúde humana e ambiental”* (CTNBIO, 1998, p.49).

Cita-se também o economista norte americano Jeremy Hifkins<sup>49</sup>, segundo o qual:

*“Alertam os cientistas para os riscos incalculáveis para o meio ambiente, os efeitos desconhecidos para a saúde humana decorrentes do consumo de alimentos transgênicos, além dos problemas de dependência econômica que resultarão para os agricultores. Não se encontra, ainda, unanimemente segura a comunidade científica, sobre os efeitos dos*

---

<sup>49</sup> Hifkins, J. (1999) *O Século da Biotecnologia*. Makron.

*transgênicos nos seres vivos e no meio ambiente, sugerindo evidências de que os transgênicos causam impactos maléficos à saúde humana e ao meio ambiente... Ao introduzir genes de uma espécie em outra, episódio que raramente ocorre na natureza, é possível que se desencadeiem processos sobre os quais cientistas não tenham qualquer controle, e que, dificilmente, possam corrigir, já que os genes têm a capacidade de se reproduzir autonomamente” (CTNBIO, 1998, pp. 49-50).*

## **5. Considerações Epistemológicas sobre os Argumentos Explicitados no Processo**

O processo sob comento aborda a questão da liberação para uso e consumo de uma nova tecnologia. Um primeiro comentário a ser feito é que, conforme se depreende das manifestações favoráveis e contrárias à soja RR, o que se considera como tecnologia, para efeito da análise de biossegurança, não é somente a soja transgênica: o avanço tecnológico que é efetivamente avaliado é a utilização da soja transgênica conjuntamente com o herbicida glifosato com a finalidade de redução de custos e maior produtividade na produção de soja.

A questão epistemológica de fundo, que é recorrente no processo, é a da confiabilidade de previsões feitas sobre efeitos de uma nova tecnologia. Ou seja, a empresa detentora da patente sobre a tecnologia faz previsões sobre efeitos da tecnologia para o meio ambiente e para a saúde humana que são acolhidas pela CTNBIO mas são contestadas pelas referidas manifestações públicas e pela comentada decisão judicial.

Portanto, a primeira parte do processo, constituída pelos estudos e argumentos trazidos pela Monsanto, pode ser entendida, sob uma perspectiva epistemológica, como sendo a apresentação, pela Monsanto, de um conjunto de conhecimentos que lhe permite fazer a previsão sobre efeitos ambientais e sanitários de uma tecnologia – qual seja, a utilização humana de um artefato (soja RR) – para alcançar um determinado objetivo (produção de soja com menores custos).

### 5.1. Conhecimentos Envolvidos nos Estudos da Monsanto

Com base nos conhecimentos que apresenta, a Monsanto faz a previsão de que a utilização da soja RR não acarretará em danos para o meio ambiente ou para a saúde humana. O conhecimento utilizado nessa previsão não é exclusivamente científico. Os argumentos aduzidos indicam a participação dos seguintes tipos de conhecimento:

I) Conhecimento Científico em disciplinas como botânica, ecologia, genética, biologia molecular e química;

II) Conhecimento Tecnológico, representado por:

- conhecimento relativo a teorias tecnológicas substantivas como a engenharia genética, a agronomia, a nutrição e a medicina;
- conhecimento sobre procedimentos utilizados na obtenção da soja RR e sobre os resultados de sua utilização;
- conhecimento sobre uso em larga escala da tecnologia em outros países sem a verificação de danos alimentares e ambientais.

Há uma série de trechos nos argumentos mostrados pela Monsanto que reconhecem os diversos tipos de conhecimento que se fazem presentes nessa previsão:

*“... a soja Roundup Ready está sendo comercializada no mercado internacional de soja como uma commodity, pois ficou comprovado cientificamente e com dados de produção em larga escala que este produto de biotecnologia não causa qualquer impacto negativo ao meio ambiente e à segurança alimentar ...”* (CTNBIO, 1998, p. 13) (grifo nosso).

