

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA
NÍVEL DOUTORADO**

EDGARD CHARLES STUBER

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS:
DA ALEATORIEDADE BIOLÓGICA À INTENCIONALIDADE CULTURAL**

São Leopoldo

2017

EDGARD CHARLES STUBER

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS:
DA ALEATORIEDADE BIOLÓGICA À INTENCIONALIDADE CULTURAL**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Filosofia, pelo Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Adriano Naves de Brito

São Leopoldo

2017

EDGARD CHARLES STUBER

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS:
DA ALEATORIEDADE BIOLÓGICA À INTENCIONALIDADE CULTURAL**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Filosofia, pelo Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em 15 de dezembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adriano Naves de Brito

Componente da Banca Examinadora – UNISINOS

Prof. Dr. Oswaldo Giacoia Junior

Componente da Banca Examinadora – UNICAMP

Prof. Dr. Luís Felipe Machado do Nascimento

Componente da Banca Examinadora – UFRGS

Profa. Dra. Sofia Ines Albornoz Stein

Componente da Banca Examinadora – UNISINOS

Prof. Dr. Inacio Helfer

Componente da Banca Examinadora – UNISINOS

S932r Stuber, Edgard Charles.
Resolução de problemas complexos : da
aleatoriedade biológica à intencionalidade cultural /
Edgard Charles Stuber. – 2017.
161 f. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Universidade do Vale do Rio
dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Filosofia,
2017.

"Orientador: Prof. Dr. Adriano Naves de Brito."

1. Teoria do conhecimento. 2. Ciência –
Metodologia. 3. Solução de problemas. I. Título.

CDU 1

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

RESUMO

Esta tese visa analisar e discutir a resolução de problemas complexos, a fim de defender que não há métodos infalíveis, mas apenas múltiplas tentativas seguidas da eliminação de erros com o acúmulo de informação. Comumente o conceito de inovação tem sido associado à tecnologia ou ao lançamento de produtos e neste trabalho será feita uma abordagem de inovação pela resolução de problemas. A argumentação se desenvolve com uma perspectiva historicista, que tem início com o processo biológico do algoritmo evolutivo da seleção natural proposto por Charles Darwin para os organismos vivos até chegar na espécie humana que tem a mente, que lhe possibilita encurtar o tempo de resolução dos problemas com a sua intencionalidade. Diversos métodos científicos serão analisados ao longo da evolução cultural, desde o início do pensamento filosófico do atomismo até a Revolução Científica. Apesar de a ciência ser o empreendimento humano mais refinado para solução de problemas, a resistência para introdução de novas ideias ou de novas perspectivas sempre foi um entrave no desenvolvimento da civilização humana. A discussão da geração de conhecimento é relevante e será expandida em torno da epistemologia da biologia da cognição dos organismos vivos e dos sistemas sociais complexos. Ao final, depois do estudo da resolução de problemas na natureza e na ciência, será feita uma análise do mundo empresarial. A conclusão é que as organizações, de forma muito similar aos organismos vivos, tendem à extinção e podem apenas resolver seus problemas complexos fazendo uso do método de tentativa e erro com experimentação para acelerar o aprendizado com vistas a retardar sua obsolescência num ambiente de acelerada mudança.

Palavras-chave:Conhecimento. Resolução de problemas complexos. Métodos científicos.Epistemologia.

ABSTRACT

This dissertation aims at analyzing and discussing the solving of wicked problems with a view to defending the idea that there are no infallible methods, only multiple attempts followed by elimination of errors and consequent accumulation of information. The concept of innovation has been commonly associated to technology or the launching of new products; so here innovation will be approached through problem solving. The argumentation develops under a historicist perspective; it begins with the biological process of the natural selection evolutionary algorithm proposed for living organisms by Charles Darwin and it goes on until it comes to the human species and the intentionality of our mind, which allows problem solving to be done in a shorter time. Various scientific methods will be analyzed throughout cultural evolution, from the beginning of philosophical atomism up to the Scientific Revolution. Although science is the most refined human endeavor when it comes to solving problems, resistance to the introduction of new ideas or new perspectives has always been an obstacle to the development of human civilization. Discussing knowledge generation is relevant and it will be expanded around the epistemology of the biology of living organisms cognition and complex social systems. Finally, after studying problem solving in nature and in science, an analysis of the business world will be carried out. The conclusion is that organizations, much like living organisms, are prone to extinction and they can only solve their wicked problems by making use of the trial-and-error method with experimentation to accelerate learning with a view to delaying their obsolescence in a rapidly changing environment.

Key-words: Knowledge. Wicked problem solving. Scientific methods. Epistemology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 POR QUE PROBLEMAS COMPLEXOS?	9
2.1 O ponto de partida	9
2.2 Década de 80	10
2.3 Década de 90	13
2.4 Década de 2000	15
2.5 Década de 2010	16
2.6 Tipos de problemas.....	18
2.7 Conclusão do capítulo 2.....	24
3 O PROBLEMA DA INOVAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES	26
3.1 Classificação de organizações inovadoras	26
3.2 Diferença entre inovação e invenção	28
3.3 Métodos de inovação	29
3.3.1 Inovação por meio da resolução de problemas.....	31
3.4 Conclusão do capítulo 3.....	34
4 A NATUREZA E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	36
4.1 O contexto epistemológico antes de Darwin	36
4.2 Darwin e a seleção natural	37
4.3 A analogia do algoritmo evolutivo de Dennett	41
4.4 Algumas teorias que tentam explicar a origem da vida na Terra.....	46
4.5 O surgimento da mente	50
4.6 A intencionalidade da espécie humana.....	52
4.7 Conclusão do capítulo 4.....	57
5 A CIÊNCIA E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	59
5.1 Como surge a ciência?	60
5.2 Atomismo grego	61
5.3 A estrutura racional erguida por Aristóteles	65
5.4 A constante dificuldade de introduzir novas ideias.....	66
5.5 O método experimental de Galileu Galilei.....	68
5.6 O método racional de Descartes.....	71
5.7 O método de Newton.....	73
5.8 A posição de Hume	75

5.9 A posição de Popper	81
5.9.1 O método do racionalismo crítico de Popper.....	81
5.10 A posição de Kuhn	83
5.11 Conclusão do capítulo 5	88
6 A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM SISTEMAS SÓCIO-NEURAI COMPLEXOS	92
6.1 Popper e o método de tentativa e erro	92
6.2 Popper e a epistemologia evolutiva	96
6.3 A posição de Maturana	100
6.4 Sistemas vivos dinâmicos	102
6.5 Processo cognitivo	103
6.6 Socialização dos organismos	106
6.7 A hipótese do cérebro social	108
6.8 Conclusão do capítulo 6	111
7 AS EMPRESAS E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM AMBIENTES COMPLEXOS	113
7.1 A evolução até o pensamento sistêmico	113
7.2 Uma perspectiva histórica do mundo corporativo	115
7.3 Empresas do século XIX que continuam atuando no mercado	116
7.3.1 Procter & Gamble.....	116
7.3.2 Siemens.....	117
7.3.3 Nokia.....	118
7.3.4 Corning.....	118
7.3.5 General Electric.....	119
7.3.6 Phillips.....	120
7.3.7 IBM.....	121
7.3.8 Kodak.....	123
7.3.9 Conclusão sobre as empresas do século XIX.....	124
7.4 Empresas do século XX que continuam no mercado	126
7.4.1 3M.....	126
7.4.2 Google.....	127
7.4.3 Apple.....	128
7.4.4 Disney.....	129
7.4.5 Zara.....	131

7.4.6 Xerox.....	132
7.4.7 Microsoft.....	132
7.4.8 Netflix	133
7.4.9 Amazon	134
7.4.10 Dyson	135
7.4.11 Airbus Industries.....	136
7.4.12 Conclusão sobre as empresas do século XX.....	137
7.5 Empresas do século XXI que prosseguem no mercado.....	140
7.5.1 Airbnb	140
7.5.2 Uber.....	141
7.5.3 Tesla Motors.....	142
7.5.4 Facebook.....	143
7.5.5 Spotify	144
7.5.6 Zappos	144
7.5.7 Waze	146
7.5.8 Dropbox.....	146
7.5.9 Conclusão sobre as empresas do século XXI.....	147
7.6 Conclusões do capítulo 7	149
8. CONCLUSÃO	152
REFERÊNCIAS.....	157

1 INTRODUÇÃO

A decisão de empreender uma pesquisa sobre a resolução de problemas complexos foi motivada após muitos anos trabalhando, de forma pouco afortunada, com o tema da inovação. Atualmente a inovação é muito citada no meio empresarial, mas este conceito é confundido e mal utilizado no mercado, pelo fato de que nele subjaz um forte viés de lançamento de produtos ou de tecnologia. Inicialmente eu pretendia pesquisar a criatividade humana, pois achava que haveria uma diferença importante entre os imbricados conceitos de criatividade e inovação. No entanto, criatividade ainda é um assunto amplo, subjetivo, difícil de ser tangibilizado e está sendo lentamente abordado pelas ciências cognitivas e pela psicologia. Sempre conjecturei que a inovação deveria ser estudada pelas ciências humanas, e desta forma é que cheguei até a filosofia.

Depois de um ano de preparação no curso de História da Filosofia, decidi submeter um projeto para o doutorado. Foi então que entrei em contato com o livro "A estrutura das revoluções científicas", de Kuhn, no qual o autor apresenta diversos exemplos sobre a dificuldade de introduzir novas ideias e percebi que isto não era uma particularidade do mundo empresarial. Outra dimensão pesquisada por Kuhn é sobre as habilidades cognitivas dos cientistas, ou seja, quais atitudes são necessárias para atuar na ciência, que é certamente a atividade social mais refinada na solução de problemas. Os cientistas têm que lidar rotineiramente com a incerteza e com fenômenos que desafiam o conhecimento corrente.

Por se tratar de uma pesquisa filosófica, a pergunta da tese deveria remeter o leitor ao fácil entendimento do intento e qual tipo de esclarecimento estaria sendo procurado diante de algo que me causava perplexidade. Ao longo da pesquisa, concluí que o tema seria a resolução de problemas complexos.

Durante o doutorado, percebi que a inspiração proveniente de outras áreas gera um conhecimento que pode ser levado para as empresas. Foi aí que defini a Filosofia da Ciência como o eixo teórico da tese, um vasto campo explorado por filósofos e cientistas com uma finalidade convergente; gerar conhecimento relevante para a humanidade, a fim de explicar os fenômenos da realidade e problematizar diferentes conceitos científicos.

De posse de um objetivo mais claro, que inicialmente estava apenas focado no entendimento da inovação, comecei a compreender que deveria analisar os múltiplos

métodos utilizados pela ciência para defender a tão procurada abordagem na resolução dos problemas complexos. As evidências históricas disponíveis são diversas e provenientes da física, química e biologia, em especial da evolução das espécies.

Esta pesquisa tem uma abordagem descritiva, em que os processos de resolução de problemas serão entendidos pela dimensão histórica da ciência. O percurso que faremos dentro da filosofia da ciência explorará como a Natureza resolve problemas de forma lenta e aleatória e, por outro lado, como a espécie humana resolve problemas de forma rápida e intencional, utilizando o senso comum ou aplicando diversos métodos científicos.

A estrutura desta tese segue o seguinte itinerário. O primeiro capítulo tem um caráter reflexivo, no qual farei uma narrativa sobre a minha carreira profissional. Apresentarei as vivências que tive no mundo corporativo e os modismos administrativos que presenciei, uma prática corriqueira das empresas. Nesse capítulo, será feita a delimitação do conceito de inovação e a minha escolha por optar pela pesquisa na resolução dos problemas complexos.

No segundo capítulo, serão apresentados diversos métodos de inovação utilizados pelas empresas atualmente. Neste capítulo, faremos a diferenciação entre a resolução de problemas e a inovação. Uma coisa é identificar e solucionar um problema, outra, muito diferente, é implementar a solução encontrada com sucesso na organização, para, somente então, se tornar uma inovação.

No terceiro capítulo, serão apresentados alguns aspectos relevantes da teoria da adaptação pela seleção natural de Darwin e a análise de Dennett sobre o evolucionismo. O livro de Dennett a ser citado será “A perigosa ideia de Darwin”, no qual ele explica o contexto epistemológico anterior a Darwin, o percurso da pesquisa e os confrontos que Darwin teve com a comunidade científica para introduzir uma das teorias mais brilhantes produzidas pela ciência. Na sequência, veremos a evolução cultural da espécie humana, começando pelo surgimento da mente e o início da confecção das primeiras ferramentas elaboradas pelos homínídeos. Aqui começará a transposição entre a aleatoriedade biológica e a intencionalidade cultural.

No quarto capítulo, serão analisados alguns casos da história da ciência com o surgimento das explicações dos fenômenos, principalmente o movimento dos objetos, algo que sempre despertou assombro aos homens. Inicialmente abordaremos o atomismo grego, passando pela estrutura racional erguida por Aristóteles, indo rumo

à revolução científica que teve início com Copérnico, a experimentação de Galileu, o racionalismo de Descartes e o dogmatismo de Newton. Passaremos, então, para Hume, que colocará o problema da indução, sem resposta até os dias atuais, e chegaremos ao racionalismo crítico de Popper e à discussão estrutural da ciência de Kuhn.

No quinto capítulo, nos concentraremos na polêmica epistemologia evolutiva de Popper em sua fase final de vida e no pensamento complexo proposto por Maturana com a epistemologia da biologia da cognição e finalizaremos o capítulo com a hipótese do cérebro social do psicólogo evolucionista Dunbar. Estas teorias também têm foco no movimento, agora, porém, dos organismos vivos do reino animal, que estão em constante deslocamento para sobreviverem, buscar alimentos e para se reproduzirem.

O sexto capítulo tem início com o desenvolvimento do pensamento sistêmico, numa análise feita por Capra, que pode ser um caminho para estudos futuros da resolução dos problemas complexos, para daí então, ser apresentada uma perspectiva histórica do mundo corporativo com algumas empresas do século XIX, XX e XXI, para entendermos que tipos de problemas essas empresas se propuseram a resolver e o que lhes aconteceu. Ficará evidente, que, independente da indústria em que a empresa opera, há um padrão de desenvolvimento e de miopia por parte das pessoas que nela trabalham.

Ao final de cada capítulo será apresentada uma conclusão parcial, para facilitar a conexão com o capítulo seguinte. E, para terminar a tese, farei as conclusões finais do que podemos aprender com a Natureza e com a espécie humana para auxiliar as empresas a identificarem e resolverem os problemas complexos. A conclusão apontará para um método empírico de tentativa e erro, acompanhado de rápida experimentação para promover a aprendizagem e acúmulo de informação na organização.

2POR QUE PROBLEMAS COMPLEXOS?

2.1 O ponto de partida

A engenharia é um campo do conhecimento da ciência aplicada que faz uso intensivo da tecnologia para confeccionar ferramentas, desenvolver métodos, projetar

máquinas e descrever processos com a finalidade de resolver problemas práticos e facilitar a vida das pessoas na sociedade. No início de minha carreira profissional empresarial, ocupei-me dessa área.

2.2 Década de 80

Essa década ficou conhecida como a "década perdida" na América Latina, um período de estagnação econômica que representou uma forte retração da produção industrial e consequente redução do PIB nacional. Apesar de uma certa estabilidade decorrente do longo período de estagnação que vivemos, nessa década, as empresas ainda estavam presas ao paradigma da revolução industrial, colocando seus esforços na redução de custos em prol de uma maior eficiência de seus processos produtivos, com um olhar míope, totalmente voltado para dentro de si mesmas. Ao recuarmos um pouco no tempo, constataremos que, no século 19, os produtos e serviços eram desenvolvidos por artesãos, pessoas habilidosas que tinham uma imensa capacidade de resolver problemas de forma sistêmica. Com o advento do fordismo, passamos a nos preocupar com a produção seriada de alto volume e com a redução das variações nos processos, de tal forma a garantirmos a intercambiabilidade de peças e componentes a serem usados nas linhas de montagem. Essa abordagem foi acompanhada pela administração científica, cuja tarefa era monitorar e controlar os tempos e garantir a replicabilidade dos processos fabris. Esse arcabouço de conhecimento administrativo teve seu ápice no século 20, quando o sucesso de um empreendimento era medido por 3 eixos: eficiência, otimização e previsibilidade.

Foi neste cenário que ingressei em uma empresa alemã que fornecia componentes para a indústria automobilística e onde comecei a trabalhar como engenheiro de produtos. A atribuição desse cargo, naquele época, se pautava por desenvolver novos produtos. Recebíamos os desenhos e especificações dos componentes definidos pelas equipes de engenharia das montadoras, fazíamos a interface com diversas áreas internas da empresa, projetávamos o ferramental necessário para confeccionar as amostras iniciais que seriam testadas e aprovadas pelas montadoras. Somente então, era validada a produção de um lote inicial com a finalidade de eliminar os eventuais problemas que pudessem acontecer em condições rotineiras de uma produção seriada. Em paralelo, a equipe de engenheiros de produto examinava os pedidos de patentes que eram depositados por inventores solicitantes,

com o objetivo de proteger a propriedade intelectual da empresa, um valioso ativo intangível. Desde aquela época, o conceito de inovação tecnológica estava restrito ao desenvolvimento de novos produtos e isto não é diferente até os dias atuais.

Historicamente, as companhias mais inovadoras do mundo eram aquelas que investiam grandes parcelas do seu faturamento em pesquisa e desenvolvimento. Este era o diferencial competitivo das empresas, baseado no P&D (pesquisa e desenvolvimento) interno, que era formado por cientistas, pesquisadores e engenheiros. Essas equipes tinham um foco interno, baseado no lançamento de produtos que pudessem dar sustentação ao faturamento planejado pela alta administração. Considero este o antigo paradigma da inovação, liderado por centros de excelência de tecnologia como os da Xerox, IBM, GE e Kodak, para os quais estas organizações alocavam uma parcela significativa de seus recursos financeiros, com o objetivo de liderarem inovações tecnológicas que pudessem ser traduzidas num fluxo constante de novos produtos ou no desenvolvimento de novos processos. Era um trabalho secreto, que requeria um grande aparato de proteção à propriedade intelectual. Esse período, iniciado na década de 70, se caracterizou por fortalecer modelos fechados de inovação tecnológica que usavam técnicas similares aos métodos científicos para gerar benefícios comerciais como um diferencial competitivo. Embora tendo empoderado as organizações que detinham o protagonismo das novidades a serem introduzidas no mercado, esse modelo colapsou. Com o aumento do conteúdo tecnológico, os elevados custos e a demora dos lançamentos, não era mais possível deter todo o conhecimento necessário com uma dispendiosa estrutura interna.

Ao analisarmos a instalação da indústria automobilística no Brasil na década de 50, percebemos claramente que ela foi o resultado de uma política industrial que impôs restrições à importação de veículos e componentes para incentivar a fabricação local. Este tipo de modelo de desenvolvimento já havia sido elaborado pelo economista alemão Friderich List, quando teorizou sobre o Sistema Nacional de Economia, política de protecionismo educador, que visava à blindagem temporária e seletiva dos mercados nacionais, possibilitando às indústrias alemãs se estruturarem frente à superioridade inglesa do século XIX.

Tive a oportunidade de vivenciar uma mudança muito importante ocorrida ao longo dessa década, quando os japoneses assombraram o mundo empresarial ao entrarem sorrateiramente no mercado americano e conquistarem uma inesperada e

crescente aceitação de seus veículos. Quando a indústria se deu conta, já havia perdido uma fatia significativa do mercado. Este fato desencadeou um processo que culminou com a contratação do MIT (Massachusetts Institute of Technology) para organizar um estudo global, que constatou tratar-se de uma mudança de paradigma de produção e concluiu que os japoneses haviam aprimorado algumas técnicas de qualidade existentes no período pós-guerra e colocado seus esforços na redução de todo e qualquer desperdício. Esse novo método ficou conhecido como produção enxuta e passou a ser aplicado em qualquer tipo de produto fabricado mundo afora. O MIT lançou um livro chamado "A máquina que mudou o mundo", o primeiro de uma série de livros e estudos que tentavam entender e difundir o uso do novo método. A Toyota liderou e introduziu o *Lean Manufacturing*, método que visa fundamentalmente acabar com os estoques intermediários das fábricas, usando, para isso, um conjunto de técnicas e ferramentas da qualidade, dentre eles o Kaizen, processo de melhoria que empodera os times de trabalho que se reúnem semanalmente para eliminarem os desperdícios. Apesar de todo o mérito japonês, o objetivo da melhoria contínua apresenta resultados de inovações incrementais, ainda muito focado no processo fabril e, conseqüentemente, nos produtos.

As definições atribuídas à inovação até os dias de hoje são vagas, simplistas e superficiais. Existe uma confusão semântica em torno do conceito. A palavra inovação deriva etimologicamente do latim *innovare*, que significa renovar e mudar. De acordo com Conceição (2000), é um conceito ligado à noção de tecnologia, ou seja, conhecimento técnico associado à produção de bens e serviços. A definição mais clássica foi elaborada pelo economista austríaco Schumpeter, em sua obra *The Theory of Economic Development*, de 1934. O economista se referia à trilogia "invenção-inovação-difusão" de novas tecnologias necessárias para que a economia saísse de um estado letárgico de equilíbrio e entrasse em um processo de expansão. Outro aspecto importante que o austríaco trouxe foi o da diminuição dos ciclos econômicos e a inovação tecnológica como um possível propulsor do desenvolvimento econômico atrelado à destruição criadora.

A continuidade dos conceitos desenvolvidos por Schumpeter é sustentada atualmente pela corrente neo-schumpeteriana, liderada por Christopher Freeman e Giovanni Dosi, que se ocupam de explicar as interações entre o progresso técnico e a evolução dos sistemas econômicos. Dosi (1982), ao argumentar que a busca de soluções para alguns problemas tecnológicos caracterizaria o "paradigma

tecnológico", formulou este conceito analogamente ao "paradigma científico", de Thomas Kuhn. O interessante destas abordagens, desde Schumpeter, foi o entendimento de que a economia se desenvolve de forma não linear e que há similaridades com a teoria evolucionista quando a inovação tecnológica é comparada com as mutações da biologia evolutiva. Essa corrente econômica representa um grande avanço no entendimento do conceito de inovação. Todavia, persiste o foco na tecnologia associada a novos produtos.

2.3 Década de 90

Minha interface com os departamentos de engenharia e a área comercial das indústrias automobilísticas aumentou e a complexidade das relações entre fornecedores e montadoras se intensificou. As empresas fornecedoras decidiram criar um novo papel para melhorar o atendimento aos clientes, o *key account*, desempenhado por um engenheiro de aplicações, para tentar entender as necessidades dos departamentos de qualidade, engenharia, compras e dos laboratórios. A esse engenheiro cabia a função de redistribuir internamente em sua empresa as tarefas e ações que deveriam ser realizadas para satisfazer o exigente cliente automobilístico.

A partir dessa nova relação que se estabeleceu, decidi cursar um MBA para agregar novas competências de gestão e poder assumir novas responsabilidades nas áreas de vendas e marketing. Acredito que o curso de engenharia, com foco projetual e baseado na resolução de problemas práticos, cria uma base sólida, porém suficientemente flexível, para facilitar a migração de seus egressos para outras funções administrativas nas organizações.

A pós-graduação foi um curso interessante, que utilizou muitos estudos de casos: método pedagógico introduzido pela universidade de Harvard, que ajuda os alunos a entenderem as decisões tomadas por gestores de organizações a partir de determinadas condições contextuais. Acho importante estudar um caso real que tenha ocorrido em uma empresa e entender o que se passou depois de algum tempo. Pode até ajudar com uma visão histórica, mas com o aumento da complexidade das relações, talvez não seja o suficiente. A administração ainda faz uso intensivo dessa técnica e não considera que cada caso é singular e único e talvez não seja suficiente para o que precisamos dentro de uma organização. O foco desses cursos está na

análise de dados e não na síntese desses dados. Percebi que a administração tenta mimetizar outros campos de conhecimento, principalmente a ciência, a economia e a engenharia, e as estratégias e táticas usadas pelos militares, não conseguindo, entretanto, definir uma linha clara de atuação. Este fato leva as organizações, que são abastecidas por gestores que aprenderam, dessa fonte de conhecimento, a fazerem uso de muitas novidades que são absorvidas como panaceias para todo tipo de adversidade que possa se contrapor ao que elas tenham meticulosa e previamente planejado.

Numa dessas ondas, surgiu a reengenharia de processos, estratégia de gestão de negócios criada por Hammer e Champy, com o objetivo de repensar a organização através da redução de custos e melhoria do atendimento aos clientes para se tornarem mais competitivas. Essa foi a resposta ocidental frente à ameaça dos métodos enxutos japoneses. Mais um modismo que acabou se provando ineficaz e gerou grandes reestruturações e frustrações em muitas empresas.

Não foi diferente comigo, considerando que passei por todo esse processo. Uma consultoria global foi contratada pela matriz alemã e tivemos um longo período de análises, que foram resumidas em recomendações que reduziram a empresa a 1/3 do seu tamanho. Juntamente com essa mudança profunda, a empresa decidiu aplicar o Lean Manufacturing, já que este vinha apresentando excelentes resultados nas subsidiárias japonesa e americana, e na própria matriz alemã. Desnecessário dizer que foram tentativas infrutíferas para recuperar níveis de rentabilidade que haviam se erodido ao longo dos relacionamentos comerciais com as empresas automobilísticas. Estas também tiveram que se reinventar para terem relevância frente a clientes cada vez mais exigentes e adotaram estratégias de *global sourcing* para compras de componentes junto aos fornecedores usando o poder dos altos volumes que tinham com suas operações espalhadas pelo mundo. Criaram um instrumento de reduções contratuais de preços para garantir fornecimentos, e, desta forma, a relação entre as montadoras e seus fornecedores começou a ficar cada vez mais difícil e conturbada. Da mesma forma, nessa década, o foco na atividade chave das empresas provocou uma onda de terceirizações que, na grande maioria das vezes, foi abandonada e esquecida.

2.4 Década de 2000

Todas essas mudanças efetuadas no final da década de 90 resultaram na reconfiguração da empresa e na criação de três unidades de negócios que se reportavam a diferentes gestores localizados em diversos países. Eu fiquei responsável por uma dessas unidades e passei a ter a responsabilidade pelo resultado integral de um unidade de negócios. Apesar de todos os esforços demandados, ainda tivemos muita dificuldade na empresa para recuperar os níveis de faturamento, mas conseguimos melhorar os índices de rentabilidade com os custos mais bem alocados em cada umas das unidades.

A mudança do layout da fábrica para transformar a produção seriada, que embutia muitos custos invisíveis devido aos desperdícios intrínsecos, para uma produção em células, utilizando o sistema Toyota de produção, envolveu uma sequência de múltiplos projetos Kaizen com os colaboradores locais e com especialistas que vinham de todas as operações da empresa, que tinha plantas em diversos países.

Em 2004, passei por uma nova mudança de carreira, ao ser convidado para ser um gestor da alta administração de uma empresa que operava em outra indústria e com sua fábrica em outro estado. O escopo das minhas atribuições foi ampliado e assumi uma equipe bem maior. Eu pensava que haveria uma grande alteração na minha rotina profissional, porém, percebi que os temas nas empresas são muito similares e os desafios apenas têm outra roupagem.

As empresas, de uma maneira geral, tendem a agir da mesma forma. Analisam os competidores que atuam diretamente na mesma indústria e identificam as ameaças e as oportunidades externas. O uso do método de planejamento estratégico de Michael Porter ainda é adotado por grande parte das organizações, na esperança de obter uma fotografia do estado atual do mercado e congelar esse cenário, acreditando que não ocorrerão mudanças. Trabalha-se com base no passado, e o foco, desta forma, fica voltado para dentro da operação, colocando-se muita ênfase nos pontos fortes e tentando reduzir as fraquezas previamente identificadas. Este foi um método desenvolvido a partir das estratégias militares e que teve sucesso, quando a realidade empresarial operava num regime mais previsível e estável.

O início desta década também foi marcado pelo boom e pela explosão da bolha da internet. Tratou-se de uma situação criada pelas empresas que basearam seus

negócios no modelo da internet, o que acabou provocando uma rápida valorização nos preços das ações das empresas “.com” e gerando uma crise de confiança por especularem com lucros futuros. Essa tecnologia alterou definitivamente a paisagem do mercado global, tornando a comunicação instantânea, criando redes sociais, novos canais de comercialização, desintermediando negócios ao conectar as pessoas diretamente e mostrando que a falta de uma administração central havia sido determinante para promover um crescimento orgânico da rede de computadores, similar ao apontado por Darwin ao formular a sua teoria da evolução das espécies. O advento da internet alavancou as mudanças para escalas logarítmicas e exponenciais. O que podemos aprender com a falta de intencionalidade do processo evolutivo e do crescimento orgânico da internet?

Será que não devemos olhar mais para os exemplos da biologia evolutiva, para tentar acompanhar as mudanças que se apresentam nesse novo ritmo? Podemos continuar a gerir empresas acreditando que o sucesso do passado ou o estudo de casos de outras empresas são suficientes para desenvolvermos novas capacidades? Como podemos criar uma linguagem única que represente o conceito de inovação?

2.5 Década de 2010

Foi no início desta década que coloquei fim à minha carreira de executivo de empresas multinacionais e decidi voltar para a academia em busca de novas respostas. Como a minha narrativa mostrou até aqui, sempre estive envolvido com o tema de inovação tecnológica, e que este ainda é visto como lançamento de produtos ou de novos processos. Será que não haveria outras maneiras de se inovar?

Fui buscar num mestrado em design outras alternativas para inovar. Entretanto, mesmo neste campo de conhecimento, me deparei com uma clara finalidade de focar em novos significados que os produtos e serviços podem ter para as pessoas. O design, quando abordado como uma metodologia que se preocupa com a forma e o conteúdo do que desenvolve, acaba por se apresentar como uma alternativa a mais para o lançamento de novos produtos. O que achei interessante é a abordagem projetual, similar à usada pela engenharia. Um projeto é um empreendimento colaborativo que tem prazos bem definidos (início, meio e fim) e é desafiado pelas restrições de recursos com que as equipes têm que lidar, tais como a escassez de pessoas, pouco tempo ou pouco dinheiro. Esta abordagem gera resultados mais

fáceis de serem percebidos quando comparados com as rotinas que são intensivamente procuradas pela administração. O design também se diferencia por conseguir lidar melhor com a complexidade dos dados, pelo fato de ter uma abordagem sistêmica, bem diferente da linearidade da administração. Entretanto o foco ainda está ligado ao lançamento de produtos.

Desde que saí do mundo executivo, tenho trabalhado como consultor em inovação e tenho me defrontado com os mais diversos tipos de desafios em empresas de produção de bens, fundações que querem inovar para gerar bem estar para a sociedade, empreendedores que querem lançar um novo negócio, hospitais que querem incentivar o intraempreendedorismo ou empresas que querem melhorar a experiência de seus clientes no uso dos seus produtos e serviços.

Percebo, ainda, nos dias de hoje, a dificuldade que as organizações têm ao lidar com cenários de incerteza e ambiguidade. Para as empresas, tornou-se imperativo fazer de tudo para reduzir variações estatísticas em torno de um ideal projetado. Elas operam de forma departamentalizada, como se ainda estivessem fazendo negócios no século 20, sob a influência do fordismo e da administração científica do taylorismo. Talvez tenhamos perdido a visão holística do artesão, que foi radicalmente fragmentada e reduzida com a Revolução Industrial. As empresas continuam buscando a constância e a invariabilidade, típicas da época da linha de montagem. Herbert Simon, um economista e teórico organizacional, ganhador de um prêmio Nobel, acreditava que o propósito das organizações era eliminar as incertezas. Falha a administração ao ter se estruturado durante o século 20 em torno dessa falácia, que municiou os gestores com pseudo métodos e ferramentas para lidarem com cenários econômicos estáveis e planejarem suas ações em torno de ideias utópicas, que não representam a realidade do mercado onde as empresas operam.

Um fato que me chama a atenção é que diversas grandes empresas, que sabem que têm que acelerar o ritmo para acompanharem a mudança, estão incentivando empreendedores externos a trazerem soluções que não poderiam ser encontradas dentro de suas organizações. Este novo formato de *startups* coloca fim às antigas e pesadas estruturas de P&D (pesquisa e desenvolvimento) internas, salvo raras exceções, como ainda presente nas indústrias farmacêuticas, que seguem operando no antigo modelo.

Nas empresas, o aspecto humano compõe a cultura organizacional, composta por valores, políticas, hábitos, rituais e princípios, formando um comportamento

coletivo que acaba sendo incorporado pelas pessoas e que define características peculiares que são compartilhadas. E quanto aos aspectos de cada indivíduo? E as expectativas de cada um? Que influência terão as crenças individuais? E a visão de mundo de cada colaborador? Como alinhar essas dimensões das pessoas físicas com a missão, a visão e o propósito da pessoa jurídica? E a identidade de cada indivíduo nesse palco coletivo?

As conclusões que consigo vislumbrar são as seguintes: o conceito de inovação não atende às expectativas das empresas, a dimensão social é subestimada, o fator humano não está sendo devidamente utilizado. Além disso as empresas continuam atrás das soluções de prateleira que possam ser aplicadas em qualquer situação de forma algorítmica, independente do ser humano.

Será que este é o caminho? Haverá outras maneiras de enfrentar as incertezas? Será que existem métodos infalíveis? Qual a importância da colaboração e da diversidade das pessoas para a inovação? Como será possível inovar no novo contexto que tem a internet como um dos principais catalisadores da disrupção?

Sem dúvida existe uma forte tendência de robotização de muitas funções que são desempenhadas por pessoas hoje, mas nem tudo poderá ser automatizado. Quais funções dentro de uma organização continuarão sendo realizadas por seres humanos? O que nos torna únicos e insubstituíveis?

Isto me levou a procurar as ciências humanas, em especial a filosofia, atrás de caminhos alternativos, que considerem os aspectos do ser humano. Percebi, ao longo do doutorado, que uma via possível é a resolução de problemas, em vez de foco na inovação. Existem, entretanto, diversos tipos de problemas e, antes de explicar os que me interessam, abordarei a sua tipologia.

2.6 Tipos de problemas

Em 1999 foi publicado um livro de Karl Popper intitulado "All life is problem solving", uma coletânea de 15 palestras, aulas e entrevistas proferidas ao longo de 25 anos de estudos que o filósofo dedicou à filosofia da ciência, reafirmando que a solução de problemas tinha de ser vista como um tema de grande interesse para a filosofia.

A resolução de problemas é um tema estudado por diversos campos de conhecimento. É abordado pela matemática, pedagogia, psicologia, filosofia,

economia, engenharia, ou seja, pelas ciências naturais, sociais e humanas. Jonassen (2011) pesquisou e identificou a tipologia de 11 tipos de problemas, que serão a seguir descritos de forma resumida, numa sequência de problemas que migram dos bem definidos aos problemas indefinidos:

1. Problemas de lógica

Tratam-se de problemas de abstração que requerem clareza e pensamento lógico com o objetivo de buscar uma solução mais eficiente. Estes tipos de problemas têm sido alvo de pesquisas por parte da psicologia, entretanto, a utilidade de transferência para outros contextos é muito limitada. Um exemplo são os jogos de xadrez, que podem ser muito complicados, com diversas regras e restrições, mas são muito bem definidos.

2. Algoritmos

Estes são os tipos de problemas mais utilizados na educação e a grande maioria dos problemas matemáticos se enquadra nesta categoria. São compostos por um rígido e finito conjunto de procedimentos que garantem um número limitado de decisões previsíveis. As receitas culinárias podem ser exemplos deste tipo de problema. Alguns pesquisadores argumentam que os algoritmos não são problemas por natureza, mas sim procedimentos.

3. Problemas de história

São os problemas que têm seus enunciados elaborados a partir de uma narrativa que apresenta os dados desconhecidos como incógnitas e os relaciona de forma que podem ser montados em equações para sua solução.

4. Problemas orientados por regras

Neste caso, muitos problemas têm soluções corretas, que podem ser deduzidas por múltiplos caminhos, que caracteriza que não há restrições para determinados procedimentos. Um exemplo é a busca de informações científicas em uma biblioteca, considerando-se que o propósito de encontrar o maior número de fontes de informação no menor intervalo de tempo é o objetivo central. O essencial neste tipo de resolução de problemas é definir uma estratégia clara e orientada por regras.

5. Problemas de tomada de decisão

Este tipo de resolução requer uma escolha perante um sortimento de alternativas para atendimento da melhor solução. Este é o tipo mais comum de problemas que encontramos em nossas rotinas diárias em que as empresas também se envolvem. O

importante, neste caso, é considerar os fatores de decisão a serem buscados e as respectivas relevâncias no contexto geral.

6. Troubleshooting

Está muito ligado à resolução de problemas técnicos ou de processos, nos quais existem sistemas envolvidos. Neste caso, a experiência do solucionador do problema é relevante. O objetivo é reparar a falha o mais rápido possível para colocar o sistema em funcionamento novamente.

7. Problemas de diagnóstico e solução

A parte inicial deste tipo de problema é muito similar ao troubleshooting e é muito utilizado por médicos. Inicialmente é analisado um sintoma e, a partir dele, são geradas hipóteses e testes com base no histórico do paciente. Ao final, o médico terá que sugerir uma alternativa, baseada em múltiplos fatores, tais como, o hospital onde o paciente se encontra, a companhia de seguro do paciente, assim como muitas outras variáveis envolvidas. Neste caso, a experiência também se torna um diferencial, pois o médico começa a reconhecer padrões que ele já vivenciou.

8. Estratégia de performance

O tempo é o fator determinante deste tipo de problema, que acontece em um tempo real em contextos complexos. Um exemplo é um piloto de aviões de combate em fuga, quando manobras táticas fazem a diferença e as opções são numerosas e sua implementação, muito complexa.

9. Problemas políticos

A complexidade do contexto aumenta nestes casos, devido ao número de stakeholders envolvidos, de acordo com Rittel (1973).

10. Problemas de design

De acordo com Jonassen (2011), estes são tipos de problemas mais complexos, pelo fato de serem mal definidos. Esta visão do pesquisador, entretanto, coloca um foco muito grande no produto ou na tecnologia.

11. Dilemas

Todos nós, em algum momento, somos confrontados com dilemas éticos ou sociais em diferentes contextos. Os dilemas são os problemas mais complexos e imprevisíveis, pois dificilmente agradarão a todos os stakeholders envolvidos e afetados. Nestes casos, várias são as perspectivas relacionadas ao contexto; econômicas, sociais, políticas, religiosas, éticas, etc., porém, nenhuma é

decisivamente determinante. O contexto é tão complexo e ambíguo, que não há como se encontrar uma solução singular.

Todos os tipos de problemas abordados acima são considerados problemas discretos e singulares, que se apresentam de forma isolada e individual. Porém, sabemos que no mundo real, o que ocorre é uma combinação de diferentes tipos de problemas, fato que dificulta a definição do real problema a ser resolvido.

A dispersão dos tipos de problemas pode variar muito, entretanto, os dois principais fatores que influenciam a solução de problemas podem ser externos ou internos (JONASSEN, 2011). Os externos são aqueles relativos à natureza do problema identificado e dependem das seguintes características: contexto onde está inserido, estruturação do problema, grau de complexidade e dinamicidade ao longo do tempo.

Os fatores internos, por sua vez, estão relacionados às características das pessoas que tentarão solucionar o problema, tal como, capacidade cognitiva, experiência e conhecimento prévio, visto que estes influenciarão a sua conceitualização e a solução.

A etimologia da palavra problema tem origem no latim, com o mesmo sentido e adaptação do grego, e que significa obstáculo. A consequência desse significado é que envolve incerteza ou risco. A diferença é que risco é uma situação em que eventos indesejáveis podem ou não ocorrer, mas todas as variáveis são conhecidas. Já a situação incerta, pode ter uma ou mais variáveis desconhecidas, fato que inquieta as pessoas que estão lidando com tal situação.

Por outro lado, a classificação dos tipos de problemas é extensa. Alguns exemplos de problemas: os insolúveis, os que têm mais de uma solução, os de lógica, os científicos, os matemáticos, que na sua maioria são resolvidos com algoritmos, e muitos outros. Os algoritmos são estudados na engenharia como fluxogramas ou diagramas de blocos, que consistem de uma sequência de passos lógicos de um determinado processamento. É uma representação gráfica que utiliza símbolos previamente convencionados para descrever um fluxo de forma precisa e que podem ser executados de maneira mecânica ou manual. Importante ressaltar que um programa de computador é um algoritmo, mas o inverso não é verdadeiro.

Dentre os problemas, há também dois subgrupos; os problemas bem delineados e os problemas complexos. Ao longo de minha carreira, trabalhei com diversos métodos para resolver problemas bem delineados, principalmente dentro dos

ambientes fabris. Um problema, para uma empresa, é definido como o hiato entre uma situação previamente planejada e a situação real. O que ocorre, entretanto, é que as empresas tendem a simplificar e a reduzir os problemas para resolvê-los o mais rápido possível. Talvez, para lidar com o refugo em uma linha de produção, resolver um problema contábil ou decidir a troca de uma matéria prima, esses métodos resolvam de forma satisfatória. Os problemas bem delineados estão relacionados à eficiência, aos métodos da administração científica e ao taylorismo. Muitas empresas são extremamente eficientes para resolver o problema errado. E esse é um fenômeno que ocorre frequentemente nas organizações.

Quero explorar a resolução dos problemas complexos. Estes que ocorrem em contextos sociais e precisam de uma lógica diferente da utilizada pela maioria das organizações. É isso o que terminei pesquisando, pois acho que as organizações não estão lidando da maneira correta com esse tipo de problema. Não estão nem conseguindo identificá-los. A categorização de um problema não segue critérios objetivos, pois não tem definições claras. Talvez por exclusão, possamos eliminar os bem definidos e ficar com os complexos, caso contrário, o critério será subjetivo e isto os torna ainda mais perversos. Abaixo vou desenvolver um pouco mais sobre estes dois tipos de problemas.

Os problemas bem delineados, conforme Simon (1979), são aqueles que têm os seus limites bem definidos e estruturados, contudo não têm definições formais, apenas um conjunto de características comuns: há um critério para testar qualquer solução proposta e um algoritmo para que tal critério seja aplicado; existe, ao menos, um espaço definido do problema que pode representar seu estado inicial; as mudanças de estado podem ser representadas como transições no espaço do problema; todo o conhecimento do agente que resolverá o problema pode ser representado em um ou mais espaços do problema e, caso o problema envolva ação no mundo real, então a definição de estado e seus efeitos sobre o estado desta aplicação são representadas de maneira acurada em um ou mais espaços do problema. Acredito que as empresas acabem encaixando qualquer tipo de problema nesta categoria, pois, no seu entender, não há necessidade de se perder tempo tentando entender qual o real problema a ser resolvido, e pode-se passar rapidamente para uma solução. O protocolo empresarial é medir, controlar e agir, da maneira mais rápida possível, independente do resultado final.

Os problemas complexos, por sua vez, além da ambiguidade inerente que os caracteriza, não possuem qualquer critério que os definam e tendem a ser mais frequentes nos contextos organizacionais. Nos anos 60, Horst Rittel abordou os problemas complexos, categorizando-os como problemas mal formulados, que dispõem de informações confusas, ocorrem em contextos sociais onde há muitos públicos de interesse envolvidos e com desdobramentos imprevisíveis e confusos. Este contexto implica um ambiente de incerteza que nos leva à não determinação. Em 1973, Rittel e Weber escreveram um artigo, como uma resposta aos episódios turbulentos da década de 60, como a ameaça iminente de um conflito nuclear, a guerra do Vietnã, revolta dos estudantes, e o início da discussão de uma agenda ambiental. Eles achavam que a ciência não seria capaz de resolver os problemas sociais e elaboraram uma lista de 10 características de um problema complexo. Importante ressaltar que esta análise que eles fizeram foi para o campo político, já que ambos eram planejadores sociais. Poderemos usar alguns dos conceitos para aplicar nas empresas:

1. Não há uma formulação definitiva, mas cada formulação corresponde a uma solução.
2. Eles não têm critérios de encerramento.
3. As soluções não são verdadeiras ou falsas, apenas boas ou más
4. As soluções não produzem uma lista clara de ações
5. Para cada problema complexo existe mais de uma solução possível
6. Cada problema é o sintoma de outro de hierarquia superior
7. Nenhuma hipótese ou solução tem um teste final
8. A solução comporta uma única tentativa e não há possibilidade de tentativa e erro
9. Cada problema é único e singular
10. O solucionador do problema não tem o direito de errar; ele é responsável por suas ações.

Apenas lendo esta lista, fica claro que este tipo de problema é a antítese do que as empresas almejam. Com exceção do item 8, que se refere a uma situação de guerra ou paz, e do item 10, para uma decisão política que afete uma comunidade, todos os demais serão úteis para tentarmos vislumbrar a complexidade de um problema que está inserido num contexto social, que, caso solucionado, poderá ser aceito ou rejeitado.

Os ambientes que tentam controlar a incerteza não conseguem facilmente aceitar tamanha ambiguidade. Trabalhar com soluções múltiplas? O problema não tem encerramento? Cada caso é um caso? Não gera uma lista objetiva de ações? Trabalha com hipóteses e não com verdades? É difícil para organizações tradicionais lidarem com os problemas complexos, visto que querem exercer o comando e o controle da situação. Será que as pessoas estão preparadas para resolver estes tipos de problemas? Quais as competências que as pessoas precisam desenvolver para resolver problemas complexos?

Da lista acima, com 10 itens, acredito que os 5 que mais se aplicam às empresas são: o problema é singular e sem precedentes; vários são os públicos de interesse envolvidos com interesses conflitantes; não há causa e efeito bem definidos, ao contrário, múltiplas causas imbricadas de forma circular; não há uma única, melhor e definitiva solução; o problema deve ser revisado e reconfigurado múltiplas vezes. A abordagem dos problemas complexos perdeu intensidade pelo fato de termos vivido duas décadas, de 80 e 90, quando a abundância e consumismo ofuscaram o interesse com relação à solução dos problemas complexos.

Jonassen (2011) argumenta que, de acordo com pesquisas recentes, a resolução de problemas é um processo cognitivo, e há uma distinção clara entre o pensamento requerido para solucionar um problema bem estruturado e para solucionar um problema complexo. Na avaliação dele, os problemas complexos não são previsíveis nem convergentes, têm múltiplas soluções e são interdisciplinares. Todavia, continuamos carentes de uma análise mais profunda que nos ajude a resolver problemas complexos dentro dos ambientes empresariais. Fica claro que a inovação tecnológica é destinada ao lançamento de novos produtos e a inovação lato sensu é relacionada à resolução de problemas complexos.

A inovação, quando abordada mediante a resolução de problemas complexos, se torna mais aplicável e tangível, pois as organizações podem identificar problemas de uma maneira mais prática. E é esta abordagem que darei a este trabalho.

2.7 Conclusão do capítulo 2

Apresentei diferentes situações que vivenciei na área empresarial que avalio como modismos, tais como a reengenharia de processos, o *global sourcing*, a terceirização e tantos outros que foram aplicados como uma panaceia para resolver

todos os problemas enfrentados nos últimos anos no âmbito empresarial. Afirmo, também, que a maneira com que a inovação tem sido abordada é tímida e questionável.

Fica claro que o polêmico conceito de inovação não é de fácil entendimento no mercado e suscita diferentes interpretações semânticas. É recorrente a associação da inovação com a inovação tecnológica e imediatamente os dois conceitos são conectados ao lançamento de novos produtos ou novos processos. Ledo engano, que pode levar a frustrações e colocar a importância do assunto em segundo plano. Se nos referirmos à inovação tecnológica, estaremos falando da capacidade que a empresa tem de lançar um novo produto ou serviço.

Tentei, neste capítulo, mostrar os limites conceituais da inovação e optei pela resolução de problemas; não de quaisquer problemas, mas dos complexos, que são os encontrados com mais frequência nas organizações. Estas, entretanto, não estão preparadas para solucioná-los.

No entanto, para resolver problemas complexos, teremos que, primeiramente, entender como identificá-los. Não podemos continuar a resolver problemas complexos da mesma maneira linear que, no passado, resolvemos os problemas bem definidos. Temos que entender quais as habilidades e competências cognitivas as pessoas necessitam, a fim de abordá-los.

3 O PROBLEMA DA INOVAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES

Neste capítulo, analisarei alguns dos métodos de inovação utilizados pelas empresas. Existe uma diversidade muito grande de métodos que podem ser utilizados, o que torna difícil a tarefa de se categorizar uma única maneira de inovar. No capítulo 1, ficou evidente que existe uma confusão semântica com relação às diferenças entre os conceitos de inovação, solução de problemas e invenção.

Peter Drucker abordava a inovação como um fenômeno social, colocando grande ênfase nas relações que as pessoas estabelecem quando trabalham em grupos. Ele também achava que a inovação poderia florescer a partir do empreendedorismo de novos negócios e do intraempreendedorismo em empresas maduras, ao identificarem boas oportunidades no mercado. Inovação é um assunto para as ciências humanas e sociais.

3.1 Classificação de organizações inovadoras

O economista Joseph Schumpeter, de acordo com Tidd; Bessant; Pavitt (2008), apresentou sua teoria sobre os ciclos econômicos nos anos 1939 e 1942. A alternativa sugerida por Schumpeter, para que a economia saísse de um estado letárgico de equilíbrio e entrasse em um processo de expansão, seria a produção de alguma inovação que alterasse consideravelmente as condições prévias de tal equilíbrio.

O pai dessa área da teoria econômica foi Joseph Schumpeter, que muito escreveu sobre o assunto. Ele teve uma carreira promissora como economista e foi Ministro das Finanças da Áustria. Seu argumento era simples: os empresários procurarão fazer uso de inovação tecnológica - um novo produto/serviço ou um novo processo para produzi-lo - a fim de obter vantagem estratégica. Por certo tempo, esse será o único exemplo de inovação, e o empresário pode esperar ganhar um bom dinheiro com ele - o que Schumpeter chama de "lucros de monopólio". Mas é claro que outros empresários verão o que foi feito e tentarão imitá-lo, disso resultando que outras inovações surgirão e o aumento de novas ideias amortizará os lucros de monopólio até que um novo equilíbrio seja alcançado. Nesse ponto, o ciclo se repete - nosso empresário inovador, ou outro qualquer, estará buscando a próxima inovação, que, por sua vez, reescreverá as regras do jogo, e lá vamos nós outra vez. Schumpeter fala de um processo de "destruição construtiva", em que há uma constante busca pela criação de algo novo que simultaneamente destrói velhas regras e estabelece novas - tudo sendo orientado pela busca de novas fontes de lucratividade.(p. 27)

A hélice tríplice, um conceito mais recente, criado em meados dos anos 1990, é uma metáfora utilizada pelo professor Henry Etzkovitz para descrever um modelo

de inovação com base na relação triangular governo-universidade-indústria. Para ele, a interação desses três públicos de interesse pode criar um sistema de inovação sustentável e durável na era da economia do conhecimento. O modelo surgiu pela observação da atuação do MIT (Massachusetts Institute of Technology) e da sua relação com o polo de indústrias de alta tecnologia em seu entorno. Nesse ambiente, a inovação é vista como a resultante de um imbricado e contínuo processo de experiências nas relações entre ciência, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento nas universidades, indústrias e governo.

O Manual de Oslo é uma proposta normativa global que reúne diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre a inovação tecnológica, teve a sua primeira edição em 1990 pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), com a finalidade de orientar e padronizar conceitos, metodologias e construção de estatísticas e indicadores de pesquisa de P&D (pesquisa e desenvolvimento) de países industrializados. Este manual substituiu a primeira tentativa feita em 1963, pela OCDE, com o Manual de Frascati.

Muito do que está em uso, desde que o tema da inovação tomou importância relevante na pauta do ambiente empresarial, ainda está relacionado ao lançamento de produtos. Podemos perceber esse viés inclusive pela maneira como os países são avaliados pelo Global Innovation Index (GII), critério aceito internacionalmente e avaliado na Suíça desde 2007, composto por três áreas de comparação: resultados criativos, resultados de conhecimento/tecnologia e sofisticação de negócios para avaliar a competitividade. Dentre os índices que têm um peso relevante para fazer uma comparação objetiva está o número de patentes emitidas pelo país, fato que denota o foco da inovação no potencial de lançamento de novos produtos. O GII é composto por inovações de entrada, que incluem as políticas fiscais, educativas e o ambiente proporcionado pelos governos, e por inovações de saída, que incluem o impacto das inovações dos negócios, a transferência de tecnologia, a produtividade, o retorno aos acionistas e o número de patentes oficialmente registrados.

Como se percebe, várias foram as tentativas de sistematizar, padronizar, classificar e monitorar o processo de inovação, e, no entanto, continuamos órfãos de um conceito tangível que possa ser facilmente implementado em uma organização.

3.2 Diferença entre inovação e invenção

De acordo com Tidd; Bessant; Pavitt (2008), a definição de inovação é:

Um dos problemas no gerenciamento de inovação é a variação com que as pessoas compreendem o termo, normalmente confundido com invenção. Em seu sentido mais amplo, o termo vem do latim *innovare*, que significa “fazer algo novo”. Segundo nosso entendimento, que é compartilhado pelos teóricos abaixo relacionados, a inovação é um processo de fazer de uma oportunidade uma nova ideia e de colocá-la em uso de maneira mais ampla possível. (p. 86)

Os autores citam Thomas Alva Edison como um dos maiores inventores, que registrou mais de 1.000 patentes. Entretanto, inovação é mais do que simplesmente ter uma ideia e protegê-la, é o processo de desenvolver o seu uso prático. Portanto, há uma grande diferença entre inovação e invenção. A primeira tem que gerar benefícios, ou seja, valor econômico para uma empresa ou bem estar para a sociedade, no caso de inovação social, e a segunda é uma ideia nova, que não foi implementada ainda e eventualmente poderá ser protegida pela obtenção de uma patente que é uma concessão pública conferida pelo Estado.

A história de algumas famosas invenções nos mostra como raramente uma ideia é aproveitada logo após a sua concepção, esse fato é decorrente de problemas circunstanciais, que impedem a utilização de excelentes ideias, que virão para o mercado muito tempo depois. O post-it, desenvolvido em 1968, quando um cientista da 3M pesquisava uma cola de baixa adesão, só foi lançado no mercado sete anos depois e só se tornou um sucesso de vendas em 2003. O forno de microondas foi resultado de um mero acaso enquanto se desenvolviam componentes de radares de identificação de aviões durante a Segunda Guerra Mundial, sendo patenteado anos mais tarde. O velcro, inventado em 1948, utilizando a técnica de biomimética, foi patenteado em 1951 e só teve sucesso após ser usado pela NASA na missão da Apollo 1, em 1967. As empresas, muitas vezes, nem sabem o que fazer com as novas ideias, como a Kodak, que idealizou a foto digital e foi à falência por não conseguir decodificar os sinais de mudança no mercado.

Outro exemplo marcante de nossa história recente foi a batalha de correntes elétricas, travada na década de 1880, entre dois grandes inventores, Thomas Edison e Nikola Tesla. Como já foi mencionado, Edison, que registrou mais de 1.000 patentes e é considerado o maior inventor dos EUA mesmo assim teve dificuldades de aceitar uma ideia que confrontava a sua; a corrente contínua contra a alternada, de Tesla.

Essa batalha conceitual foi vencida por Tesla, que vendeu sua patente para a Westinghouse, a qual tratou de, rapidamente, convencer o governo americano a adotar o padrão de corrente alternada, pela sua eficiência na distribuição de energia elétrica no país (Metzger, 1996).

O índice Standard & Poor's, que começou a ser medido em 1957 e gera uma média ponderada das 500 maiores empresas que têm suas ações negociadas na Bolsa de Valores de Nova Iorque, indica que a vida média das empresas em 1958 era de 61 anos, em 1980 passou para 25 anos e em 2012 caiu para 18 anos. Se extrapolarmos a tendência desse índice, em 2027 aproximadamente 75% das empresas que compõem esse índice terão desaparecido do mercado. Isto reforça a teoria de Schumpeter da necessidade das organizações se reinventarem (Foster & Kaplan, 2001). Mas, para isto, terão que mudar a percepção que têm do ambiente de negócios, e esta leitura terá que ser feita por pessoas capazes de entender os sinais que provocarão a destruição criativa proposta por Schumpeter.

Isto reforça a hipótese da necessidade de métodos de resolução de problemas complexos nas organizações, o que nos coloca diante do seguinte paradoxo: a eficiência operacional, que só pode ser alcançada com as rotinas e processos que garantam a estabilidade e a replicabilidade, e em contrapartida, a necessidade de criar times *ad-hoc* para resolver problemas de forma inovadora.

3.3 Métodos de inovação

A seguir serão apresentados, de forma sucinta, alguns dos métodos de inovação mais populares: bancos de ideias, stage gates, funil da inovação, inovação aberta e inovação em rede. Outras alternativas pretendem inovar através da resolução de problemas, como o Kaizen, o Design Thinking e o TRIZ.

O banco de ideias, voltado para melhorias de produtos, serviços e processos, é uma ferramenta que está perdendo sua relevância e propósito inicial. O objetivo era dar espaço para que as pessoas pudessem opinar sobre assuntos que, por vezes, afetavam o trabalho, numa época na qual os ditames administrativos ainda tinham forte influência do taylorismo, também conhecido por administração científica, modelo de administração do início do século XX para aumento da eficiência, no nível produtivo. O banco de ideias foi concebido como uma tentativa de introduzir uma gestão participativa que fracassava por ser demasiadamente impessoal. A deficiência

dessa ferramenta é que a empresa deve dispor de uma grande equipe de retaguarda para dar feedback aos funcionários que depositam suas ideias ou que postam na intranet da empresa; numa eventual demora no retorno formal da proposta submetida, o efeito provocado tende a ser desmotivador. Outro problema é que as ideias não têm aperfeiçoamento. Por outro lado, é uma tentativa de baixo custo de implementação, voltada para reduzir custos e melhorar os processos, com um cunho motivacional, mas de baixa eficiência.

O funil da inovação é um conjunto de atividades sequenciais e lineares que tem momentos de avaliação por parte de um comitê administrativo. Concebido na década de 80 para melhorar o processo de lançamento de produtos, foi muito bem aceito no meio acadêmico e empresarial. No entanto, sua taxa de sucessos, ou seja, inovações lançadas no mercado em tempo hábil, mostrou-se baixíssima, girando em torno de 4% entre a concepção da ideia e o lançamento do produto ou serviço, de acordo com recentes pesquisas (KEELEYI, 2013). A evolução no desenvolvimento de novos produtos começou a ocorrer no século XIX e teve mudanças mais marcantes desde a segunda Guerra Mundial, quando o mercado ainda era passivo e um mero receptor de novidades impostas pelas empresas. Com o aumento da competitividade e aumento da oferta de opções no mercado, as empresas começaram a ficar mais cuidadosas e a lançar novos produtos com maior frequência. O primeiro modelo de funil foi idealizado pela Booz, Allen e Hamilton, centenária consultoria estratégica, em 1982, e tinha 7 passos: nova estratégia de produtos, geração de ideias, triagem e avaliação, análise de negócios, desenvolvimento, teste e comercialização.

O stage gate foi concebido em 1985, por Robert Cooper, e tem 6 estágios: descoberta, investigação, construção do plano de negócios, desenvolvimento, testes de validação e lançamento.

Esse modelo envolve, basicamente, a inserção de uma série de “portões” em estágios essenciais do projeto e a revisão do progresso do mesmo com base em critérios claramente aceitos e definidos. Apenas se o projeto atender aos critérios, o portão se abrirá para a próxima fase - do contrário, o projeto deve ser abortado ou, pelo menos, reorientado para melhor se desenvolver antes de ir adiante.(TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 401)

Um caso emblemático para ilustrar esse método foi a tentativa de lançamento do telefone via satélite. No final dos anos 90, a Iridium, empresa da Motorola, colocou em órbita 77 satélites de comunicação para formar uma rede de telefonia móvel via satélite com cobertura global. Contudo, o telefone demorou 10 anos para ser lançado,

e, quando finalmente chegou ao mercado, já se tornara obsoleto. Mesmo assim, a grande maioria das empresas ainda utiliza o stage gate para lançar novos produtos.

A inovação aberta é um método mais recente, elaborado em 2003 por Henry Chesbrough, que percebeu a ineficiência dos métodos fechados de inovação. Até então, a indústria tinha duas premissas básicas: deter os melhores talentos e ter os melhores laboratórios de P&D (pesquisa e desenvolvimento). Mas Chesbrough percebeu os sinais da mudança social e cultural que estava ocorrendo e que o conhecimento não precisava estar contido nos limites rígidos das organizações. A disponibilidade e a mobilidade de conhecimento, potencializadas pelas novas tecnologias de comunicação e a própria globalização, dificultam a retenção do potencial humano nas organizações e reduzem o custo frente ao modelo proprietário fechado e encapsulado. Ainda assim, mesmo com este conceito, o foco continua sendo o desenvolvimento de produtos. Muitas empresas tem dificuldades para trabalhar com este modelo aberto, preocupadas com a propriedade intelectual do conhecimento que é gerado, e não querem abrir e compartilhar seus problemas, pois acreditam que estarão expondo suas fragilidades à concorrência e ao mercado.

Uma variante do modelo totalmente aberto é o modelo em rede, que pode ficar recluso a uma equipe externa de cientistas ou colaboradores, previamente cadastrados, que tem acesso a determinados problemas colocados no grupo para resolução. Outros modelos trabalham com os participantes da cadeia de valor que podem contar com os fornecedores e até com os clientes num ambiente de cocriação.

3.3.1 Inovação por meio da resolução de problemas

KAIZEN

É uma prática implementada pelos japoneses com foco na redução do desperdício. A Toyota foi uma das empresas que conseguiu trazer um novo paradigma para a indústria na década de 80, quando introduziu o Lean Production, sistema de produção que visava fundamentalmente reduzir estoques de produtos acabados e de componentes em produção e causou uma revolução na maneira como os carros eram produzidos, desafiando inclusive o tempo de lançamento de novos modelos.

Uma boa ilustração disso é o “milagre de qualidade” produzido pela indústria manufatureira japonesa nos anos do pós-guerra e que deve muito ao que se

denomina kaizen - melhoria contínua. Empresas como Toyota e Matsushita recebem milhões de sugestões de melhorias, a cada ano, de seus colaboradores - e a maioria dessas são implementadas. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 503)

Dentro do sistema Toyota, um conjunto de ferramentas da qualidade foram introduzidas, dentre eles, a melhoria contínua, a partir do Kaizen. Este dá poder aos times de trabalho, que se reúnem semanalmente para discutirem melhorias incrementais, que, ao longo de um certo tempo, trazem grandes resultados e simplicidade para os produtos e serviços da empresa.

TRIZ

Trata-se do acrônimo em língua russa de “teoria de resolução inventiva de problemas”, concebido em 1946. Os pesquisadores analisaram de forma exaustiva mais de dois milhões de invenções e patentes em diferentes áreas e diferentes ciências e encontraram padrões de repetição para a resolução dos problemas, que podiam ser enquadrados em 40 princípios da invenção. Esta teoria é baseada em modelos de geração de ideias inovadoras, na solução de problemas, e, principalmente, para o desenvolvimento de novos produtos ou serviços. Apesar de ter seu foco para produtos técnicos, tem sido utilizada recentemente pela pedagogia, administração e outros campos de conhecimento.

O objetivo é criar uma abordagem científica estruturada e algorítmica para invenção de novos sistemas ou para a melhoria e aperfeiçoamento de sistemas existentes. Sua utilização tem sido conjugada de forma sinérgica com outras técnicas japonesas de qualidade de produtos.

Estes problemas criativos abordados pela teoria são do tipo não trivial, ou seja, que, ao longo do processo de sua solução, alguma etapa é desconhecida. Nesse percurso, ocorrem conflitos ou existem duas condições fisicamente opostas que deverão coexistir, caso contrário não ocorrerá a solução.

Atualmente diversas indústrias automobilísticas, como a BMW, Daimler, Ford, GM e Renault, assim como empresas de outras indústrias como a Samsung, Shell, Whirlpool, Bosch e Boeing lançam novos produtos utilizando o TRIZ. A teoria vem se popularizando desde o final da guerra fria e atualmente têm sido muito utilizada nos EUA e em diversos países do ocidente.

DESIGN THINKING

De acordo com Banerjee (2016), as raízes intelectuais do método tiveram sua origem no programa de design da Universidade de Stanford, datado de 1958, quando o professor John Arnold, proveniente do MIT, foi contratado para inaugurar um instituto de design na escola de engenharia mecânica da universidade. Arnold acreditava que os engenheiros precisavam de uma abordagem mais humanizada na condução dos projetos e propôs uma disciplina de desenvolvimento de produtos para o curso de engenharia mecânica centrada no ser humano. A partir desse embrião, Bob McKim, da engenharia, e Matt Kahn, do curso de artes, decidiram mesclar uma turma com alunos de engenharia e de artes para reunir o pensamento lógico com o pensamento intuitivo. O currículo foi formalizado em meados dos anos 60 e foi um dos primeiros programas interdepartamentais de Stanford. Com o passar do tempo, diversos professores visionários aportaram conhecimentos de outras áreas para evoluir o método.

David Kelley, que se graduou na engenharia de Stanford, começou a lecionar nessa universidade em 1978. Foi um dos cofundadores da IDEO, consultoria que usa a inovação centrada no ser humano. O método ganhou notoriedade em 1990 com o reconhecimento dos resultados alcançados e hoje está sendo aplicado para resolver todos os tipos de problemas relacionados à experiência humana.

Em 2000, David Kelley e outros professores de Stanford fomentaram a ideia de iniciar um instituto baseado na transdisciplinaridade da universidade como um locus para acelerar e desenvolver metodologias centradas no ser humano e começaram a aplicá-las em outros tipos de desafios, para não ficarem confinados apenas a produtos. Quando o fundador da SAP, Hasso Plattner, ficou sabendo, decidiu fazer uma doação para a construção do prédio do instituto em 2004 e levou o método para Potsdam, na Alemanha, no Hasso Plattner Institut. Atualmente as equipes de pesquisadores dos dois institutos têm feito pesquisas compartilhadas e todos os anos lançam livros divulgando os resultados com o objetivo de fundamentar o método em bases científicas e acadêmicas.

Há vários modelos conceituais de aplicação do Design Thinking. Os de Stanford e de Potsdam, com 5 fases, o duplo diamante usado pelo UK Design Council, com 4, o da Rotman School do Canadá e da IDEO, com 3 e da Universidade de Berkeley de Beckman e Barry (2007), que tem 4 fases e é um processo de inovação baseado na aprendizagem experiencial. Como qualquer método de resolução de

problemas, ele é composto por duas etapas: encontrar o problema e resolver o problema.

3.4 Conclusão do capítulo 3

Foram descritos alguns entre os diversos métodos que as organizações utilizam para inovar. Tentei mostrar que existe uma diferença entre resolver um problema, inovar e inventar. Todos esses conceitos têm em comum a geração de ideias para solucionar problemas. Entretanto, como podemos gerar ideias que resolvam problemas que, muitas vezes, não são identificados de forma correta?

Encontrar um problema e resolvê-lo, sem dúvida é a parte mais difícil para as organizações. No entanto, tão importante quanto a resolução, é a sua implementação, caso contrário será apenas uma invenção sem aplicação prática. A implementação da ideia que resolve um problema é que se transformará numa inovação, gerando valor para os públicos de interesse envolvidos.

De todos os métodos que foram apresentados, apenas o stage-gates e o funil da inovação têm a preocupação voltada para a implementação da solução, apesar de serem métodos lineares e lentos. Todos os outros são chamados de métodos de inovação, mas não têm a preocupação de concretizá-la, fato que requer disciplina por parte da organização. Depois que o problema é resolvido, sua solução se tornará num projeto que precisa ter uma gestão tradicional. Este é um dos fatos que gera uma taxa tão baixa de sucesso nas inovações.

Atualmente muitas empresas de software já perceberam que o gerenciamento de projetos que utilizam processos lineares ou em cascata são extremamente ineficientes, principalmente para um mercado que tem mudanças tão aceleradas. Em seu lugar estão aplicando métodos de rápida iteração compostos de ciclos que devem ser administrados diariamente de forma incremental e essa prática está sendo expandida para diversas outras indústrias. São os chamados métodos ágeis de inovação.

A conclusão deste capítulo é que existe uma confusão conceitual em torno da inovação e da resolução de problemas por parte do mercado. São assuntos distintos que devem ser tratados de forma separada. A primeira coisa que a empresa precisa fazer é identificar que há um problema, que pode ser um problema bem definido ou um problema complexo e confuso. Em seguida, a empresa parte para a resolução

desse problema. Só depois que a solução ou as soluções forem encontradas é que a organização poderá implementar essa ideia ou hipótese. Caso tenha sucesso nessa implementação, teremos efetivamente uma inovação a qual poderá ser expressa através de um resultado mensurável, isto é, criação de valor para os stakeholders.

O foco desta tese está na resolução de problemas complexos, que pode ser dividida em duas etapas: identificação do problema e resolução do problema.

4A NATUREZA E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Estamos estudando a solução de problemas complexos. Será que só o homem é capaz de resolver problemas? E de resolver problemas complexos? O itinerário deste capítulo é entendermos as narrativas históricas que mostram a comparação de múltiplas evidências, de como a natureza, sob a ótica da biologia, resolve os problemas que surgem, provocados pelas mudanças do meio ou dos organismos que nele habitam. Começarei com uma visão histórica do biólogo Ernst Mayr, seguiremos com a rede de argumentos montada pelo naturalista Darwin, as analogias do filósofo Dennett e as inferências a partir de registros fósseis feitas por Hoffecker e complementadas pela abordagem evolucionária sobre o cérebro de Kaufman e Maturana.

Veremos como os organismos vivos evoluem por pressão da seleção natural e como a Natureza propõe soluções, produtos de um processo composto por uma longa cadeia de eventos aleatórios de tentativa e erro. A evolução não tem finalidade mas tem consequências, pelo fato de não haver intencionalidade no processo de seleção natural.

4.1 O contexto epistemológico antes de Darwin

Desde a Grécia Antiga, a teoria aceita por toda a comunidade científica era da invariância das espécies, que possuíam uma essência que duraria por toda a vida, o conceito da imutabilidade dos organismos vivos. Esse argumento essencialista, que atravessou mais de dois milênios, foi originalmente idealizado por Pitágoras, utilizado por Platão e obteve um embasamento teórico com Aristóteles (Poliseli, Oliveira e Christoffersen, 2013). Somado ao essencialismo, após a Revolução Científica, Descartes propôs uma análise da História Natural ancorada na Física, para explicar a origem e os processos naturais, usando a metáfora da máquina projetada com uma finalidade para entender a Natureza. Estes conceitos foram reforçados com a concepção mecanicista, reducionista e determinista do mundo. Em resposta a estes conceitos, vários filósofos e cientistas propuseram o vitalismo, reconhecendo que haveria alguma força vital que agiria nos organismos vivos.

A teleologia, conceito formado por um conjunto de argumentos que relaciona um fato com sua causa final, egresso de Platão e Aristóteles, explicava o

desenvolvimento dos organismos pela sua causa final ou seu propósito. A teleologia foi utilizada até para explicar e justificar certos caracteres adaptativos intencionais.

De acordo com Polisel, Oliveira e Christoffersen (2013), todo esse arcabouço teórico formado pelo vitalismo, essencialismo, teleologia, reducionismo, e mecanicismo determinista compunha o paradigma a partir do qual Darwin teve que desenvolver a sua rede de argumentos, ancorados em múltiplos experimentos que ele mesmo fez e apoiado em hipóteses de diversas autoridades com as quais ele se correspondeu durante toda a sua vida. Era uma época fundamentada nos principais dogmas cristãos, no qual o homem ocupava uma posição única.

4.2 Darwin e a seleção natural

Darwin propôs a evolução pela seleção natural e, no seu livro *The origin of species*, abordou centralmente o fenômeno da adaptação e menos o da origem das espécies, como o nome nos induz a pensar. À época não se conheciam os mecanismos de hereditariedade, ou seja, da passagem de características de pais para filhos, pelo DNA ou cromossomos, que seriam a chave para a teoria de Darwin (2003). Ele assumiu a hereditariedade em sua teoria de forma dogmática e especulativa, ignorando os mecanismos que subjazem à transmissão de características, para poder prosseguir com seus achados.

A palavra evolução significa mudança ao longo do tempo e pode ser aplicada em relação a tudo que tenha uma história. A evolução biológica se refere ao fato de que muitos organismos vivos que habitam o planeta hoje sejam diferentes dos que existiram no passado. Vários foram os processos que modificaram os organismos vivos e um deles é a seleção natural.

O livro "A Origem da Espécies" foi lançado em 1859, nele, Darwin (2003) apresentou diversas hipóteses sobre os motivos que explicassem uma diversidade tão grande de seres vivos na natureza. Entretanto, Darwin tinha que construir uma narrativa convincente para transpor o paradigma dogmático que assolava a comunidade científica e logo no início de seu livro ele começa discutindo a capacidade produtiva dos criadores domésticos de animais e plantas conseguem gerar. A constatação de Darwin (2003) é que o homem através da seleção artificial é capaz de produzir variações que resultam em propriedades mais interessantes e atraentes para o homem do que propriamente para as plantas e animais. Ele entendeu que um estudo

cuidadoso dos animais domésticos e das plantas cultivadas, por mais imperfeito que pudesse ser, considerando que sabemos muito pouco sobre a história dessas raças, traria alternativas de esclarecimentos para o obscuro tema da variação. Entretanto Darwin não possuía conhecimentos em genética que lhe permitissem explicar e entender as variações e as heranças de características.

Antes de Darwin fazer a extrapolação de sua analogia da seleção doméstica, na qual ele mesmo realizou uma análise cuidadosa e detalhada em cães, cavalos, gado e galinhas, ele concluiu que estes pertenciam apenas a diferentes raças. Ele acreditava que para constatar o acúmulo de ligeiras variações sucessivas por meio da seleção seria necessário estudar um grupo especial e se focou nos pombos domésticos. Para tanto, comprou e ganhou todas as raças existentes e se relacionou com diversos criadores de Londres. Sua constatação foi que as adaptações provocadas pela seleção artificial visavam mais o capricho do homem, do que o bem estar do organismo animal ou vegetal.

O momento exato da especiação não pode ser identificado na natureza, o que tornou difícil provar a seleção natural por simples observação. Explicando a origem da diversidade de raças de cães, pombos e plantas, feitas a partir de critérios seletivos humanos, com inúmeros cruzamentos para selecionar características vantajosas ao longo do tempo, entendia-se que era possível criar uma nova espécie. Darwin constatou que o homem tem a capacidade de conduzir a seleção acumulativa da forma que mais lhe convier, entretanto, a Natureza promove variações sucessivas aleatórias para o benefício do organismo e da espécie.

Sobre as diferenças entre variedades e espécies Darwin encontrou uma dificuldade de consenso, mas levantou as seguintes conjecturas: similaridades de características e capacidade de reprodução definem as espécies, entretanto, com relação às variedades permanece numa disputa tipológica entre os naturalistas.

Ao avançar em sua argumentação, ele conclui que a seleção natural é um resultado da luta pela sobrevivência que afeta não apenas a vida do organismo, mas também sua capacidade de reprodução (Darwin, 2003).

O que chamou a atenção de Darwin durante sua viagem de cinco anos a bordo do navio Beagle foi a observação da biodiversidade e as relações geológicas que existem entre os seres que habitam ou habitaram o continente sul americano. Ao retornar, Darwin leu a teoria de Thomas Malthus, que sugeria que a principal causa da miséria humana era o descompasso entre o crescimento das populações, não

apenas humanas, que seguiam uma progressão geométrica, e a produção de alimentos, que seguia uma progressão aritmética.

De acordo com Blackburn (1997), a teoria da seleção natural partiu da observação que Darwin fez ao ler a teoria de Thomas Malthus. Darwin concluiu que, dentro de uma determinada espécie, mais indivíduos são produzidos por reprodução do que podem sobreviver com as restrições impostas pelo meio que habitam. Esta teoria despertou o interesse científico de Darwin, que decidiu aplicá-la aos elefantes, exemplo de espécie animal de gestação lenta e na qual se poderia concluir facilmente os resultados.

Esta analogia com a teoria de Malthus inspirou Darwin a explicar a luta pela vida através da seleção natural, mecanismo que preserva as características que proporcionam melhores chances de sobrevivência aos descendentes. Esse mecanismo de seleção é uma força da Natureza pronta para a ação que é incomensuravelmente superior aos fracos esforços empreendidos pelo homem na manipulação seletiva de características, mesmo que ela seja intencional e metódica. A seleção feita pelo homem mostra como nossas raças domésticas manifestam sua adaptação, que ocorre em sua estrutura e nos seus hábitos, entretanto, muito pouco se sabe sobre a origem de nossas raças domésticas.

Outra conclusão a que o naturalista chegou é que a seleção sexual é menos rigorosa que a seleção natural e não depende de uma luta pela existência em relação ao meio ou a outro organismo vivo, mas sim à luta entre indivíduos do mesmo sexo para a posse de uma fêmea a fim de se reproduzirem.

Dentro da rede de evidências montada por Darwin (2003), o isolamento é outro elemento que contribui para a modificação das espécies por meio da seleção natural, pois viabiliza o tempo para que a variedade seja aperfeiçoada num ritmo lento, o que pode explicar os ambientes favoráveis proporcionados pelas ilhas oceânicas.

Ainda sobre a distribuição geográfica dos seres vivos, o naturalista realizou diversos experimentos para explicar os intensos efeitos das mudanças do clima e dos níveis da Terra que ocasionaram a migração e dispersão de várias espécies. No caso da formação de ilhas como acidentes geográficos, Darwin elaborou simulações com plantas para entender a resistência de sementes com relação à água do mar que o levaram a supor diversas hipóteses de transporte por meios acidentais ou ocasionais de animais, plantas e sementes por via aérea, aquática ou terrestre. O mecanismo da seleção natural está sempre buscando economia e eficiência nos organismos vivos

para prepará-los para os problemas que deverão enfrentar ou para eliminá-los, o que explica a extinção de muitas espécies.

Ao longo do livro, Darwin tenta elencar todos os pontos frágeis e as dificuldades de sua teoria, numa atitude extremamente corajosa de um cientista em busca de uma grande aceitação de sua descoberta. Um exemplo é relativo a atuação da seleção natural na preservação dos instintos dos organismos para aumentar as suas chances de sobrevivência. Darwin (2003) mostra o exemplo do acúmulo de pequenas variações que ocorrem no instinto das abelhas, uma aptidão inata, uma tendência natural, enfim uma atividade automática e espontânea, ao construir os favos de suas colmeias em formatos e dimensões impecavelmente corretas que permitem o armazenamento do máximo de mel com o menor gasto de energia possível. Com alguns exemplos adicionais constatados no instinto escravizador de algumas formigas ele conclui que tanto os órgãos quanto os instintos dos organismos vivos são variáveis.

Com relação à sucessão geológica de organismos Darwin fez a importante observação que os organismos extintos não têm nenhuma chance de retornarem a aparecer no planeta de forma natural. É fato que novas variedades substituem continuamente suas espécies-origem. Além disso, o número de variedades intermediárias que pode ter existido é incalculável. A geologia não releva essa cadeia de rastros orgânicos que evidenciaríamos os elos de transição, devido à extrema imperfeição dos registros geológicos. Darwin (2003) nos lembra que, ao olharmos para os museus, percebemos o insignificante número de amostras disponíveis nas exposições, pois apenas uma pequena parte da superfície do planeta foi geologicamente explorada, sem a atenção requerida. Neste argumento, através do qual Darwin esclarece que os fósseis impressos nas rochas apresentam uma sucessão geológica clara, que comprova a modificação incremental, lenta e progressiva por via da descendência e da seleção natural, ele refuta definitivamente a imutabilidade das espécies.

A homologia já era utilizada antes de Darwin, entretanto era uma explicação sobre caracteres compartilhados como parte de um plano divino de criação. Darwin explicou as homologias com uma abordagem científica e coerente, para explicar a presença de órgãos com padrões semelhantes em vários membros da mesma classe, principalmente nos membros que têm hábitos de vida muito diferentes que o levou à

descendência por herança de um ancestral comum, e, no caso, à ausência de alguns dos membros devido ao desuso ou à seleção natural.

A essência da teoria de Darwin é que a seleção natural ocorrerá sob 3 condições, que são; a luta pela existência, a variação e a hereditariedade. Estas são as condições necessárias e suficientes para que a seleção natural ocorra. Para serem necessárias significa que as 3 precisam ocorrer, senão não há seleção natural. Para serem suficientes significa que, se as 3 condições ocorrerem, a seleção natural ocorrerá inevitavelmente, e, isto pode levar à mudança nas características de uma população de uma geração para a seguinte.

4.3 A analogia do algoritmo evolutivo de Dennett

A transformação do pensamento evolutivo ocorreu com Darwin (Dennett, 1995), pois o naturalista descobriu um caminho para elaborar uma hipótese evolucionista envolta em um emaranhado de explicações extremamente complexas e formadas a partir de muitos fatos coletados com extrema dificuldade, a partir da natureza e dos registros fósseis de materiais orgânicos e inorgânicos.

Já na época de Darwin, muitos naturalistas e taxonomistas haviam avançado significativamente na sistematização da classificação dos organismos (Dennett, 1995), corrigindo as classificações, até então válidas, que mantinham as propriedades acidentais e essenciais, definidas anteriormente por Aristóteles. O essencialismo proveniente de Platão era um conceito que atrapalhava a abordagem evolutiva de Darwin, que não aceitava as espécies como eternas e imutáveis. Aristóteles desenvolveu sua própria teoria das essências, a partir do essencialismo de Platão, que definia as coisas da Terra como cópias ou reflexos imperfeitos de exemplos de ideias ou de formas que existiam eternamente no reino platônico. Segundo Platão, nós apenas tínhamos acesso a esse mundo, governado por Deus, pela mente e usando raciocínios dedutivos, a fim de copiarmos a essência da especificação do reino platônico (DENNETT, 1995)

Este foi um dos embates filosóficos que Darwin teve que superar, de acordo com Dennett (1995). O outro foi por um fim ao argumento do regresso ao infinito e terminar com o conceito aristotélico de teleologia, outro obstáculo ao seu processo de seleção natural, que não tem nenhum propósito ou intencionalidade. Isto o ajudou

a provar que o processo evolutivo por seleção natural surge de baixo para cima de forma aleatória, mecânica e algorítmica.