*“... as informações utilizadas nesta seção incorporam o conhecimento disponível na literatura das ciências agrárias, biotecnologia, agroquímica, e a experiência e conhecimento de centenas de cientistas que trabalharam em áreas relativas ao desenvolvimento da soja Roundup Ready em vários países”* (CTNBIO, 1998, p. 76) (grifo nosso).

*“ Os resultados dos estudos técnico-científicos realizados com a soja Roundup Ready no Brasil e em outros países demonstram a sua segurança ambiental e alimentar. A Monsanto também acumulou uma vasta experiência ao longo dos anos de desenvolvimento técnico e de comercialização da soja Roundup Ready em larga escala.” (CTNBIO, 1998, p.100) (grifo nosso).*

*“Informações técnicas e científicas foram apresentadas aos diversos órgãos de regulamentação de biotecnologia em vários países” (CTNBIO, 1998, p.11) (grifo nosso).*

Contudo, certas conclusões formuladas sugerem a participação estrita de um conhecimento científico como se depreende do seguinte trecho:

*“ ... aprovações, incluindo as dos principais países importadores de soja com o Japão e a Comunidade Européia, foram possíveis devido a comprovação científica que o gene Round up Ready demonstra as seguintes características ...” (CTNBIO, 1998, p. 13) (grifo nosso).*

## 5.2. A Previsão Tecnológica sobre Efeitos Alimentares e Ambientais da soja RR

A previsão feita pela Monsanto não se faz sobre uma determinada soja RR, mas sim sobre riscos ambientais e alimentares envolvidos na utilização de qualquer soja RR no Brasil. Ou seja, se conclui que a utilização ou consumo de qualquer soja RR não implicará em riscos alimentares ou ambientais, ou que os riscos alimentares envolvidos são os mesmos suscitados pela soja não transgênica.

Deste modo, a previsão que é feita não é de um fato, mas sim de uma lei de segurança alimentar e ambiental dessa nova tecnologia. As premissas dessa previsão são generalizações determinísticas ou probabilísticas que se inserem no arcabouço teórico das ciências e das engenharias já mencionadas. Por sua vez, a lei inferida vai além da informação trazida pelas suas premissas - ela é obtida mediante indução.

Porém, em nenhum momento é indicado algo como um valor de suporte para essa inferência, nem se utilizam expressões como “provável”, “muito provável” ou “improvável”. Da forma com que as conclusões dos estudos são formuladas,

passa-se a impressão de que o suporte indutivo seria igual a 1 - ou seja, de que estar-se-ia fazendo uma previsão de uma lei determinística mediante dedução.

### 5.3. Análise de Risco

Apesar de não haver menção expressa no processo, essa avaliação de segurança alimentar e ambiental apresentada pela Monsanto pode ser caracterizada como uma análise de risco (em sentido estrito) da utilização da soja RR - dado que se configura na aplicação de um conjunto de conhecimentos para avaliar possíveis efeitos adversos decorrentes do uso de um artefato.

Não há uma definição prévia precisa sobre os efeitos adversos a serem considerados por esta análise mas, de uma forma genérica, subentende-se que esta deva relevar qualquer tipo de efeito adverso que a utilização dessa soja possa gerar para a alimentação humana ou para o meio ambiente no país.

Note-se que, diferentemente das recomendações teóricas sobre as demais informações que devem resultar da fase de quantificação de risco, não há uma identificação do nível e tipo de incerteza nela atuante, nem uma explicitação das opções metodológicas assumidas. As conclusões formuladas sugerem que esta é uma análise que conclui pela impossibilidade de efeitos adversos (probabilidade=0), ou, ao menos, que os riscos alimentares suscitados pela utilização desse organismo transgênico são exatamente os mesmos envolvidos na utilização da soja comum.

Deste modo, a falta da identificação da incerteza atuante na Análise de Risco, a forma aparentemente dedutiva com que a previsão sobre efeitos da soja RR é anunciada e a falta de um comprometimento mais evidente com a distinção entre conhecimento científico e tecnológico indicam que os estudos da Monsanto parecem concluir por uma “*certeza científica*” de que a utilização da soja RR não causará danos para o meio ambiente e para a saúde humana no Brasil.

#### 5.4. As Manifestações Contrárias

Por sua vez, as manifestações contrárias à liberação da soja RR são feitas contra a pretensão da Monsanto de prever, por meio da metodologia adotada nos estudos técnico-científicos apresentados, que não há riscos para o meio ambiente e para a saúde humana envolvidos na utilização da soja RR.

Seja com base em especificidades ou aspectos que não são considerados, seja mediante a identificação de supostos problemas metodológicos, essas críticas procuram caracterizar que os estudos trazidos pela Monsanto não são suficientes para assegurar que não haverá danos na utilização da soja RR. Em certos momentos, dá-se a entender que mais estudos seriam necessários – principalmente com foco nas especiais condições postas pelo meio ambiente brasileiro – em outros, sugere-se que os efeitos da liberação da soja RR são, simplesmente, imprevisíveis.

O posicionamento favorável à realização de maiores estudos parece compartilhar do entendimento de que as previsões sobre tecnologias, para serem mais confiáveis, devem levar em consideração aspectos específicos sobre o local e modo com que a tecnologia será utilizada, bem como demais elementos que possam vir a ser relevantes na previsão sobre possíveis danos ambientais e à saúde humana.

Realmente, a consideração de todos os aspectos relevados nos argumentos contrários à utilização da soja RR, conferiria à previsão sobre efeitos sanitários e ambientais da tecnologia em questão um maior grau de confiabilidade – ou seja, um maior suporte indutivo. Mas esse tipo de exigência, no caso concreto, não suscita apenas aspectos epistemológicos. A requisição de maiores testes e pesquisas coloca em jogo também uma questão política: a definição do tempo e dos recursos que serão empregados na quantificação do risco.

É também importante notar que, dentre os argumentos contrários, há aqueles que levantam efeitos econômicos e sociais possivelmente decorrentes da adoção dessa tecnologia, que não são considerados nos estudos da Monsanto. Por

um lado, esses argumentos poderiam ser interpretados no sentido de uma exigência de que, além das previsões tecnológicas sobre efeitos sanitários e ambientais feitas na fase estrita de Análise de Risco, fossem também consideradas as previsões sobre efeitos sociais da tecnologia, através da participação das ciências sociais nessa Análise – o que suscita a discussão sobre a definição política prévia sobre os efeitos adversos que serão considerados pela Análise de Risco.

Por outro, a intenção desses argumentos poderia ser a de apontar simplesmente aspectos sócio-econômicos que deveriam ser relevados na fase política de Gestão de Risco. Dado que esses argumentos estão relacionados em passagens com considerações sobre a relação custo-benefício envolvendo a liberação da soja RR, essa outra hipótese parece mais provável.

Com relação à aplicação do Princípio da Precaução que é suscitada, pode-se considerar que a totalidade dos argumentos contidos nas manifestações contrárias à liberação da soja RR buscam mostrar que os estudos da Monsanto não são suficientes para descartar uma percepção inicial de risco - compartilhada por um grande número de entidades e especialistas que se manifestam - de danos graves decorrentes da implantação de uma tecnologia avançada que promove, mediante intervenção do homem no código genético de seres vivos, a inserção de genes de uma espécie em outra.

Especialmente com relação à medida cautelar proposta pelo IDEC, essa percepção de *“ameaça de danos sérios ou irreversíveis”* que também encontra amparo em pareceres de especialistas, é utilizada como fundamento para se invocar a aplicação do Princípio da Precaução. Ou seja, dada uma percepção de ameaça de danos sérios ou irreversíveis e sendo que os estudos técnico-científicos apresentados pela Monsanto não teriam conseguido comprovar com “certeza científica” que a utilização da soja RR não causará danos alimentares ou ambientais, a medida cautelar exige que sejam adotadas medidas para prevenir o dano<sup>50</sup> - no

---

<sup>50</sup> A aplicação do Princípio da Precaução que é suscitada neste caso é a de número quatro que é proposta na subseção 3.4 do Capítulo 4.

caso, a realização de um Estudo Prévio de Impacto Ambiental como requisito para a liberação da soja RR no meio ambiente.