Ao contrário da revolução copernicana, que não chamou tanta atenção enquanto os conceitos científicos fossem lentamente aceitos e entendidos ao longo de um século, a revolução darwiniana causou polarização nas opiniões, desde o dia em que foi publicada.

O fato que chocou grande parte da opinião pública na época é que Darwin colocou o homem na sua real condição, fixando-o na Terra e nivelando-o como apenas mais uma espécie juntamente das demais na Natureza. Isto inverteu o mapa geral da pirâmide cósmica (Dennett, 1995), que vinha sendo sistematicamente reiterada, desde Aristóteles, passando por John Locke e David Hume. A lógica da pirâmide obedecia à seguinte ordem hierárquica: Deus - Mente - Projeto - Ordem - Caos - Nada.

Locke, fundador do empirismo britânico, se propôs a fazer um exercício dedutivo, no qual concluiu que nada pode vir do nada, portanto haveria a necessidade de uma mente primeira (Dennett, 1995). Ele foi seguido por Hume, que também se encontrou sem saída e teve que recorrer a um artífice inteligente. Além dos empiristas, ao longo da história, muitos outros tentaram, sem sucesso, como Descartes, e tiveram que recorrer a uma divina causa primeira.

O que Darwin fez foi inverter a pirâmide e retroceder às origens para explicar o princípio da acumulação de projetos e isto lhe custou muitos anos para construção de uma longa e entrelaçada rede de argumentos. Ele mostrou que a seleção natural é um processo que não tem uma finalidade, mas tem consequências e nós somos o resultado desse processo. Um golpe muito duro para o pedestal que o homem ocupava nessa pirâmide que se encontrava solidamente estabelecida pela história da filosofia e que ainda desafia o fervor religioso, abalando a estrutura de muitas crenças fundamentais.

O projeto de Darwin em *A origem das espécies* pode ser dividido em dois; provar que as espécies modernas eram descendentes corrigidos de espécies anteriores - as espécies haviam evoluído - e mostrar como este processo de “descendência com modificação” ocorrera. Se Darwin não tivesse imaginado um mecanismo, a seleção natural, que possibilitasse essa transformação histórica quase inconcebível, é provável que ele não

tivesse se sentido motivado a reunir todas as evidências circunstanciais de que ele realmente havia ocorrido.” (DENNETT, 1995, p. 41)

Dennett (1995) atribuiu a teoria científica de Darwin a uma ideia muito perigosa que colocou em dúvida dogmas religiosos há muito tempo aceitos, questionando as crenças mais profundas a respeito de diversos fenômenos da biologia e sugerindo a evolução das espécies a partir de um ancestral comum.

Dennett é um filósofo naturalista com uma forte base científica, que o habilita a promover uma conexão entre a ciência e a filosofia, descrevendo várias analogias e exercícios mentais para explicar os conceitos da biologia evolutiva. Dentre eles, destaco dois importantes. Primeiro, a similaridade da engenharia reversa com a biologia. O conceito de engenharia reversa remonta aos tempos do Império Romano e consistia no processo de desmontar um equipamento do concorrente, ou no caso do inimigo, para tentar entender de forma dedutiva seu funcionamento, constituição, estrutura, função e operação. Na indústria, como uma técnica da engenharia, se consolidou como uma maneira lícita de fazer espionagem industrial para acompanhar os avanços tecnológicos do mercado. Dennett (1995) explica que Darwin utilizou de forma análoga este processo, inaugurando um estilo inédito de pensamento científico com grande poder explicativo chamado de programa adaptacionista. Trata-se de um método poderoso que gera saltos de inferências, que podem ou não ser confirmados, caracterizando-se como um poderoso exercício de imaginação.

Desta maneira, Darwin utilizou a estratégia de começar suas indagações pelo meio da história da vida no planeta e não pelo começo ou pelo fim. A multiplicidade de espécies que havia na época que ele vivia desafiou seu senso científico a levantar hipóteses que seriam possíveis, se certas premissas fossem aceitas, exercendo desta forma inferências indutivas e dedutivas e tecendo extrapolações para possibilidades anteriores e posteriores, chegando a explicações sobre o início da vida após sucessivas correções imperceptíveis e incrementais, trazendo o conceito de múltiplos falsos inícios.

Dennett (1995) elabora algumas reflexões baseado na teoria da evolução de Darwin, apresentando um relato de um possível desenvolvimento dos organismos, logo após a formação do planeta Terra. A árvore da vida foi a analogia utilizada por Darwin, que mostra de forma simplificada, porém encadeada, as trajetórias da linha do tempo de todas os organismos vivos que já habitaram nosso planeta, ou seja, de todos os descendentes, sejam eles vivíparos, ovíparos ou ovovivíparos.

A Terra tem aproximadamente 4,5 bilhões de anos e os primeiros organismos unicelulares, os quais Dennett (1995) denomina de macromoléculas parasitárias, algo como protobactérias, anteriores aos vírus, que, para se desenvolverem, necessitam de um organismo hospedeiro, teriam se reproduzido de forma aleatória dentro do caldo primordial.

Após 1 bilhão de anos num processo de seleção natural, surgem os organismos unicelulares (Dennett, 1995). Estes protozoários, os procariotas, eram organismos sem nenhum compartilhamento interno delimitado por membranas. Submetidos ao intenso processo de seleção natural por mais 2 bilhões de anos, ocorre a primeira revolução, onde ao longo da sucessão de muitas tentativas e erros, alguma mutação deve ter ocorrido e alguns procariotas podem ter se unido de forma aleatória e sinérgica de forma a invadir outro organismo unicelular. Surgem, então, indivíduos mais complexos que resultaram nos eucariontes, organismos unicelulares ou multicelulares que possuíam um núcleo delimitado por uma membrana. Neste ponto da evolução, ocorreu a segunda revolução, onde teve início a especialização de funções que levou mais 700 milhões de anos até termos os primeiros organismos multicelulares e uma ramificação da árvore da vida idealizada por Darwin e onde claramente ocorre a separação dos dois reinos, o animal e o vegetal.

Diante de toda esta complexidade e tendo que reunir evidências que suportassem a sua ideia contra o paradigma reinante à época, Dennett (1995) comenta o lado positivo da utilização do reducionismo, quando este se faz necessário para poder explicar uma ideia extremamente complicada de maneira simples.

A segunda analogia de Dennett (1995) é o conceito do algoritmo utilizado para explicar um dos aspectos que ainda intriga muitas pessoas com relação à perigosa ideia de Darwin, por se tratar de um processo puramente randômico.

Podemos agora expor o talvez mais comum mal-entendido sobre o darwinismo: a ideia de que Darwin mostrou que a evolução pela seleção natural é um procedimento para nos produzir. Desde que Darwin propôs sua teoria, as pessoas vêm tentando erroneamente interpretá-la como se ela mostrasse que nós somos o destino, a meta, o objetivo de todo este crivo e esta competição. Amigos e inimigos vêm patrocinando esta confusão, e ela é paralela à do vencedor do torneio de cara ou coroa que se regozija com a ideia de que o torneio tinha que ter um vencedor, e ele é o vencedor, o resultado do torneio tinha que ser ele como vencedor. A evolução pode ser um algoritmo, e ela pode nos produzir por um processo algorítmico, sem que seja verdade que a evolução é um algoritmo para nos produzir. (p. 58)

Os organismos animais e vegetais são o provável resultado de uma extensa cadeia de processos aleatórios que deram certo. O algoritmo evolutivo, como uma sequência de passos, requer um longo intervalo de tempo e um complicado emaranhado de situações combinatórias adversas que ocorrem na interação do meio ambiente e do organismo.

Estes algoritmos podem ter realizado uma combinação aleatória em determinado momento, que casualmente selecionou as primeiras moléculas de aminoácidos, elementos básicos da vida, que ao se associarem com proteínas, funcionam como componentes chave que formam os ingredientes da vida.

A vida dos organismos e em especial da espécie humana chegou aos dias de hoje através de um demorado e incremental processo adaptativo de seleção natural, mecânico, sem propósito, árido, sem finalidade, simplesmente por tentativas e erros. Somos o resultado de um processo não intencional.

Esta falta de planejamento, de objetivos ou propósitos coloca a vida dentro de um cenário probabilístico como apenas mais uma peça de um conjunto de etapas individualmente aleatórias e sucessivas.

O fenômeno da seleção sexual mudou a trajetória dos experimentos da seleção natural, pois a junção decorrente do acasalamento alavancou o número de espécies pela combinação do DNA dos seus ascendentes. Segundo Darwin, a explicação para o início da vida é que ocorreram inúmeros incrementos e correções praticamente imperceptíveis, e a pressão da seleção natural tornou o processo de réplicas o mais fidedigno possível de forma a minimizar o erro (DENNETT, 1995).

A luta pela sobrevivência torna os organismos vivos egoístas e a regra da natureza é a competição, visto que os recursos do planeta são finitos. Dennett cita o exemplo das florestas, onde as árvores tendem a crescer muito para terem acesso à escassa luz solar. Para sobreviverem e se tornarem altos, os organismos, neste caso as árvores, sacrificam a própria eficiência desperdiçando energia com troncos grossos. É a tragédia dos comuns, citada por Greene (2013), em que indivíduos agem de forma egoísta e independente de acordo com seus próprios interesses em detrimento da comunidade, esgotando algum recurso comum finito. Darwin concluiu que a cooperação, que possibilitou a evolução, deve ser planejada para ter sucesso, surgindo em situações muito particulares e complexas.

Cem milhões de anos após o aparecimento dos organismos multicelulares, ocorreu a explosão Cambriana, evento que durou aproximadamente dez milhões de

anos e a partir da qual surgiu grande parte dos animais que habitaram a Terra. Do ponto de vista temporal, a evolução é um processo lento e gradual e as mudanças geradas forçam todos os organismos a resolverem os problemas que surgem rotineiramente.

4.4 Algumas teorias que tentam explicar a origem da vida na Terra

O surgimento dos organismos vivos já era um assunto de discussão entre os antigos gregos. Aristóteles acreditava no surgimento espontâneo e de forma contínua de vida, conhecida como abiogênese. Essa teoria foi reforçada por diversas observações diárias que muitas pessoas faziam do aparecimento de larvas de insetos a partir de material orgânico em decomposição, ou do aparecimento de girinos em poças de água. Ainda no século XVII, com a descoberta do microscópio, essa teoria ganhou mais força pela possibilidade de se observar a formação de microorganismos, visto que não havia qualquer entendimento sobre os métodos de reprodução. Nesse mesmo século, o belga van Helmot anunciou sua teoria para obtenção de ratos originados de roupas sujas e sementes de trigo. Em contrapartida, o italiano Redi elaborou um experimento que contestava a teoria do surgimento espontâneo, comprovando o surgimento de larvas na carne em decomposição, provenientes de ovos depositados por moscas. No século XVIII, aumentaram as polêmicas entre os defensores e os opositores da teoria aristotélica, e a crença da geração espontânea só foi esclarecida em meados do século XIX, quando Pasteur desenvolveu um experimento de laboratório para provar que seres vivos se originam somente a partir de outros seres vivos (JUNIOR e GOMES, 2009). Depois que esta teoria foi refutada, outras três alternativas foram desenvolvidas; a origem que supõe um acúmulo de moléculas e polímeros complexos, que suportam a formação de estruturas complexas, proposta pelo bioquímico Oparin, em 1924, também conhecida como a teoria do caldo primordial; a hipótese da origem proposta em 1985 por Günter Wächterhäuser, e descrita por Popper (1999), ligada à atividade geoquímica das fontes hidrotermais do solo marítimo, a partir de um grande acúmulo de biomoléculas e biopolímeros complexos, e a teoria de Gaia, que supõe que as condições do planeta são adequadas para a vida devido ao comportamento dos seres vivos e sua interação com o entorno.

Popper (1999) tem a seguinte abordagem para a origem da vida. A partir da teoria de Darwin, a origem da vida pré-celular, que data aproximadamente de 3,8 bilhões de anos, foi seguida pela vida unicelular, logo após o suficiente esfriamento da terra para permitir que parte da água contida em sua atmosfera se liquefizesse. Até então a água existia na forma de vapor ou de nuvens, mas em determinado momento ela começou a se juntar e formar os rios, lagos e oceanos. Nesse resfriamento ocorrido no planeta em alguns lugares, as condições para o início da vida ficaram um pouco mais favoráveis e teve início então a luta pela vida. Desta forma, muitas formas diferentes de bactérias evoluíram e se adaptaram aos diferentes entornos aos quais pertenciam.

Esta pode ser uma das possíveis teorias ou interpretações hipotéticas de alguns achados geológicos (Popper, 1999). Se esta teoria for aproximadamente correta, ela refuta a teoria mais aceita da origem da vida, a do caldo primordial, por duas razões:

Primeiro: para a teoria do caldo primordial, os defensores alegam que seria necessária uma baixa temperatura para que as moléculas se desenvolvessem e posteriormente se agrupassem para formar os primeiros organismos. Seriam necessárias temperaturas abaixo do zero grau, e neste gradiente térmico as moléculas rapidamente entrariam em decomposição ao invés de se agruparem. Pelo conhecimento disponível sobre o contexto na época, não existiam tais temperaturas; ao contrário, a superfície da terra e seus oceanos eram bem mais quentes que a temperatura nos dias de hoje.

A segunda razão sugere que seria necessário um período de tempo extremamente longo para que as macro moléculas se agrupassem a ponto de se organizarem num organismo vivo. Esse intervalo de tempo, entretanto, seria maior que a própria existência do cosmos.

A nova teoria dos geólogos, surgida na década de 80, apresenta, até o momento, menos dificuldades que a da sopa primordial e apenas assume a existência de micro moléculas inorgânicas como água, ferro, dióxido de carbono e hidróxidos de sulfeto e a não existência de macromoléculas orgânicas antes dos primeiros ciclos metabólicos terem início e, com eles, a química auto organizacional da vida. Essa nova teoria mostra (Popper, 1999), de forma detalhada, como moléculas orgânicas podem evoluir com o tempo, talvez nas profundezas escuras do oceano, ligadas à superfície de cristais de pirita, ao invés de estarem imersas em uma mesma solução.

A energia química livre necessária para iniciar o processo químico foi criada pela formação anaeróbia dos cristais de pirita e propiciou a fixação de carbono, elemento essencial para a vida pré-celular. Há múltiplos caminhos bioquímicos que acompanham esta hipótese que conseguem explicar fatos inexplicáveis até então.

Em 1969, Lynn Margulis e James Lovelock desenvolveram a teoria de Gaia, que supõe que a Terra, apesar da estabilidade que manteve ao longo de 4 bilhões de anos em sua superfície rochosa, só começou a ser habitada por animais e plantas de porte, ou seja, os organismos multicelulares, há meio bilhão de anos atrás. Nesse cenário, o homem moderno - homo sapiens, começou a apresentar os primeiros vestígios em registros fósseis que datam de 35 milhões de anos atrás. Thompson (2014) atribui as recentes descobertas no campo da bioquímica, geologia e microbiologia ao horizonte que se abriu com a descoberta do microscópio eletrônico em 1931. Esse instrumento revelou semelhanças e diferenças inesperadas em organismos e nos levou à compreensão das relações evolutivas de seres que vivem até hoje, como a bactéria. Este organismo se adaptou há 3,5 bilhões de anos em salinas, leitos de rios, pântanos e costas rochosas. Os cientistas conseguiram reconstituir os primórdios desses organismos identificando os padrões metabólicos, assim como as trocas gasosas que puderam ser feitas pelos seus ancestrais primitivos procariontes.

Os organismos vivos podem ser classificados em células eucariontes, que compõem as formas de vida mais complexas e as células procariontes, que compõem as bactérias e algas azuis. Na teoria da endossimbiose de Margulis (Thompson, 2014) a formação de certas organelas, principalmente o mitocôndrias, foram originadas a partir de micróbios simbiotes, que viviam de forma independente e, em algum momento, se associaram numa ligação do tipo hospedeiro e hóspede, de forma aleatória como células separadas e posteriormente criaram estratégias químicas e biológicas que tornaram os organismos mais complexos.

Para simular a reconstrução do contexto em que viviam os procariontes, os cientistas utilizam a analogia com estudos em planetas destituídos de vida. A teoria dos astrofísicos é que a maioria dos corpos celestes do nosso sistema solar tiveram origem há cerca de 5 bilhões de anos atrás e são compostos dos mesmos gases e da mesma poeira cósmica. A partir dessas premissas podemos conjecturar como a vida alterou a superfície terrestre. A grande concentração de oxigênio no planeta

Terra que está em torno de 21% é o fator que a diferencia de planetas como Marte e Vênus, que tem menos de 1% de oxigênio.

Do ponto de vista biológico, corroboram com a hipótese de que a Terra praticamente não tinha oxigênio, pois os componentes básicos para vida, tais como aminoácidos, núcleoproteínas e açúcares produzidos quimicamente e não biologicamente não conseguem se acumular, pois são destruídos pela oxidação. Estes fatos levam a crer que as primeiras células surgiram na ausência de oxigênio e as procariontes eram envenenadas pelo gás.

As bactérias primitivas - aquelas tidas como diretamente procedentes das nossas células ancestrais mais primitivas - são envenenadas pelo oxigênio. Contra o gás elas não tem proteção química ou outra qualquer e o material de suas células queima-se, com efeito, se exposto a ele. Essas bactérias, chamadas anaeróbias, vivem pela fermentação, utilizando compostos orgânicos e produzindo ATP anaerobicamente. É razoável, o suprimento de compostos orgânicos tornou-se limitado; ocorreu a evolução do mecanismo da fotossíntese, que permitiu que as células produzissem os compostos orgânicos de que elas precisavam, partindo dos compostos inorgânicos e utilizando a luz como energia. As primeiras a realizar a fotossíntese, entretanto, eram bactéria anaeróbicas; nenhuma das formas mais primitivas de fotossíntese gerava oxigênio. (THOMPSON, 2014, p. 99)

As bactérias anaeróbias mais primitivas foram sucedidas pelas bactérias fotossintéticas que foram as precursoras a encontrar uma solução e liberar oxigênio como dejetos de seu processo biológico há 3,5 bilhões de anos atrás. Mas essa evolução ainda levou um bilhão de anos para que os níveis de oxigênio aumentassem na atmosfera da Terra. Esta teoria tem comprovações encontradas nos registros geológicos, evidenciando rochas de 2 bilhões de anos que contém resíduos de formas oxidadas de minerais que devem ter reagido com o oxigênio bacteriano.

A fotossíntese aeróbica, entretanto, foi uma solução que causou uma catástrofe ambiental no planeta, pois era venenosa para a vida que florescia, ameaçando inclusive as cianobactérias que o produziam. A seleção natural, com seu algoritmo em curso, num processo de tentativa e erro, desenvolveu os primeiros micróbios aeróbicos que usavam o oxigênio para sua respiração.

Para Maturana (2011), os geofísicos nos apontam para uma história de profundas transformações no planeta Terra, que data de pelo menos 5 bilhões de anos, oriunda do espaço que continha enormes quantidades de hidrogênio. A atmosfera inicial do planeta, que sofria intensos bombardeios energéticos provenientes de radiações ultravioletas, raios gama, descargas elétricas, meteoros

que se chocavam e erupções vulcânicas, era formada por diversos gases, como o metano, amônia, hidrogênio e hélio.

O surgimento de uma diversidade de moléculas formadas por carbono, ou outras moléculas orgânicas, como as proteínas, que viabilizaram a origem da vida (MATURANA, 2011). Com fotos tiradas com microscópios eletrônicos o cientista nos mostra agrupamentos de moléculas formadas há mais de 3,4 bilhões de anos, as bactérias e algas que foram classificadas como os primeiros seres vivos fósseis.

Além destas, existem atualmente outras teorias. Caso alguma dessas hipóteses alternativas para a origem da vida se confirmasse, Dennett (1995) acredita que a teoria de Darwin não estaria ameaçada, pois seu cerne está na evolução das espécies pela seleção natural. Darwin supôs que a vida começara no planeta em um pequeno lago morno; ela poderia, no entanto, ter igualmente começado em alguma outra parte do universo, vindo depois a colidir com a Terra. Essa é a teoria da panspermia que afirma que a vida foi semeada por algo vindo do espaço exterior, ou que algum macro contido em uma bactéria tenha vindo em um asteroide ou cometa, dando início à colonização de nosso planeta.

4.5 O surgimento da mente

Apesar das lacunas inexoráveis, os registros arqueológicos ainda oferecem uma trilha sequencial de evidências para entendermos a evolução e a emergência da mente moderna, assim considerada, a partir de 50.000 anos atrás, proveniente da África subsaariana e que se espalhou pelo mundo com o *Homo sapiens*.

O antropólogo e arqueólogo Hoffecker (2011) nos aponta diversas evidências ao longo da história de nosso planeta, começando 500 milhões de anos atrás, marco para a evolução de algo que viria a ser o cérebro humano, quando surgem os neurônios e sistemas nervosos em nossos ancestrais aquáticos, os cnidários, um filo composto pelos primeiros organismos a apresentarem células nervosas, compreendidos pelas hidras, medusas, corais e anêmonas-do-mar. Os neurônios são células nervosas eucarióticas, portanto com núcleo, que possuem prolongamento único que é o axônio e pelos numerosos dendrites responsáveis por receber os estímulos do ambiente e de outros neurônios.

As hidras, metazoários muito primitivos, são formados por uma dupla camada de células em forma de vaso que se desloca na água através dos tentáculos que tem

na borda (MATURANA, 2011). Há uma grande diversidade de células que compõem as duplas membranas e o sistema nervoso desse organismo está distribuído de modo uniforme e é composto por células nervosas que preenchem o espaço entre membranas. A hidra possui a forma mais primitiva e simples de sistema nervoso, muito similar aos organismos unicelulares. Esse sistema apesar de ser rudimentar, contém uma superfície sensorial composta por células sensoriais, uma superfície motora composta por células musculares efectoras e secretoras e uma rede neural que faz a conexão entre ambas superfícies.

Todos os seres dotados de sistemas nervosos possuem uma rede de neurônios que acoplam funcionalmente diversos grupos celulares. Há duas maneiras para os neurônios promoverem as conexões e interações chamadas de sinapses: por descargas elétricas e por meio do transportes de substâncias ao longo do axônio. Essa rede interneuronal é básica e vale para todos os organismos com sistemas nervosos, desde a hidra até o ser humano. O que pode variar é a forma da rede e Maturana (2011) ressalta que existem duas tendências de transformações na natureza; a de reunir os neurônios num cordão nervoso, como na minhoca, ou a de concentrar um volume neural maior na extremidade cefálica, como nos mamíferos. O aumento da massa encefálica amplia as possibilidades de plasticidade estrutural do organismo. No caso humano, nosso cérebro tem dezenas de bilhões de neurônios interconectados, entretanto, apesar da complexidade do nosso sistema nervoso, basicamente ele segue a mesma lógica que a da hidra.

Evolutivamente, Dennett (1995) explica, os organismos do reino animal desenvolveram uma solução natural, a visão, o que permitiu sua locomoção. Os olhos, embora não fossem essenciais para a vida, visto que as plantas deles não necessitavam, possibilitaram a locomoção guiada por informações sobre o meio ambiente no qual os organismos se encontravam. Esse tráfego intenso de informações forçou a expansão e evolução dos neurônios que, por sua vez, viabilizaram a grande explosão de vida complexa ocorrida no período cambriano. Um outro fator que favoreceu o desenvolvimento do cérebro foi a grande demanda de energia para manter a temperatura constante dos corpos. Estes fatos trouxeram uma nova característica para os cérebros dos mamíferos, o neocórtex, que recebe, integra e armazena informações do meio ambiente a partir dos diversos sentidos. Os primatas em especial desenvolveram um sistema visual que os distinguiu dos demais

mamíferos e que lhes permitiu reconhecer expressões faciais e uma maior sensibilidade a cores, o que os ajudou a detectar predadores na natureza.

Uma outra característica que nos distingue dos demais mamíferos é o bipedalismo, que, apesar de menos eficiente que os quadrúpedes em altas velocidades, se sobrepõe em eficácia energética na procura de alimentos através de campos com baixa ou média densidade de árvores (DENNETT, 1995).

4.6 A intencionalidade da espécie humana

A evolução humana (HOFFECKER, 2011) pode ser rastreada pela análise sequencial da produção de artefatos, realizados pela arqueologia. Analisando estes artefatos, podemos inferir as visões de mundo de nossos antepassados mais antigos (GABORA & KAUFMAN, 2010).

Há um consenso científico de que os ancestrais humanos começaram a divergir dos ancestrais dos macacos há aproximadamente 6 milhões de anos atrás. O Homo Habilis, de acordo com Gabora & Kaufman (2010), representa a primeira linhagem do gênero Homo e apareceu por volta de 2,4 milhões de anos, no período Paleolítico Inferior, com os artefatos de Oldowan, primeiras ferramentas funcionais utilizadas provavelmente para cortar frutas e nozes, porém simples e não especializadas, próprias de mentes episódicas pré-representacionais que apenas poderiam experienciar o momento presente. Mesmo assim, essas ferramentas representam a ruptura que a espécie humana conseguiu fazer em relação às demais, pois simbolizam o momento que os hominídeos conseguiram imaginar algo sem precedentes e torná-lo uma realidade concreta que não fizesse parte do mundo natural que os rodeava.

O Homo Habilis persistiu por aproximadamente 2,4 a 1,5 milhões de anos atrás, quando surge então o Homo Erectus, depois pelo o Homo Ergaster, Homo sapiens arcaico e Homo Neanderthalesis. Gabora & Kaufman (2010) explica que as teorias conjecturam que apesar do aumento significativo da capacidade craniana, o que caracteriza um processo de encefalização, os pensamentos eram ainda de primeira ordem, ou seja, ainda não teriam desenvolvido a capacidade de reflexão que é o pensar sobre o pensamento ou metacognição.

Also, thought during this period was most likely only first-order; the capacity for thinking (i.e., metacognition) had not yet developed. (p.281)

Para entendermos o desenvolvimento da intencionalidade humana, devemos recorrer aos registros arqueológicos a fim de acompanharmos a evolução através das técnicas desenvolvidas que os nossos antepassados utilizaram com o objetivo de resolver problemas (HOFFHECKER, 2011). O que nos diferencia das outras espécies está muito ligado à nossa capacidade de manipular diversos tipos de materiais, tais como ossos, pedras, galhos de árvores e marfim, com a finalidade de construirmos ferramentas e, sem dúvida, à linguagem, que tornou nossa comunicação muito eficiente e potencializou nossa evolução cultural, principalmente após a descoberta da escrita. As ferramentas apresentavam uma grande variedade de aplicações e técnicas de manufatura, o que nos libertou de apenas um tipo de dieta. Podendo comer carne, peixes, legumes e frutas pudemos ter diversidade alimentar, o que garantiu a ingestão de aminoácidos e gorduras essenciais para o desenvolvimento de nosso cérebro.

A mudança do meio ambiente provocou a evolução, através do processo de seleção natural, como descoberto por Darwin, para permitir que os organismos vivos pudessem se adaptar. Esta é a maneira que os organismos vão resolvendo os desafios impostos pelo meio. O processo da evolução biológica, entretanto, é muito lento, se constatarmos que há 3,5 bilhões de anos a natureza vem fazendo seus experimentos e gerando biodiversidade. O cérebro vem se desenvolvendo há 6 milhões de anos e, nos últimos 50.000, assumiu o tamanho atual e é considerado a mente moderna.

Apenas 200 gerações separam a sociedade atual da sociedade de Platão, e, nesse período, nossa evolução cognitiva não deve ter sido proporcional à mudança que provocamos no meio ambiente (DENNETT, 1995).

O que se pode concluir da análise de nossa evolução cultural é a importância da comunicação de representações mentais, seja por desenhos, por artefatos ou por outros meios como pinturas, esculturas; a externalização dos pensamentos, o ato de conseguirmos tangibilizar uma ideia para o restante do grupo. A capacidade de observar o local e fazer uso de nossa visão para que tenhamos informações suficientes sobre o contexto onde estamos e alimentar nosso cérebro com informações nos ajudem a tomar melhores decisões. Desenvolvemos, ao longo de milhares de anos, essa característica que nos diferencia das demais espécies que define a intencionalidade de nossas mentes.

Outro fator determinante que foi ressaltado por Darwin (2003) é a colaboração, pois, dentro dos grupos de pessoas, ela fortalece nossa capacidade de solucionar problemas. Porém, como o naturalista mesmo frisou, deve ser um ato de planejamento, considerando que a colaboração não é da natureza humana.

Os humanos expressam seus pensamentos através de artefatos e da arte (HOFFECKER, 2011). Dois órgãos para comunicar as representações mentais são a mão e o aparelho vocal.

The human vocal tract has an analogue in the hand. Like the hand, the vocal tract is a highly precise instrument that is capable of projecting very complex structures of thought outside the brain, using a range of sounds rather than a repertoire of movements. (p. 87)

O primeiro a se desenvolver foi a mão, tornando-se mais flexível devido ao bipedalismo. Há 3,5 milhões de anos, ocorreu uma divergência na anatomia das mãos dos macacos e dos australopitecos, o comprimento do polegar. A mão, tal como a conhecemos hoje, se desenvolveu por volta de 1,7 milhões de anos, quando apareceram as primeiras ferramentas bifaces de pedra, no Paleolítico Inferior. Dá-se início a uma nova fase na resolução de problemas oriundos do meio ambiente, na qual os organismos deixam de ser passivos e se tornam ativos e intencionais. Esta tecnologia traduz as representações mentais externalizadas na forma de instrumentos que tinham o intuito de manipular o meio, usados como uma extensão do próprio corpo. A linguagem sintática, maior símbolo do pensamento externo, não pode ser evidenciada por registros arqueológicos, pelo menos até a descoberta da escrita. Esta, por sua vez, gerou importantíssimas mudanças na evolução cultural.

Há 300.000 anos, o volume do cérebro atingiu a marca atual do cérebro humano e, 200.000 anos atrás, finalmente, surgiu o Homo sapiens. Hoffecker (2011) ressalta que existem registros arqueológicos de artes visuais, instrumentos musicais e ornamentos pessoais datados de 100.000 anos.

Entretanto, representações mais complexas surgiram há 50.000 anos e são o marco do surgimento do homem moderno, no período Paleolítico Superior, que se estende por 38.000 anos. Estas evidências podem ser encontradas pela recombinação de elementos, ou seja, armas e ferramentas que têm cabo, elementos de fixação, etc. que denotam um aumento da complexidade hierárquica na estrutura das ferramentas. A partir daí, começamos a alterar intencionalmente o mundo e a criar um mundo artificial com o uso da mente moderna. Ao longo do Paleolítico

Superior, surgem dardos de arremesso, pequenas armadilhas de caça, redes de pesca e fornos que apontam para o armazenamento, processamento e aquisição de comida. Entre 20.000 anos e 11.000 anos atrás ocorre o surgimento de aparelhos mecânicos e a domesticação de animais, principalmente do cachorro, considerado por Hoffecker (2011) como o primeiro experimento de biotecnologia ou de seleção artificial.

Ideias não verbais, entretanto, podem ser comunicadas pela arte, como, por exemplo a música, a pintura, a dança e a escultura. A tecnologia é uma das formas mais consequentes de externalizarmos nossos pensamentos e ficou mais reconhecível há 50.000 anos, com a recombinação de elementos e com o aumento da hierarquia de estruturas das ferramentas. A explicação, de acordo com Hoffecker (2011), é que a função básica do cérebro de qualquer organismo é receber, processar e responder as informações relativas às mudanças do mundo externo. No início, o cérebro geraria apenas símbolos, pois as condições externas tinham que ser convertidas em informações, que podem ser representadas, mas não reproduzidas no cérebro. A pressão evolucionária aumentou a complexidade, e no curso de muitos milhares de anos alguns vertebrados desenvolveram cérebros complexos e grandes que podiam receber e processar uma grande quantidade de informações do mundo externo, tais como mapas detalhados que lhes permitiram resolver simples problemas, como subir numa determinada árvore para colher uma fruta específica.

Os humanos herdaram dos primatas um cérebro grande com uma excepcional capacidade de processar informação visual e solucionar problemas. Conseguimos recombinar tais informações de forma análoga à recombinação dos genes, que funcionam como agentes de informações hereditárias. Nosso cérebro começou a gerar informação, em vez de apenas processá-la, e criar representações de coisas que nunca existiram, mas que poderiam vir a existir. Com a ajuda das mãos e depois da voz foi possível reverter a função do cérebro e com essa intencionalidade, deixamos de ser um organismo passivo e evoluímos para ter um papel ativo em relação ao meio ambiente na resolução de problemas.

Para Hoffecker (2011), o aparecimento das ferramentas bifaces significou o maior evento da mente pré-histórica, tendo sido possível graças à evolução da mão humana como um instrumento sensível, versátil e preciso para transformar pensamentos internos em externos. Os bifaces refletem o aumento do volume do cérebro.

The turning point for humans took place between 2,6 and 1,6 million years ago in sub-Saharan Africa. It began with the earliest known stone tools and ended with the emergence of externalized mental representations in the form of ovate bifacial artifacts, or hand axes. The initial appearance of the bifaces is an event of fundamental importance for the origin of the human mind because it marks the beginning of a relationship between internal and external representations. (p. 52)

Com o advento da linguagem foi possível aos membros dos grupos compartilharem pensamentos mais elaborados, fato que os capacitou a resolver problemas cada vez mais complexos. As evidências arqueológicas do simbolismo datam de 80.000 e 75.000 anos atrás, apesar do homem moderno, do ponto de vista anatômico, estar presente na África há pelo menos 200.000 anos.

As duas mudanças anatômicas mais importantes para o homem moderno foram as alterações do cérebro, que possibilitaram a expansão de habilidades cognitivas, e a evolução do trato vocal, logicamente conectada à linguagem falada e ao uso de símbolos (HOFFECKER, 2011).

Entretanto, ambas as alterações geraram um custo evolutivo dentro da economia da Natureza e merecem uma explicação que justifique estas características determinadas pela seleção natural. Cérebros grandes consomem muita energia e demandam muitas necessidades nutricionais. Por causa disso, o trato vocal acabou expondo o homem moderno a perigos de engasgamento.

Um cérebro maior é uma condição necessária, mas não suficiente, pois o Neandertal tinha um volume cerebral maior que o Homo sapiens, e, no entanto, foi extinto. Uma das possibilidades, de acordo com Hoffecker (2011), pode ter sido uma resposta para a expansão da rede de convívio social. Com o crescimento dos grupos que buscavam alimentos, o habitual cuidado que os primatas tinham entre si começou a ser substituído pela linguagem como um instrumento de ligação social.

Apesar de não haver evidências, um dos maiores atributos de sobrevivência humana pode ter sido o aumento do armazenamento de informações de cada indivíduo do grupo. Essas informações certamente incluíam dados sociais, como detalhes sobre as pessoas com as quais ocorriam interações mais regulares e periódicas, assim como mais detalhes sobre a topografia, pelo fato da comida estar mais dispersa, o que os forçava a aumentar a área de procura.

O homem moderno é produto de um volume muito grande de informações, tanto genéticas como relacionadas ao meio que habita. Carregamos diversas memórias integradas e conhecimento acumulado ao longo de nossas vidas que nos

permitem gerar realidades alternativas, que, por sua vez, nos habilitam a reprojeter partes do meio ambiente.

Dennett (1995) explica que, desde o início, o preço para se fazer qualquer coisa é correr o risco de errar. Isto tanto é válido para o entendimento do processo de evolução quanto para a resolução de problemas. Não podemos correr o risco da paralisia por temer o erro, pelo contrário, temos que aplicar o conceito de múltiplas variações para podermos formular hipóteses sobre possíveis soluções.

Seguindo uma análise linear no tempo (Hoffecker, 2011), há 350 milhões de anos aparecerem os primeiros anfíbios e 50 milhões de anos depois surgiram os répteis. Os primatas, compostos pelos símios, macacos e hominídeos, apareceram 75 milhões de anos atrás, e 10 milhões de anos depois ocorre a extinção cretácea, com o fim dos dinossauros. Esta reconstrução dos fatos é importante para entendermos como ocorreu nosso desenvolvimento cognitivo e nossa capacidade de resolver problemas.

Um provável desastre climático ocorrido há 50 milhões de anos foi seguido de um longo período de 10 milhões de anos, propiciou o crescimento do cérebro nos primatas, uma melhora da visão ao mesmo tempo que ocorria uma redução do olfato e um crescente uso das extremidades do corpo com as mãos.

Vivemos um momento especial da história do mundo, pois, até pouco tempo atrás, nos desenvolvemos respondendo às pressões que vinham da natureza, tal qual as demais espécies. Recentemente, porém, invertemos esse processo, o que gera uma nova variável que nos afeta. A pressão da nossa cultura somada à pressão da natureza coloca novos desafios à nossa capacidade de colaboração e cooperação, que, conforme Darwin sugeriu, é “evolutivamente impossível de ser imposta”, mas tem que ser meticulosamente planejada.

4.7 Conclusão do capítulo 4

A teoria de Darwin foi um marco epistemológico ao utilizar narrativas históricas de registros arqueológicos, entremeados de comparações de evidências indubitáveis. Como afirmou Dennett, o poder da teoria da evolução ainda está irradiando seu impacto na ciência. A evolução cultural da espécie humana reduziu significativamente o tempo de resolução de problemas quando comparado ao mesmo método de tentativa e erro utilizado pela natureza com o seu algoritmo não intencional.

Várias são as evidências do desenvolvimento cognitivo humano ao examinarmos as relíquias do passado que mostram os passos seguidos pelos nossos antepassados ao complexificar e sofisticar as ferramentas e a tecnologia. Com este avanço alteramos a relação do homem com o meio ambiente.

Ainda há um ponto cego em nosso passado que dificilmente conseguiremos evidenciar, que é o momento de evolução da espécie no qual a linguagem falada se tornou o maior símbolo da externalização do pensamento.

De acordo com Hoffecker, os humanos modernos puderam além de sentir as mudanças no meio ambiente, imaginar e prever futuras mudanças. A previsão de movimentos feitos por animais e de eventos naturais como as chuvas, inundações, eclipses solares lunares pode ser considerada uma constante na história humana.

As análises de Kaufman e Hoffecker são representacionistas, pois estão focadas nos objetos que externalizamos e colocamos no mundo. Veremos alternativas no capítulo 5 para essa análise passiva de nossa mente com as propostas de Maturana e Dunbar. Entretanto, os registros arqueológicos precisam ser analisados para que possamos refinar as nossas inferências sobre o nosso passado distante.

Os grandes destaques das soluções encontradas na espécie humana e que foram evoluindo na Natureza podem ser resumidos majoritariamente pelo andar bípede, pelo desenvolvimento do trato vocal que viabilizou a linguagem, da arquitetura da mão e da vida social.

A mente humana, resultado de tentativas e erros evolutivos, surge a partir da aleatoriedade do algoritmo da seleção natural de Darwin. A natureza, de forma não intencional, resolveu problemas de incrível complexidade e capacitou a espécie humana para ter intencionalidade. Seria a solução de problemas complexos de natureza completamente distinta quando realizada pela mente intencional? Sobre este tema veremos como a ciência e seus métodos impulsionaram nosso conhecimento resolvendo problemas complexos e compararemos esses procedimentos com o modo como a natureza opera.

5 A CIÊNCIA E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Este capítulo se organiza da seguinte forma: somos uma espécie dotada de mentes que têm intencionalidade, mentes para as quais a forma mais refinada de solução de problemas é a ciência. Começarei, então, o capítulo recuperando a origem da ciência e gênese dessa atividade que a mente intencional humana aperfeiçoou para dar conta de problemas complexos. Mostrarei então alguns exemplos de métodos científicos utilizados ao longo da história da civilização humana. O objetivo disso é demonstrar que a ciência utilizou diversos métodos ao longo da história para resolver problemas e gerar ideias que são tangibilizadas de forma objetiva em hipóteses e teorias totalmente abertas para serem questionadas e testadas. Nada é assumido como definitivo a ciência, pois a dúvida e o questionamento são partes fundamentais desse campo de conhecimento. Os cientistas convivem diariamente com a incerteza, a ambiguidade e o desconhecido.

A ciência (ALVES, 2003) surge a partir de perguntas feitas sobre as razões que explicam assuntos corriqueiros. Este filósofo prefere definir a ciência não pelo conteúdo que gera, até porque ela sofreu profundas revoluções, como o fato de acharmos que a Terra permanecia parada, a química do flogístico, a abiogênese, o éter, mas pelos métodos que utiliza. A inspiração inicial da ciência é enunciar teorias, hipóteses ou leis que ofereçam um modelo perante a ordem. Cabe ressaltar, entretanto, que sobrevivemos por milhares de anos sem a ciência, utilizando apenas o conhecimento do senso comum.

O que podemos aprender com ótimas ideias que apresentaram falhas de argumentação? Copérnico não conseguiu defender sua própria teoria, pois estava muito contaminado pelos conceitos aristotélicos; Galileu não tinha uma teoria que suportasse as observações que coletava pelo telescópio; Hume não conseguiu sustentar a ideia da ausência de Deus; Newton desenvolveu a teoria da gravidade sem explicar o seu conceito; Darwin concluiu a teoria da evolução sem entender o mecanismo da hereditariedade e Einstein assumiu que o universo era uma esfera estática da mesma forma que Platão havia suposto. Todos erramos, mesmo os maiores cientistas (Popper, 1999), todos os animais, inclusive os seres humanos, são falíveis. Não há autoridades, apenas especialistas que estão constantemente aprendendo e revendo seu conhecimento.

Dennett (1995) reforça esse conceito da ciência da seguinte maneira:

A ciência, entretanto, não é apenas uma questão de se cometer erros, mas de torná-los públicos. Cometer erros para todos verem, na esperança de fazer com que os outros ajudem na correção. (p. 397)

O mais intrigante na história do pensamento científico é entender ou inferir como estes gênios conseguiram imaginar o que os demais não conseguiram. Como podemos desenvolver a capacidade de perceber o mundo de forma diferente? Como podemos rearranjar as peças destes quebra cabeças?

O fio condutor deste capítulo será a abordagem entre a dicotomia da mudança e a não mudança e a evolução do pensamento científico em torno do fascinante problema de explicar o movimento e suas implicações para nosso conhecimento e, como veremos mais tarde, para a própria determinação de nosso sistema nervoso.

5.1 Como surge a ciência?

A evolução cultural humana registra diversos grandes marcos em sua história. Quando os primeiros grupos humanos se estabeleceram, na região onde é hoje o Iraque, a luta pela sobrevivência era marcada pelos embates e fugas dos predadores e pelo convívio com as forças da Natureza. Gleiser (2014) contextualiza que, ao divinizar a Natureza, o ser humano tentava ter uma certa dose de controle sobre o incontrolável. A maneira de estabelecer um dialeto comum entre as poderosas forças da Natureza e a insignificância humana eram os ritos e as narrativas míticas que representaram o embrião das religiões. Havia, por outro lado, a face bondosa da Natureza que proporcionava boas colheitas e abundância de alimentos. Tais fenômenos naturais possuem esse antagonismo entre uma regularidade segura e uma irregularidade aterrorizante, sendo que a repetição acalma e conforta as pessoas.

Os primeiros filósofos gregos inauguraram o pensamento protocientífico ao apresentarem uma alternativa na abordagem da interpretação dos fenômenos naturais com um método de investigação através do questionamento e da argumentação (Gleiser, 2014). Para Giacoia (2016), o objetivo era o de substituir as antigas cosmogonias, que eram tentativas para explicar a origem do universo através dos mitos, por explicações racionais de causalidade. Os pré-socráticos das escolas jônica, eleática, atomista e pitagórica têm em comum encontrar a explicação da realidade em torno dos quatro elementos: água, fogo, ar e terra ou dos átomos. A

partir desses elementos básicos tentaram encontrar explicações racionais para a existência de todas as entidades observáveis do universo.

Os filósofos pré-socráticos especulavam a respeito do problema cosmológico à busca do princípio das coisas, a essência do universo. Os da escola jônica tentaram explicar, sem sucesso, o problema da mudança e do devir; já os eleatas, por sua vez, afirmavam que a unidade e a mutação não passam de aparências.

5.2 Atomismo grego

A filosofia grega tenta construir uma narrativa sobre a natureza íntima das coisas, que permanece a mesma, face à multiplicidade aparente de suas manifestações, de onde surge o conflito entre o permanente e o transitório; o visível e o invisível; o universal e o particular (ALVES, 2003).

O atomismo, uma das principais correntes filosóficas da antiguidade clássica (PORTO, 2013), foi responsável por formar uma base sólida para a construção do edifício do conhecimento. Neste trabalho, não há intenção de um aprofundamento deste conceito, mas é importante citá-lo, haja vista sua influência no pensamento científico contemporâneo. Durante o período pré-socrático, alguns filósofos desenvolveram uma doutrina que se tornou conhecida como o atomismo grego, corrente filosófica que se consolidou e influenciou a formação da física moderna. Esta abordagem teve uma base conceitual muito diferente das modalidades causais de forma e finalidade formuladas posteriormente por Aristóteles.

Sob essa perspectiva, Porto (2013) explica que o atomismo surge no século V a.C., com Leucipo, juntamente com seu discípulo Demócrito de Abdera, na tentativa de solucionar o problema filosófico sobre o antagonismo do caráter mutável do mundo, gerador de um conflito entre o conceito de ser e a percepção da mudança.

A etimologia da palavra devir nos remete a um fluxo permanente, um movimento ininterrupto que dissolve, cria e transforma todas as realidades existentes, sendo motivo de discórdia entre Heráclito e Parmênides, que tinham posições antagônicas sobre o tema.

O estudo dos filósofos da escola eleática, da qual Parmênides, discípulo de Pitágoras, era uma figura de destaque, definiu a mudança como o processo da passagem do ser ao não-ser. Esta polaridade gerava em seu âmago um desafio para a razão, pois só podemos pensar em algo que seja. Este paradoxo nos coloca diante de um

conundrum, segundo o qual o não-ser é um absurdo lógico que inviabiliza o entendimento da mudança. Parmênides inicia um novo movimento na filosofia ao desconsiderar os elementos básicos anteriormente usados, ao levar em conta o abstrato. Ele tentou explicar a verdade desconsiderando os dados sensoriais, que julgava um caminho errôneo e ilusório (ANDERY, 2014).

Heráclito, de forma antagônica, intuía que o universo estaria em permanente fluxo e transformação que podiam ser confirmados a cada dia.

Surge, então, como uma alternativa para este dilema, o conceito de átomo proposto por Leucipo e Demócrito: entes infinitos e indestrutíveis que compõem a matéria do mundo e que, através de combinações, formam os objetos que se apresentam diante dos nossos sentidos. Esta teoria tinha como base as diferentes combinações dos átomos que possuem apenas forma e tamanho. Os movimentos aleatórios no vazio e as eventuais colisões explicavam as mudanças perceptíveis pelos nossos sentidos. Esta escola atomística demonstrou uma solução mais naturalista, uma vez que postulava que os átomos compunham toda a matéria do universo, diferentemente da proposta de Aristóteles, que propunha a separação do mundo celeste e do mundo terrestre (PORTO, 2013). Demócrito também foi responsável pelo conceito de determinismo, excluindo a noção do acaso. Ele explicou a causa de nossas experiências sensoriais de cores, odores e gostos pelo movimento dos átomos. Estas interações que ocorriam no mundo subatômico e que causavam alterações macroscópicas foram posteriormente corroboradas por Boyle e Newton. A posição determinista ressurgiu com extrema relevância durante a Revolução Científica, com o pensamento positivista.

Epicuro, por sua vez, ao final do século IV a.C., trouxe um novo elemento para a teoria atomística ao agregar o peso como mais uma propriedade essencial e irreduzível do átomo, o que o obrigou a desenvolver uma explicação que justificasse a tendência do movimento em queda livre.

Porto (2013) prossegue sua narrativa afirmando que esta prerrogativa, porém, tornava o universo finito, tal qual havia sido proposto por Aristóteles, desta forma contradizendo a teoria atomística anterior. A cosmologia finitista aristotélica definia o mundo sublunar, composto de ar, água, fogo e terra em permanente desordem e mudança, e, em contrapartida, o mundo supralunar, circunscrito pelo éter, onde reinava um equilíbrio inabalável.

Epicuro, com o propósito de manter a coerência de sua teoria, inoculou um fator antropocentrismo ao definir o conceito – *em baixo* - como sendo o que está abaixo da linha de nossos pés.

Esta última versão da teoria atomística teve enorme influência na sociedade romana, mas, após o colapso do Império, entrou em relativo ostracismo. O renascimento cultural do século XV se empenhou em recuperar as clássicas obras produzidas na antiguidade e, com a descoberta da imprensa por Gutenberg, ampliou-se o acesso em toda a Europa a diversas obras clássicas da Grécia. Foi neste contexto histórico que o atomismo grego se difundiu influenciando o pensamento científico e filosófico. Entretanto, a popularização de diferentes teorias formou um novo caldo conceitual, propiciando a contaminação do atomismo grego pelo mecanicismo do neoplatonismo. Giordano Bruno, fervoroso defensor do copernicanismo, ajudou a conceber um novo atomismo esotérico, no qual os átomos seriam dotados de uma alma que lhes guiaria os movimentos. Cito Giordano Bruno pela importância histórica que agregou ao pensamento científico como um fervoroso defensor do heliocentrismo e da infinitude do universo. Postulava, antes mesmo de Galileu, ideias de relatividade, onde a perspectiva de qualquer objeto é relativa à posição do observador. (PORTO, 2013)

Os pontos de antagonismo mais marcantes entre o atomismo clássico e o aristotelismo podem ser resumidos em 4 tópicos: indivisibilidade da matéria, existência do vazio, reducionismo (átomos com apenas forma, extensão e movimento) e mecanicismo (rejeição à espontaneidade, causalidade e teleologia). Tais contradições tiveram problemas frente a um meio acadêmico europeu impregnado pela cosmologia e ciência aristotélica, nos séculos XV e XVI. As restrições lógicas impostas por Aristóteles têm origem na sua teoria, baseada nas cinco substâncias primordiais: a água, o fogo, a terra, o ar e o éter, este último impondo uma enorme restrição à explicação científica até há bem pouco tempo, quando foi eliminado por Einstein (PORTO, 2013).

Outras dificuldades encontradas pelo atomismo ocorreram durante a Revolução Científica em que se consolidaram duas correntes principais: o atomismo e o pensamento de Descartes. Ambos eram essencialmente reducionistas e mecanicistas, porém Descartes atribuiu apenas a extensão como qualidade da matéria. O racionalismo de Descartes também rejeitava o vazio proposto pelos gregos como uma contradição lógica; o filósofo acreditava que a matéria seria infinitamente

divisível. Apesar de tudo, o atomismo e o racionalismo de Descartes deram conta de afrontar o consolidado pensamento aristotélico vigente.

Porto (2013) explica que, mesmo com todas as críticas, a doutrina filosófica do atomismo sobreviveu aos paradoxos lógicos a ela atribuídos desde o início e ganhou sistematização com a formulação da teoria cinética dos gases, trazendo uma abordagem microscópica dos fenômenos físicos. A explicação quantitativa do fenômeno, por Einstein denominado movimento browniano, e, mais tarde, corroborada por experimentos feitos pelo físico Jean Pierre em 1909, tem como base a teoria atomista grega, que conseguiu chegar aos dias atuais sustentando a premissa básica da ideia da corpuscularidade da matéria, que serviu de suporte conceitual para o desenvolvimento da mecânica quântica.

De acordo com Popper (1972), Platão tinha a sua teoria das formas muito alinhada com a teoria pitagórica, que explicava as formas como números ou razão de números inteiros, fato que assegurava aos números a essência de todas as coisas. Aliado a essa teoria, Platão também aceitava, em partes, as ideias de Demócrito, o que garantia a preservação da concepção atomista, tema ensinado na Academia de Platão. Porém, a descoberta da incomensurabilidade, ou seja, o caráter irracional da raiz quadrada de dois, que não podia ser explicada pela teoria dos números inteiros de Pitágoras, despertou o interesse de Platão, fazendo-o desconfiar de que tal descoberta colocava em risco o atomismo.

Platão percebeu que uma teoria puramente aritmética da natureza era insuficiente, e, para contornar esse problema, seria necessário a criação de um novo método matemático para descrever e explicar o mundo. Deu início, então, a um programa de desenvolvimento de um método geométrico autônomo que veio a culminar no trabalho intitulado Elementos de Euclides, fruto do pesquisador vinculado à academia.

Platão percebeu que uma teoria puramente aritmética da natureza estava derrotada; que era necessário criar um novo método matemático para descrever e explicar o mundo - por isso incentivou o desenvolvimento de um método geométrico autônomo, que daria frutos nos Elementos de Euclides - um pensador que seguiu a linha platônica. (POPPER, 1972, p. 115)

Com esse projeto, Euclides consegue, de forma sistemática, resolver os principais problemas da cosmologia platônica e substitui a aritmética pela geometria, que se tornou um instrumento basilar de todas as explicações e descrições físicas

para a teoria da matéria e da cosmologia. O impacto dessa descoberta se fez sentir ao longo da Renascença por grandes físicos como Copérnico, Galileu e Kepler, que conseguiram romper a conceituação aristotélica de substâncias e potências e substituí-la por um método geométrico da cosmologia. Os efeitos desta importante mudança para a ciência influenciaram também os trabalhos de Newton, Maxwell e Einstein (POPPER, 1972).

5.3 A estrutura racional erguida por Aristóteles

Aristóteles tentou, de forma pragmática (Gleiser, 2014), erguer uma estrutura racional baseada na interdependência de argumentos que explicassem o funcionamento do mundo e do Universo. Suas ideias foram convenientemente adotadas pelas autoridades eclesiásticas por séculos, já que consideravam que a Terra ocupava o centro da criação. Ele propôs o arranjo vertical hierarquizado das quatro substâncias básicas: terra, água, ar e fogo. Este arranjo explicava o movimento natural dos objetos. Ele entendia que todo movimento ocorre devido a uma força e que, inclusive, os seres vivos são movidos por forças interiores. O movimento dos corpos na Terra se produz da mesma forma que para os animais, de forma teleológica, com uma finalidade, de acordo com Nicola (2005). Os corpos celestes, em contrapartida, têm a regularidade de seus movimentos como uma característica comum, produzidos pela vontade de Deus. Esta noção do deus aristotélico era representado pelo motor primordial, ou seja, uma entidade imóvel, incorpórea, imutável, perfeita e eterna, que produzia a rotação das estrelas. Este filósofo foi bastante influenciado pelas teorias correntes da sua época e pelo papel que a filosofia e a ciência tinham naquele contexto.

Por ser um fenômeno de difícil explicação, Aristóteles decidiu classificar o movimento em dois tipos: os naturais e os violentos. Na época, o atomismo grego ainda era bem aceito, o que levou Aristóteles a classificar os movimentos naturais como aqueles causados pela natureza dos átomos que compõem os objetos, e, portanto, cada corpo teria um lugar próprio e determinado por natureza. Caso estivesse fora do lugar em que deveria estar, seria forçado a mudar de lugar. Um exemplo ilustrativo seria uma pedra que, quando abandonada no ar, tenderia a ir para o solo, o lugar que deveria estar ocupando. Isto explicava a centralidade da Terra no sistema solar. O filósofo usou a lógica para deduzir que quanto mais pesados os

corpos maior seria sua velocidade; daí, a velocidade de queda dos corpos seria proporcional ao seu peso, e a tendência natural dos corpos seria o repouso. (ANDERY, 2014)

Os movimentos violentos, por sua vez, eram determinados por causas externas que empurravam ou puxavam os corpos, caracterizando movimentos forçados, que tendem a afastar os objetos de sua posição natural e desta forma a perder força.

5.4 A constante dificuldade de introduzir novas ideias

Thomas Kuhn (2011) estudou a história da ciência e demonstrou que a ciência é uma construção humana, e, conseqüentemente, um conjunto de construções sociais e históricas. Em seu livro, trata de tais períodos como momentos de ruptura que beiram a incomensurabilidade, ou seja, teorias que não conseguem mais conversar entre si, tamanha a distância conceitual que as separam.

Nesta descrição da história da ciência que estou fazendo mencionarei apenas 2 fatos que ocorreram durante a Idade Média, importantes para entendermos a resolução de problemas. O primeiro deles, que contribuiu para o avanço da ciência, foi a substituição da numeração romana pelo sistema de numeração decimal e a introdução da álgebra. O segundo, sem desmerecer outros avanços conquistados, foi a reinterpretação do caminho duplo da indução e dedução, do pensamento científico aristotélico, promovida por Robert Grosseteste e seu discípulo Roger Bacon. Estes introduziram a observação da natureza e a experimentação, e desenvolveram temas relacionados a astronomia, som, geometria e ótica, este último resultando no invento dos óculos.

Kuhn (2011), não apenas fez um importante levantamento histórico da ciência, de forma descritiva, como também tirou conclusões importantes a respeito dos contextos em que os fatos históricos aconteceram. Kuhn (2011) entendeu que a designação de uma data que marque a Revolução Científica seria uma conceituação equivocada, pois, trabalhando com a ideia de sistemas ou paradigmas, com uma abordagem relativista, afirmou que, num determinado contexto histórico, os cientistas trabalham dentro de paradigmas, ou seja, dentro de um conjunto de conceitos, práticas, parâmetros de avaliação, regras de pensamento e métodos de observação.

O período considerado da Revolução Científica vai da publicação da obra de Copérnico, em 1543, até a publicação da obra de Isaac Newton, em 1687, um espaço temporal de quase 150 anos. Mariconda (2006) considera este período como a mais profunda revolução do pensamento científico.

No século II (LOSEE, 2000), houve um esforço, elaborado por uma série de modelos matemáticos feitos por Ptolomeu, no sentido de explicar as trajetórias dos planetas conhecidos na época. Os contornos desse quadro conceitual haviam sido desenvolvidos por Aristóteles, que colocou a Terra no centro de um universo finito e o Sol, planetas e estrelas, em torno dela. Nesse modelo, Ptolomeu utilizou círculos epicíclicos-deferentes para ajustar as velocidades de rotação dos planetas em torno da Terra e compatibilizar as observações das posições planetárias a fim de permitir suas futuras posições. Esta tentativa de salvar o modelo aristotélico pode ser interpretada pelo que Kuhn (2011) classificou como a defesa das teorias vigentes de um paradigma, ou como Popper (1972) definiu, soluções *ad hoc* para justificar uma teoria com o intuito de validá-la. Tal sistema astronômico atravessou séculos sendo aceito como o paradigma vigente e começou a ser questionado por Copérnico, que provou e validou uma antiga proposta para um sistema heliocêntrico, feita por Aristarco de Samos, um astrônomo e matemático grego que viveu entre 310 a.C. a 230 a.C..

No início do século XVI, Copérnico desafiou a astronomia geocêntrica de Aristóteles e Ptolomeu. Porém, a prova de sua teoria só foi aceita depois de um século e meio, o que nos leva a entender a complexidade que os paradigmas encobrem. Em 1543, ano em que Copérnico publicou sua astronomia, o arcabouço científico vigente questionou-lhe a tese e ele não conseguiu defendê-la. A teoria aceita e defendida pela igreja (CHALMERS, 1999) era de um universo aristotélico finito que se dividia em 2 regiões distintas, a sublunar, determinada pela linha formada abaixo da Lua até o solo terrestre, e a sobrelunar, que terminava na esfera limítrofe do universo. O espaço vazio era uma impossibilidade lógica, preenchida pelo éter, que tinha movimentos circulares e era um elemento incorruptível e imutável. A mudança ocorria apenas na região sublunar composta pela mistura dos 4 elementos básicos.

Copérnico não foi capaz de contra-argumentar frente aos cientistas que partilhavam da física e cosmologia teleológica de Aristóteles. Talvez um dos argumentos mais fortes tenha sido o argumento da torre, a ausência de paralaxe nas posições observadas das estrelas, e o fato de Marte e Vênus não mudarem de

tamanho nas observações feitas ao longo do ano. O próprio Copérnico e seus defensores estavam tão imersos no sistema aristotélico que não conseguiram promover a ruptura na maneira de pensar, tal qual Kuhn (2011) explicou em seu livro. Do ponto de vista matemático a teoria era suficientemente simples e aceita, porém esbarrava nos argumentos mecânicos, aparentemente indefensáveis.

5.5 O método experimental de Galileu Galilei

Galileu inaugura um novo raciocínio científico e marca um dos registros mais importantes do pensamento humano. Foi um dos cientistas que tiveram um expressivo protagonismo na Revolução Científica do século XVII, considerado o fundador da física clássica e do método experimental, explica Mariconda (2006). Galileu trouxe uma nova perspectiva para a ciência, incorporando ação, prática e instrumentalização, que imprimiram liberdade de pensamento ancorado a um método. O italiano descobriu, com seu método experimental, a lei da queda dos corpos, fato que o habilitou a confrontar as ideias de Aristóteles. Descobriu, também, a trajetória parabólica dos projéteis e formulou a teoria do movimento uniforme acelerado. Galileu foi capaz de fazer uma descrição matemática do movimento, organizando, desta forma, a primeira teoria cinemática. Esteve sempre à procura de regularidades expressáveis na natureza, as chamadas leis da natureza, evidências que poderiam ser comprovadas através da realização de experimentos, como no caso da lei da queda dos corpos. Galileu confirmou sua tese de que os corpos caíam com a mesma velocidade, contornando a dificuldade e falta de instrumentos à época com um engenho que permitia acompanhar e medir a queda de uma esfera metálica em um plano inclinado.

Antes de Galileu dar início às suas investigações experimentais com telescópios, o astrônomo observacional dinamarquês Tycho Brahe investigou os movimentos dos astros nos céus a olho nu por mais de 30 anos (GLEISER, 2014). Tycho teve a coragem de trazer a público o fato de que a ordem aristotélica imutável dos céus estava incorreta e que uma nova visão de mundo se fazia necessária.

Mariconda (2006) reflete sobre a mudança de uma atitude contemplativa para uma ativa que a revolução científica provocou, transformando o homem no senhor da natureza.

É comum caracterizar a revolução científica do século XVII como uma transformação completa de atitude fundamental do espírito humano. Essa transformação está expressa na oposição entre uma atitude ativa e uma atitude contemplativa: o homem moderno procura dominar a natureza, torna-se “dono e senhor da natureza”. enquanto o homem medieval visa apenas contemplá-la. Embora não se deva tomar tal caracterização em sentido absoluto, pois poderia conduzir, de um lado, a minimizar as realizações técnicas da Idade Média e, de outro, a maximizar a influência da técnica no desenvolvimento científico dos séculos XVI e XVII, não deixa de ser verdade que a filosofia, a ética e a religião modernas enfatizam a ação, a praxes, muito mais do que o faziam o pensamento antigo e medieval. (p. 269)

Com isto, Galileu deu início a um novo ciclo de desenvolvimento de instrumentos científicos. Seu primeiro experimento foi a balança hidrostática, que colocou fim ao problema de medição de uma grandeza física intangível, conceito teórico originalmente elaborado por Arquimedes, sobre o peso específico dos materiais. Outro avanço desencadeado por Galileu foi a melhoria do telescópio e sua utilização sistêmica em observações astronômicas. Somente em 1609 Galileu conseguiu fazer as primeiras descobertas que ajudariam a corroborar a teoria heliocêntrica, embasadas nas observações feitas com os primeiros telescópios, que permitiam visualizar estrelas até então desconhecidas a olho nu. Viu as luas de Júpiter e a superfície irregular da Lua, assim como validou a previsão de Copérnico de que Marte e Venus tinham tamanhos diferentes. Outro foco de suas observações foi a explicação das marés, causadas pela combinação da translação e rotação da terra, como um efeito visível para um observador terrestre sobre uma causa invisível. Estas provas começaram a desarmar os argumentos de Aristóteles, mas trouxeram um problema epistemológico para Galileu, que não tinha uma teoria ótica que desse suporte e endosso às suas observações feitas no telescópio. Galileu trouxe uma nova visão do mundo e ruiu os fundamentos aristotélicos nos céus e na terra.

Em resumo, o que caracteriza a atitude científica galileana - e também a atitude científica moderna - é a procura, na natureza, de regularidades matematicamente expressáveis, as chamadas leis da natureza, e o método de certificar-se de sua verdade através da realização de experimentos. (p. 269)

Só no século XVII, Kepler deu início a uma teoria que suportaria as observações de Galileu. Não havia até então provas que demonstrassem a superioridade dos dados obtidos pelos telescópios em relação aos feitos a olho nu. Galileu teve que aprender a ver através de telescópios para poder contrapor as posições aristotélicas, assim como um estudante de medicina tem que aprender a ver

as imagens de uma raio-X para poder discutir com profissionais mais experientes os resultados encontrados. Somente desta forma os cientistas conseguem se inserir em uma comunidade que compartilha crenças similares.

Galileu também trabalhou, sem obter sucesso, no desenvolvimento de um instrumento que medisse o tempo com exatidão: o relógio de pêndulo. Foi o protagonista do desenvolvimento de um compasso geométrico-militar, vendido com um manual de instruções de uso, fato inusitado que transformou a comercialização de equipamentos técnicos para um modelo de negócios válido até os dias de hoje.

Mariconda (2006) ressalta que desde Platão havia se estabelecido a diferença entre dois tipos de conhecimento: epistême, como ciência, e techne, como técnica. A partir de então, a ciência era tida como um conhecimento garantido, de grande valor para os gregos, e a técnica, como o conhecimento prático. Galileu, contudo, tinha o conceito de ciência útil, não fazendo mais essa diferenciação e inaugurando uma nova fase na resolução de problemas, ao tornar possível uma avaliação prática e controlada dos resultados.

O diferencial que Galileu trouxe para o pensamento científico, no entanto, foi mais acentuado na mecânica, ao conseguir separar os conceitos de velocidade e aceleração e conjecturar sobre a igualdade da aceleração que ocorre com objetos diferentes em queda livre. A partir dessas descobertas iniciais, Galileu começou uma cruzada contra as teorias de Aristóteles que ainda tinham o apoio da igreja e o endosso da inquisição.

A definitiva adesão de Galileu ao copernicanismo questionou a autoridade de Aristóteles, ao colocar em dúvida seus axiomas, firmemente endossados pela igreja, ou seja, pelas sagradas escrituras. Galileu defendia que a ciência, então, tinha um método que a tornava independente de julgamentos da autoridade teológica, fato que contribuiu para reduzir e minar o autoritarismo e, desta forma, consolidar o nascimento de uma ciência moderna.

Galileu deu sequência à nova mecânica, analisando diversos tipos de movimento, leis da inércia e trajetórias parabólicas de projéteis, e lançou o embrião do movimento relativo e sua dependência do observador, posteriormente corroborado por Einstein. Galileu foi um divisor de águas para o conhecimento científico, trazendo para a ciência o aspecto prático e experimental das teorias. Postulava que as experiências envolvem uma ação planejada na natureza, orientadas pela teoria. Da mesma forma que Kepler, Copérnico e Descartes, promoveu a mecanização com

forte viés matemático, revolucionando a ciência. A origem dessa concepção, que valoriza a matemática na descrição do mundo, é oriunda de Platão e Pitágoras.

5.6 O método racional de Descartes

Descartes foi um marco histórico no estudo dos métodos científicos, considerando-se que o século XVII representou uma época de efervescência cultural, na qual Galileu, Bacon e Descartes confrontaram de forma sequencial os seus ataques conceituais à filosofia aristotélica, soberana até então. A ele pode-se atribuir uma reinterpretação da epistemologia subjetiva previamente utilizada pelos filósofos atomistas.

Descartes (2006) estava imbuído do desejo de fornecer fundamentos sólidos ao pensamento científico, já que demonstrava preocupação e insatisfação com a filosofia escolástica, sob a qual havia sido educado quando jovem, por esta ser fundamentada em axiomas obscuros e duvidosos. A autonomia intelectual também foi um tema que Kant desenvolveu de forma crítica e provocativa quando escreveu o clássico texto sobre o significado do Iluminismo, para responder à pergunta “O que é esclarecimento?”. Sua argumentação exaltou a necessidade das pessoas assumirem a maioridade após milênios vivendo sob a tutela eclesiástica. Segundo Kant, o esclarecimento é a saída do homem de sua menoridade, estado que denota incapacidade de fazer uso de seu próprio entendimento sem a direção de outrem, sendo o próprio indivíduo o culpado dessa menoridade, dessa preguiça e dessa covardia.

Considerando o contexto histórico de um período Barroco, pós Renascimento, Descartes representa o início da Filosofia Moderna numa época em que surgiam muitas descobertas e, ao mesmo tempo, acontecia a Inquisição, grupo de instituições dentro do sistema jurídico da igreja Católica Romana, com o objetivo de combater a heresia, promovendo uma época violenta de perseguição aos indivíduos que representassem ameaças aos interesses da igreja; ele soube, de forma estratégica, se livrar do enquadramento da Inquisição. O filósofo considerava a busca da verdade como um ato de fé.

Descartes (2006) se propôs a resolver o problema do fundamento sólido do conhecimento seguro tão combatido pelos céticos, que faziam uso do argumento do regresso ao infinito, ou seja, questionavam as crenças que baseiam as crenças. Com

isto, ele iniciou seu método com o roteiro de um cético, partindo da dúvida. Porém, ao contrário dos céticos, não pretendia ficar apenas nesse estágio, não duvidava pelo simples fato de duvidar, mas utilizava uma hipótese cética para aplicar seu método da dúvida cartesiana sistemática na tentativa de encontrar uma base segura para o conhecimento.

De forma metódica, Descartes parte do pressuposto de que devemos duvidar de tudo para eliminarmos as possibilidades de erro. Ele chega a questionar a validade dos próprios sentidos, alegando que estes podem nos enganar em determinadas situações, e, portanto, não podemos neles confiar. A seguir, ele coloca em dúvida a própria razão e conclui: “Penso, logo existo”. Esta passa a ser sua crença básica, pois, aparentemente, disso ele não poderia duvidar. Continuando seu processo analítico racional ele coloca que o fato de não sermos perfeitos pode também nos conduzir a erros.

Descartes (2006) gerou tantas dúvidas com relação a tantas variáveis, que teve que recorrer a um pressuposto inicial, a existência de Deus; a única certeza que temos é duvidar de tudo, e, para garantir a validade objetiva de seu conhecimento, o filósofo recorreu à perfeição divina. Deus se torna o fundamento que Descartes procurava e que poderia garantir a objetividade do conhecimento.

Descartes (2006) foi o primeiro filósofo a sistematizar um método de busca da verdade através da reflexão e da pesquisa, deduzindo, desta forma, as verdades científicas. Usou um método universal com regras matemáticas e longas cadeias de razão. As 4 regras fundamentais da dúvida metódica, são:

1. Evidência: só é verdadeiro o que é claro e indubitável. O paradoxo interessante é que, apesar da dúvida que Descartes sugere, ele nunca foi um cético.
2. Análise: dividir o problema em quantas partes forem necessárias para facilitar sua compreensão
3. Síntese: seguir uma ordem, ou seja, do simples para o complexo.
4. Revisão complexa: certeza de que nada foi omitido.

Descartes questionou a tradição escolástica, considerando-a confusa, obscura e sem praticidade. Após 10 séculos de estagnação científica e tecnológica na Europa, começam a surgir os avanços das ciências naturais no Renascimento, e ele, rompendo o marasmo reinante, inaugura um novo sistema filosófico: além de não se confiar no conhecimento da Idade Média, não se pode confiar no que os próprios sentidos dizem. Para ele a dedução racional traria conhecimento seguro, e a maneira

de testar esse conhecimento seria usar as 4 etapas do método. Descartes justifica a utilização do método concebendo para si mesmo 3 a 4 máximas, que servirão de base para uma moral provisória para a aplicação do método.

Nove anos antes de publicar o método, Descartes (2012) arquitetou uma obra com 21 regras para ajudar na sistematização do pensamento científico. Esta obra só foi publicada depois de sua morte.

Do ponto de vista epistemológico, Descartes é um fundacionista clássico. Separa o homem, com o seu dualismo espírito/matéria, e subordina a realidade aos ditames da vontade humana, estabelecendo a distinção subjetiva da objetiva. Uma relação passiva dos objetos cognoscíveis, subjugada a uma postura ativa do sujeito cognoscente. Nessa relação dominadora da natureza, fica estabelecida uma prática reducionista e mecanicista, base para a ciência moderna determinista.

De acordo com Hesse (2000), no racionalismo baseamos a origem do conhecimento humano na razão, que deve ter validade universal e necessidade lógica. Este tipo de raciocínio teve origem na matemática, a partir de Platão, que idealizou um mundo supra-sensível como a fonte de conteúdo das ideias, o racionalismo transcendente. Descartes, posteriormente, afirma que temos conceitos fundamentais do conhecimento que são inatos, formadores do nosso patrimônio da razão, totalmente independentes da experiência.

5.7 O método de Newton

Para Newton, o movimento não necessitava de explicação, apenas os seus desvios, ou seja, as acelerações envolvidas no sistema mecânico.

O fortalecimento da teoria de Copérnico ocorreu ao longo de muito tempo com os importantes trabalhos e descobertas de Galileu e das 3 leis do movimento planetário de Kepler, mas a aceitação definitiva só aconteceu com a clareza de Newton. Ele foi o grande unificador que conectou a física da terra com a física dos céus. (Gleiser, 2014)

A conclusão importante a que se pode chegar é que um conceito, que inicialmente foi contra todo um sistema vigente de crenças que teve início cerca de 300 anos a.C., só foi aceito por volta de 1687, com a publicação do *Principia* de Newton. Não ocorreu nenhuma ruptura radical e não podemos considerá-lo um evento; foi, isto sim, um processo lento que levou séculos para ser aceito.

Newton baseou sua teoria, desde o atomismo grego, nos estudos de Copérnico, Kepler, Galileu e Descartes. Sua clareza conceitual da aceleração causada por forças, a lei da inércia e da gravidade, formaram os alicerces da física clássica e até hoje são conceitos básicos utilizados nas escolas de engenharia em todo o mundo. Newton definiu sua lei universal da gravitação (GLEISER, 2014), mostrando que a lei que Galileu descreveu sobre a queda dos objetos somada às leis de Kepler sobre as órbitas planetárias formaram os alicerces da lei da gravitação e ambas são em essência expressões de uma mesma física, que resultou na integração vislumbrada por Newton na atração gravitacional entre os corpos. Os limites de sua teoria, entretanto, esbarram nas velocidades muito altas, próximas à velocidade da luz, no que foi suplantada pela teoria da relatividade, e em massas muito pequenas, no que a mecânica quântica a superou.

O ápice da revolução científica culminou com os trabalhos de Newton. Concordando com a visão de Descartes, ele desenvolveu uma teoria da dinâmica dos corpos que se baseava em três leis e no princípio universal da gravidade. Com essas teorias, conseguiu provar, de forma lógica, as observações de Galileu e de Kepler. A física Newtoniana substituiu a de Descartes e reinou por mais de 200 anos. De acordo com Mariconda (2006), o arcabouço teórico que levou Newton a elaborar a teoria da dinâmica dos corpos, que explica o movimento dos corpos do modo como vemos, foi baseada na mecânica de Galileu, seguida pela ciência astronômica de Kepler.

A confirmação do paradigma Newtoniano foi abalada no início do século XX pela teoria da relatividade restrita de Einstein, que trouxe um modelo diferente para se pensar a gravidade, descartando a ação à distância da teoria de Newton e propondo a curvatura do espaço em torno de um corpo com massa. Entretanto, Einstein também teve que partir de algumas premissas, como a constante universal, que considerava o universo uma esfera perfeita, estática e finita. Estes pressupostos (Gleiser, 2014) foram derrubados pelas medições efetuadas pelo telescópio espacial Hubble, que provou, de forma experimental, que o universo está se expandindo.

Outros grandes marcos do conhecimento gerado pela ciência foram a teoria da evolução de Darwin e, no século XX (Okasha, 2002), o florescimento da biologia molecular com a estrutura do DNA, de Watson e Crick. Os avanços científicos dos últimos 100 anos foram maiores do que os anteriormente registrados em toda a história da humanidade.

5.8 A posição de Hume

De acordo com a *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Aristóteles definiu a causalidade ao traçar uma distinção categórica entre conhecimento científico (epistéme) e a crença ou opinião (doxa). A causalidade foi inicialmente tratada por Anaximandro, considerado o fundador da filosofia científica, que intuiu e construiu uma argumentação em torno de um modelo mecânico no qual a Terra era cercada por uma série de rodas, cada uma delas com fogo no seu interior, girando à sua volta. Este foi o primeiro modelo em que os movimentos celestes seguiam regras claras, explicadas por relações de causa e efeito, ao invés de uma intervenção divina (GLEISER, 2014).

Aristóteles, por sua vez, se envolveu em uma profunda investigação causal do mundo que nos rodeia. Desde o início, de acordo com a *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a investigação do mundo natural consistiu na busca de causas relevantes para uma variedade de fenômenos naturais. Nesta tradição de investigação a procura das causas foi uma busca de respostas para a pergunta “por que”. Aristóteles foi o primeiro a sistematizar essa investigação causal, a partir das 4 causas, estando convencido de que, mesmo que seus antecessores tenham feito importantes descobertas, não foram inteiramente bem sucedidos, pois o filósofo grego afirmava que só podemos dizer que temos conhecimento adequado quando compreendemos suas causas.

Aristóteles classificou as quatro causas, colocando mais ênfase na quarta, sobre a explicação teleológica que daria conta da existência ou ocorrência citando o propósito a que serve, fundamentalmente seu telos.

1. Causa material: de que matéria alguma coisa é constituída
2. Causa formal: que forma ou estrutura essa matéria assume
3. Causa eficiente: como ela começou
4. Causa final: qual o seu propósito, meta ou fim.

Desde então, o cerne do conhecimento científico compreendia as causas; por sua vez, a explicação científica consistia na comprovação e na conexão necessária entre causa e efeito, partindo-se de premissas intuitivas que não dependiam da experiência. Durante a Idade Média, Tomás de Aquino sintetizou o conceito de causa e efeito, que foi endossado pela igreja, alicerçado na teoria aristotélica.

A Revolução Científica, entretanto, rejeitou esta abordagem e deixou clara a distinção entre conhecimento e crenças, tanto que Descartes tentou, de forma racional, justificar a possibilidade da validade do conhecimento científico. Por outro lado, a escola filosófica empírico britânica era mais pessimista e Hume não concordava com a visão racionalista que tentava conciliar a tradicional metafísica e a religião com a nova ciência.

A proposta do filósofo escocês era o estudo da natureza humana para estabelecer as capacidades e os limites do entendimento humano, ou seja, excluindo dos limites da experiência quaisquer hipóteses sobre causas ocultas e que não pudessem ser observadas. Hume teve uma fase crítica inicial em que queria eliminar o que considerava errado e depois uma fase construtiva na qual desenvolveu sua própria teoria.

Para Hume, todo o conhecimento referente ao mundo está fundado na percepção, que é constituída por impressões e por ideias. As impressões são nossas percepções mais fortes, advindas dos dados sensoriais decorrentes da experiência vivenciada. As ideias são as cópias das impressões, sendo menos vivas e originadas a partir de um conjunto de impressões sensoriais. Cabe ressaltar, porém, como afirma Andery et al. (2014), que Hume não acreditava em um simples processo mecânico com relação ao ser humano, como se este fosse um receptáculo de impressões sensoriais. Há alguns casos onde o homem pode assumir subjetivamente o protagonismo na produção do conhecimento, fazendo uso de sua imaginação, indo além das meras cópias de suas impressões sensoriais.

Hume, apresentando dois novos conceitos para o debate, as relações de ideias e as questões de fato, fez, assim, uma clara distinção entre o que podia ser investigado pela razão humana.

As relações de ideias são verdades apriorísticas racionais que independem da experiência e são conhecidas por intuição e por demonstração, como a geometria, álgebra, aritmética, lógica, etc. Já as questões de fato são relativas ao mundo, como este se apresenta, ou seja, são proposições a posteriori que dependem da experiência. Estas últimas proposições aceitam o contrário e sua negação não implica uma contradição lógica. Este é o tipo de conhecimento gerado pelas ciências empíricas, onde o conhecimento ganha conteúdo do mundo exterior. As questões de fato são atividades subjetivas da imaginação operando sobre as impressões e ideias. (ANDERY., 2014)

Hume acreditava que existem três princípios possíveis de conexão entre as ideias: a semelhança; a contiguidade no tempo e no espaço, que pode ser efetivamente observada; e a causa-efeito. Porém, com estes princípios, o conhecimento gerado não poderá obter o mesmo tipo de certeza demonstrativa obtido pelo raciocínio dedutivo.

As questões de fato se originam na relação causa-efeito. Acreditamos em certos fatos inobservados, pois estabelecemos a relação entre esses fatos e aquilo de que já tivemos experiência. Pensamos que as relações causa-efeito estabelecem relações de necessidade entre a causa e seu efeito e tendemos a extrapolar e acreditar que venha a acontecer o mesmo em todas as outras situações que envolvam relações causais. Isso nos permite fazer previsões de acontecimentos futuros, como o exemplo que Hume dá sobre o pôr do Sol. Pelo fato de ele ter se posto até hoje, não há garantia alguma de que isto acontecerá amanhã. As questões de fato se referem a tudo o que acontece no mundo real ao qual temos acesso pelos nossos sentidos, gerando os dados sensoriais, e elas só podem ser conhecidas pela experiência.

Alves (2003) enfatiza que a ciência se baseia no conhecimento das relações de causa e efeito e no seu encadeamento lógico que conseguimos construir. A tecnologia, por exemplo, é fruto do conhecimento que temos sobre as relações entre as causas e os efeitos que desejamos. Quando afirmamos que há uma relação necessária entre causa e efeito, estamos assumindo um salto no desconhecido e nos afastamos dos fatos. Ao realizarmos tais inferências enunciamos uma relação causal e buscamos uma lei de regularidade e universalidade. Não há lógica neste raciocínio, trata-se de uma generalização constatada em alguns eventos passados e extrapolados para o futuro. Quando uma série de experiências se repetem (ALVES, 2003) temos a instalação de um hábito mental, pois tendemos a criar uma rotina que se estabelece com as repetições. O hábito ou costume pode ser visto como o fator psicológico que nos ajuda a realizar as conexões entre os fatos. O hábito age como uma ponte unindo o passado ao futuro; com o passado, inconscientemente, fazemos uma analogia para o futuro. Nossas hipóteses e teorias são generalizações que, baseadas no passado, nos ajudam a extrapolar para o futuro numa crença da regularidade da Natureza e continuidade do universo. Tais hipóteses, porém, não foram construídas com fatos, foram efetivamente alinhavadas pelas crenças de que a realidade é um fluxo contínuo, impossível de ser provado de maneira lógica.