### 5.5. A Decisão da CTNBIO

A conclusão da CTNBIO é similar à da Monsanto no sentido de que prevê que não haverá danos alimentares e ambientais na utilização da soja RR. Trata-se também de uma previsão que pode ser reconstruída na forma de um argumento indutivo, mas que é anunciada como uma dedução. Há, portanto, uma aparente tentativa de garantir uma "*certeza científica*", pelo menos de tipo inferencial, sobre a não possibilidade de danos alimentares e ambientais no uso dessa soja transgênica.

A CTNBIO se propõe a fazer uma Análise de Risco em sentido estrito sobre segurança alimentar e ambiental da soja RR. Como aduz o então presidente dessa Comissão, no ofício nº 17/98 (CTNBIO, 1998, pp. 677-686), as decisões tomadas pela CTNBIO são "*técnicas, e não levam em consideração nenhum outro aspecto senão a biossegurança relativa ao uso e liberação no meio ambiente, de organismos transgênicos, muito menos de caráter ideológico*" (CTNBIO, 1998, p. 678).

Como bem ilustra o pronunciamento acima citado, busca-se sempre reafirmar o caráter estritamente técnico-científico das deliberações da CTNBIO. Na comunicação feita à imprensa sobre o parecer definitivo quanto à biossegurança da soja RR (CTNBIO, 1998, pp. 641-643), não há qualquer juízo sobre relações entre riscos e benefícios envolvidos na adoção da tecnologia.

Também não há um pronunciamento sobre possíveis efeitos sociais adversos decorrentes da liberação dessa biotecnologia. Por último, no modelo institucional em que se insere, a CTNBIO não é o órgão responsável pela autorização para o uso comercial de produtos transgênicos: a liberação é feita pelos Ministérios, sendo que o parecer da CTNBIO é simplesmente vinculante quanto aos aspectos de biossegurança por ela analisados.

Contudo, nesse caso em específico, a CTNBIO faz mais do que quantificar o risco envolvido na utilização da mencionada tecnologia. Além de concluir pela inexistência de riscos na utilização da soja RR, a CTNBIO decide no sentido de se proceder a um monitoramento de 5 anos em plantios sobre os efeitos da soja RR para o meio ambiente.

A adoção do monitoramento sugere duas hipóteses: I) A fase de quantificação do risco somente se encerrará com o fim desse monitoramento; ou II) O monitoramento seria uma medida já na fase de gestão de risco que pressuporia um risco, ainda que mínimo. Dado que o parecer técnico conclusivo da CTNBIO foi emitido antes da conclusão desse monitoramento, a segunda interpretação ganha maior fundamento.

Essa mescla de atividades de gestão de risco com a simples quantificação de risco, aliada à falta de uma definição prévia precisa sobre efeitos adversos a serem considerados e o tempo e os recursos a serem empregados, lançam dúvidas sobre o caráter estritamente técnico-científico da análise feita por esta Comissão. A própria composição da CTNBIO, que conta com participação de representantes do governo, além de representantes dos consumidores, dos trabalhadores e da indústria, indica que as deliberações do órgão envolvem também decisões políticas.

#### 5.6. A Decisão Judicial

A comentada decisão judicial acolhe as críticas contrárias à segurança alimentar e ambiental da utilização da soja RR. Segundo essa decisão, a Análise de Risco feita pela CTNBIO é insuficiente para avaliar os riscos envolvidos na utilização da soja transgênica.

Critica-se uma indevida celeridade na análise da CTNBIO que não teria considerado adequadamente as questões postas pelas peculiaridades das condições brasileiras. Conforme já comentamos, esse tipo de crítica, ao mesmo tempo que suscita a discussão sobre os aspectos altamente específicos exigidos

nas predições sobre efeitos de tecnologias, envolve também questões políticas sobre a eficácia do processo regulatório.