Andery (2014) ressalta que, para Hume, o conceito de crença fortalece as conexões que foram derivadas do hábito e nos permite optar por determinadas conexões causais e por determinadas expectativas. Desta forma, quando nos encontramos diante de eventos decorrentes da experiência podemos diferenciar um conhecimento de fato de uma ficção da imaginação. A crença é um conceito que está associado à noção de probabilidade e acaba sendo reforçado pela repetição de eventos recentes. Portanto, no que tange a causa e efeito, Hume explica que não observamos os dois eventos ocorrendo contiguamente. Frente a um deles, observado, inferimos o outro, inobservado, e essa afirmação de uma relação causal só é possível pelo hábito e pela crença. Estas afirmações são as hipóteses que sugerimos e poderão ser confirmadas pela experiência.

Sendo assim, o critério de verdade das questões de fato é pragmático, já que não se avalia a verdade do conhecimento, mas sua utilidade, como um dos elementos que compõem as estruturas cognitivas que determinam nosso limitado conhecimento. Hume consegue evitar o aspecto metafísico do conhecimento, pois este não emana do objeto; decorre de uma atividade humana quando se tenta explicar eventos que estão no mundo exterior.

Hume foi categórico ao discordar dos racionalistas que o precederam com relação ao uso do raciocínio a priori para a origem da conexão entre as nossas ideias de causa e efeito; para ele, isto se torna possível apenas pela experiência. É neste ponto que a abordagem do filósofo sobre a natureza humana consegue se diferenciar. O hábito nos induz à relação causa efeito usando apenas o raciocínio a priori, porém não há fundamento lógico para afirmarmos que podemos ter crenças sobre acontecimentos futuros. Hume afirma que, no tocante a afirmações sobre a natureza, não é possível passarmos diretamente de uma premissa para uma conclusão. Por que algo aconteceu no passado, não há garantia alguma de que ele acontecerá novamente no futuro. Neste ponto, o escocês sugere que, para que o argumento funcione, precisamos acrescentar uma premissa intermediária que viabilize a ligação da premissa com a conclusão, que é a regularidade da natureza. Este adendo proposto por Hume expressa a ideia de que a natureza é uniforme ou que o futuro será como o passado, ou seja, mantidas as circunstâncias iguais, os acontecimentos de que não temos experiência serão iguais aos que conhecemos.

Entretanto, esta premissa não garante a argumentação, e Hume faz uso dos conceitos que havia diferenciado entre a relação de ideias e as questões de fato. O

princípio da uniformidade da natureza não é uma relação de ideias, é uma questão de fato e, para tanto, sua verdade terá que ser provada por um raciocínio que Hume chamou de provável e que precisa da experiência. O argumento, no entanto, cai numa circularidade lógica que o inviabiliza e caracteriza o problema da indução de Hume, que mostra que nossas crenças sobre o mundo não constituem conhecimento (ANDERY, 2014).

A saída que Hume encontra é pela natureza humana, visto que estabelecemos as relações de causa e efeito e as inferências destas sobre acontecimentos sobre os quais já tivemos alguma experiência. Nesta nova fase filosófica, Hume deixa de fazer as críticas e passa a ter uma postura mais construtiva, trazendo o conceito do hábito ou costume, que nada mais é do que repetições sucessivas de acontecimentos que nos conduzem a voltar a agir ou pensar do mesmo modo. O hábito, entretanto, não é uma inferência racional, mas um mecanismo psicológico, um princípio da natureza humana. Para Hume, o costume está subjacente a todas as inferências feitas a partir da experiência.

Talvez para a solução de problemas empíricos e problemas complexos os princípios da lógica não se apliquem da mesma maneira que podemos aplicar na matemática. Hume nos apresenta a dimensão psicológica do conhecimento e oferece alguns pressupostos emocionais como a continuidade de uma crença e a imaginação que liga o particular ao universal.

No lugar de nos preocuparmos com a validade metafísica das relações entre causa e efeito, o escocês nos propõe princípios de ligação das impressões. São três princípios: da prioridade, contiguidade e conjunção. Mediante tais princípios, de casos semelhantes nossa mente é levada a esperar a mesma ocorrência. Nossa mente cria ligações entre acontecimentos originando a ideia de conexão necessária da causa e seu respectivo efeito, que Hume preferiu chamar de conjunção repetida, apoiada pela observação, pela experiência, pela uniformidade da natureza, pela opinião ou pela superstição.

O princípio de indução certamente se justificaria se argumentos indutivos também fossem verdadeiros, mas eles não necessariamente o são. Os argumentos indutivos não são logicamente válidos, tais quais os dedutivos. Não é o caso em que, se as premissas de uma inferência indutiva são verdadeiras, então a conclusão deve ser verdadeira. É possível a conclusão de um argumento indutivo ser falsa embora as premissas sejam verdadeiras e, ainda assim, não haver contradição envolvida.

Segundo Alves (2003), a indução representou uma ameaça para a ciência medieval, que tinha a pretensão de expandir o conhecimento da natureza pela dedução, fato que não tem sentido, ela apenas garante maior rigor no trajeto do pensamento, como a lógica e a matemática.

A inferência indutiva é intensivamente usada na ciência. Porém, Hume levantou a famosa dúvida sobre o fato de que, apesar de o sol ter nascido todos os dias, no passado, isso não nos dá nenhuma garantia de que ele nascerá amanhã. Com isso ele afirmou que o passado não fornece qualquer espécie de certeza sobre o que acontecerá no futuro.

A argumentação dedutiva, apesar de mais segura, não trará nenhum aspecto novo que não esteja previamente contido nas premissas. Trata-se de um bom raciocínio a ser usado em lógica ou matemática, porém de aplicação restrita para assuntos que demandem novas abordagens nas quais a incerteza impera. Para Hume, quando raciocinamos de forma indutiva, assumimos o pressuposto da uniformidade da natureza, que nos remete ao apelo à experiência, que nos levaria a observar tudo o que ocorre no universo, fato impossível. Isto nos leva à armadilha de termos que usar argumentos indutivos e nos faz cair num problema de circularidade ou de regresso ao infinito.

Popper (1999) se interessou pelo problema da indução, estudo que o levou a propor a solução para tema tão discutido na filosofia da ciência. O que incomodou Popper foi a refutação com base psicológica utilizada por Hume, lançando mão dos conceitos de costume e hábito para explicar regularidades de certos eventos e para teorizar sobre sua origem. Popper tentou criar uma argumentação lógica para refutar a teoria psicológica de Hume, onde questionou a repetição baseada na similaridade perfeita, afirmando que os casos citados pelo filósofo escocês eram apenas de repetição. Popper (1972) acusa Hume de usar o regresso infinito para suas próprias explicações, as mesmas que foram usadas para derrubar o indutivismo.

Até hoje os filósofos tentam responder, sem sucesso, ao questionamento levantado por Hume ao colocar em dúvida a fundamentação do conhecimento que sustenta a ciência. As inferências indutivas usam uma estrutura que nos leva das observações feitas para a generalização de observações não feitas, como uma alternativa para o uso de raciocínios dedutivos.

Como vimos, Hume valoriza a geração do conhecimento obtido pelo senso comum, visto que este é baseado no hábito, um princípio não redutível à razão. Como

um empirista, o filósofo defende a produção do conhecimento proveniente da subjetividade da percepção da experiência.

5.9 A posição de Popper

Popper dedicou parte de sua obra filosófica a dois problemas fundamentais para a epistemologia: o problema da indução e o problema da demarcação na tentativa de traçar uma linha clara que separasse a ciência da pseudo-ciência. Tentou resolver esses dois problemas propondo o falsificacionismo, refutando o argumento frequentemente utilizado de que as inferências utilizadas pela ciência são indutivas. Esta fase de Popper representa um postura extremamente lógica num contexto de justificativas.

5.9.1 O método do racionalismo crítico de Popper

Popper (1972) avaliava a história da ciência como uma sequência de conjecturas e refutações que ocorreram de forma iterativa. Para ele, o progresso científico se dava a partir do momento em que as interpretações científicas eram continuamente expostas à falseabilidade. O filósofo deu início à sua teoria do falsificacionismo a partir do contexto histórico em que vivia. Impactado por uma época de grandes avanços da ciência promovidos pelas teorias de Einstein, começou a desenvolver critérios de demarcação para distinguir ciência de pseudo ciência, através da comparação dos achados da física com os achados da psicanálise de Freud, da psicologia de Adler ou da teoria da história de Marx. O que despertou seu interesse foi o rigor preditivo com o qual as teorias de Einstein eram discutidas pela comunidade científica e as respectivas comprovações, como a feita pela observação de um eclipse, por Eddington, em 1919, quando comparadas com as suposições auxiliares que explicavam sem comprovação as teorias de Marx, Freud ou Adler. Einstein, mesmo ciente de que eventuais fracassos nos resultados dos experimentos sobre a teoria da relatividade poderiam destruir a estrutura teórica por ele idealizada, foi um incansável fomentador dos testes que corroborassem sua teoria ou gerassem falhas, o que lhe traria novas possibilidades de avanços dentro de um processo cognitivo para expansão do conhecimento. Einstein sabia que só podemos aprender a partir do erro, nunca poupando esforços para fazer novas tentativas com o objetivo

de encontrar novos erros e eliminá-los, porém tinha convicção de encontrar uma teoria universal e verdadeira.

Segundo Popper (1972), quanto mais arrojadas as previsões de uma teoria, maior a possibilidade de refutá-la e maior o seu grau de testabilidade. Desta forma, o status científico de uma teoria seria sua capacidade de ser refutada ou testada.

Outra maneira de abordar o problema da demarcação foi desenvolvida na década de 30 pelos filósofos que compunham o Círculo de Viena. Losee (2000) analisa o empirismo lógico, ou positivismo lógico, ou neopositivismo do Círculo, baseado no formalismo da lógica, que tentou eliminar a metafísica da ciência pelo fato de a primeira enunciar asserções desprovidas de significado empírico. De acordo com Scruton (1983), os filósofos desse Círculo, fortemente influenciados pelas ideias de Kant, acreditavam que todas as verdades a priori eram analíticas. Estava estabelecido o verificacionismo, também combatido por Popper, por se tratar de um critério demasiadamente exigente. Entretanto, o falsificacionismo de Popper também se mostrou insuficiente, por excluir os enunciados de proposições que não podem ser falsificadas. Com base em uma hipótese inicial ou conjectura, teremos que ter o suporte de um quadro de referências, ou seja, uma teoria, e, só então, partimos para a observação direcionada no espaço onde o problema ocorre. Ele rejeitava a observação neutra.

Popper (1972), para quem os cientistas deveriam apenas usar o raciocínio dedutivo na busca de justificção de suas teorias, escolheu o caminho de falsificá-las, ao invés de prová-las. Seu insucesso, entretanto, se deve ao fato de que cientistas querem provar as falsidades das teorias concorrentes e não das teorias decorrentes da estrutura em que estão inseridos (Kuhn, 2011).

Um exemplo de refutação de grande êxito pode ser creditado ao químico Lavoisier, não convencido da teoria do flogisto de Stahl, desenvolvida em 1723, segundo a qual os corpos em combustão possuíam a matéria que ele batizou de flogisto, liberada para a atmosfera e absorvida pelas plantas durante a combustão de materiais orgânicos ou durante a oxidação de metais. Até então, a teoria em vigor era a de Platão, segundo a qual a combustão tinha um princípio ativo comum a todos materiais. Ela era aceita pela comunidade científica na época por explicar a perda de massa e a necessidade de ar para a combustão devido ao fato de absorver o flogisto e outros fenômenos químicos (Popper, 1972). Essa teoria perdurou até o final do século XVIII, quando foi refutada por Lavoisier, ao perceber que havia ganho de peso

na oxidação de metais. Ele só conseguiu derrubar essa teoria, porém, com a descoberta acidental do oxigênio como um componente do ar, feita por Priestley em 1774. O nome oxigênio foi batizado por Lavoisier, depois de muitos experimentos, em 1789.

Por outro lado, um exemplo que contradiz o falsificacionismo de Popper foi o trabalho de observação da órbita de Urano, feito por dois cientistas em 1846, Adam e Leverrier, que, trabalhando independentemente, sugeriram haver um novo planeta afetando sua órbita teoricamente previsível, de acordo com as leis de Newton. A partir de uma aparente anomalia das previsões dessas leis eles chegaram à descoberta de um novo planeta, Netuno. Se tivessem seguido a proposta de Popper a teoria de Newton teria sido refutada. Esta constatação foi feita por Kuhn (2011), que explica que os cientistas não abandonam as teorias que compõem o paradigma em que vivem; pelo contrário, tentam defendê-las de todas as formas possíveis para eliminar os conflitos que surgem.

5.10 A posição de Kuhn

A abordagem de Kuhn (2011) questionou o indutivismo e o falsificacionismo ao perceber que não tinham uma tecitura conceitual ao alcance de explicar a evolução do pensamento científico. Kuhn (2011) produziu um novo ponto de vista acerca do progresso científico, no limiar de uma tensão essencial entre a ciência normal e a revolucionaria. Nos períodos de ciência normal, os cientistas se dedicam ao aprofundamento dos conceitos estabelecidos pelo paradigma. Sua definição inicial de paradigma era um composto de suposições teóricas gerais, que abarca leis e técnicas aceitas por uma comunidade científica específica, que trabalha no que ele denominou de ciência normal. Neste paradigma, os cientistas defenderão as teorias frente às anomalias encontradas e farão complementos *ad hoc* para resguardarem o sistema em que estão inseridos. A dificuldade nesta configuração é que assuntos inovadores acabam sendo deixados de lado, pois os próprios cientistas tentam evitá-los para não questionarem o *status quo* da classe e se submeterem ao escrutínio e questionamento de suas ideias. Um dos aspectos importantes apontados por Kuhn é que a ciência normal é uma atividade de resolução de problemas baseada no conhecimento vigente do paradigma, que, no entanto, reprime as ideias inovadoras.

O que Kuhn (2011) denominou de estado de crise se instaura quando as anomalias não podem mais ser explicadas pelo paradigma atual e este deve ser substituído, fato que caracterizaria uma revolução científica. Esta surge na emergência da incomensurabilidade, ou seja, quando surgem novos paradigmas, mas é nesta fase que ocorre uma profunda ampliação do conhecimento.

A perspectiva kuhniana compreende quatro fases pelas quais uma área de pesquisa deve passar: pré-ciência, ciência normal, crise e revolução. A pré-ciência se caracteriza pela existência de vários paradigmas rivais, sem uma regulamentação dos princípios metodológicos ou um padrão para as regras de atuação. Trata-se de um período de falta de fenômenos a serem investigados, o que provoca uma dificuldade na aceitação coletiva sobre a relevância da experimentação científica. É uma fase política, na qual o cientista passa parte do tempo na argumentação e justificação de seus métodos. Essa desagregação da comunidade científica provocada pela falta do consenso em uma área de pesquisa com muitos paradigmas alternativos gera uma fricção pouco produtiva de resultados e de progresso científico. Perde-se a importante dimensão da interdependência sinérgica pela desorganização e falta de clareza dos objetivos gerais. Kuhn (2011) dedica uma atenção especial nos fatores psicológicos do indivíduo pesquisador, tais como as crenças, intuições, esperanças, emoções envolvidas nessa insegurança coletiva.

As escolas características dos primeiros estágios do desenvolvimento de uma ciência criam essa situação. Nenhuma história natural pode ser interpretada na ausência de pelo menos algum corpo implícito de crenças metodológicas e teorias interligadas que permita seleção, avaliação e crítica.....Não é de admirar que nos primeiros estágios do desenvolvimento de qualquer ciência, homens diferentes confrontados com a mesma gama de fenômenos- mas em geral não com os mesmos fenômenos particulares - os descrevam e interpretem de maneiras diversas. (p. 37)

Há muitas disputas de vários paradigmas, disputas estas decorrentes de uma falta de organização, falta de metodologia e falta de um conjunto de problemas a serem resolvidos. Cada cientista ou grupo de cientistas exerce pressão na comunidade para ter sua perspectiva vencedora. Até que finalmente um paradigma se torna dominante.

Os paradigmas definidos por Kuhn podem ser interpretados (ALVES, 2003) utilizando a analogia dos modelos, produtos mentais elaborados a partir de conceitos e que serão utilizados por uma comunidade científica. Estes modelos hipotéticos e

provisórios são construções da imaginação provocadas por dados que apresentam problemas. Para Alves, a capacidade de adaptação é uma capacidade intelectual que temos de aprender soluções novas para problemas novos inventando e operando novos modelos que simulam o que deverá ocorrer sob certas condições. A matemática é um dos artifícios intelectuais usados pelos cientistas como um modelo que permite a manipulação de objetos sem a utilização de analogias visuais. Como temos dificuldade de acessar a realidade, principalmente das coisas que não são visíveis, a construção de um modelo nos possibilita efetuarmos simulações sobre como seria essa realidade.

O paradigma é um arcabouço teórico e experimental constituído por teorias, métodos e normas de procedimento que coloca objetivos claros com relação aos problemas a serem resolvidos (KUHN, 2011). Neste momento, estão reunidas as condições de contorno para o estabelecimento da ciência normal, que se caracteriza como um fenômeno social, no qual os seus participantes compartilham crenças e visões de mundo. Além da resolução dos problemas teóricos da ciência normal, há espaço para a resolução dos quebra cabeças, tipos singulares de problemas desafiadores e motivacionais que requerem habilidades especiais por parte do pesquisador.

Nesta fase, ocorre o aprofundamento, ampliação e aprimoramento do conhecimento de forma cumulativa e envolve aspectos psicológicos do pesquisador.

O que incita ao trabalho é a convicção de que, se for suficientemente habilidoso, conseguirá solucionar um quebra-cabeça que ninguém até então resolveu ou, pelo menos, não resolveu tão bem. Muitos dos grandes espíritos científicos dedicaram toda sua atenção profissional a complexos problemas dessa natureza. (KUHN, 2011 p. 61)

Porém, a ciência normal que tem seu paradigma estabelecido não se preocupa muito com as grandes novidades ou inovações. Caso algum problema não possa ser resolvido, ou não se enquadre nos ditames do paradigma, a atribuição recairá sobre o experimento ou sobre o experimentador. E assim, tudo segue dentro de uma estabilidade e da previsibilidade esperada.

Essa evolução natural segue seu rumo até que alguns fenômenos observados e não resolvidos começam a ter uma recorrência mais frequente e não se enquadram dentro dos limites do paradigma. Começa o que Kuhn (2011) define como anomalias, fatos que causam desconforto e perplexidade, pois violam as expectativas vigentes.

As anomalias, por sua vez, funcionam como gatilhos para novas descobertas, fato que, além de instigante, pode promover o fortalecimento e consolidação do grupo de pesquisadores em torno da defesa do paradigma. Entretanto, no caso de a anomalia persistir, uma crise pode se instalar, levando insegurança profissional e descrença aos praticantes da ciência. Neste ponto, reúnem-se as condições para o surgimento de novas alternativas, que disparam fatores psicológicos nos pesquisadores, levando-os a se afastarem do paradigma e surge, então, a crise.

Essa consciência da anomalia inaugura um período no qual as categorias conceituais são adaptadas até que o que inicialmente era considerado anômalo se converta no previsto. Nesse momento completa-se a descoberta. Já insisti anteriormente sobre o fato de que esse processo (ou um muito semelhante) intervém na emergência de todas as novidades científicas fundamentais. Gostaria agora de assinalar que, reconhecendo esse processo, podemos facilmente começar a perceber por que a ciência normal - um empreendimento não dirigido para as novidades e que a princípio tende a suprimi-las - pode, não obstante, ser tão eficaz para provocá-las. (KUHN, 2011, p. 91)

Entretanto, os modelos que construímos e que nos possibilitam responder perguntas e resolver problemas entram em colapso de tempos em tempos, o que caracteriza a transitoriedade do nosso conhecimento, ou, como Popper (1972) pondera, o nosso conhecimento é conjectural. Quando temos que mudar nosso modelo, contrário ao senso comum, não precisamos inventar algo disruptivo ou novo. Diante de anomalias com as quais uma teoria não consegue mais lidar, cabe ao cientista reorganizar os materiais existentes sob uma nova forma, gerando um novo modelo. Exemplo do que fez Copérnico quando propôs um novo modelo para o sistema solar, a partir das mesmas entidades existentes. Um simples rearranjo das peças que compunham o quebra-cabeças solucionou anomalias que não resolviam mais os problemas. A proposta desse novo modelo vem a corroborar a importância que o estudo do movimento desempenhou para o avanço do pensamento científico (ALVES, 2003)

A crise incuba a revolução científica, é o lócus de um novo paradigma, capaz de reacender as abaladas esperanças dos pesquisadores do antigo e ineficiente paradigma. As revoluções científicas, nome definido por Kuhn para mudanças de paradigmas, são caracterizadas como episódios de desenvolvimento não cumulativo, ocorrendo a ruptura e incomensurabilidade entre os paradigmas. Kuhn (2011) usa a metáfora do surgimento das revoluções políticas para explicar o sentimento crescente envolvido na comunidade científica no limiar de uma revolução científica.

Kuhn explica que, ao examinarmos a história da ciência, as revoluções científicas levam os pesquisadores a reagirem ao mundo de forma diferente, pois os força a mudar de ponto de vista e de perspectiva, fato que requer uma reeducação do seu olhar. Como ilustra Kuhn (2011, p. 150), “[...] O que um homem vê depende daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver”.

A incomensurabilidade de tradições científicas normais, pré e pós-revolucionárias (KUHN, 2011) se caracteriza pelo fato de que seus proponentes de paradigmas concorrentes encontram concordância a respeito dos problemas a serem resolvidos. Outro fato é que os novos paradigmas surgem a partir dos antigos e com ele incorporam grande parte do vocabulário conceitual, entretanto, com o estabelecimento de novas relações entre si. O terceiro aspecto que Kuhn ressalta é que os pesquisadores dos diferentes paradigmas praticam seus ofícios em mundos diferentes, fato que os leva a ter visões ou percepções diferentes para um mesmo objeto do mundo que não mudou *per se*. O que muda são as relações visualizadas. A soma destes fatos torna a mudança de paradigma revolucionária. Tais resistências relativas a mudanças de paradigma ocorrem por conta do lado humano dos cientistas, e, quando o argumento científico envolve persuasão e não prova, não há uma técnica simples a ser aplicada.

O novo candidato a paradigma, que virá a substituir seu antecessor, deve ser uma nova interpretação da Natureza, seja ela uma descoberta ou uma teoria, que aparece primeiramente na mente de alguns pesquisadores que conseguem ver o mundo de maneira diferente. Instala-se, então, um estado de crise que abrirá espaço e poderá ser o embrião de uma nova concepção. Kuhn propõe que a verificação de paradigmas concorrentes seja análoga à seleção natural proposta por Darwin, a partir da qual o mais viável prosperará. Finalmente, os debates se intensificarão e poderão levar anos ou só chegarão ao final com a morte ou substituição dos seus oponentes. O que está em jogo no debate entre paradigmas deixa de ser a habilidade de resolução de problemas e passa a ser um ato de fé, que não precisa ser nem racional nem correto, na capacidade do novo paradigma resolver os futuros problemas. Não há nada de misticismo nesta abordagem de Kuhn, apenas a necessidade de amealhar alguns cientistas aliados que ajudarão na criação de argumentos a seu favor.

5.11 Conclusão do capítulo 5

Neste capítulo, analisamos alguns exemplos da evolução lenta e gradual do pensamento científico, assim como momentos disruptivos que trouxeram consigo uma grande expansão do conhecimento. As novas ideias têm muita dificuldade para serem aceitas pela comunidade científica e pela opinião pública, de uma maneira geral.

Desde os primórdios do pensamento humano, a mudança é um fenômeno complicado de ser explicado e despertou muita especulação desde os pré-socráticos. As narrativas históricas deste capítulo nos mostraram o fascínio que a explicação do movimento dos corpos exerceu sobre a ciência, motivo de estudos e de tentativas de esclarecimento desde os pré-socráticos, passando por Aristóteles, Copérnico, Tycho, Galileu, Kepler, Newton, Einstein. Sempre foi muito intrigante para os homens olharem para os céus e tentarem, a partir da Terra, explicar o movimento dos corpos celestes ou mesmo as trajetórias dos objetos na superfície terrestre. Para Aristoteles o movimento era uma passagem da potência para o ato causado por uma causa eficiente, para Copérnico foi uma mudança radical de ponto de vista, Galileu desenvolveu a cinemática dos corpos, Newton a dinâmica dos corpos até chegarmos a Einstein que desenvolveu a teoria da relatividade.

Dennett (1995) compara duas grandes revoluções científicas, a copernicana e a darwiniana, afirmando que, ao contrário da primeira, que não chamou tanto a atenção das pessoas até os detalhes científicos serem amplamente esclarecidos, a segunda teve, desde o início, espectadores e torcedores leigos julgando e tomando partido.

Kuhn e Popper mostraram a dificuldade de resolução de problemas que os cientistas têm, pois fazem de tudo para proteger o status quo que ocupam. Este fator, por vezes, é um dos empecilhos para a expansão do conhecimento.

Diferentes métodos usados na ciência se mostraram muito eficientes para ajudar as pessoas a superarem fases de incerteza e ambiguidade, seja com experimentos práticos, seja com a dúvida sistemática, seja com o questionamento da validade dos conhecimentos aceitos ou na demarcação entre o que é ciência e não ciência.

Aparentemente precisamos construir modelos simplificados para explicarmos o mundo e para gerarmos conhecimentos novos. Como outros campos do saber, a

ciência, para gerar novas ideias, tenta colocar seu olhar em outros contextos que ajudem o cientista a explicar o problema que está tentando resolver. Galileu, quando começou suas observações astronômicas, fez uma associação com a lua para definir os satélites de Júpiter, batizando os 4 satélites que identificou como as luas de Júpiter. Darwin usou a analogia da árvore da vida para conseguir tangibilizar e simplificar sua teoria. Outra analogia que Darwin utilizou para provar sua teoria foi a seleção artificial, face à dificuldade de vivenciar a seleção natural. Isto reforça a necessidade que temos de sempre aprimorar a comunicação para poder explicar novos conceitos.

Nossa evolução cultural passou de um período inicial de contemplação com uma postura passiva até chegarmos na Revolução Científica, ponto de inflexão no qual passamos para a ação. A partir desse ponto, muitos novos métodos científicos que tinham como eixo central o protagonismo atuante de seus proponentes surgiram. Desde então não há consenso sobre um único método, o que é muito bom, pois nos possibilita ter perspectivas muito distintas sobre um mesmo problema a ser resolvido.

As evidências mostram que estes filósofos e cientistas apresentaram uma intensa curiosidade, persistência, muita coragem e determinação para se aventurarem e afrontarem conhecimentos solidamente aceitos.

Chegamos a um nível de evolução cultural no qual o volume de conhecimento e de informações está nos conduzindo a um novo ponto de inflexão. A complexidade dos problemas que temos e teremos que resolver necessita de novos métodos e novas maneiras de percebermos a realidade, assim como de diferentes perspectivas sobre o mesmo problema.

Alves (2003), acredita que não existem grandes descobertas na ciência, mas uma reorganização de dados e fatos da realidade, que estão à disposição de todos. As entidades, modelos que construímos baseados em conceitos, precisam de uma nova organização ou uma nova elaboração, tal qual o fizeram Copérnico, Kepler, Newton e Darwin quando propuseram novas perspectivas ao elaborarem novas construções da imaginação de cada um deles.

A ciência tem como característica usar métodos para investigar o mundo, como o uso de experimentos, elaborados, inicialmente, por Galileu e, a partir da análise dos dados, elaborar teorias gerais. Kepler, com a descoberta das órbitas elípticas e não circulares dos planetas, conseguiu resolver problemas que se mantinham insolúveis até então. Descartes afirmava que o mundo físico consiste de partículas inertes de matéria interagindo e colidindo umas com as outras. Newton chegou à lei universal

da gravidade a partir do pressuposto de que o princípio se aplicava a alguns planetas e ao sol, generalizando sua teoria para todos os objetos do universo.

A conclusão a que se chega é que para resolver problemas podemos aprender com algumas práticas que foram muito bem sucedidas na ciência, dando início ao processo com uma postura de dúvida sistemática para evitar que qualquer pré conceito ou viés possa contaminar o processo, como sugerido por Descartes. Desta maneira, reduzimos a influência das opiniões ou do senso comum, a diferenciação que Platão fazia entre epistême e doxa. Com isto é necessário fazer previamente uma extensa pesquisa sobre o problema a ser resolvido, pois o conhecimento relevante e científico sobre o assunto aumenta as chances de desenvolvermos melhores alternativas de soluções. Ainda em Descartes, o ato de fragmentar um grande problema complexo em pequenos problemas para serem devidamente analisados e posteriormente rearranjados também fortalece a confiança com relação a futuras soluções.

De forma semelhante, devemos ter a postura de Galileu, com uma visão de ciência prática, e elaborar experimentos que possam comprovar as hipóteses de solução e, desta forma, buscar as essências da nossa espécie, que já tinha esta prática milhares de anos atrás ao manufaturar as primeiras ferramentas. Galileu tornou as suas explicações compreensíveis ao prová-las com numerosos e variados experimentos de fácil realização. Isto consolidou um importante marco evolutivo cultural, pois encurtou o tempo das múltiplas tentativas e eliminação de erros. Podemos, assim, assumir o experimento como a criação de uma chave que abre duas portas, uma certa e outra errada, de forma análoga ao algoritmo evolutivo da natureza.

Galileu representou a mudança da postura passiva e contemplativa na obtenção de conhecimento para a postura ativa, introduzindo o conceito de ciência útil. Os experimentos já eram feitos há muito tempo, como por exemplo com Arquimedes, grande cientista e inventor da antiguidade. A grande novidade é que Galileu sistematizou os aspectos práticos e experimentais das teorias. Ele fez uso científico de instrumentos de observação que viabilizaram experimentos e ampliaram nossas capacidades sensoriais. Este fato potencializou o conhecimento de senso comum obtido pela percepção, permitindo que pudéssemos construir e expandir o conhecimento combatendo o dogmatismo e a autoridade pela comprovação de resultados e eliminação das falhas.

6A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM SISTEMAS SÓCIO-NEURAIIS COMPLEXOS

O roteiro deste capítulo terá início com Popper, cujo pensamento apresentarei em duas fases. Sua fase inicial que o caracterizava como um filósofo com extrema objetividade racionalista, que se interessava pelo contexto da justificação, em que faremos uma passagem do método científico de tentativa e erro para o método similar utilizado pela Natureza. Em seguida, abordaremos a fase final de sua vida, na qual desenvolveu uma epistemologia evolutiva, muito distinta da anterior.

Em seguida, será apresentada a biologia cognitiva de Maturana, em muitos aspectos alinhada com a última fase de Popper, aportando uma visão sistêmica ao processo de cognição e ao fenômeno social. Finalizaremos o capítulo com a teoria do cérebro social de Dunbar.

Iniciamos este trabalho analisando a Natureza, levantamos conjecturas sobre a origem da vida, a evolução por seleção natural e o surgimento da mente no ser humano. A partir da intencionalidade, revisamos a história da ciência e como a civilização humana evoluiu culturalmente resolvendo problemas complexos.

Retornaremos, neste capítulo, com uma abordagem de biologia evolutiva para entendermos como funciona a dinâmica de aprendizagem e da solução de problemas em contextos sociais.

6.1 Popper e o método de tentativa e erro

Segundo Popper (1999), tanto as ciências sociais e naturais, quanto o senso comum resolvem problemas da mesma maneira, usando o método de tentativa e erro, a partir da formulação de um problema. A semelhança entre a maneira com que a natureza resolve os seus problemas, seja em organismos simples, como a ameba, ou organismos de constituição mais complexa, como o ser humano, se baseia no fato de que os organismos mais complexos podem aprender pela tentativa e erro. Ele apresenta de forma análoga um processo de aprendizagem para a ciência muito similar ao que havia sido proposto no capítulo anterior:

1. O ponto inicial é sempre um problema ou uma situação problema
2. Seguem-se diversas tentativas de soluções, que consistem de teorias, hipóteses ou conjecturas frequentemente erradas.

3. Os cientistas aprendem, da mesma forma que na Natureza, pela eliminação de erros, o que leva à eliminação de falsas teorias.

Neste ponto, Popper (1999) levanta a seguinte pergunta: se o método é o mesmo, o que distingue uma ameba de um grande cientista como Newton ou Einstein? A resposta que ele nos traz é que, na ciência, há intencionalidade, pois no estágio 3 atuamos de forma crítica consciente e ativa, fato que explica o rápido avanço da ciência em relação ao processo evolutivo. A ciência pressupõe uma linguagem humana discursiva, com a qual é possível construir argumentos que podem ser objetivamente apresentados de forma a se tornarem objetos de investigação. A externalização de uma teoria mostra uma clara diferença entre um pensamento puramente subjetivo ou privado e o mesmo pensamento quando tem que ser colocado para escrutínio e testes experimentais.

Esta conduta nos leva a dois tipos de conhecimento, subjetivo e objetivo. A ciência, como um produto da mente humana, é objetiva quando tem seu conteúdo lógico de proposição colocado para ser discutido de forma crítica. A novidade do método científico e de sua abordagem é que somos ativamente envolvidos na eliminação ao submeter as teorias às críticas, ou seja, a diferença entre conhecimento científico e pseudo conhecimento é a falseabilidade provocada (POPPER, 1999).

A ciência é um empreendimento coletivo que envolve relações sociais, pois congrega pessoas a favor e contra a teoria durante as dinâmicas relacionadas às discussões científicas e racionais. Entretanto, muitas vezes o cientista pode defender exaustivamente sua teoria, o que Popper (1999) chama de soluções *ad hoc*, fato que dificulta o avanço do conhecimento.

O ponto mais alto da discussão é o aprendizado que se amalha como resultado da falsificação, pois entendemos as causas mais profundas envolvidas. Nessa iteração, surge um novo problema com mais foco que o anteriormente formulado.

Diante desse re-enunciado do problema, Popper propõe um quarto estágio para o método científico:

1. Problema inicial
2. Formação de hipóteses
3. Tentativa de eliminação através de discussão crítica e testes experimentais
4. Novos problemas que florescem a partir da discussão crítica

A abordagem deste modelo é sistêmica, não linear, pois permite que o cientista comece em qualquer um dos quatro estágios.

Um dos objetivos da ciência é a criação de teorias que expliquem fenômenos de forma satisfatória ou a partir do colapso de teorias vigentes. Esse aspecto cíclico e iterativo da ciência demonstra seu caráter dinâmico e infundável, ou seja, um fenômeno para ser entendido é um desenvolvimento permanente, nunca definitivo ou pétreo. Aqui reside uma diferença importante entre as teorias científicas empíricas e as outras, pois os resultados podem ser refinados ou abandonados a partir dos resultados de testes experimentais (POPPER, 1999).

Esta ideia que o filósofo apresenta sobre as teorias da ciência como aproximações da realidade é atraente, pois define a ciência como um sistema de produtos da intencionalidade das ideias humanas sujeitas a falhas quando submetidas a testes em relação à realidade. Popper, com sua postura lógica, cita 3 valores importantes, que regulam as discussões entre teorias competidoras: primeiro, a ideia da verdade nos leva a eliminar falsas teorias; segundo, quanto mais elaborado e arriscado o conteúdo lógico e empírico de uma teoria, maior a facilidade de falseá-lo; por último, a verdade de uma teoria e sua aproximação da verdade pressupõem um visãõ mais realista do mundo.

Nosso acesso à realidade (GLEISER, 2014) é muito restrito. Mesmo quando aumentamos nossa percepção sensorial com modernos aparelhos, como os telescópios, microscópios e demais instrumentos de exploração, nosso alcance é ainda muito limitado e temos acesso a uma pequena fração da realidade. Para Popper, a realidade é problemática para todos nós, e é por este motivo que estamos constantemente enviando sinais ao meio ambiente para constatarmos que não estamos sonhando e que vivemos em um mundo real. Quando nos enganamos com algo que vemos é porque nossas percepções estão parcialmente dominadas pelas nossas expectativas e interesses momentâneos. Estamos, dessa forma, constantemente ativos e procurando por coisas, como qualquer outro organismo vivo, seja ele um morcego ou um besouro, checando em todas as direções. Encontramos o caminho usando nossos sentidos e estamos frequentemente checando, com nossos órgãos, a realidade à nossa volta. Testamos tudo o tempo todo, usando o método da tentativa e erro, da mesma forma que faziam os animais e as plantas mais primitivos. Este é o cerne do método empírico de tentativa e erro. Em resumo, do ponto de vista biológico o conhecimento animal ou humano consiste de expectativas

inconscientes ou potenciais. Popper (1999) acredita, de forma exageradamente alta, que 99% do conhecimento seja biologicamente inato.

But I would argue that our knowledge is 99 per cent, or let us say 99.9 per cent, biologically innate. The rest is a modification, a revolutionary overturning of some previous knowledge, just as that knowledge was itself once a revolutionary overturning of something that went before. But in the end all knowledge goes back to innate knowledge and to its modification. (p. 53)

O pouco que resta é produto de uma modificação do nosso conhecimento prévio. O filósofo é categórico ao afirmar que não existe o conhecimento certo, mas apenas o conhecimento conjectural.

Nossa tarefa como seres humanos, de acordo com Popper (1999), é procurar pela verdade absoluta e objetiva. Como não a possuímos, estamos frequentemente procurando uma aproximação a esta. Se a verdade fosse absoluta e objetiva, não seria possível errarmos. Essa constante busca se traduz em inventarmos a priori nossas teorias, nossas generalizações e, inclusive, nossas percepções, que, por sua vez, não passam de uma conjectura, ou seja, a interpretação do que vemos; e, pelo fato de ser uma interpretação, trata-se de uma hipótese. Comparamos continuamente essas hipóteses ou conjecturas com a realidade, para, desta forma, dela nos aproximarmos. Popper, da mesma forma que Darwin que relatou diversas vezes em seu livro “A Origem da Vida”, acredita que infelizmente sabemos muito pouco de tudo ou quase nada de nada, e, mesmo assim, ficamos surpresos quando nossas expectativas inconscientes são frustradas. Apesar de toda esta incerteza de caráter hipotético, entretanto, muito do nosso conhecimento será verdade objetiva, ou seja, corresponderá aos fatos objetivos, caso contrário, não teríamos sobrevivido como espécie.

Devemos distinguir claramente entre a verdade de uma expectativa e sua certeza, ou seja, a ideia da verdade e a ideia da certeza. As verdades certas podem ser exemplificadas como aquelas que são matematicamente demonstráveis. O que ocorre é que há muita verdade em nosso conhecimento, porém pouca certeza, e, por este motivo, devemos abordar nossas hipóteses criticamente e testá-las incansavelmente.

There is much truth in much of our knowledge, but little certainty. We must approach our hypotheses critically; we must test them as severely as we can, in order to find out whether they cannot be shown to be false after all....Truth is objective: it is correspondence to the facts. (POPPER, 1999, p. 60)

Temos que ser muito cautelosos para não sermos dogmáticos quanto à certeza de nosso conhecimento. Neste sentido, podemos ter um forte sentimento de verdade e de convicção, sem perdermos de vista o fato de que temos um conhecimento insuficiente.

Popper (1999) sustenta que todos os organismos vivos são guiados por leis de regularidades que geram expectativas em relação às mudanças no meio, e isto se aplica também aos seres humanos. Ele foi muito crítico de uma teoria que afirmava que a ciência tinha início a partir de nossa percepção ou do nosso senso de observação, pois, sem um problema, não há observação. Essa antiga teoria da indução era dependente do conceito de senso comum, ou seja, que todo o nosso conhecimento do mundo externo é inteiramente derivado das nossas impressões sensoriais. Entretanto, sob a lente da epistemologia, o conhecimento de senso comum não é confiável. Do ponto de vista evolutivo, os nossos sentidos são ferramentas que surgiram para resolver problemas biológicos. A ciência, produto da mente humana, tem início com a invenção de um método crítico não dogmático, visto que pressupõe uma linguagem humana descritiva e objetiva para discussão pública e testes experimentais.

6.2 Popper e a epistemologia evolutiva

Popper, nesta fase, acredita que o empreendimento científico seja um fenômeno biológico. A ciência surge a partir do conhecimento pré-científico, que é uma continuação do conhecimento de senso comum, que, por sua vez, tem origem no conhecimento animal.

Popper (1999) foi um filósofo que manteve uma posição epistemológica polêmica, pois acreditava que nascemos equipados com um alta carga de conhecimento. Uma análise sob a ótica da biologia evolutiva, especialmente nos primórdios da evolução, nos possibilita verificar o fato de que a vida é basicamente um processo químico. O filósofo afirma que Heráclito já havia percebido esse fenômeno há 500 a.C., quando utilizou a metáfora do fogo, ou seja, a vida é um complexo processo químico de oxidação. Não passamos de chamas, ou, de forma mais prosaica, somos como as células, um conjunto de processos de metabolismo, uma rede de processos químicos, ou um emaranhado de caminhos químicos altamente ativos (POPPER, 1999).