A questão do monitoramento imposto pela CTNBIO e a aceitação do risco que ela implica também é problematizada, nos seguintes termos:

*"Se o produto é realmente seguro, não há razão de submetê-lo a um monitoramento, com regras que revelam o perigo do dano ambiental. O que era lógico esperar-se é que a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança opinasse que antes do uso comercial do produto, fosse feito o monitoramento fiscalizado do produto e só depois, se não houvesse dano significativo – pudesse haver o seu livre plantio e comercialização" (CTNBIO, 1998, pp. 764-765).*

Há de se notar que a decisão judicial também analisa aspectos sócio-econômicos suscitados pela implantação da nova tecnologia. Por exemplo, considera-se que a liberação da soja RR implicaria em um monopólio da Monsanto através da *"dominação do mercado de sementes transgênicas"*<sup>51</sup>.

O Princípio da Precaução é aplicado pela decisão judicial seguindo o modo com que é invocado pela medida cautelar do IDEC<sup>52</sup>. Segundo a decisão, o Princípio implica na realização do Estudo Prévio de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA. Inclusive, sugere-se que a realização desse estudo resolveria definitivamente controvérsias sobre os efeitos danosos possivelmente decorrentes da utilização da soja RR:

*"... a simples realização do EIA demonstrando os acertos de suas premissas ambientais daria à MONSANTO e à CTNBIO o argumento definitivo sobre o assunto, afastando qualquer dúvida sobre eventuais efeitos danosos decorrentes do descarte de OGM no meio ambiente" (CTNBIO, 1998, p. 755).*

Não vamos aqui nos aprofundar sobre as peculiaridades e metodologia seguida pelo EIA/RIMA, mas é importante considerar como aspectos relevantes dentro do estudo epistemológico aqui proposto:

---

<sup>51</sup> CTNBIO, 1998, p. 772.

<sup>52</sup> Vide seção 5.4 deste capítulo.

1. O EIA/RIMA é realizado por equipe multidisciplinar constituída por técnicos de variada formação acadêmica,
2. Há no EIA/RIMA uma fase de apreciação por órgão público competente quanto à viabilidade ambiental dos projetos estudados;
3. Há no EIA/RIMA uma etapa de diagnóstico sobre o meio sócio-econômico em que se insere o projeto avaliado;
4. O Relatório de Impacto Ambiental é debatido em audiências públicas com a participação dos interessados. Nessas ocasiões, são registradas críticas e sugestões que são encaminhadas para análise e parecer final do licenciador.

Assim, pode-se verificar que o EIA/RIMA envolve tanto a análise de risco quanto a gestão de risco. Não há de se atribuir a esse Estudo um caráter estritamente técnico-científico: ele envolve também decisões de ordem política. É interessante notar que, diferentemente da Análise de Risco feita pela CTNBIO, o EIA/RIMA contempla na sua fase técnica-científica a avaliação de possíveis efeitos sócio-econômicos decorrentes da implantação do projeto analisado.

## CONCLUSÃO

Este trabalho assumiu como objetivo analisar o arcabouço epistemológico que é suscitado pelo debate sobre riscos envolvidos na utilização da soja transgênica, dentro do processo administrativo da CTNBIO. Dado que esse debate envolve, diretamente, a discussão sobre a aplicação do denominado Princípio da Precaução na liberação de uso de novos avanços tecnológicos bem como sobre a relação desse princípio com Análises de Risco feitas sobre tecnologias, procurou-se considerar os aspectos epistemológicos suscitados pelo processo de Análise de Risco, pelo Princípio da Precaução e pela relação entre ambos.

Contudo, como já comentado<sup>53</sup>, a questão epistemológica de fundo e mais geral - que se coloca recorrentemente nos posicionamentos explicitados no processo - é a da natureza das previsões tecnológicas. Mesmo as considerações mais específicas sobre a Análise de Risco e o Princípio da Precaução mostravam-se deficitárias de uma investigação mais aprofundada sobre essas previsões.

Apesar de não se depreender das manifestações no processo - seja no que tange aos argumentos contrários à liberação da soja RR, seja com relação aos argumentos favoráveis a ela - um comprometimento com a diferenciação entre previsões científicas e previsões tecnológicas ou entre conhecimento científico e tecnológico, julgamos que, para efeito de uma análise epistemológica mais cuidadosa seria necessário discutir essas distinções.

Assim, o trabalho foi organizado de um modo onde seus dois primeiros capítulos discutem questões gerais sobre ciência e tecnologia, mais especificamente sobre conhecimento científico e conhecimento tecnológico. Seguindo a abordagem em filosofia da tecnologia proposta por Joseph Pitt<sup>54</sup>, faz-se, tomando como modelo as reconstruções propostas em filosofia da ciência sobre as explicações e previsões científicas, uma apreciação sobre a natureza das previsões tecnológicas

---

<sup>53</sup> Vide seção 5 do capítulo 6

<sup>54</sup> Vide subseção 4.1 no capítulo 1

Com base nessas considerações preliminares, passamos ao estudo sobre a Análise de Risco e o Princípio da Precaução. A investigação sobre a Análise de Risco mostrou que esta, quando considerada em sentido estrito e quando feita em relação a efeitos de tecnologias, pode ser entendida, segundo um viés epistemológico, como uma metodologia para a obtenção de previsões sobre tecnologias.

Tal associação entre a Análise de Risco e a previsão tecnológica permitiu colocar em relevo: a incerteza que é inerente aos resultados desse tipo de Análise; a variedade de conhecimentos que nela se fazem atuantes e o seu caráter essencialmente provisório, precário e datado.

Por sua vez, a investigação sobre o Princípio da Precaução colocou em questão a existência de parâmetros conflitantes sobre o nível de garantia que se pode exigir das previsões sobre tecnologias e, conseqüentemente, dos resultados fornecidos pela Análise de Risco em sentido estrito. Além disso, é suscitado por interpretações desse Princípio a discussão sobre a ascendência epistemológica dos resultados fornecidos por essa Análise com relação aos riscos percebidos pelo senso comum.

Com base nessas considerações, passou-se ao estudo de caso sobre aspectos epistemológicos colocados em questão pelo processo administrativo da CTNBIO referente à liberação comercial da soja RR. Verificou-se que o debate travado nesse processo é preponderantemente conduzido em termos do dilema se há ou não certeza científica de que a liberação para uso, plantio e consumo da soja RR não irá gerar danos alimentares ou ambientais. Tanto o discurso favorável como aquele contrário à liberação comprometem-se com o pressuposto de que se pode ter certeza, com base no conhecimento científico, sobre os efeitos de tecnologias.

Deste modo, o arcabouço teórico discutido nos capítulos anteriores propiciou um enfoque extremamente crítico quanto a esse tipo de pressuposto. Mostrou-se que as previsões sobre tecnologias além de não se fazerem estritamente com base em um conhecimento científico – envolvendo também um conhecimento tecnológico

- são obtidas mediante indução. Assim, foi ressaltado como altamente problemática a atribuição do caráter de “certeza científica” a essas previsões - por mais rigorosos que sejam os parâmetros adotados na sua obtenção.

Adicionalmente, a apresentação das diversas fases envolvidas na Análise de Risco e, em especial, a caracterização da Análise de Risco em sentido estrito como a única fase na qual a metodologia adotada apela explicitamente para o conhecimento científico e tecnológico, permitiu o melhor discernimento entre questões políticas e epistemológicas suscitadas no processo administrativo sob consideração.

A discussão sobre a liberação dessa nova tecnologia, que no processo é colocada em termos de certeza ou incerteza sobre a ameaça de danos, suscita mais propriamente, ao nosso ver, questões referentes a:

- decisões políticas sobre os efeitos adversos a serem considerados pela Análise de Risco;
- decisões políticas sobre tempo e recursos a serem empregados nessa Análise;
- exigência de explicitação, pelos analistas de risco, do nível de incerteza atuante na quantificação do risco e das opções metodológicas assumidas;
- decisões políticas sobre relações entre riscos e benefícios e, principalmente, sobre o nível de risco admissível<sup>55</sup>.