Wächterhäuser reforçou a hipótese epistemológica evolutiva da fase final da vida de Popper (1999) ao produzir uma teoria bioquímica adicional para explicar a formação dos primeiros órgãos sensíveis à luz, que foram os predecessores evolutivos dos olhos. O químico afirmou que algum microorganismo unicelular do fundo do oceano escuro deve ter desenvolvido um método eletroquímico para transformar luz solar em energia química, de forma a utilizar a luz solar como um alimento. Esta invenção era perigosa, visto que o excesso de raios ultravioletas da luz solar poderia matar o organismo. Surgem, com esta invenção, diversos problemas a serem resolvidos pelo organismo.

Primeiramente, descobrir onde a luz solar estaria, informação que direcionaria essa bactéria ao seu encontro. A solução deste problema surge com a formação de um órgão sensitivo com a função dos olhos. Este órgão sensitivo teria uma ligação química com algum mecanismo de locomoção para promover a fuga, que resolverá o segundo problema, ligado ao perigo, quando a exposição aos raios ultravioletas é excessiva. A evolução dos olhos se deu a partir de um mecanismo de alimentação da célula e dos mecanismos de evasão do perigo. Esta antecipação ao perigo requer um conhecimento prévio a respeito do meio e de suas futuras possibilidades.

Esta solução totalmente casual e acidental de uma bactéria que usou a luz solar como fonte de alimentação pode explicar a introdução do oxigênio na atmosfera, que produziu a maior revolução na história do meio ambiente, viabilizando o redirecionamento da evolução da vida. Podemos inferir, então, que esta solução resultou de uma tendência geral dos organismos de explorar seus ambientes, e que essa exploração levou estas bactérias a emergirem para as camadas mais superficiais do oceano; algumas foram eliminadas pela luz solar e outras, ao longo de muito tempo, conseguiram se adaptar através de mutações que equiparam quimicamente o organismo e permitiram sua sobrevivência, possibilitando uma rica superfície de alimentação do oceano que beneficiou seus descendentes.

Na natureza, de acordo com Popper (1999), os problemas são provocados por mudanças nas condições de contorno do meio ambiente ou por mudanças na estrutura interna de um organismo. As espécies sobrevivem se resolverem os problemas mudando as suas estruturas genéticas. Portanto, a mudança é um dos fatores que gera problemas que precisam ser resolvidos pela natureza. Popper (1999) apoiou a teoria do surgimento da vida de Wachterhauser que vimos no capítulo três, pois ela se alinha complementarmente à sua tese mais recente, das expectativas ou

antecipações dos organismos, fato que ele designou como conhecimento biológico a priori. Esta sua posição é muito combatida pela maioria dos epistemólogos que defendem a aquisição do conhecimento pela percepção, que, para Popper, são apenas utilizadas para monitoramento e registro momentâneo dos arredores em que o organismo se encontra. Ele acredita que o conhecimento perceptivo, que é momentâneo, seja guiado pelas nossas metas, desejos e intenções, de tal forma que estas podem nos enganar com algo que vemos com nossos olhos e interpretamos, pois estão dominadas pelas expectativas e interesses daquele momento. Do ponto de vista biológico, o conhecimento de qualquer organismo, animal e humano, consiste de expectativas inconscientes e pode ser resumido como conhecimento conjectural.

Popper (1999) acredita que haja uma determinação genética inata no comportamento dos organismos animais e vegetais, que mostra serem eles guiados por leis de regularidades ou leis da natureza. Estas regularidades criam expectativas nos organismos, que, diante de problemas, devem efetuar testes de movimentos para solucioná-los. O filósofo propõe um modelo de 3 estágios, muito similar ao método científico já descrito, utilizado pelos organismos:

1. O problema, a partir da ocorrência de um distúrbio
2. Os esforços para solucioná-lo, que, se derem certo, criarão uma nova expectativa
3. A eliminação das soluções que falharam

No estágio 2 do modelo proposto, é necessário que haja muitas tentativas para solucionar o problema. A espécie ou o organismo da espécie sobrevive se conseguir alterar a sua estrutura genética. O aparato genético é alterado ou uma mutação ocorre repetidas vezes. Porém, a maioria das mutações são falhas e acabam por extinguir o organismo, e, por isso, é fundamental o pluralismo neste estágio.

Desde as mais primitivas formas de vida, desde as primeiras células, a adaptação é a grande solução encontrada pelas criaturas vivas. Elas se adaptam ao meio e vão aprimorando sua adaptação.

Para exemplificar e construir sua teoria, Popper propõe um experimento mental e nos convida a imaginar se pudéssemos criar vida dentro de um tubo de ensaio, a partir de um ou vários genes. Dificilmente essa vida sobreviveria, pois ela não estaria adaptada ao tubo de ensaio, já que se trata de um meio extremamente pobre para que a vida possa florescer. Poderíamos melhorar as condições de contorno e colocaríamos um equipamento auxiliar especial, que interagiria de forma recíproca com a vida e colocaríamos vários adendos periféricos ao meio, no caso o tubo de

ensaio, para dar suporte à vida. O ponto do experimento é que o simples fato de gerar vida não resolve o problema. Popper (1999) suspeita que a vida deve ter sido gerada milhares de vezes até que essa reciprocidade e interação entre o meio ambiente e a vida chegasse às condições ideais de geração e manutenção da vida.

Este experimento e estas hipóteses o conectam com o conhecimento, pois, para o filósofo, a adaptação da vida ao meio ambiente é um tipo de conhecimento, sem o qual a vida não sobrevive. Se o meio não é minimamente constante ao longo do tempo, a vida terminará e terá que começar novamente. Desta forma, ele conclui que tanto a vida quanto o conhecimento precisam de estabilidade. A adaptação, portanto, é uma forma de conhecimento a priori e a premissa inicial é que a vida, desde o seu princípio, tem que ter uma antecipação inata sobre as condições do meio ambiente. Não basta apenas haver uma adaptação momentânea ao meio, ela deve ocorrer ao longo de vários períodos de tempo. Concluímos que a vida, desde o início, antecipou o futuro do meio. Isto pode ocorrer numa questão de horas ou de milhares de anos, e, portanto, o conhecimento geral, que pode ser chamado de conhecimento das leis da natureza, vem antes do conhecimento momentâneo ou episódico. Popper reconhece que esta é uma ideia um tanto quanto antropomórfica e, em vez disso, sugere a mesma estratégia utilizada por Darwin, que utilizou a hipótese da homologia. Esta foi uma premissa fundamental para o desenvolvimento da teoria evolutiva que levou Darwin à conjectura que nos remeteu a um ancestral comum de todas as espécies. O que pode ser homólogo nos organismos são os seus órgãos, suas funções, seus procedimentos, até seus comportamentos. Por homologia, entende-se a similaridade entre estruturas de diferentes organismos, que remete a uma mesma origem embriológica. A hipótese de Popper sobre a teoria da homologia não é uma simples metáfora para explicar a epistemologia; ele acredita que o conhecimento tácito de qualquer organismo tem a característica de expectativas potenciais, que, quando frustradas, causam surpresa.

Ele estabelece uma diferença entre o conhecimento inconsciente de condições de longo prazo para a adaptação que se dá ao longo da evolução de muitas gerações do organismo em comparação com o conhecimento de curto prazo, que ocorre ao longo da vida do organismo. A habilidade do organismo de responder às mudanças do meio ambiente no curto prazo depende de sua adaptação de longo prazo, ou seja, do conhecimento a priori que determina seu estado de preparação para resolver problemas.

A origem e evolução do conhecimento necessários para a adaptação e, conseqüentemente, à sobrevivência, coincide com o origem e evolução da vida, ambas intimamente ligadas à origem e evolução do planeta terra.

Essa epistemologia evolutiva assume que todo o conhecimento é hipotético e é fundamental para a adaptação de um organismo a um meio parcialmente desconhecido. É o resultado de frequentes sucessos e insucessos, tentativas antecipadas e erros inevitáveis de eliminação. Alguns desses erros, que ingressam na constituição hereditária do organismo, provocam a sua extinção. No entanto, alguns erros escapam e essa é a razão dos organismos serem falíveis, pois a adaptação ao meio nunca é ótima e perfeita. Popper cita o sapo como exemplo dessa imperfeição da adaptação, que é constituído de um conhecimento a priori, na maneira com que ele percebe as moscas. Entretanto, mesmo que elas estejam bem próximas, ele não pode vê-las se elas não se moverem.

Finalmente, a posição de Popper é muito clara ao afirmar que as ciências usam fundamentalmente o mesmo método de tentativa e erro que o senso comum. Ele respeita o senso comum, quase sempre o mais valioso e confiável guia que temos, em quase todas as situações possíveis. Quando se trata de assuntos científicos ou de epistemologia, entretanto, é muito importante termos uma atitude crítica. É certo que nossos órgãos sensitivos nos informam sobre o mundo à nossa volta, sendo indispensáveis para este propósito, assim como para qualquer organismo vivo. Porém, a partir dessas informações não podemos concluir que nosso conhecimento começa com a percepção sensorial. Ao contrário: nossos sentidos, do ponto de vista da teoria da evolução, são ferramentas que se formaram para solucionar certos tipos de problemas biológicos.

6.3 A posição de Maturana

Maturana traz uma abordagem epistemológica da biologia da cognição que, em alguns momentos, contrapõe algumas argumentações de Darwin. Basicamente ele se distancia de Darwin ao trazer uma noção fundamental das unidades, colocando o indivíduo como a unidade ontológica central, ao invés da espécie (THOMPSON, 2014).

Por outro lado, a similaridade que Maturana apresenta com Darwin é o fato de fixar o ser humano na Natureza e colocá-lo como um ator integrante e interdependente

desse cenário, onde todos compartilhamos processos vitais com os demais seres vivos. Entre o ser humano observador e o mundo observado não há hierarquia de separação. Nessa abordagem, a Natureza deixa de ser constituída por objetos e se torna alvo de análise de seus processos relacionais, sob a ótica de um observador.

A teoria aceita até os dias atuais é que o mundo é pré-dado em relação à experiência humana e, dessa forma, nossos cérebros desempenham o papel de agentes passivos que recebem as informações provenientes de fora (MATURANA, 2011). Este ainda é o marco epistemológico predominante, chamado de representacionismo, que utiliza o modelo teórico a partir do qual o conhecimento é o resultado do processamento interno das informações do mundo e torna-se um fenômeno baseado em representações mentais que fazemos desse mundo. Desta forma, a mente se transforma em um espelho da natureza em que a objetividade é privilegiada em detrimento da subjetividade, que chega a ser dispensável, pois carece de exatidão científica.

Essa visão de que o mundo é um objeto ao nosso dispor fortalece um viés explorador, extrativista e predatório da Natureza. Maturana (2011) segue em sua crítica e coloca o representacionismo como um dos pilares da cultura patriarcal que assola a nossa sociedade. Ao assumirmos que o mundo existe independente de nossa experiência, reforçamos a dicotomia sujeito-objeto, que nos coloca num patamar mais elevado do que a Natureza e tudo que dela faz parte.

A proposta é que o conhecimento é uma incessante construção entre o ser vivo e as suas recorrentes interações com o mundo e Maturana confronta a dificuldade que temos de lidar com tudo que seja subjetivo e qualitativo, colocando no centro de sua argumentação a importância da subjetividade do observador.

Nessa perspectiva, a epistemologia proposta transfere totalmente o foco do objeto a ser estudado para o sujeito observador, numa abordagem biológica de encará-lo como um ser vivo que se relaciona com o meio e depende de recursos externos para viver, estabelecendo uma interatividade do meio com a autonomia do ser vivo, numa dinâmica circular.

Maturana alerta para o perigo do dogmatismo, que é um hábito que nos assola, visto que preferimos viver num mundo de certezas, sem muitas vezes, questionarmos essa pseudo solidez, eliminando, assim, qualquer alternativa para aquilo que aparentemente nos parece certo.

6.4 Sistemas vivos dinâmicos

Como falamos dos seres vivos, temos que entender a entidade ou unidade à qual estamos nos referindo, para, desta forma, podermos isolá-lo, para estabelecer uma distinção concreta dele em relação a seu cenário. Uma unidade pode ser classificada como simples, ou seja, ela em si caracteriza um todo, não havendo como decompô-la em partes, ou a unidade pode ser composta por partes (THOMPSON, 2014).

Na Natureza, apenas as células procariontes podem ser classificadas como unidades simples, todos os demais seres vivos são unidades compostas, que estabelecem relações entre seus componentes. Desta forma, elas têm uma organização invariável, relativa às relações entre os componentes, que justificam uma determinada classificação biológica da unidade. Por outro lado, elas também têm uma estrutura individual, formada por seus componentes e pelas respectivas relações que constituem a unidade. Importante ressaltar que a organização, quando sofre uma variação, destrói o organismo, por outro lado, a estrutura pode e será constantemente alterada, pois está em contínua mudança. Desta forma, nos sistemas vivos, ocorrem dois fenômenos concomitantes, a invariância e a mudança. A teoria de Maturana (2011) é que o meio não provoca mudanças, apenas perturbações que acionam as mudanças na estrutura interna do organismo. As transformações químicas ocorrem internamente na unidade, ou seja, da membrana para seu interior, ao produzir os seus próprios componentes.

A classe que caracteriza os seres humanos é a organização autopoietica, um sistema auto suficiente, no qual as partes ou componentes moleculares da unidade deverão estar dinamicamente relacionados numa rede de transformações contínua. Este metabolismo produz os próprios componentes internos, inclusive a membrana que define a característica de unidade autônoma para o organismo (MATURANA, 2011).

A história de mudanças estruturais de uma unidade caracteriza sua ontogenia que está em constantes modificações desencadeadas por perturbações externas ou como resultado de uma dinâmica interna.

Cada classe de organismos possui uma determinada organização que especifica uma fenomenologia biológica particular e que está ligada ao fato de que cada classe é um sistema determinado estruturalmente. Para esclarecer esse

conceito, podemos exemplificar que nós, humanos, temos uma organização que não nos permite respirar debaixo da água, nem voar. Pertencemos, desta forma, a uma classe de organismos que tem certa organização para sobreviver e se reproduzir e que pode alterar sua estrutura interna de acordo com as perturbações do meio ou a mutações internas.

6.5 Processo cognitivo

A abordagem da biologia da cognição assume a vida como um ativo processo de construção do conhecimento e da aprendizagem que ocorre pelas interações entre os organismos autônomos vivos e o meio, pelo estabelecimento de uma dinâmica circular, na qual um afeta o outro.

O instrumento cognitivo peculiar que diferencia a espécie humana é a linguagem. Com ela, podemos nos comunicar, tornando nossos pensamentos públicos para discussão e ela também nos capacita a refletirmos, ou seja, a pensarmos sobre os pensamentos, num processo de conhecer como conhecemos. Esta capacidade, que é categorizada por Kaufman como um sistema de segunda ordem, que tem a capacidade de refletir, é um ato introspectivo que nos possibilita identificar as nossas lacunas de conhecimento e desafiar as nossas certezas e crenças mais basais. Esse exercício reflexivo só é possível através da linguagem, pois com ela podemos elaborar uma proposição explicativa que nos permite recriar as observações de um fenômeno e nos diferencia de outras espécies pela nossa capacidade de auto-referência.

Uma explicação é sempre uma proposição que reformula ou recria as observações de um fenômeno, num sistema de conceitos aceitáveis para um grupo de pessoas que compartilham um critério de validação. A magia, por exemplo, é tão explicativa para os que a aceitam como a ciência o é para os que a adotam. (MATURANA, 2011, p. 34)

A nossa capacidade cognitiva depende da estrutura de nosso organismo e, como seres vivos, somos descendentes por reprodução de nossos antepassados humanos e de nossos ancestrais há mais de 3 bilhões de anos, fato que caracteriza uma interdependência fundamental e molda nossa tradição biológica. Isso nos permite compartilhar uma fenomenologia biológica de um mundo comum, no qual além dessa herança biológica, como humanos, temos diferentes heranças linguísticas. Tais

interações entre organismo e meio e entre organismos moldam a recorrente transformação ontogenética de uma unidade.

O acoplamento estrutural ocorre quando duas ou mais unidades interagem de forma estável e repetida, resultando em alterações estruturais mútuas, porém, compatíveis.

Como observadores, distinguimos a unidade que é o ser vivo de seu pano de fundo, e o caracterizamos com uma determinada organização. Com isso, optamos por distinguir duas estruturas, que serão consideradas operacionalmente independentes entre si - o ser vivo e o meio - e entre as quais ocorre uma congruência estrutural necessária. Nessa congruência estrutural, uma perturbação do meio não contém em si uma especificação de seu efeitos sobre o ser vivo. Este, por meio de sua estrutura, é que determina quais as mudanças que ocorrerão em resposta. (MATURANA, 2011, p. 108)

Maturana se afasta novamente de Darwin ao definir adaptação como o fenômeno de acoplamento estrutural mútuo entre os organismos e o meio, este que age como seletor das mudanças estruturais que a unidade experimenta em sua ontogenia e vice versa. E, para que ocorra acoplamento, é condição necessária haver adaptação entre o meio e os organismos. Desta forma, para Maturana, não há sobrevivência do mais apto, mas o que ocorre é a sobrevivência do apto quando há compatibilidade entre o organismo e o meio.

Utilizando alguns experimentos em sapos que sofreram a rotação de 180 graus de um olho ou o caso das meninas lobo narrado sobre um acontecimento ocorrido em 1922, Maturana e Varela (2011) afirmam que o sistema nervoso dos organismos é fechado e propõem que ele apresenta um funcionamento em clausura operacional. Desta forma, eles encontraram uma alternativa elegante para cortar o nó górdio das polaridades entre o representacionismo e o solipsismo. Eles propõem que, como observadores, temos a alternativa de ver uma unidade em diferentes domínios; por um lado, podemos analisar o sistema no domínio das relações internas do organismo, de maneira que o ambiente se torna irrelevante; por outro lado, podemos analisar as interações entre a unidade e o meio, descrevendo a história das inter-relações da unidade com o meio, de maneira que a dinâmica interna pode ser desprezada. Essa correlação entre essas duas alternativas propostas é feita pelo observador, a partir de sua perspectiva externa. Importante que aqui a compatibilidade entre o meio e a unidade deve ocorrer.

Com esta abordagem de operação do sistema nervoso, não há dentro nem fora, o que acontece é uma co-deriva, na qual a unidade e o meio perturbam-se mutuamente pelo acoplamento estrutural, sendo ambos sistemas fechados. Desta maneira, o organismo como um todo e o seu sistema nervoso são definidos por sua organização e determinados por sua estrutura.

Como já vimos no capítulo 3, a necessidade de movimento desenvolveu e transformou nosso sistema nervoso, porém o comportamento não é apenas influenciado pelo sistema nervoso, mas pelo organismo inteiro. Desta forma, os organismos vivos, além de interagirem com o meio ambiente, dependem do movimento para se reproduzirem e se alimentarem.

Sobre o comportamento, Maturana nos explica que as condutas que os organismos apresentam têm um componente inato e outro que pode ser aprendido. Os inatos independem da ontogenia do organismo, sendo comportamentos instintivos relativos a uma mesma espécie. Entretanto, quando envolve a história das interações da estrutura do sistema unitário, tais comportamentos são aprendidos através das dinâmicas sociais a que o organismo estará exposto. O sistema nervoso, por ser fechado, não faz tal distinção entre esses dois comportamentos e o mesmo acontece com o observador externo (MATURANA, 2011).

O sistema nervoso humano, agindo com clausura operacional, consegue expandir o domínio de interações de uma unidade ao realizar o acoplamento das superfícies sensoriais e motoras mediante uma rede de cem bilhões de interneurônios, entretanto, como observadores, colocamos nossa atenção apenas para as perturbações externas, fato que erroneamente nos leva a crer que elas sejam as únicas determinantes.

A clausura operacional do sistema nervoso também tem uma dinâmica circular de maneira que todo estado de atividade leva a outro estado de atividade num ciclo fechado. Pelo fato do mecanismo do sistema nervoso estar permanentemente em mudança estrutural, fruto das perturbações externas que modulam os equilíbrios internos, ele possui uma plasticidade decorrente de uma deriva estrutural contínua que garante o acoplamento estrutural da unidade com o meio.

6.6 Socialização dos organismos

A proposta de Maturana (2011) é compreender a dinâmica social também como um fenômeno biológico decorrente de sucessivas interações entre organismos em acoplamentos coerentes. Para garantia da linhagem dos organismos com reprodução sexuada os acoplamentos comportamentais são compostos do intercuro sexual e de um subsequente cuidado que gera acoplamentos dos filhotes com os pais. Trata-se de um fenômeno universal que apresenta diferentes facetas e acontece em diversos grupos de animais. Maturana fornece vários exemplos de comportamentos a respeito da responsabilidade paterna ou materna pela criação dos filhotes em peixes e pássaros. Em todas as espécies de mamíferos, a amamentação é uma responsabilidade materna, porém, em particular para os humanos, imersos em culturas patriarcais, existe uma anuência de senso comum que a fêmea cuide dos filhotes e o macho do sustento.

Os aspectos sociais em insetos têm sido sistematicamente pesquisados e Maturana (2011) apresenta casos de formigas, cupins, vespas e abelhas que apresentam diversas semelhanças em seus mecanismos de acoplamento. Estes mecanismos são acoplamentos químicos realizados através da troca de substâncias provenientes de sucos gástricos toda vez que se encontram. Nas abelhas e formigas, esse mecanismo é a trofolaxe, que determina a organização social, designando o lugar e o papel de cada indivíduo nas suas sociedades. Os insetos, entretanto, apresentam uma limitação de seu sistema nervoso devido à arquitetura do exoesqueleto quitinoso, fato este que corrobora o conceito da determinação estrutural dos organismos.

Os invertebrados conseguem ter um crescimento prolongado com mais células, pelo fato de terem um esqueleto interno que lhes proporciona um leque maior de comportamentos. Como exemplos, temos os antílopes, suricatos e lobos, que promovem o acoplamento social materializado no comportamento estratégico que apresentam ao se deslocarem em bandos. Com distintos indivíduos cumprindo diferentes papéis, os rebanhos desses animais possibilitam a realização de atividades em grupo que jamais poderiam ser desempenhadas isoladamente.

No caso específico dos primatas, temos o exemplo dos babuínos africanos, que realizam acoplamentos sociais compostos de diversas interações de postura, de toque e de gestos entre todos os componentes do grupo. Os comportamentos podem ser

observados ao se deslocarem ou no enfrentamento com predadores pelo posicionamento tático apresentado pelos machos dominantes, fêmeas e filhotes, que são protegidos numa formação rodeada pelos demais integrantes do grupo. Ao longo do dia, eles mantêm constantes acoplamentos interativos do tipo grooming. Os papéis de cada indivíduo estão em constante ajuste, de acordo com a dinâmica social grupal.

O que todos esses exemplos de dinâmicas têm em comum é que geram uma fenomenologia interna específica. Em todos os fenômenos sociais, os indivíduos se acoplam estruturalmente e a conduta que apresentam pode ser observada. Um dos comportamentos coordenados é a comunicação que se estabelece entre os membros participantes através do domínio linguístico. Maturana exemplifica o seguinte caso:

Um belo caso de comunicação ontogênico é cotidianamente acessível no canto de certos pássaros entre outros o papagaio e seus parentes próximos. Em geral esses animais vivem na selva densa, em meio à qual não estão em contato visual. Nessas condições, é seu canto que permite o estabelecimento de um casal, por meio da produção de um cantar comum. (p. 215)

Nos vertebrados, por outro lado, há um comportamento adicional peculiar e singular que é a imitação, ato que garante a transmissão geracional de aspectos de condutas culturais. O fenômeno cultural surge com a imitação, e com o seu conseqüente filtro ou contínua seleção intragrupal de determinados comportamentos, que viabilizam o acoplamento entre jovens e adultos.

Para entendermos as dinâmicas do fenômeno social, os autores propõem a analogia das interações químicas entre os insetos ao promoverem suas condutas comunicativas com um misto de comportamentos instintivos e linguísticos, como no caso das abelhas, quando comparados com a linguagem humana, capaz de mudar radicalmente nossos domínios comportamentais, pois ela viabiliza a comunicação e a reflexão.

Infelizmente, para a ciência, não podemos reconstituir a vida social e linguística de nossos antepassados por falta de registros fósseis. Maturana (2011) conjectura que o aparecimento da linguagem nos primeiros hominídeos poderia estar relacionada ao fato da socialização, presente em todo o reino animal, das íntimas relações afetivas desenvolvidas em pequenos grupos e que podem estar associadas à coleta e partilha de alimentos e aos cuidados na criação dos filhotes. Ao analisarmos a arquitetura estrutural da linhagem dos hominídeos, à qual pertencemos, notamos múltiplas similaridades que remontam a mais de 3 milhões de anos. Entre estas similaridades,

destaca-se o andar ereto e bípede, uma grande capacidade craniana, uma arcada dentária que permite alimentação onívora e a substituição da sazonalidade do ciclo estral pelo ciclo menstrual mensal feminino, que viabilizou uma contínua sexualidade feminina e possibilitou a cópula face a face.

Não podemos deixar de considerar que as soluções de problemas na Natureza sempre estão atreladas a longos períodos compostos por milhares de anos. Ao longo desse processo algorítmico de seleção natural, deverá ter ocorrido uma sofisticação do domínio linguístico intimamente ligada à recorrente sociabilidade que resultou na linguagem humana.

O exercício mental que Maturana (2011) propõe nos leva a imaginar pequenos grupos compostos pelos mais remotos hominídeos em constante deslocamento pela savana, que se alimentavam de tudo que pudessem coletar e de eventuais caças. A solução natural do andar bípede livrou as suas mãos, de maneira que podiam carregar os alimentos que eram coletados ao invés de ter que levá-los no aparelho digestivo como as demais espécies, permitindo a coleta em uma área bem maior e mais distante do local onde o núcleo familiar estaria baseado. O âmbito linguístico deve ter evoluído de forma cooperativa a fim de estabelecer a coordenação comportamental que ocorria na intimidade da dinâmica social. A deriva estrutural dos hominídeos pode ter refinado as coordenações comportamentais cooperativas entre os indivíduos, ampliando os domínios linguísticos até que surgiu a reflexão, que finalmente deu origem à linguagem.

Até que surgiu a reflexão que deu origem à linguagem - o momento em que as condutas linguísticas passaram a ser objeto da coordenação comportamental linguística, da mesma maneira que as ações no meio são objetos das coordenações comportamentais. Por exemplo, na intimidade das interações individuais recorrentes, que personalizam o outro com uma distinção linguística particular que funciona como apelativo individual, poderiam ter ocorrido as condições para o aparecimento da reflexão linguística. citação pag. 243.

Esta é uma teoria biológica sobre a origem da linguagem que emerge de fenômenos sociais que estão baseados em acoplamentos linguísticos.

6.7 A hipótese do cérebro social

Dunbar (1998) desenvolveu diversas hipóteses sobre a evolução dos cérebros, que reforçam a abordagem de Maturana com relação à recusa do representacionismo

como a teoria cognitiva que coloca nosso sistema nervoso numa posição passiva para simplesmente processar informações do mundo externo, ou seja, de relevância ecológica, tais como o reconhecimento de cores, padrões e percepção da fala.

A resolução de problemas ecológicos, ou seja, provenientes de restrições impostas pelo meio são plausíveis quando aplicadas aos comportamentos de algumas espécies, como os chimpanzés que utilizam um galho para extração de cupins ou o macaco-prego ao quebrar as castanhas na floresta. Entretanto essa abordagem não se aplica para todos os primatas.

Esta teoria ignora a importante constatação de que o cérebro é um órgão que possui aproximadamente 2% do peso corporal, mas consome mais de 20% de toda a energia do organismo e, dentro da realidade da pressão seletiva na relação custo-benefício da economia da Natureza, é um argumento por demais simplista.

No final da década de 80, surgiram alternativas que refletiam as complexas relações sociais dos primatas na convivência em grupos. Dentre as diversas alternativas, Dunbar (1998) destaca quatro hipóteses plausíveis para explicar a evolução do cérebro primata. Duas dessas hipóteses, a epifenômica e a de desenvolvimento, afirmam que a evolução seja simplesmente o resultado do desenvolvimento natural do tamanho corporal, assumindo o cérebro como um subproduto do organismo todo. A hipótese de desenvolvimento atribui o crescimento do cérebro em mamíferos colocando grande ênfase na relação materna com o feto, em sua fase pré-natal. Ambas as hipóteses, entretanto, falham ao desconsiderar o consumo energético do cérebro e o fato de que eles evoluirão apenas quando o benefício dessa característica traga vantagens em relação ao alto custo energético.

Dunbar (1998) analisa as outras duas hipóteses, a ecológica e a social. A hipótese ecológica tem o seu argumento central relacionado à busca de frutas, que são mais raras que as folhas e requerem uma capacidade de memorização maior para serem encontradas. Mais recentemente, Dunbar (2016) acrescentou alguns argumentos para fortalecer a hipótese ecológica, como o fato de os animais resolverem os problemas provenientes do meio por aprendizagem individual ou social de tentativa e erro, assim como a pressão seletiva fundamental nas estratégias para evitar a predação, somado à necessidade de busca de alimentos. Para contornar o problema de fuga de suas presas, muitos animais vivem em grupos e desenvolveram estratégias incomuns de sociabilidade que requerem adicionais habilidades cognitivas, criando grupos sociais coerentes, estáveis e coordenados.

Para fazer a análise da hipótese social, Dunbar (1998) optou por uma simplificação, ao utilizar o tamanho do grupo como um parâmetro mais fácil de ser emulado. Essa é uma dimensão que considera que o aumento das demandas de processamento de informação cresce à medida que o número de relações envolvidas aumenta.

Entretanto, há evidências de que a evolução do cérebro sofreu mudanças em algumas áreas específicas e não ocorreu de forma homogênea em todo o volume do cérebro. Para contornar essa problema, Dunbar recuperou uma antiga teoria de 1970, do cérebro triúnico de Paul McLean, que dividiu o cérebro em três camadas funcionais diferentes, que representam um extrato evolutivo do sistema nervoso dos primatas: o sistema reptiliano básico e mais primitivo, o sistema límbico dos mamíferos e o sistema neocórtex, este que, nos primatas, representa entre 50 e 80% do volume total do cérebro. O neocórtex é a área cerebral que maior expansão sofreu e é aceita pela maioria da comunidade científica como a sede dos processos cognitivos relacionados ao raciocínio e à consciência.

As análises realizadas por Dunbar (1998) eliminam a conjectura do crescimento do tamanho do neocórtex apenas devido à hipótese ecológica, mas correlacionam o crescimento com o tamanho do grupo social. Diante de vários argumentos supostos, o pesquisador elimina a restrição pelo processamento visual e a restrição de memória e considera a alternativa nas limitações que residem na capacidade de manipular informações sobre as próprias relações sociais.

Ao fazer uma extrapolação dos dados coletados nos primatas, Dunbar (1998) sugere que para os humanos um tamanho de grupo de 150 indivíduos é o limite possível para que o cérebro humano consiga se relacionar. Mas Dunbar ressalta que a dificuldade dessa generalização reside no fato de os humanos viverem em sistemas sociais dispersos e formados por diversos grupos, e, tal como pensa Maturana, a compreensão de diversos estados mentais, que complicam a vida em grupos, depende do nosso meio de comunicação, que é baseado na linguagem. Este fato torna mais delicada a compreensão das intenções das pessoas pelo intensivo uso de metáforas na comunicação linguística.

Em um artigo mais recente, Dunbar (2016) atribui a sociabilidade dos primatas baseada em relacionamentos interconectados por coalizões que tem o objetivo de proteger os indivíduos do estresse social que a vida em grandes grupos estáveis acarreta. Outra conclusão que esses estudos trouxeram para grupos de humanos está

relacionada com as habilidades de mentalização, um arquétipo da cognição social que exige lidar com estados mentais de outros indivíduos num espaço mental virtual.

A hipótese do cérebro social afirma que os animais resolvem seus problemas ecológicos resolvendo antes os complexos problemas de coesão e de coordenação do grupo. Um mundo social mais complexo, que envolve tensões que obrigam os indivíduos a fazerem alianças defensivas mediadas pelo grooming social, dá origem a redes sociais altamente estruturadas, bem complexo de ser gerenciado, pois é dinâmico e fluído, e envolvem estados mentais de difícil percepção, o que requer sucessivas inferências, envolvendo implicitamente contratos sociais.

A evolução humana frequentemente tem sido avaliada pela lente da anatomia e da arqueologia, ambas baseadas nos registros fósseis encontrados. Do ponto de vista dos aspectos cognitivos, entretanto, a evolução humana foi mais focada na interpretação das distintas aplicações de diferentes ferramentas que foram progressivamente sendo desenvolvidas. Surge, então, a cognição social, com o intuito de entender os comportamentos e pensamentos das pessoas que realizaram a cultura material, que requerem inferências baseadas em dados quantitativos de volume do cérebro com os traços sociais e cognitivos. A paleoantropologia está usando estratégias similares às desenvolvidas por Darwin, baseando-se em comportamentos observados a partir de primatas vivos para inferir situações passadas, sabendo aproximadamente quando a trajetória teria começado e como se encontra hoje.

6.8 Conclusão do capítulo 6

Em sua fase final de vida, Popper desenvolveu uma instigante abordagem de tentativa e erro para a resolução de problemas, ao traçar uma analogia entre a maneira como a Natureza resolve os problemas e a maneira como a ciência os resolve com seus métodos científicos. Essa abordagem, de fácil aplicação prática, pode ser um caminho para resolver os problemas complexos contemporâneos nas organizações, pois partimos da formulação de um enunciado para um problema que nos propiciará a pesquisa de fatos e dados que gerará conhecimento, seja ele existente, seja ele contextual. Devemos assumir que o pouco conhecimento que temos é conjectural e que partimos de teorias ou hipóteses a priori relacionadas a qualquer assunto. Estas hipóteses poderão ser testadas e colocadas para discussão pública de forma objetiva, e, desta forma, aprendemos com o empreendimento

científico que o erro, inerente ao processo cognitivo, promove o avanço do conhecimento e que as soluções não podem ser encaradas de forma estática e dogmática.

O que é importante em todo esse processo são as perguntas que serão elaboradas e refinadas, feitas a partir dos dados que ganham sentido sob a ótica de determinadas teorias. Como afirma Popper, o ponto importante da falsificação é o aprendizado que se adquire ao entendermos os porquês, que nos possibilitarão re-enunciar o problema com mais foco que o enunciado anterior. Todavia, poucos são aqueles que enxergam o novo problema e este, talvez, seja o passo mais difícil na criação de uma nova teoria. Vale ressaltar, entretanto, que quando cito Popper com seu método de tentativa e erro não estou falando da abordagem racionalista, lógica e objetiva. Refiro-me à epistemologia evolutiva, que testa rapidamente as ideias para poder fazer iterações em ciclos dinâmicos, para aprender no processo até chegar a uma solução mais refinada.

Maturana também reforça a necessidade de mudarmos a nossa perspectiva, e uníssono a essa abordagem, Alves (2003) nos lembra que, ao revisitarmos a história da ciência, veremos que Kant, Comte, Freud e Marx acreditavam, de forma arrogante, em uma ciência objetiva e livre das emoções humanas. Maturana traz uma perspectiva renovada, com a biologia da cognição e o papel subjetivo que temos na resolução de problemas, sem perder de vista o fenômeno social, que agrega a cooperação para as questões mais complexas, foco de pesquisas de Dunbar, com as dinâmicas de grupos e suas respectivas coesões e alianças.

7AS EMPRESAS E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM AMBIENTES COMPLEXOS

Esta tese, até aqui, investigou a possibilidade de diversas alternativas para a resolução de problemas complexos. Foram apresentados métodos baseados em dois modelos; o da natureza e alguns dos métodos desenvolvidos pelos seres humanos no empreendimento das descobertas na ciência, a partir das quais foram citados diversos exemplos da história das ideias. Chegamos às teorias mais atuais sobre como podemos resolver problemas em ambientes sociais.

Tentei, até este ponto, expor diversos caminhos alternativos que pudessem servir de analogia para extrapolarmos e correlacionarmos dentro de uma organização, já que estas carecem de maneiras efetivas de resolverem os problemas que surgem de forma singular num ritmo exponencial de mudanças nos tempos atuais.

Neste capítulo, apresentarei um conjunto de exemplos que já ocorreram e que ainda ocorrem no mundo empresarial, entretanto, antes farei uma pequena digressão para tratar do caminho evolutivo do pensamento sistêmico, que deve ser considerado nos ambientes empresariais.

7.1 A evolução até o pensamento sistêmico

Capra (2006) explica que o século XX representou a mudança do paradigma mecanicista da simplicidade para o paradigma sistêmico da complexidade, num processo que envolveu retrocessos bruscos, avanços revolucionários e momentos alternados de balanços pendulares, típicos das mudanças paradigmáticas. A biologia foi um catalizador de grande parte dessas mudanças, entretanto, a tensão entre mecanicismo e o holismo sempre esteve no discurso da disciplina. A velha dicotomia continua entre a matéria ou substância e a forma ou padrão, que já havia surgido desde os pitagóricos, que faziam tal distinção usando o número como padrão, algo que colocava um limite à matéria, concedendo-lhe uma forma.

Platão e Aristóteles tinham conceituações distintas sobre substância e forma, sendo que o conceito aristotélico dominou o pensamento ocidental por mais de dois mil anos, contando com o endosso da Igreja. A primeira grande guinada, pós aristotélica se deu com o racionalismo analítico de Descartes, que substituiu o conceito de um universo orgânico e espiritual para uma abordagem mecanicista

consubstanciada metaforicamente pelo funcionamento de uma máquina. Esta nova visão abriu a caixa de Pandora para a Revolução Científica, e inaugurou, com Galileu, o estudo de fenômenos que pudessem ser medidos e quantificados.

O arcabouço conceitual criado por Galileu e Descartes - o mundo como uma máquina perfeita governada por leis matemáticas exatas - foi completado do maneira triunfal por Isaac Newton, cuja grande síntese, a mecânica newtoniana, foi a realização que coroou a ciência do século XVII. Na biologia, o maior sucesso do modelo mecanicista de Descartes foi a sua aplicação ao fenômeno da circulação sanguínea, por William Harvey. (CAPRA, 2006, p. 35)

Descartes continuou a exercer sua influência dogmática, que definia as leis da biologia reduzidas às leis da física e da química. O paradigma cartesiano mecanicista sofreu uma grande oposição com o movimento romântico nas artes, filosofia e literatura no final do século XVIII e início do século XIX (CAPRA, 2006).

O vitalismo, por sua vez, surgiu como uma alternativa que durou pouco tempo até que os biólogos organísmicos se opusessem ao mecanicismo e ao vitalismo. Nessas idas e vindas, surge, na primeira metade do século XX, o pensamento sistêmico, que considera o contexto, as relações e as conexões. Neste conceito, as propriedades essenciais de um organismo são propriedades do todo, que nenhuma das partes possui e que são resultado das relações entre as partes. Não há, desta forma, como analisar o organismo vivo, pois essas propriedades não são intrínsecas e são destruídas quando separadas do todo. A grande revolução do pensamento científico se deu com a emergência do pensamento sistêmico contextual, antagônico ao pensamento analítico.

O pensamento sistêmico envolve uma mudança da ciência objetiva para uma ciência epistêmica. Passamos da certeza da crença cartesiana para uma ciência da descoberta, para a qual o conhecimento é aproximado, limitado e contextual.

De acordo com Capra (2006), nossa crise atual é uma crise de percepção e eu acrescentaria que nossa crise é uma crise de paralaxe, na qual teremos que mudar as nossas perspectivas a respeito de um problema para poder resolvê-lo, considerando que o mundo deixa de ser uma coleção de objetos e se torna um mundo de relações, formado por uma rede de fenômenos.

A nova metáfora passa do edifício da ciência, que era constituído sob leis fundamentais, princípios e sólidos blocos de construção assentados sobre alicerces firmes para uma rede como uma teia dinâmica de eventos fluidos e inter-relacionados. As características do pensamento sistêmico, desta forma, são (CAPRA, 2006):

mudança da parte para o todo; estruturas multiniveladas de sistemas dentro de sistemas; mudança de objetos para relações e a percepção do mundo vivo como uma rede de relações.

A visão cognitiva na década de 40, que foi liderada pelos ciberneticistas, fez uso intensivo da lógica matemática para entender o funcionamento do cérebro, reforçando ainda mais o representacionismo, fato apontado por Maturana. As comparações entre organismos e máquinas reforçaram os modelos mecanicistas para os sistemas vivos, nos quais o modelo do computador para explicar a cognição tornou-se a concepção aceita, e, desta forma, o computador estava para a mente tal qual o relógio esteve para Descartes. Essa visão do ser humano como um simples processador de informações, fazendo uso de um vocabulário próprio como comando, piloto, memória e segurança tornou-se obsoleta. Surge, na década de 70, o conceito da auto-organização, em que o padrão que sempre esteve presente no discurso da filosofia e da ciência continua presente na biologia.