Deve-se observar que há alguns momentos no processo onde o debate é colocado em termos mais cuidadosos, não desconsiderando o risco sempre envolvido na utilização de tecnologias. Assim, há momentos onde ao invés de se referir a uma suposta ausência de riscos alimentares na utilização da soja RR, diz-se que essa soja apresenta “*substancial equivalência*” com relação à soja que não é geneticamente modificada. A própria decisão da CTNBIO no sentido do

---

<sup>55</sup>É importante notar que as questões políticas suscitadas pelo debate travado no processo só se colocaram mais claramente após a abordagem epistemológica que desenvolvemos neste trabalho – o que vai de encontro à idéia da precedência da investigação epistemológica em relação à avaliação crítica sobre benefícios ou malefícios de uma dada tecnologia, que é defendida por Pitt.

monitoramento por cinco anos em plantios comerciais<sup>56</sup> da soja RR reconhece a existência de risco por mais que estudos aprofundados tenham sido conduzidos e por mais rigorosa que tenha sido a metodologia empregada para a formulação da previsão tecnológica, na fase de Análise de Risco em sentido estrito.

Contudo, como indicam algumas interpretações para o Princípio da Precaução, parece que o próprio ordenamento jurídico pressupõe que as decisões sobre a liberação de avanços biotecnológicos pode ser feita exclusivamente com base na questão da certeza ou incerteza científica sobre a ameaça de danos decorrentes da utilização desses avanços - de forma que a maior parte das conclusões apresentadas pela Monsanto e pela CTNBIO e a discussão no âmbito do Poder Judiciário é conduzida segundo essa perspectiva limitada de enfoque do problema.

Ressalte-se que a abordagem epistemológica apresentada nesse trabalho permite colocar em questão visões diversas sobre a natureza do conhecimento científico e sobre o fenômeno tecnológico atuantes nas avaliações sobre a conveniência da liberação do uso de avanços tecnológicos. De um lado, como bem ilustrado no processo administrativo analisado, tem-se uma visão: do conhecimento científico como certo e infalível; da não distinção entre conhecimento científico e tecnológico; e de condução da Análise de Risco de tecnologias com base em parâmetros que remetem a um conhecimento científico idealizado.

De outro lado, pode-se conceber uma visão alternativa<sup>57</sup>, pela qual: o conhecimento científico é entendido como incerto e falível; se observa a distinção entre o conhecimento tecnológico e o científico; e há a compreensão de que a Análise de Risco de tecnologias deve se basear em parâmetros dados pelas engenharias.

---

<sup>56</sup> Vide seção 3 no capítulo 5.

<sup>57</sup> Essa outra visão não é suscitada integralmente no processo analisado, mas é parcialmente sugerida nos momentos onde o debate é colocado em termos mais cuidadosos, conforme comentamos acima.

Estendendo o conceito de "Imagens de Ciência" proposto por ABRANTES (1998) - onde o termo "Imagem" traduz o conjunto de idéias e intuições assumidas de forma assistemática e, muitas vezes, inconscientemente - pode-se considerar que essas visões são "Imagens" diversas de ciência e de tecnologia condicionantes de debates sobre a conveniência da liberação do uso de tecnologias.

O conceito de Imagens de Tecnologia, que aqui sugerimos, referir-se-iam a noções assumidas sobre o fenômeno tecnológico. Seriam intuições não sistematizadas e, por vezes, adotadas inconscientemente sobre a abrangência desse fenômeno e sobre a natureza do conhecimento tecnológico. Essas Imagens de Tecnologia envolveriam, mais especificamente, diferentes entendimentos sobre:

- a delimitação do fenômeno tecnológico (principalmente no que tange à dimensão social da tecnologia);
- a natureza do conhecimento tecnológico (especialmente no que se refere às proximidades e peculiaridades deste conhecimento com relação ao conhecimento científico);
- o caráter das leis e explicações tecnológicas (em especial sobre a possibilidade de formulação de leis tecnológicas determinísticas e estatísticas e sobre a adequação de explicações tecnológicas baseadas em generalizações sobre falhas e efeitos apresentados por um tipo de tecnologia);
- a natureza das previsões tecnológicas (principalmente com relação às diferenças entre essas previsões e as previsões científicas);
- metodologias adequadas para a obtenção de previsões sobre efeitos de tecnologias.

Ressalte-se que há a pretensão de que o arcabouço epistemológico desenvolvido neste trabalho, aplicado na apreciação do referido processo, seja suficientemente geral de modo a ser aplicado em qualquer Análise de Risco feita em relação a tecnologias. Por último, cabe notar que a abordagem epistemológica aqui apresentada aponta para a necessidade de uma investigação sobre teorias da decisão e sobre a racionalidade de decisões envolvendo riscos.

## BIBLIOGRAFIA

- ABRANTES, P. C. C. (1998). *Imagens de Natureza, Imagens de Ciência*. Campinas: Papirus.
- \_\_\_\_\_. (1999a). *Introdução à Filosofia da Ciência*. Módulo disponibilizado em aulas ministradas na UnB. Brasília.
- BORGMANN, A. (1984). *Technology and the Character of Contemporary Life*. Chicago: University of Chicago Press.
- CASTI, J. L. (1991). *Searching for Certainty: What Scientists Can Know about the Future*. Londres: ABACUS.
- CTNBIO. (1998). Processo nº 01200.002402/98-60, Desregulamentação da Soja RoundUp Ready. Brasília.
- HEMPEL, C.G. (1965). *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. New York: Free Press.
- \_\_\_\_\_. (1992). Laws and Their Role in Scientific Explanation. In: BOYD et al. *The Philosophy of Science*. Cambridge: MIT.
- HEY, E. (1992). "The Precautionary Concept in Environmental Policy and Law: Institutionalizing Caution". In: *Georgetown International Environmental Law Review*, n. 4.
- KUHN, T. S. (1974). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- LAKATOS, I. (1978). *The Methodology of Scientific Research Programmes* (Philosophical Papers, vol. 1). Cambridge: Cambridge University Press.

LAUDAN, L. (1984) *Science and Values: The Aims of Science and their Role in Scientific Debate*. Berkeley: University of California.

LAUDAN, L. (1996). The Demise of the Demarcation Problem. In: RUSE, M. *But Is It Science? The Philosophical Questions in the Creation/Evolution Controversy*. New York: Prometheus Books.

MACHADO, P. A. L. (2000). *Direito Ambiental Brasileiro*. São Paulo: Malheiros.

\_\_\_\_\_. (2001). *Direito Ambiental e Princípio da Precaução*. Disponível em: <<http://www.merconet.com.br/direito/3direito3.htm>>. Acesso em: 14 out. 2001.

MARGOLIS, H. (1996). *Dealing with Risk: Why the Public and the Experts Disagree on Environmental Issues*. Chicago: University of Chicago.

MITCHAM, C. (1994). *Thinking through Technology: The Path Between Engineering and Philosophy*. Chicago: University of Chicago.

MOLAK, V. (Ed.) (1997). *Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management*. [S.l]: Lewis Publishers.

NU. (1992). *Report Of The United Nations Conference on Environment and Development*. Disponível no Site Oficial das Nações Unidas em: <<http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>> Acesso em: 02 nov. 2002.

PITT, J. C. (2000). *Thinking about Technology: Foundations of the Philosophy of Technology*. New York: Seven Bridges.

POPPER, K. R. (1968). *The Logic of Scientific Discovery*. London: Hutchinson.

SALMON, W. C. (1990). *Four Decades of Scientific Explanation*. Minneapolis: University of Minnesota.

\_\_\_\_\_. (1992). Scientific Explanation. In. SALMON, M. H. et. al. *Introduction to the Philosophy of Science: a Text by Members of the Department of the History and Philosophy of Science of the University of Pittsburg*. New Jersey: Prentice Hall. p. 7-41.

SILVA, G. E. do N e, (1995). *Direito Ambiental Internacional: Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e os Desafios da Nova Ordem Mundial*. Thex Editora.

TICKNER, J.; RAFFENSPERGER, C. (1999). *The Precautionary Principle in Action: a Handbook*. Disponível em: <<http://www.biotech-info.net/handbook.pdf>> Acesso em: 02 nov. 2002.