Entretanto, agora, na nova síntese, além do estudo das substâncias, o padrão da organização é um padrão de rede não linear.

Mesmo Maturana, um dos expoentes da biologia da cognição, começou a descrição da autopoiese com uma abordagem mecanicista, para distingui-la da abordagem vitalista na época. A teoria de Maturana teve suas raízes na cibernética, entretanto, o grande diferencial da biologia da cognição é explicar a mente como um processo que ocorre em clausura operacional, dentro de um sistema nervoso fechado.

7.2 Uma perspectiva histórica do mundo corporativo

Tidd, Bessant e Pavitt (2008) citam Schumpeter como o economista que iluminou o tênue e confuso conceito da inovação, entretanto, ele tinha seu foco na inovação tecnológica de lançamento de produtos quando se referia à destruição tecnológica para obtenção de uma vantagem competitiva ao gerar lucros provenientes de um monopólio temporário, até que a empresa fosse copiada pela concorrência para restabelecer um novo equilíbrio. Os autores explicam que a inovação ocorre, na maior parte do tempo, dentro de um conjunto de regras que são claramente entendidas como um padrão por todas as organizações. Porém, repentinamente, algo acontece, que desloca esse padrão de forma a redefinir as condições, abrindo novas oportunidades, que desafiam o status quo, que seria a destruição construtiva de Schumpeter. Este

fenômeno é muito similar ao descrito por Kuhn nas ciências, ou seja, um conjunto de condições tecnológicas e mercadológicas que vinha operando em condições de certa estabilidade. A perspectiva histórica que será apresentada a seguir, mostrará alguns exemplos de empresas do século XIX, XX e XXI. O objetivo aqui não é promover um estudo de caso das empresas citadas, mas apenas contextualizar como surgiram e algumas dificuldades que vivenciaram.

7.3 Empresas do século XIX que continuam atuando no mercado

7.3.1 Procter & Gamble

Uma empresa americana, fundada em 1836, que administra atualmente mais de 380 marcas, como a Gillette, Oral-B, Duracell e Braun, com produtos de alimentação, higiene, limpeza, eletrodomésticos, baterias e lanternas. Na época, a empresa começou suas atividades com a fabricação de velas e de sabão em barra, e, já no início do século XX, lançou um programa de expansão nacional para atender à alta demanda pelos seus produtos. Na década de 20, além de centros de desenvolvimento de novos produtos, a empresa foi uma das primeiras a formalizar um departamento para pesquisar os hábitos de compra e as preferências dos consumidores, que se tornou um departamento de marketing na década de 30, quando teve início um sistema de gestão de marcas. O ápice do crescimento da empresa ocorreu em 1980, tornando-se uma das maiores corporações multinacionais do mundo, ano no qual deu-se o início da expansão global da empresa e diversificação da oferta de produtos, formando uma rede de pesquisas global nos principais continentes.

Um dos maiores líderes de corporações americanas, A.G. Lafley, comandou a empresa de 2000 a 2009 e, nesse período, praticamente dobrou o faturamento da P&G, transformando o número de marcas que faturavam mais de um bilhão de dólares, de 10 para 23. Nesse período a empresa havia se tornado uma das dez empresas de maior valor dos Estados Unidos e uma das quinze no mundo. O executivo saiu em 2009 e foi convidado para retornar em 2013, devido aos resultados decrescentes, fruto da crise econômica que teve início em 2008. Lafley ficou conhecido por desenvolver a capacidade organizacional de entender as necessidades dos consumidores e transformá-las em produtos. Além da equipe interna de cientistas

e das sugestões dos empregados conectados via intranets, a empresa usa redes de cooperação externas para captar ideias de fora, para resolver problemas recorrentes não solucionados internamente.

Isso se obtém por meio de uma série de vínculos, fazendo uso específico de fontes baseadas em Internet e empregando pessoas cuja tarefa é a de atuar como gatekeepers na Internet. Tais pessoas utilizam ferramentas de visualização e busca sofisticadas, a fim de “extrair” informações sobre um variado conjunto de desenvolvimentos em tecnologias, mercados, comportamento competitivo, tendências políticas e sociais etc. - e transmiti-las aos demais membros da empresa para que possam usar esses sinais para desencadear inovações. (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008, p 373)

7.3.2 Siemens

Fundada em Berlim no ano 1847 por 3 empreendedores que identificaram o potencial de produção da invenção de um deles, o telégrafo de ponteiro, que dispensava o conhecimento do código morse. A instalação de linhas elétricas de longa distância, que proporcionassem a infraestrutura necessária com contratos firmados com governos de diversas cidades em vários países, garantiu a expansão da empresa. A invenção de outros produtos, como o gerador elétrico, a primeira ferrovia elétrica e instalações de redes de iluminação elétrica, sistemas de telefonia e bondes elétricos tornou a Siemens um grande nome na engenharia elétrica e um ator importante para o PIB alemão. A empresa teve grandes perdas financeiras ao longo das duas guerras mundiais, mas o boom econômico pós-guerra permitiu a volta aos investimentos em outras áreas, que levaram a empresa a migrar para eletrodomésticos e aparelhos elétricos. Na década de 70, a empresa investiu na área médica, com o lançamento do aparelho de tomografia computadorizada e, no final dessa década ganhou a concorrência para construir nove geradores na hidrelétrica de Itaipú.

Já, no século XXI, a empresa se reestruturou em três setores, com 15 divisões; indústria, energia, médica e produtos de consumo. Atualmente o foco da empresa está em usar seu potencial de pesquisa e desenvolvimento para solucionar grandes problemas contemporâneos que passam desde a produção industrial, visando economia de recursos até proteção ambiental e climática com a saúde. São mais de 51.000 patentes que colocam a empresa no ranking das mais valiosas do mundo. Entretanto, recentemente a empresa tem sido criticada pela sua lentidão e

passividade. Em 1998, um novo membro proveniente do mercado foi integrado ao conselho, lançando a empresa em uma reestruturação com a venda de diversos negócios e reposicionando a Siemens como uma empresa de tecnologia da informação e produção de softwares.

7.3.3 Nokia

A empresa finlandesa foi fundada em 1865, como uma empresa florestal, e permaneceu por quase 100 anos atuando no indústria de celulose de papel. Ao final dos anos 1990, depois de fazer diversas aquisições não relacionadas com o cerne do seu negócio, tais como alumínio, cabos, papel, borracha, televisões, pneus e geração de energia. Entretanto, a empresa se tornou um complexo conglomerado de produtos de baixa rentabilidade. Foi então que decidiu colocar foco nos telefones celulares, que lhe garantiam 60% de lucratividade, dominando 30% do mercado global de aparelhos portáteis até 2007.

Em 2004, porém, a Nokia começou a sofrer uma forte concorrência de diversos entrantes, até que vendeu sua divisão de celulares para a Microsoft, em 2013. Hoje a empresa tem foco em duas divisões: desenvolvimento de redes de telecomunicações e gestão do seu portfólio de patentes.

A Nokia passou por uma profunda transformação, visto que, em 1995, a divisão de telefones teve perdas que foram refletidas no valor da ações, que tiveram seu preço reduzido pela metade. Foi então que a empresa vendeu todos os negócios não correlacionados a telecomunicações.

7.3.4 Corning

A Corning foi uma das primeiras empresas americanas a possuir, no ano de 1908, um laboratório de pesquisa empresarial. O propósito inicial era ajudar na resolução de problemas de processos na fabricação de vidros, entretanto, o resultado foi a melhoria do vidro para iluminação em estradas e no desenvolvimento do Pyrex, em 1912, que lhe deu acesso a novos mercados de suprimentos médicos e de bens de consumo.

Muitas competências tecnológicas foram desenvolvidas durante a segunda guerra mundial, como o radar, que facilitou o desenvolvimento de tubos televisivos

para um crescente e novo mercado de televisões a cores, que requeria a compreensão do fenômeno para obtenção do alinhamento de milhões de pontos fotossensíveis em sincronismo. Diversas outras soluções, tais como varetas de vidro de alta qualidade para incrementar a transmissão de luz na década de 60 e tecnologias de ponta em condutores de ondas.

A indústria automobilística era outro foco da empresa, com os faróis, entretanto, a empresa fracassou ao oferecer vidros mais seguros, pelo alto preço e pela pouca preocupação da indústria com segurança na época. Após muitos anos de desenvolvimento, a Corning conseguiu aprovar, em 1994, um conversor catalítico que se enquadrava nas exigências legais de redução de emissões de gases poluentes nos veículos, produto que lhe garantiu um excelente volume de vendas.

7.3.5 General Electric

Em 1878, Thomas Edison fundou a Edison Light Company, com o objetivo de desenvolver um sistema de iluminação comercialmente viável. Desde o início de suas atividades e empresa comercializava a invenção de seu fundador, a primeira lâmpada incandescente com filamento de carbono e o dínamo de fornecimento de energia. A diversificação de segmentos de mercado que a empresa ingressou, vai da construção de locomotivas, transformadores elétricos, mineração, baterias até o cimento. O telégrafo e o aperfeiçoamento do telefone também fazem parte das inúmeras invenções do cientista que, em 1886, criou um laboratório para invenções que pudessem ser comercializadas. Em 1892, ocorreu a fusão com a Thompson-Houston Electric Company, articulada pelo icônico banqueiro J.P. Morgan, dando origem à General Electric Company.

Em 1900, a GE foi a pioneira ao inaugurar um laboratório para pesquisas científicas e desenvolver sistemas de controle e instalação elétrica, estações de rádio, refrigeradores, plásticos, aparelhos de ar condicionado, construção do primeiro avião a jato americano, transformando-se e consolidando-se como um enorme conglomerado e participando de múltiplos projetos com a NASA, ao final da década de 60, que levaram o homem à lua.

Entretanto, no final da década de 70, a empresa começou a sofrer com a concorrência, que tinha mais flexibilidade, rapidez e eficácia para atender as demandas do mercado. Foi em 1981 que Jack Welch deu início a uma profunda e

revolucionária mudança organizacional para recuperar a empresa. Começou retirando a empresa de negócios de baixa rentabilidade ou nos quais não exercia a liderança, cortou custos, eliminou muitos produtos, reduziu a força de trabalho quase pela metade e fechou inúmeras fábricas. Welch se tornou uma lenda no século XX, considerado o líder mais influente desse século e que conseguiu desfazer uma estrutura rígida e mecânica para uma empresa mais fluida e descentralizada e, em 1997, era a empresa com maior valor de mercado no mundo. Ele reduziu de 350 unidades de negócios para 12.

Hoje a GE é a maior empresa Digital Industrial do mundo, comprometida em transformar a indústria com máquinas e soluções conectadas a softwares que garantem previsibilidade e respostas rápidas. A base do diferencial competitivo se organiza em torno de um intercâmbio de conhecimento que proporciona novas tecnologias a partir de diferentes negócios e mercados.

Tidd, Bessant e Pavitt (2008) explicam que o sucesso de uma empresa está condicionado a um contexto organizacional favorável, ou seja, organizações hierárquicas rígidas, com baixa integração entre funções e comunicação deficiente tem mais dificuldades de crescer no mercado.

Muitos textos reconhecem que as estruturas organizacionais são influenciadas pela natureza das tarefas a serem desempenhadas dentro da organização. Essencialmente, quando menos programadas e mais incertas as tarefas, maior a necessidade de flexibilidade em torno da estruturação de relacionamentos. Por exemplo, atividades como produção, processamento de pedidos, compras, etc., são caracterizadas por uma tomada de decisão que está sujeita à pequena variação. (Na verdade, em alguns casos, essas decisões podem ser automatizadas por meio do emprego de regras de decisão específicas incluídas nos sistemas de computador etc.). Mas outras exigem julgamento e percepção e variam consideravelmente de um dia para o outro - e isso inclui as decisões associadas à inovação. É improvável que atividades desse tipo se prestem à rotina, a relacionamentos formalizados e estruturados; em vez disso, exigem ampla flexibilidade e interação. (p.492)

7.3.6 Phillips

Fundada em 1891 pelo engenheiro Gerard Philips, com a ajuda financeira do seu pai banqueiro, para a fabricação de lâmpadas incandescentes de filamento de carbono e outros produtos elétricos, frente à crescente demanda por produtos elétricos. Em 1914, a empresa criou um laboratório de pesquisa para desenvolver novas tecnologias disruptivas de onde saiu a patente do filamento de baixo consumo de energia, o tubo médico de raio X, radiação e recepção de rádio. A década de 20

representou o início da diversificação da oferta de produtos da empresa. Um dos produtos de maior sucesso foi a invenção da cabeça giratória para o barbeador elétrico, seguido por transistores e circuitos integrados. A empresa seguiu investindo na produção, armazenamento e transmissão de imagem, som e dados, com invenções como o leitor ótico laser de discos compactos e sistemas de telecomunicações e muitas aquisições que proporcionaram um forte crescimento da empresa.

Na década de 90, a empresa implementou um programa de reestruturação para voltar à liderança de mercado, que a colocou, no início do século XXI, na vanguarda da revolução digital e da saúde e higiene oral. O foco em produtos inovadores sempre foi para atender necessidades e desejos ainda não satisfeitos das pessoas.

A Philips adota a estratégia de formar joint ventures ao invés de adquirir empresas, como no desenvolvimento, produção e comercialização do compact disc (CD).

A Philips desenvolveu o protótipo do CD em 1978, após seis anos de desenvolvimento, mas reconheceu que seria difícil para a empresa transformar o conceito em um padrão mundial. A empresa havia experimentado antes o fracasso comercial de seu sistema de laser disc. Então, em 1979, a Philips aproximou-se da Sony para formar uma aliança estratégica. A Sony foi escolhida por ter o necessário desenvolvimento, capacidade de produção e acesso ao mercado japonês. Como a Philips, a Sony também havia sofrido recentemente uma derrota comercial com o seu vídeo no formato Betamax. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 307)

Um dos mais importantes negócios da Philips hoje é fornecer sistemas de iluminação para áreas públicas, hospitais, aeroportos, escritórios. Ela entrega o projeto completo e administra o sistema como um todo, colocando todo seu conhecimento em melhorias e na rápida solução de problemas que surgem durante a operação.

7.3.7 IBM

No final do século XIX, o estatístico Hollerith idealizou uma solução eficiente para acelerar a coleta e organização dos dados para o censo americano que iria ocorrer em 1890. Ele cedeu diversas máquinas elétricas para a soma e contagem de dados, que eram representados sob a forma de fitas de papel perfuradas. Este processo facilitou aos americanos acompanharem o crescimento de sua população. Houve uma substancial economia de tempo e, em 1896, Hollerith criou a Tabulating

Machine Company (ITC), já com novidades, substituindo o papel por cartões perfurados que viriam a ser o elemento básico das futuras máquinas IBM de processamento de dados. Em 1911, por sugestão do banqueiro Charles R. Flint, a ITC se juntou a duas outras empresas de registros mecânicos de tempo e de instrumentos de aferição de peso, formando a Computing Tabulating Recording Co. (CTR). Três anos mais tarde, Thomas John Watson se tornou o diretor geral de uma empresa com 1400 funcionários e com o desenvolvimento tecnológico das máquinas e, em 1917, o nome IBM foi usado pela primeira vez no Canadá. Foi apenas em 1924 que a CTR mudou seu nome para International Business Machines Corporation, uma empresa líder dentro de seu processo tecnológico, vindo a controlar 85% do mercado de tabuladores e cartões perfurados.

Watson se destacava por uma forte competência em marketing e vendas e conseguiu consolidar o mantra “Think” à marca e sedimentou uma forte cultura empresarial que era reconhecida pela equipe de vendas que usava o terno azul e a camisa branca na tentativa de convencer os executivos do mercado a adotarem os sistemas de contabilidade mecânicos da IBM. A promessa de Watson para sua equipe era completada com o pagamento de bônus sobre o desempenho de vendas e promessas de empregos vitalícios, o que talvez tenha sido um dos fatores de sucesso que ajudou a empresa a atravessar a Grande Depressão de 1929.

Em 1954, a empresa lançou a primeira calculadora eletrônica do mundo, com transistores que representavam uma tecnologia disruptiva para a época. Depois, na década de 60, lançaram o primeiro computador mainframe, que, à época, apresentava uma memória de armazenamento de dados diferenciada, que dominou o mercado, detendo 70% de todos os computadores usados.

Em 1981, foi introduzido no mercado o primeiro computador pessoal, outro produto revolucionário, que viria a mudar e redefinir a vida moderna. Foi quando os PCs entraram nas residências e nas vidas das pessoas, tornando-se um sucesso de vendas e reassegurando o sucesso da IBM. Entretanto, em 1993, a IBM enfrentava uma grande crise financeira por conta de sua estrutura excessivamente hierarquizada e ineficiente (FOSTER; KAPLAN, 2001)

A estratégia do novo CEO foi fortalecer a oferta de serviços da empresa, reconstruir a estrutura interna que havia sido abalada pela crise e perceber o potencial do fenômeno que despontava, a Internet, inaugurando os negócios online e colocando a empresa como uma integradora de tecnologias e serviços corporativos.

A IBM representa a transformação de uma empresa e de seu modelo de negócio, abrindo mão de vários produtos que não traziam lucratividade e colocando foco em consultoria, que hoje é o padrão de todas as empresas de software concorrentes da IBM, serviços e informação sob demanda. A empresa agora se prepara para ingressar na era da inteligência artificial, com a computação cognitiva, pretende fortalecer sua presença na área da saúde, desenvolver supercomputadores e auxiliar as empresas e fazerem a gestão do Big Data.

Além dos 15 centros de pesquisas presentes em diversos países, a empresa oferece o IBM THINKLab, um espaço de resolução de problemas para ajudar outras organizações a enfrentarem desafios específicos de seus respectivos segmentos ou identificarem novas oportunidades.

Não deveríamos confundir liderança e comprometimento com ser sempre o agente de mudança ativo. Em muitos casos, a inovação acontece apesar da alta gestão de uma organização, e o sucesso emerge como resultado de táticas de guerrilha, em vez de ataque frontal ao problema. Muito tem se falado a respeito da dramática virada da IBM sob a liderança de Lou Gerstner, que levou a problemática empresa gigante de uma situação de crise à liderança da área de serviços de TI, sendo reconhecida como pioneira em comércio eletrônico. Mas análises mais profundas revelam que a entrada no comércio eletrônico foi resultado de uma iniciativa de baixo para cima guiada por um programador chamado Dave Grossman. Foi a sua frustração com a falta de resposta de seus gerentes de linha que levou-o a estabelecer uma ampla coalizão de pessoas dentro da empresa, capazes de colocar a ideia em prática e definir a IBM como uma das maiores líderes de e-business. A mensagem que fica para a alta gestão é que além de liderar por meio da criação de espaço e suporte dentro da organização, também é preciso envolvimento direto. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 489)

7.3.8 Kodak

George Eastman, um jovem bancário, decidiu fotografar suas férias e ficou impressionado com o volumoso, pesado e desajeitado equipamento necessário à época. Ficou interessado pelo processo e começou a estudar as publicações técnicas, descobrindo que os fotógrafos ingleses preparavam as chapas fotográficas com emulsões que as ativavam quimicamente. Começou, então, a fazer testes com emulsões e, depois de três anos, chegou a uma fórmula ideal e a patenteou. Um amigo da família percebeu o potencial do negócio e investiu na ideia de George Eastman, fundando, em 1881, uma empresa para produzir chapas que evoluíram para um filme flexível dentro de um rolo, papel para negativo e uma câmera. Estava montado o sistema que definiria a indústria fotográfica mais simples e acessível. O filme em rolo

ajudou também a desenvolver o cinema e as inovações continuaram a ser lançadas com câmeras portáteis, possibilitando a popularização do hobby da fotografia. O primeiro filme comercial foi produzido em 1908 e as duas guerras mundiais alavancaram o número de produtos oferecidos pela empresa. Nas décadas de 50 e 60, o ingresso da cor levou a empresa a pesquisar sistemas de impressão colorida e uma câmera especial utilizada na primeira viagem à Lua.

Na década de 80, a empresa ingressou na área de diagnóstico médico e, depois, no segmento de vídeo e detinha 85% da parcela do mercado americano de filmes fotográficos.

Mas a Kodak não conseguiu entender os sinais do mercado e antever a decadência do produto que deu origem ao negócio, o filme para fotografia. A ironia é que a empresa foi a primeira a desenvolver a tecnologia da fotografia digital, muito antes que seus concorrentes. No entanto, a miopia e o afã de preservar seu modelo de negócios levou a empresa a negar o que estava acontecendo e seus gestores tentaram de todas as maneiras preservar o paradigma em que estavam inseridos. Quando perceberam, mudanças profundas foram feitas e conseguiram retardar a decadência, mas, em 2005, um novo CEO teve que dar um choque de gestão na organização, para tentar salvar a empresa da falência. Preparou um plano em 3 partes; readequar o negócio tradicional da empresa e, para tanto, fechou diversas fábricas e demitiu muitas pessoas, a segunda fase foi focar a empresa na área de impressão digital e, por fim, promover a venda de negócios e corte de custos.

Uma empresa que tinha a base de seu negócio na produção e no processamento de filmes e na venda de serviços agregados ao mercado fotográfico não conseguiu perceber a mudança de tecnologia da revelação química molhada na câmara escura para a imagem digital demandada pelo mercado. Estava presa ao seu antigo paradigma e não conseguiu decodificar os sinais provenientes do mercado. Hoje a organização está dedicada ao design, produção e comercialização de equipamentos fotográficos.

7.3.9 Conclusão sobre as empresas do século XIX

Dos oito casos apresentados, todos referentes a empresas que têm um longa história de mercado, percebe-se um padrão recorrente. A partir da identificação de necessidades ou desejos do Mercado, as empresas iniciam suas atividades,

oferecendo uma solução para preencher uma lacuna identificada. Todas apresentaram a tendência de crescimento e de enrijecimento de suas estruturas internas, que as levaram a profundas crises ao longo de suas existências.

O mercado constitui um ecossistema formado por muitos atores: empresas do mesmo setor de atuação e de outros setores, concorrentes, parceiros, clientes, não clientes, investidores, empreendedores, governo e a sociedade de uma maneira ampla. Um paralelo entre o mercado e o meio ambiente em que vivemos pode ser usado de forma análoga. A brutalidade das mudanças que ocorrem no meio ambiente podem se apresentar de forma muito repentina, dizimando rapidamente diversas espécies que não estejam preparadas para acompanhar tais mudanças. De maneira similar, o meio ambiente pode impor certas condições novas, que, mesmo aqueles organismos mais preparados para uma repentina adaptação, sucumbirão. Esta é a mesma realidade válida para o mercado. Ele é impiedoso e imprevisível. Age de forma aleatória numa composição resultante de simples fatores, que, ao se combinarem, ganham proporções de complexidade que tornam a vida das empresas impossível de ser mantida. É o processo darwiniano de seleção natural aplicado ao mercado e aniquilando as organizações que não conseguem se adaptar.

Uma das ferramentas mais utilizadas pelos gestores de empresas é o planejamento estratégico, que tende a congelar os cenários para poder elaborar a estrutura necessária para que a empresa floresça e se mantenha lucrativa no mercado. No entanto, o algoritmo que transforma o mercado de forma invisível e espontânea, que atua como um processo mecânico que surge de baixo para cima, criando condições sem precedentes, pode provocar situações intransponíveis. A mudança do mercado provoca a evolução das empresas, que pode levá-las a uma falsa ilusão de sucesso temporário, encorajando-as a expandir seus tentáculos para entrar em novas oportunidades das quais não possuem conhecimento suficiente, ou pode exterminá-las de maneira rápida e incontornável.

O gigantismo que se desenvolveu nas empresas listadas nos exemplos e que sobraram desse século mostram a necessidade dos processos e das rotinas para tentar garantir a eficiência organizacional e manter a promessa de entrega de valor planejada. A mesma eficiência procurada pelas organizações pode ser encontrada nas espécies que sobrevivem no planeta, pois a Natureza, num longo processo de tentativa e erro, otimiza os processos, deixando-os cada vez mais eficientes,

eliminado desperdícios, para poderem permanecer relevantes na economia da natureza.

Não podemos perder de perspectiva que essas empresas passaram por grandes conflitos globais, mudanças de legislação e crises econômicas muito serias. No entanto, até se tornarem grandes conglomerados, as condições do mercado envolviam mais riscos do que incertezas, possibilitando um planejamento de longo prazo, sem grandes solavancos.

Todas utilizaram o tradicional conceito de inovação tecnológica para criarem as condições de sobrevivência em um mundo ávido, que demandava todos os tipos de produtos, pois as opções disponíveis de mercado eram demasiadamente restritas.

Mas apesar da natureza aparentemente incerta e aleatória do processo de inovação, é possível encontrar um padrão básico de sucesso. Nem todo processo fracassa; e, mesmo em caso de fracasso, algumas empresas (e indivíduos) parecem ter aprendido maneiras de tratá-lo e gerenciá-lo de forma que, ainda que não haja total garantia, ao menos as vantagens a favor do processo de inovação eficaz possam ser aproveitadas. Estamos usando o termo “gerenciar” aqui não no sentido de criar a aplicar um mecanismo complexo e previsível (como o de um relógio sofisticado), mas criar condições, dentro de uma empresa, para que a resolução eficaz de desafios múltiplos sob altos índices de incerteza seja facilitada. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 100)

Embora este seja um comentário mecanicista, um tanto confuso com relação ao conceito de incerteza e voltado para dentro das empresas, os autores estudaram, pesquisaram e avaliaram a experiência das empresas do “Clube dos 100”, ou seja, das empresas que sobreviveram a um ciclo de vida maior que 100 anos.

7.4 Empresas do século XX que continuam no mercado

7.4.1 3M

Considerada uma das organizações mais inovadoras, a empresa se posicionou recentemente com o slogan “3M ciência. Aplicada à vida”. Essa imagem de empresa inovadora se consolidou através de uma longa jornada, que foi solidamente construída com entrevistas e publicações e com resultados tangíveis, tais como as mais de 105.000 patentes registradas ou as 45 plataformas tecnológicas oferecidas ao mercado, sendo considerada uma das empresas mais diversificadas do mundo. O grande diferencial da 3M é deixar novas oportunidades florescerem de qualquer tipo de iniciativa, incluindo as descobertas acidentais como foi com o post it.

A empresa surgiu em 1902, a partir de cinco empreendedores que pretendiam explorar minérios, que logo se mostrou um negócio de pouco valor, rapidamente mudou seu foco para a fabricação de abrasivos. Dezoito anos mais tarde, foi inventada a lixa para ser usada com água para reduzir a geração de poeira durante o processo de lixamento para a indústria e construção. Outro problema identificado pela empresa foi a dificuldade e o retrabalho que ocorria durante os processos de pintura em carros bicolores, vindo a desenvolver a fita crepe. Sempre na busca de oportunidades no mercado, a empresa encontrou uma solução para o fechamento de embalagens, ao desenvolver uma fita adesiva, popularmente conhecida, até hoje, como Durex. E assim sucessivamente, a empresa teve capacidade de identificar as necessidades do mercado e solucionar os problemas com o desenvolvimento de novos produtos e hoje comercializa mais de 55.000 itens no seu portfólio de ofertas.

Os fatores de sucesso apontados por Tidd, Bessant e Pavit (2008) são o reconhecimento e a recompensa, o reforço dos valores centrais, permissão para a experimentação, aceitação da falha, uma forte cultura corporativa, que incentiva o intercâmbio de informações, e a fertilização cruzada de ideias.

7.4.2 Google

Em 1996, dois estudantes da Universidade de Stanford lançaram o sistema BackRub de rastreamento de links na internet que evoluiu para o nome Google e deu origem à empresa, em 1998, quando o sistema recebeu um aporte financeiro para dar sequência ao desenvolvimento do sistema de busca, que se diferenciava dos demais do mercado, pois oferecia o conceito de relevância nas pesquisas dos usuários. Para gerar receita ao negócio, começaram a vender anúncios associados à palavras-chave de busca e lançaram versões do sistema em vários idiomas. Em 2000, o Google começou a se tornar mais conhecido, pois foi adotado como motor de busca do Yahoo e depois pelo UOL. Dois anos mais tarde, a empresa incentivava os funcionários a dedicarem 20% do seu tempo em algum projeto particular, que acabou trazendo soluções a partir dessa pseudo liberdade oferecida, pois os funcionários se dedicavam a projetos mais desafiadores, mas sempre relacionados aos interesses da empresa. Em 2004, a empresa abriu seu capital na Bolsa de Valores com uma oferta pública. As aquisições tiveram início em 2011, com a compra da Motorola, que se mostrou

uma assombrosa geradora de prejuízos e foi vendida três anos mais tarde para a chinesa Lenovo. Em 2013, comprou a Waze.

O Google, hoje, é considerado uma empresa de mídia que disponibiliza o conteúdo das maiores bibliotecas do mundo e os principais vídeos das emissoras de televisão. Dentre os diversos serviços oferecidos pela empresa estão o Youtube, Blogger, Reader, Search, News, Drive, Calendar, Chrome, Maps, Earth e o Gmail. Atualmente o Google é a mais conhecida empresa de internet do planeta e está investindo massivamente em realidade aumentada e virtual e inteligência artificial.

Um dos diferenciais da empresa é entender as necessidades e desejos dos usuários da internet, oferecendo serviços simples, mas objetivos, mercado que cresceu durante a crise das empresas online. Essa aparente simplicidade da interface tem por trás um mecanismo de classificação de sites ligado à frequência de acessos aos links externos, que é o que há de mais moderno e sofisticado.

A empresa também investe em energia eólica, pesquisas genéticas, carros autônomos, biotecnologia e robótica.

7.4.3 Apple

Surgiu em 1976, a partir de 3 empreendedores que perceberam o potencial latente dos computadores pessoais e que achavam que poderiam desenvolver PCs menores e mais simples que os conceitos apresentados no parque tecnológico da Xerox, a maior referência à época com relação a tendências tecnológicas. O primeiro computador foi desenvolvido por um dos sócios, Wozniack, batizado de Apple I, mas o sucesso veio em 1977, com a segunda versão do PC. Um dos erros cometido por Steve Jobs foi a retirada de uma ventoinha interna, que danificou milhares de unidades por superaquecimento. No início da década de 80, com o mercado já saturado de ofertas e mesmo com Wozniack afastado da empresa por um bom tempo, Jobs insistiu em lançar um novo computador, o Lisa, que foi outro fracasso e levou ao afastamento de Jobs da empresa.

A empresa só veio a recuperar sua imagem com o lançamento do primeiro PowerBook, em 1991, mas a crise continuou e se agravou por conta de problemas jurídicos com a Microsoft, que copiou a interface gráfica da Apple, esta que, por sua vez, havia copiado da Xerox. Em 1996, quase à beira da falência, Jobs voltou a comandar a empresa, promovendo uma forte reestruturação dos negócios e uma

simplificação da oferta de produtos. A partir de então, foram lançados o iMac, o iPod, o iPhone, o iTunes, que revolucionaram o mercado e transformaram a empresa numa das mais inovadoras, poderosas e influentes do mundo. A Apple soube entender e até criar as necessidades de seus produtos nos consumidores, lançando produtos simples e fáceis de serem manuseados, como as entradas USB, que se tornaram um padrão mundial, os MP3 Players, os primeiros laptops com mouse de série, a eliminação do leitor de disquetes e, em 2005, trocaram os processadores para a marca Intel. A estratégia da Apple é de forte verticalização e de aquisição de empresas e não de formação de parcerias.

Todos os detalhes dos lançamentos da empresa, depois do retorno de Jobs ao comando, foram meticulosamente estudados. Para o lançamento da Apple Store, a empresa foi buscar inspirações para melhorar a experiência dos usuários nas novas lojas, usando a analogia da experiência oferecida pela rede de hotéis de luxo Ritz-Carlton, que tem foco no bem estar dos seus clientes.

Hoje a Apple é uma empresa extremamente fechada, fato que suscita dúvidas sobre a capacidade de continuar a oferecer soluções disruptivas para uma crescente complexidade de tecnologias e clientes cada vez mais demandantes., entretanto, ainda é uma das maiores e mais rentáveis companhias de capital aberto do mundo.

7.4.4 Disney

Em 1923, depois de já ter falido uma empresa, Walt Disney fundou seu novo estúdio para atender a uma demanda específica para a produção de 12 filmes para compor uma série popular, chamada The Alice Comedy. Walt Disney criou Mickey Mouse, seu personagem de maior sucesso, em 1927 colocando seu foco na produção e abandonando a carreira de desenhista e animador gráfico. Dos desenhos, passou para seu primeiro livro e, em 1932, pediu os direitos de uso de um sistema para utilizar cores em seus filmes, produzindo um filme que foi premiado pelo Oscar. Além das cores, outra novidade que Walt introduziu foi o uso de uma ferramenta de visualização chamada Storyboard, que permitia aos artistas entenderem as sequências, podendo alterá-las e melhorá-las.

Entretanto, a ambição de Walt Disney era desmedida e seu irmão teve a ideia de licenciar a imagem de Mickey para levantar fundos para manter a empresa. Em 1933, recebeu outro Oscar pelo curta-metragem Os três Porquinhos, seguido de

diversos outros sucessos que foram lançados, o que possibilitou que a empresa construísse modernos estúdios em 1940. Durante a Segunda Guerra Mundial, praticamente todos funcionários estavam envolvidos e engajados em trabalhos especiais de comunicação para o governo. Entretanto, quando a guerra terminou, os irmãos Disney estavam novamente endividados, o que foi superado por uma longa sucessão de filmes que foram lançados. Um fato que contribuiu para a imagem de valor ambiental e ecológico aos estúdios é que vários cientistas experientes colaboraram com as equipes técnicas da Disney.

Na década de 50, começaram a distribuir filmes pelo mundo, mas o grande sucesso da empresa foi a concepção dos revolucionários parques temáticos para toda a família. O primeiro, a Disneyland, foi uma parceria com a rede de televisão ABC, depois surgiram outros, localizados em regiões pantanosas, na cidade de Orlando, e se espalharam por todo o mundo. A administração dos parques tem como principal objetivo encantar seus frequentadores e tornou-se uma referência no mundo empresarial. Muitas organizações visitam as instalações e são treinadas na Universidade Disney z fim de tentar replicar a destreza que estes parques temáticos têm no projeto das experiências para seus clientes. Porém, alguns erros estratégicos foram cometidos, como o Euro Disney, parque montado nas proximidades de Paris, depois do sucesso da Disneyland em Tóquio em 1983. Muitos erros se acumularam, por exemplo, toda a temática dos hotéis do complexo representava regiões americanas, os menus e preços das comidas eram tipicamente americanas, o inglês era a língua que deveria ser falada no parque, no início, não se podia vender bebidas alcoólicas. Adicionalmente as críticas sobre o imperialismo americano começaram a trazer perturbações não planejadas ao sucesso anterior dos parques. Em 1992, o parque foi inaugurado e, cinco meses depois, já estava apresentando serias dificuldades financeiras, somadas a uma recessão europeia e um choque entre culturas e costumes. Em 1995, depois de uma renegociação das dívidas e muitas mudanças para atender as demandas locais, o parque começou a apresentar lucros e, em 2002, mudaram o nome para Disneyland Resort Paris, enfrentaram alguns problemas nos três anos seguintes até que o parque finalmente se consolidou como um destino turístico da Europa.

Dois CEOs emblemáticos administraram o império do entretenimento. Em 1984, Michael Eisner recuperou e reposicionou a conservadora empresa que estava prestes a falir, fato motivado por investimentos inadequados, aumentando a

produtividade da empresa, retomando o crescimento lucrativo e transformando a empresa em um conglomerado de mídia. Realizou aquisições como a rede ABC, ESPN e outros canais de televisão, mas, na década seguinte, muitos outros erros administrativos provocaram diversas demissões, fechamento de estúdios e a era da animação computadorizada exigia novas habilidades para seus animadores. Ele ocupou o cargo por 21 anos, mas sua saída foi traumática e fruto de muitos desentendimentos. A empresa não acompanhou as mudanças culturais ocorridas, não percebeu que seus personagens haviam envelhecido, perdeu a atenção de muitas crianças na era da Internet, mergulhando numa crise em 2004. Um novo CEO, Robert Iger, assumiu em 2005 e começou novamente um programa de recuperação da empresa, que havia comprado diversos negócios que não se mostraram lucrativos. Em sua gestão, a empresa adquiriu a Pixar, Marvel, Lucas voltando a inserir a empresa num mercado extremamente competitivo, reconquistando a confiança dos investidores.

7.4.5 Zara

O empreendedor Amâncio Ortega Gaona fundou a Zara em 1975, um varejo para vender roupas femininas de baixo custo, que, em 10 anos, já havia inaugurado diversas outras lojas em grandes cidades espanholas com roupas femininas e masculinas de alta costura, mas sempre com preços competitivos.

O diferencial competitivo encontrado foi reduzir o tempo de lançamento de coleções, um ponto de atenção no mercado têxtil, introduzindo o conceito de moda instantânea. Já na década de 80, começou a expansão internacional, culminado com a abertura de uma loja em Milão, em 2002, no centro da moda mundial. A empresa consegue lançar novos artigos duas vezes por semana, contando com outro diferencial do grupo, que é a logística. No entanto, a empresa, como quase todas que atuam no mercado têxtil, se envolveu em um escândalo relacionado a trabalho escravo em 2011, que gerou um grande abalo à sua reputação.

A Zara é uma empresa pertencente ao grupo espanhol Inditex, que teve a capacidade de introduzir um novo modelo de negócios no consolidado, maduro e bem estabelecido mercado têxtil. Eles perceberam o potencial de utilizarem as informações dos pontos de vendas para reduzir o ciclo de desenvolvimento de novas roupas, interligando os designers, a fabricação e a venda. Estes públicos de interesse são

frequentemente retroalimentados por informações dos vendedores das lojas Zara sobre as tendências e as necessidades dos clientes no momento da compra. A empresa se tornou uma das maiores redes de varejo, por entender que o atributo de renovação das coleções é muito valorizado pelos seus clientes.

7.4.6 Xerox

Em 1970, no auge do seu sucesso, a Xerox criou seu Centro de Pesquisa de Palo Alto (PARC), locus de muitas inovações tecnológicas. O interessante é que muitos indivíduos deixaram o centro de pesquisas para montar empresas próprias. Os casos mais icônicos são da visita que Steve Jobs fez ao PARC, a partir da qual a Apple desenvolveu o desktop para melhorar a interação do computador com o usuário, e, o outro caso é que serviram como base do pacote Word da Microsoft. Em 1998, haviam sido criadas 24 empresas spin-off e, 2 anos mais tarde, o valor de mercado dessas empresas era o dobro do valor da Xerox.

Na década de 70, a Xerox detinha a maior participação no mercado de copiadoras, com sua tecnologia básica até então intocável. Entretanto, apesar do seu contínuo investimento para garantir a liderança, a empresa foi seriamente prejudicada por novos entrantes japoneses, que começaram a ofertar copiadoras compactas ao mercado. A Xerox levou quase oito anos para conseguir ter um produto competitivo, tendo vivenciado diversos fracassos e falsos inícios. Ao longo desse período, a empresa perdeu metade do mercado que detinha e sofreu grandes prejuízos financeiros

7.4.7 Microsoft

Convictos de que o computador pessoal seria o produto do futuro, baseado na venda do kit MITS Altair 8800, que ocorreu em 1975 e que superou as projeções de demanda, William Gates e Paul Allen fundaram a Microsoft. A linguagem escolhida pelos fundadores foi o FORTRAN e, depois, o MS-DOS, que foi introduzido em 1981, o sistema operacional exclusivo adotado pela IBM para o lançamento do seu PC. Essa fortuita negociação tornou o MS-DOS a plataforma padrão da indústria de microcomputadores e capitalizou a empresa, impondo barreiras aos concorrentes e permitindo o desenvolvimento de muitos outros softwares nos anos seguintes.

Bill Gates se envolveu, ao longo de sua carreira, em muitos processos jurídicos em que foi acusado de plágio ou tentativa de estabelecer um monopólio. Além dos softwares, a empresa, no início do século XXI, ingressou, também, no desenvolvimento de hardware, com videogames e tocadores portáteis de música digital, entretanto, a grande fonte de receitas da empresa ainda é o sistema operacional Windows, o pacote de automação de escritório Office e o navegador Internet Explorer.

Uma das aquisições recentes da empresa foi a compra do Skype, a aquisição da fabricante de celulares Nokia e a entrada no cloud computing. Porém, a concorrência é muito grande, dificultando a revitalização e o crescimento da empresa. Apesar de todas as possibilidades existentes no mercado, a Microsoft segue sendo a maior produtora de softwares e uma das empresas mais valiosas do mundo.

Os softwares da Microsoft, apesar de serem o padrão usado pelas empresas, despertaram um movimento de desenvolvimento do software livre por aqueles que o consideram inseguro e instável. O sistema operacional gratuito Linux foi intensivamente desenvolvido por uma organização virtual aberta, formada por programadores voluntários e que teve início em 1991, estabelecendo uma nova forma de trabalho cooperativo.

Desse modo, o Linux cresceu de 10.000 linhas de código, em 1991, para 1,5 milhões de linhas, em 1998. Seu desenvolvimento coincidiu com - e explorou plenamente - o crescimento da Internet e, posteriormente, com as formas de trabalho cooperativo da Web. O fornecimento do código fonte para todos os possíveis criadores promove contínuo incremento e inovação, e os próximos e, às vezes, indistinguíveis grupos de criadores e usuários promovem concomitantemente desenvolvimento e debugging. As fraquezas são a falta de suporte potencial para usuários e hardware novo, disponibilidade de programas compatíveis e questionamentos no desenvolvimento. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 334)

Em 2016, a Microsoft anunciou sua entrada na Fundação Linux. A partir desse trabalho aberto, outros surgiram, como o navegador Firefox, da Mozilla, e a enciclopédia livre Wikipédia.

7.4.8 Netflix

A proposta inicial da empresa, fundada em 1997, era melhorar a experiência de devolução de fitas VHS e DVDs utilizados pelos clientes que desejavam assistir

filmes em suas residências. A Netflix havia identificado que a devolução dos filmes para as locadoras de onde haviam alugado era um incômodo para as pessoas. Criaram um site para os clientes solicitarem o DVD, que seria enviado via correio, e no qual o grande diferencial era não cobrar pelo envio, não ter multas de atraso de devolução e a possibilidade de receber diversos DVDs, de acordo com o plano de assinatura contratado. Para garantir a devolução, os clientes podiam usar o mesmo envelope que haviam recebido, sem custos adicionais. A empresa desenvolveu mais de 200 protótipos de envelopes até chegarem ao mais adequado. A ideia se tornou um sucesso e foi oferecida para a maior rede de videolocadoras do mundo, em 2000, a Blockbuster, que faliu em 2010, pois não acreditou na proposta de valor elaborada pela Netflix.

Em 2006, a empresa decidiu abrir uma divisão para criar conteúdo original que, dois anos depois, foi desativada por problemas com os estúdios parceiros. No ano seguinte, os primeiros sinais da expansão do serviço streaming foram lidos e interpretados como uma oportunidade para a empresa, que oferecia um plano de assinatura com acesso limitado de horas por assinante. Em 2013, a empresa lançou sua primeira série, tornando-se uma produtora de conteúdo original. Por mais contraditório que possa parecer, a Netflix ainda oferece o serviço de aluguel de DVDs nos Estados Unidos, para atender clientes mais velhos e por ser um modelo de negócios extremamente rentável. Ela tentou acabar com esse negócio em 2011, ao anunciar o desmembramento da empresa em um serviço de streaming e outro de envio de DVDs e videogames, fato que foi muito mal recebido pelo mercado e refletiu numa queda do valor das ações e muitos cancelamentos de assinaturas.

Um dos grandes impactos que o streaming está provocando é o alto tráfego de dados pela internet e a queda de audiência das transmissoras de conteúdo convencionais, como os canais de televisão abertas e a cabo.

7.4.9 Amazon

Jeff Bezos, o fundador da Amazon, percebeu de maneira visionária o potencial disruptivo da Internet no futuro da comercialização de produtos e, em 1994, começou seus experimentos com a venda de livros, enfrentando o paradigma das livrarias estabelecidas com lojas físicas, como a tradicional Barnes & Noble, que tem mais de 600 pontos de venda. Hoje a empresa é a maior referência do e-commerce, vendendo

uma miríade de produtos que vão de livros no formato impresso ou eletrônico, vestuário, produtos para bebês, produtos eletrônicos de consumo, produtos de beleza, comidas sofisticadas, mercearias, itens de saúde e cuidados pessoais, joias, artigos esportivos, apenas para citar alguns.

Entre os diferentes sites de comércio eletrônico, a empresa comprou, em 2009, a zappos.com, que teve início como uma pizzaria, passou a vender softwares até mudar todo o foco do negócio e vender sapatos pela internet, numa operação que rapidamente se tornou a referência no mercado americano, pois, para reduzir a insegurança dos clientes, oferece frete grátis na escolha de 3 pares de sapato, com possibilidade de devolução sem custo.

Um dos diferenciais que a Amazon percebeu que seria muito valorizado pelos clientes é a entrega no mesmo dia, ao notarem que tinham uma desvantagem em relação à compra em lojas físicas, onde o cliente sai com o produto na mão. Fato é que o varejo tradicional está sendo redesenhado com a atuação da Amazon, que vem expandindo sua oferta com músicas, armazenamento ilimitado de fotos e sua recente nova tecnologia de cloud computing para pessoas físicas e jurídicas.

A rapidez com que a empresa altera os modelos de negócios lhe garante uma posição como uma das organizações mais ágeis no momento. O fundador também é conhecido pela sua orientação centrada no cliente, permitindo devoluções, acolhendo feedbacks abertos dos clientes, indicando os sites dos concorrentes quando não possui o produto e facilitando a compra com a solução “um clique”. A empresa, entretanto, registrou seu primeiro lucro líquido, apenas seis anos depois de sua criação.

A diversificação é tamanha que o negócio mais recente, anunciado em 2015, foi a entrada de Bezos na corrida pelas viagens turísticas espaciais, com a fundação da Blue Origin, que tem um sistema de lançamento reutilizável de foguetes tripulados.

7.4.10 Dyson

A ideia central que gerou a empresa surgiu a partir do assombro do inventor James Dyson, diante da ineficiência dos tradicionais aspiradores com saco de coleta de pó fabricados pela Hoover, Phillips e Electrolux. Em 1979, Dyson estava usando um aspirador nas suas rotineiras tarefas domésticas e percebeu a frequente perda da capacidade de aspiração por conta do entupimento com o pó. Ele tentou, sem

sucesso, diversas melhorias incrementais, até que teve a ideia de usar a tecnologia do ciclone industrial nos aparelhos. Rapidamente ele percebeu a dificuldade de aplicar esse conceito e começou a fazer experimentos gerando protótipos que o levaram a solicitar o registro de uma patente em 1980.

Quatro anos e 5.127 protótipos depois, e ele ainda não pode patentear a aplicação de um único ciclone, uma vez que sua ideia representava somente uma melhoria de uma tecnologia existente e comprovada. Dyson teve de desenvolver um sistema duplo, utilizando o primeiro para separar itens volumosos de lixo doméstico- pontas de cigarro, pêlos de cachorro, cereais etc. - e o segundo para recolher partículas de pó mais finas. Mas, tendo comprovado a tecnologia, foi tratado com indiferença por parte da indústria de aspiradores de pó existente. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 499)

Firmemente convencido de que sua ideia seria revolucionária, Dyson levantou fundos para iniciar sua empresa e começou a vender os primeiros aspiradores com o novo conceito, 14 anos depois da ideia inicial. Entretanto, a batalha que Dyson teve que enfrentar relativa à propriedade intelectual de sua patente contra a multinacional Hoover só foi resolvida em 2000, no Tribunal de Justiça Real de Londres. Este caso se tornou um dos clássicos enfrentamentos judiciais em torno de uma ideia.

Hoje a empresa segue vendendo seus aspiradores de pó e secadores de mãos e o valor central da organização é que sempre é possível fazer as coisas de maneira melhor e que a falha é parte do processo de desenvolvimento e da aprendizagem.

7.4.11 Airbus Industries

Criada a partir de uma joint venture da empresa alemã DASA e a francesa Aérospatiale, teve posteriormente agregadas a espanhola Casa, em 1970, e a British Aerospace, em 1979. Esta joint venture tem como peculiaridade ser uma entidade francesa que não é obrigada a divulgar suas contas, e, desta forma, qualquer prejuízo ou lucro deve ser absorvido pelas empresas associadas. Quando essa entidade foi constituída, o mercado de aeronaves internacional era dominado pela Boeing, que tinha 40 % do mercado global no início da década de 80. Trata-se de um mercado de alto risco e alto custo, que foi consolidado através de algumas joint ventures, formadas para suportarem a rápida obsolescência dos equipamentos em função da pressão tecnológica.

A entidade francesa identificou uma oportunidade não atendida no mercado de curto/médio percurso e desenvolveu o modelo A 300. O início do projeto foi em 1969 e o primeiro vôo comercial da aeronave só aconteceu em 1974.

Em 2000, o grupo deu início ao desenvolvimento de um super jumbo de dois andares, o A380, com assentos para 555 passageiros. A estimativa do mercado potencial calculado pela Airbus é muito diferente do anunciado pela Boeing e ambas as empresas tomaram rumos muito diferentes, colocando seus esforços em cenários futuros opostos. Uma acredita que o mercado precisa de aviões menores e a outra, de aviões muito grandes. Em termos de volume de vendas, a Airbus superou sua concorrente em 1998.

A Airbus demonstra a complexidade das joint ventures. O motivo inicial foi a divisão do alto custo e do risco comercial de desenvolvimento. Por outro lado, a participação francesa e alemã foi subscrita pelos respectivos governos. O fato não escapou à atenção da Boeing e do governo dos Estados Unidos, que indiretamente proveu subsídios via contratos de defesa. Por outro lado, todos os parceiros tinham, até certo ponto, mercados cativos sob a forma de linhas aéreas nacionais, embora quase três quartos de todas as vendas da Airbus fossem fora dos países associados. Finalmente, havia também motivos tecnológicos para a joint venture. Por exemplo, a BAe era especializada em desenvolvimento de asas, a Aérospatiale, em dispositivos eletrônicos; a Dasa, em fuselagem; e a CASA, em caudas. Entretanto, como foi sugerido acima, existem agora fortes razões financeiras, de produção e de marketing para combinar as operações em uma única empresa. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 324)

7.4.12 Conclusão sobre as empresas do século XX

O século XX passou por grandes transformações sociais e econômicas, por conta de duas guerras mundiais, a depressão econômica de 1929 e de muitas outras guerras, que, apesar de muito impactantes para a sociedade civil, trouxeram avanços tecnológicos e oportunidades para algumas das empresas aqui mencionadas. Todas mostram o mesmo padrão que as empresas do século anterior, no qual empreendedores identificaram uma carência, necessidade ou desejo no mercado e, com o devido apoio financeiro inicial, começaram negócios que também se expandiram e entraram em oportunidades que se complicaram com o passar do tempo. Todas surgiram para resolver um problema identificado no mercado.

Temos exemplos de empresas extremamente verticalizadas e fechadas, no sentido de formar parcerias externas, e muito preocupadas em proteger a propriedade intelectual por elas gerada, outras mais focadas em serviços e uma outra categoria de

empresas, que, ao contrário, perderam grandes oportunidades por não terem protegido seus ativos intangíveis. Algumas começaram com uma proposta de valor e conseguiram rapidamente mudar em função do dinamismo do mercado, entretanto, não há fórmula mágica para os negócios.

Diante da resistência que as empresas oferecem perante a mudança, podemos utilizar a análise dos paradigmas relatada por Kuhn, quando, de forma análoga, os cientistas estão confortavelmente atuando dentro de um conjunto de crenças, com uma determinada maneira de pensar e com visões de mundo congruentes. Tanto os cientistas, quanto os empresários e gestores, pela própria natureza humana, procuram as leis da regularidade, consolidando verdades que são as expectativas que são construídas com o passar do tempo. Todos querem e precisam de estabilidade e constância. Nenhuma estrutura social funciona quando o cenário muda com demasiada frequência.

Tais verdades, que vão se reiterando durante os períodos da ciência normal, trazem um conforto e um *status quo* que promove as explicações *ad hoc* para justificar as anomalias que surgem de tempos em tempos, similares ao que se passa com os gestores que tentam defender os paradigmas nos quais estão operando e que lhes traz uma miopia diante das mudanças de mercado que provocam as perturbações não planejadas dentro das empresas. Da mesma forma que os cientistas se assombram diante de fenômenos do mundo que ainda não têm explicações, os empreendedores se assombram e se motivam diante das oportunidades identificadas no mercado.

Estabelece-se uma dinâmica social durante o período em que as coisas estão ocorrendo de acordo com o planejado. O aspecto social que vai se consolidando é o de preservar os processos que sempre geraram bons resultados. O grupo de pessoas que compõem uma empresa desenvolve relações sociais típicas que fortalecem hábitos baseados em certezas que podem beirar o dogmatismo diante de anomalias. Repetir os mesmos processos diante de novos problemas, ou tentar enquadrar os problemas complexos em problemas bem definidos, leva muitas empresas a praticarem uma rotina reducionista insuficiente para superar as anomalias que surgem.

As empresas desenvolvem formas particulares de comportamento que se tornam “o jeito de fazer as coisas aqui”, como resultado de repetição e rotina. Esses padrões refletem um conjunto básico de crenças compartilhadas sobre o mundo e como lidar com ele; e fazem parte da cultura da organização - “o jeito de fazer as coisas nesta organização”. Surgem como resultado da repetição de experimentos e experiências

em torno do que parece funcionar bem; em outras palavras, são aprendidos. Com o passar do tempo, o padrão torna-se uma resposta automática a determinadas situações, e o comportamento passa a ser o que se pode chamar de 'rotineiro'. (TIDD.; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 100)

Esse processo psicológico que se instala dificulta a superação de novas situações que se apresentam como violações de expectativas vigentes, tal qual descrito por Kuhn. É importante, nestes cenários, o papel dos líderes, não dos venerados gurus, como Steve Jobs, Bill Gates, Jeff Bezos, mas da liderança de média gerência, que administra as rotinas do dia a dia, visando a eficiência da empresa. A persuasão e os jogos de coalizão descritos por Dunbar, que se desenvolvem dentro dos grupos sociais, precisam de uma forte liderança, que exerça o papel político de convencimento e para mostrar caminhos alternativos para superação das crises. Torna-se vital a comunicação para explicar os novos conceitos, pois nossas percepções são dominadas pelas nossas expectativas e interesses momentâneos, como nos apontou Popper.

Maturana explica o fenômeno cultural que surge com a imitação, que é um traço comum nos mamíferos de vida social complexa. Nos seres humanos, entretanto, como possuímos a linguagem para nos comunicarmos, usamos filtros aplicados aos comportamentos que vão consolidando o "jeito de fazer as coisas aqui" e que podem ser reforçados e, até, alterados nesse jogo político que se estabelece diante de situações incertas e singulares. No final do século XX, a incerteza começou a aumentar, trazendo mais insegurança e ambiguidade, um fator novo para o mundo empresarial.

Mostrar que há outras perspectivas para abordar um problema, ou para colocar todos no mesmo domínio de realidade em que se está atuando, talvez seja o mais adequado para a situação problema enfrentada.

Diante do inevitável, ou seja, no momento que a empresa enfrenta uma mudança de paradigma, visto que não consegue mais resolver os problemas que se apresentam, os CEOs têm que enfrentar a difícil decisão de abandonar parte do negócio, como foi feito por várias empresas, ou, até mesmo, de vender o negócio por inteiro. É o prenúncio da extinção do organismo frente a mudanças insuperáveis do mercado.

Não há nada mais carregado de emoções do que encerrar as atividades de um departamento ou de uma empresa inteira e eliminar muitos postos de trabalho. Um caso emblemático, que mostra a dificuldade emocional que envolve períodos de

destruição dos negócios, é o caso da Intel, hoje um grande fabricante de circuitos integrados. O então CEO Gordon Moore e o presidente Andy Grove, em 1985, tiveram que encerrar as atividades de uma unidade de negócios da empresa que manufaturava o acesso dinâmico aleatório dos computadores, um produto que a Intel havia liderado com até 90% do mercado total por muito tempo, desde a fundação em 1968. No entanto, a concorrência de fabricantes japoneses com preços imbatíveis, alta qualidade e altos volumes, colocou a empresa em uma situação de descontinuidade. Porém, a missão não foi tão simples, pois o bloqueio emocional dos funcionários e da alta administração retardou a decisão que já havia sido tomada. Apesar da direção estratégica definida, a implementação da saída desse mercado foi boicotada com argumentações defensivas e resistência emocional, que beirava um dogmatismo corporativo baseado na crença que a empresa deveria continuar a fazer o que sempre havia sido competente em fazer. O processo levou muito tempo para ser lentamente sufocado por falta de investimentos e pela troca de diversas pessoas que não tinham laços afetivos com o passado (FOSTER; KAPLAN, 2001).

7.5 Empresas do século XXI que prosseguem no mercado

7.5.1 Airbnb

A empresa foi fundada em 2007, quando dois estudantes decidiram alugar um espaço vazio no apartamento que ocupavam em São Francisco, pois sabiam que os hotéis se esgotariam por conta de uma grande conferência que ocorreria na cidade. O nome da empresa é decorrente do colchão de ar com café da manhã que iriam disponibilizar para os usuários, um acrônimo de Air Bed and Breakfast. Rapidamente, percebendo a oportunidade, colocaram um site no ar com o pressuposto inicial de que apenas estudantes teriam interesse no serviço, o que se provou um erro. Ao conversar com diversas pessoas, perceberam a lacuna de mercado, que poderia se transformar num novo modelo de negócios. Lançaram um site que servia como uma plataforma de busca e reservas entre pessoas, possibilitando que turistas à procura de acomodações pudessem se conectar com pessoas que tivessem um quarto ou um apartamento disponível e não ocupado. O período inicial teve que ser transposto para conquistar a confiança de ambas as partes, tanto de quem alugaria o local, quanto de

quem o utilizaria. O feedback dos hóspedes começou a gerar uma onda de confiança no modelo inédito de negócios e, com isto, a expansão foi viabilizada.

O que começou como uma start up impulsionou uma nova maneira transacional como o embrião da economia do compartilhamento. Rapidamente o serviço se expandiu e as pessoas começaram a oferecer barcos, cabanas e castelos medievais na Europa. Um grande propulsor do Airbnb foi a crise mundial de 2008, pois proporcionava a possibilidade de aumento de renda para os que estavam perdendo os empregos e economia para os que queriam viajar. Atualmente o negócio expandiu sua oferta com recomendações de lugares típicos a serem visitados e culinárias locais feitas por pessoas nativas, com o objetivo de proporcionar uma melhor experiência para quem está viajando.

Hoje a empresa tem um valor de mercado maior do que muitas grandes redes hoteleiras, sem ter nenhum imóvel em seu patrimônio. Para fomentar a dimensão da confiança, crucial nesse modelo de negócios, a empresa oferece um serviço de atendimento por telefone e pela internet, para receber reclamações de clientes, e oferece garantias de coberturas financeiras para eventuais danos que os proprietários possam sofrer.

7.5.2 Uber

Em 2008, durante uma viagem que os fundadores fizeram a Paris e onde tiveram dificuldade de encontrar um táxi em uma tarde de neve, vislumbraram a oportunidade de desenvolver um aplicativo para agilizar o processo. No início, o serviço se posicionou entre as limusines e os taxis comuns, pois os usuários poderiam solicitar um carro preto premium entre essas duas categorias.

O aplicativo conecta homens e mulheres que disponham de um carro com os usuários que precisam se deslocar. O princípio passa a ser de mobilidade, questionando toda estrutura montada em todas as cidades ao redor do mundo, ao analisarmos o tempo que os veículos são utilizados em comparação com o tempo que ficam parados e o número de pessoas que se deslocam sozinhas em seus veículos.

Tal qual o Airbnb, o maior entrave ao uso deste serviço é a confiança de quem levará um desconhecido ou de quem entrará em um veículo de um desconhecido. O conceito central é o e-hailing, que consiste no ato de requisitar um transporte via celular, substituindo os métodos tradicionais de chamar um táxi através de ligação

telefônica, ir a um ponto de táxi ou chamar uma cooperativa. Desta forma, o pagamento é facilitado, há maior rapidez e consegue-se redução de custos.

Entretanto, o serviço despertou críticas e fortes reações negativas por parte dos taxistas tradicionais, de seus sindicatos, prefeituras e órgãos oficiais. Trata-se de uma quebra de paradigmas que está sofrendo uma imensa obstrução pelos monopólios e cartéis do transporte, mas tendo um grande apoio por parte dos clientes, que finalmente têm a sensação de que estão pagando um preço justo para a mobilidade.

A empresa está expandindo suas ofertas e já está testando a entrega de pequenas encomendas via carros autônomos e grandes quantias via caminhões autônomos. Atualmente eles têm o Uber Black, que se enquadra à ideia inicial, têm o UberX, que é uma frota composta por carros mais simples, o Uber Pool, que é um serviço de compartilhamento de carro para pessoas que façam trajetos similares. Porém, a partir do conceito, muitas ramificações estão rapidamente surgindo.

7.5.3 Tesla Motors

A empresa foi concebida em 2003, para desafiar o paradigma estabelecido pela indústria automobilística ao longo do século XX e desenvolver carros que não utilizem combustível fóssil e que não emitam gases poluentes. O primeiro veículo esportivo foi para as ruas em 2008 e está provando que há alternativas possíveis frente à infraestrutura automobilística global. Trata-se de um projeto arrojado, que ainda não tem o volume necessário para reduzir seus custos de fabricação e enfrenta grandes desafios tecnológicos, fatos que não dão muita margem para erros. Os processos de manufaturas também são diferentes da tradicional linha de montagem e o sistema de distribuição dos veículos é feito por uma rede própria de varejos da Tesla, para garantir a experiência de compra e para educar o mercado sobre as novidades inerentes a seus produtos.

O conceito que a Tesla quer estabelecer a levou a oferecer um sistema completo, composto por pontos de carga para serem usados nas residências e telhas de armazenamento de energia solar para carregarem as baterias dos veículos durante a noite.

Assim como Jeff Bezos, da Amazon, o CEO Elon Musk, da Tesla, também está desenvolvendo uma empresa, SpaceX, de transporte espacial, com o objetivo de criar

tecnologias que venham a viabilizar a colonização de Marte. Um dos sucessos recentes foi o lançamento e pouso de um foguete modular reutilizável.

7.5.4 Facebook

Uma empresa fruto das circunstâncias propícias promovidas pela internet. Começou em 2003, como um site chamado Facemash, para que os estudantes de Harvard pudessem votar na pessoa mais atraente, com base em duas fotos apresentadas lado e lado. Rapidamente o site foi desativado e acusado de violação das regras de segurança de informática, bem como invasão de privacidade. Este foi o embrião do Facebook, que mostrou o potencial de conexão entre pessoas com afinidades e interesses comuns, dentro de um conceito de desintermediação promovido pela Internet.

Em 2004, a rede social começou a receber investimentos pelo potencial sucesso dentro de um grupo pré-definido na comunidade estudantil. Em 2006, qualquer pessoa que quisesse poderia fazer parte da rede e, com o rápido crescimento, muitas funcionalidades foram sendo agregadas ao site. No ano seguinte, já era uma das empresas mais valorizadas do mundo e teve uma parte minoritária adquirida pela Microsoft. Um dos atributos introduzidos em 2009 no site e que é um dos mais apreciados desde seu lançamento do Facebook foi o botão LIKE, que se tornou um ícone na Internet. Em 2011, diante do crescimento exponencial, o banco Goldman Sachs juntamente com um investidor russo aportaram um investimento que valorizou muito o negócio, ainda como uma empresa de capital fechado. No ano seguinte, a empresa realizou sua oferta pública inicial de ações, que ficou acima do Google. Outra excelente visão foi a compra do Instagram, um aplicativo para celulares que personaliza fotos, que está transformando a maneira como as pessoas compram via comércio eletrônico. Em 2014, outra aquisição visionária foi do aplicativo WhatsApp, para troca de mensagens pelo celular e que tem abalado as estruturas das empresas de telefonia.

Um dos grandes diferenciais do Facebook foi manter sua interface de programação de aplicações aberta para desenvolvedores independentes, permitindo que as novidades sejam oriundas dos próprios usuários. Atualmente a empresa está desenvolvendo óculos de realidade virtual, drones que têm a capacidade de prover Wi-Fi e câmeras que filmam 360 graus. Uma das tendências já apontadas pela

empresa é o aumento de vídeos em detrimento de textos, fato que irá aumentar o tráfego de dados na rede de computadores.

7.5.5 Spotify

Antigamente a indústria da música era formada por artistas e compositores que gravavam suas músicas em estúdios que possuíam alto investimento em equipamentos e, depois, os discos eram produzidos e distribuídos para o mercado. A primeira grande mudança ocorreu quando a Sony identificou que as pessoas gostariam de caminhar ouvindo suas músicas e lançou o walkman. Em seguida, a Apple lançou o iPod, em 2001, então não havia mais necessidade de carregar os discos ou fitas, oferecendo, desta forma, um sistema completo de entretenimento, com a aquisição individual de músicas na plataforma iTunes. Este foi um primeiro momento de disrupção para a indústria da música, pois a Apple conseguiu entregar um produto totalmente novo e começou a atuar em mercados de que nunca havia participado anteriormente.

A chave dessa mudança se encontra na tecnologia desenvolvida para criar, armazenar e distribuir músicas no formato digital. O MP3 é um algoritmo que comprime os arquivos de música e permite a sua transmissão eficaz via Internet. O salto seguinte ocorreu com o compartilhamento de arquivos diretamente entre as pessoas, removendo qualquer agente intermediário, o site [napster.com](http://www.napster.com). Hoje em dia, existem diversos sites que oferecem o acesso a músicas ao vivo, sob o pagamento de uma mensalidade e a discussão inicial sobre direitos autorias, já foi superada.

Em 2008, foi lançado oficialmente, na Suécia, o aplicativo Spotify, que causou uma nova disrupção nessa indústria, oferecendo um serviço de música por streaming, de forma gratuita. A vantagem desse serviço é que era rápido, legal, não requeria downloads de músicas e hoje é líder mundial de música online.

7.5.6 Zappos

O conceito começou a ser desenvolvido a partir da frustração que um dos fundadores, Nick Swinmurn, vivenciava todas as vezes que ia comprar um par de sapatos. Dificuldade de encontrar o número certo, a cor desejada ou o modelo escolhido e uma clara convicção de que o varejo tem um estoque mal dimensionado

e mal administrado. Daí surgiu a ideia de desenvolver uma loja de sapatos virtual, que melhorasse a experiência de compra e, para tanto, haveria necessidade de um estudo mais aprofundado sobre o mercado de calçados americano. O estudo apontou que apenas 5% das vendas eram feitas por catálogos, um meio muito usado nos Estados Unidos.

As experimentações começaram com pesquisas de preços nos pontos de vendas, publicação de fotos dos modelos e ofertas pelo site, mais baratas que a média do mercado. Ao realizar a venda, ele ia até a loja, comprava o produto e enviava sem cobrança de frete de entrega. O interesse pelo modelo idealizado começou a aumentar e, em 1999, foi lançado o site shoesite.com, que oferecia um ano de prazo de devolução. Este foi o embrião do conceito com benefícios que visavam reduzir o medo que as pessoas apresentavam de comprar calçados por catálogo ou online. Outro jovem empreendedor, Tony Hsieh, percebeu o potencial do negócio e investiu na empresa, que se chamaria Zappos.

Eles queriam oferecer a maior oferta de sapatos em termos de marcas, modelos, cores e tamanhos, mas a crise da Internet provocou prejuízos não planejados, que se somaram a muitas falhas no processo de entrega dos produtos. Decidiram, então, revolucionar o conceito inicial, para evitar a falência.

O primeiro ponto a melhorar era ter um estoque próprio, para assumir a responsabilidade dos pedidos, visando tranquilizar o cliente e implantar práticas de gestão muito arrojadas, para atrair talentos para o trabalho. O foco deles era a excelência no atendimento aos clientes e estes podiam escolher até 3 pares diferentes, receber o pedido em casa e devolvê-lo caso não lhes agradasse, sem custo de entrega ou de devolução. Em 2003, o faturamento e a lucratividade atraíram fundos de investimento, que investiram numa primeira rodada, que voltou a acontecer dois anos mais tarde. Nick, um dos fundadores, saiu do negócio em 2006 e a empresa já era considerada a melhor vendedora online. Duas iniciativas falharam; a primeira, de abrir uma loja física, em 2003, e a outra, de lançar o site no Canadá.

Com o sucesso alcançado, a oferta de produtos aumentou e atualmente diversos acessórios são vendidos pelo site, e, em 2009, a Amazon comprou a Zappos, que continua tendo uma administração independente da compradora. A empresa atualmente é considerada o maior case de atendimento ao cliente, tendo desenvolvido uma cultura de satisfação e retenção inigualável. Caso eles não tenham o produto escolhido, indicam um fornecedor, mesmo que seja um concorrente, e atendem os

clientes pelo telefone, com uma rapidez incomparável, dedicando o tempo que seja necessário para dirimir eventuais dúvidas. O foco deles é resolver qualquer que seja o problema que o cliente esteja enfrentando.

Um dos grandes desafios do comércio eletrônico para itens de vestuário ainda é a falta de confiança que os clientes apresentam ao escolher as vestimentas. O índice de devoluções ainda é muito alto, pelo fato de não ser possível experimentar os produtos e atualmente diversos aplicativos estão sendo desenvolvidos para que forneçam dados mais acurados sobre as medidas de cada pessoa. Existe um novo negócio, chamado Body Labs, que escaneia o corpo da pessoa para criar um avatar que pode simular movimentos e reduzir a angústia que os clientes têm ao comprar roupas e sapatos pelo comércio eletrônico.

7.5.7 Waze

Foi um aplicativo desenvolvido em 2008, por 3 empreendedores israelenses, a partir da curiosidade de adicionar mais conteúdos a um aparelho de navegação (GPS) e batizado de LinQMap, que oferecia capacidade de navegação, disponibilizando informações em tempo real, colhidas de usuários. O grande diferencial do Waze, em relação ao tradicional GPS, é que se trata de um aplicativo para smartphones, que fornece dados complementares de um mapa, aliado a outras informações de tráfego dos usuários.

O aplicativo pode ser usado em qualquer parte do globo terrestre, desde que tenha um mapa completo e massa crítica de usuários. Isto despertou o interesse do Google, que adquiriu a empresa em 2011, para completar seu projeto de roteirização global, batizado de Google Maps. Com uma abordagem lúdica de gamificação, o aplicativo encoraja as pessoas a fornecerem mais informações em tempo real. O sistema, baseado nas informações de trânsito recebidas de seus usuários, determina as velocidades médias em cada trecho e pode extrapolar trajetórias mais rápidas e reportar obstáculos ao longo do trajeto, com dados de alta acuracidade.

7.5.8 Dropbox

Uma solução para o antigo problema de armazenamento de dados que existe desde o início da era dos computadores. No passado, a solução era resolvida com

cartões perfurados, que, depois, passou para os discos flexíveis, discos rígidos, pendrives, CDs, até que uma solução via computação em nuvem foi oferecida. Dropbox é um serviço de armazenamento e compartilhamento de arquivos feito por uma rede de computadores que armazenam os arquivos de seus clientes. Quando o upload é feito para os servidores da empresa, estes passarão a ficar acessíveis a partir de qualquer lugar que tenha acesso à internet.

A história da empresa se originou de uma demanda específica de um de seus criadores, que era um consultor e esqueceu seu pendrive quando viajava em um ônibus a caminho de um cliente. Isto o motivou a desenvolver um código, que se transformou no Dropbox, em 2008. O crescimento foi muito rápido, entretanto, grandes concorrentes, como o Google e a Microsoft, lançaram produtos similares em 2012.

Uma das grandes questões, levantadas por todos, principalmente pelas empresas, é sobre a segurança dos arquivos e a solução oferecida pelo Dropbox é trabalhar com todos os dados criptografados, tão seguros quanto os dados oferecidos por serviços bancários.

7.5.9 Conclusão sobre as empresas do século XXI

Schumpeter já havia previsto a redução dos ciclos de destruição na indústria, similares às revoluções científicas descritas por Kuhn. Desta forma, os ciclos de vida das organizações estão sendo reduzidos de forma sistemática e o surgimento de novos modelos de negócios se tornou uma marca no século XXI. A incerteza agora é parte integrante da equação e é um dado que deve ser considerado na constituição de um novo negócio.

Os exemplos mais paradigmáticos são do Uber e do Airbnb, que trouxeram uma nova realidade para o mercado. A concorrência deixa de existir apenas na indústria em que a empresa sempre atuou e pode surgir de qualquer iniciativa, viabilizada pelo avanço da tecnologia e pela conectividade oferecida pela internet. A Tesla, uma pequena empresa perante as tradicionais marcas, desafia a centenária indústria automobilística com novas tecnologias e modelos de negócios. Como se preparar para este tipo de disrupção?

Atualmente algumas empresas, como a Coca Cola, Tecnisa e Bradesco, estão abrindo seus problemas complexos para serem resolvidos por startups, cientes da

dificuldade que têm em mudar a cultura de suas organizações. Há outras empresas que incentivam o intraempreendedorismo, para fomentar iniciativas de funcionários que possam gerar patentes ou para simular novos modelos de negócios, que poderão dar início a novas empresas.

Os resultados apontam para um número crescente de startups que estão sendo incubadas em universidades ou em regiões que propiciam um ecossistema com infraestrutura favorável como o Vale do Silício, Nova Iorque, em diversas cidades europeias e asiáticas. Existe uma grande estrutura de apoio e de financiamento para fomentar novas ideias que venham a se tornar novos negócios. Os dois modelos coexistem neste século, com a continuidade da formação de grandes conglomerados, que agora conta com novos atores, como o Google, Amazon, Uber, ou com os tradicionais, entretanto renovados, como a GE e a IBM (e os pequenos novos empreendimentos tentando ganhar relevância no mercado) que contam com a tecnologia e a internet a seu favor.

No entanto, o processo se repete, e à medida que as corporações amadurecem, a burocracia se instala, e os processos começam a enrijecer as estruturas que se baseiam no sucesso do passado. A dificuldade de tomada de decisão acaba por envolver aspectos psicológicos de insegurança, pois promovem a proteção dos negócios existentes, num paradigma de muito comando e controle. A cultura se sedimenta e o “jeito de fazer as coisas por aqui” se instala, ocorrendo um conjunto de regras tácitas ou regras invisíveis e de hábitos (FOSTER; KAPLAN, 2001).

Das empresas que foram adquiridas ou que faliram, de acordo com o banco de dados de performance (McKinsey Corporate Performance Database), que teve seu primeiro ano de publicação em 1962, apenas 160 de 1008 empresas, que atuam em 15 diferentes indústrias, ainda se mantêm em atividade (FOSTER; KAPLAN, 2001).

Há uma citação famosa, do antigo CEO da IBM, Thomas Watson, que, em 1943, disse: “eu acredito que há mercado para talvez cinco computadores”. Devemos considerar que ele se referia, à época, ao conceito do mainframe, mas mesmo assim, há um forte viés do hábito do sucesso do passado da empresa incorporado em sua declaração (FOSTER; KAPLAN, 2001).

7.6 Conclusões do capítulo 7

Existem muitas evidências conclusivas de que, em um horizonte mais longo de tempo, o mercado sempre vence as empresas. Poderíamos apresentar diversos exemplos de outras empresas que tiveram dificuldades ao longo de suas existências, mas, ao final, chegaríamos à mesma conclusão, similar ao que acontece com a constante luta pela vida das espécies na natureza.

O mercado é constituído por incertezas e ambiguidades, não tem cultura nem liderança, não há emoções envolvidas, nem negações ou esperanças. E isto é justamente a antítese do que ocorre no interior das empresas. Os ambientes internos das empresas, na sua maioria, não são os locais mais receptivos para novas ideias, visto que focam seus esforços nas rotinas corriqueiras que definem hábitos e costumes nos seus colaboradores e que não fomentam a liberdade de pensamento, cerceando a geração de ideias num clima avesso ao erro. Se a empresa não oferecer liberdade para a tentativa e erro ela será menos rica, terá num acúmulo reduzido de informações e estará fadada ao fracasso. Deveriam, ao contrário, ser locais propícios para a emergência do contraponto e dos livres experimentos. O ambiente define o comportamento das pessoas, entretanto este não é um fator de preocupação da grande maioria das empresas. E este já é um fato que tem comprovações históricas.

Os primórdios do gerenciamento moderno têm sua origem no pensamento de Adam Smith, que afirmou que a especialização de tarefas e a divisão do trabalho eram fundamentais para eliminar os desperdícios. Desde 1920, esse simples conceito de Smith viabilizou as grandes corporações a florescerem e esta também foi a base conceitual utilizada por Peter Drucker, uma das maiores autoridades em gestão do século passado. Tudo isso era válido dentro de um contexto em que a mudança era um fator irrelevante (FOSTER; KAPLAN, 2001). Estes conceitos ainda são importantes, mas não são mais suficientes para a complexidade dos mercados contemporâneos.

O nível de adaptação das empresas é muito lento para acompanhar a dinâmica do mercado e, se usarmos a história para nos guiarmos, extrapolando os dados disponíveis, um possível cenário aponta para que apenas um terço das atuais grandes corporações do S&P sobreviverão nos próximos 25 anos. Foster and Kaplan (2001) enfatizam que as estatísticas comprovam que não há empresas que consigam se manter rentáveis por longos períodos de tempo, fazendo uso do mesmo modelo de

negócios e com a mesma proposta de valor. Empresas feitas para durar, uma máxima da administração do século XX, não passam de um mito.

Um exemplo emblemático disto é o da IBM, que dominava o mercado ainda nos anos 60 e 70, mas, na década de 80, a Apple e DEC começaram a desafiar seu modelo de negócios (Foster and Kaplan, 2001). Durante a década de 70, a indústria de software começou a se separar da indústria de hardware e o fortalecimento do uso de PCs acelerou ainda mais essa separação nos anos seguintes. E foi na década de 80, sob o comando do novo CEO, John Akers, que a empresa quase faliu. As falhas foram múltiplas: problemas de hierarquia, comunicação, entendimento do contexto, leitura das possibilidades, tendências, tomadas de decisão, medo de canibalização do próprio negócio, cenários, enfim, os executivos achavam que a continuidade garantiria o futuro da organização, mas o mercado estava lhes impondo uma descontinuidade.

As descontinuidades surpreendem os gestores com uma sequência de enigmas, dilemas, paradoxos e mistérios, que permanecem insolúveis até que a percepção deles sobre o todo muda. Akers não conseguiu fazer a mudança necessária entre 1985 e 1993 e foi substituído por um executivo que veio de fora da indústria de softwares, oriundo do mercado de empresas de cartões de crédito, Louis Gerstener, que revolucionou a empresa de 1993 até 2002 (FOSTER; KAPLAN, 2001).

A partir de todas estas considerações apresentadas até aqui, não se pode ter dúvida de que as empresas são concebidas com a premissa da continuidade e, desta maneira, colocam muito esforço em suas operações rotineiras. Por outro lado, e, de forma antagônica, o mercado é completamente aleatório e lhes impõe a descontinuidade.

Algumas constatações podem ser feitas frente aos casos aqui apresentados:

1. Nenhuma empresa conseguiu antecipar mercados futuros e todas são reféns das mudanças impostas pelo mercado, de forma análoga ao modo como os organismos vivos são afetados pelas mudanças do meio ambiente. A falta de capacidade de identificar os problemas complexos é um dos fatores que leva as organizações ao extermínio.
2. Os ciclos de destruição construtiva definidas por Schumpeter na década de 40 estão comprovadamente ficando cada vez menores. Os casos das empresas do século XXI, que estão surgindo a partir da transformação digital, comprovam essa conjectura do economista. O paradoxo aqui reside no fato de que os seres

humanos estão incrementando sua longevidade, e, em contrapartida, as organizações estão tendo seu tempo de existência reduzido drasticamente.

3. O custo do desaparecimento de uma empresa é muito baixo do ponto de vista econômico, entretanto, para as pessoas que nela trabalham, o custo emocional é alto. A empresa funciona como um organismo vivo, com diversas pessoas ligadas a ela.
4. Apesar de estarmos no século XXI, a mentalidade reducionista e mecanicista oriunda da Revolução Industrial ainda prevalece no ambiente empresarial, salvo algumas exceções. O novo modelo para conviver num mercado inóspito deve ser o pensamento complexo, dos sistemas orgânicos biológicos, em que as relações e a interdependência são mais importantes que os objetos de forma isolada e departamentalizada. A empresa, como um organismo vivo, deverá ter alta capacidade de adaptação às mudanças do mercado.

Voltemo-nos, agora, para o problema original desta tese, que é a resolução de problemas complexos. Estes não podem ser removidos do contexto em que ocorrem para serem resolvidos, como podem os problemas bem definidos. Desta forma, para resolvê-los, as organizações precisam trabalhá-los no contexto em que ocorrem, com equipes, de maneira colaborativa, para terem a diversidade oriunda de diferentes pontos de vista dos seus integrantes. Precisamos de indivíduos que façam uso de renovadas habilidades cognitivas para estarem constantemente aprendendo e, desta forma, possam desenvolver relações sociais dentro dos grupos, que permitam a troca de ideias e a formulação de perguntas para os desafios que surgem. A percepção das pessoas que compõem esses times que estarão envolvidos na resolução de problemas complexos precisa ser diferente da utilizada atualmente, ou seja, não podem ter uma atitude passiva na análise dos objetos de forma separada do contexto.

Alves nos recorda que o mundo segue sendo o mesmo, mas as relações que percebemos é que mudam. Capra e Maturana defendem que para utilizarmos o pensamento complexo, o importante são as relações, os processos e as conexões que formam uma rede de fenômenos e não os objetos em si. Capra reforça a posição de uma ciência epistêmica e não uma ciência objetiva, e da mesma forma, poderíamos aplicar esse conceito para uma gestão epistêmica ao invés de uma gestão objetiva.

A partir dos fatos históricos relatados, percebe-se que existe um falso pressuposto dos gestores de que todas as pessoas na empresa têm a mesma percepção do mundo e atuam nos mesmos domínios de realidade, e, ainda por cima,

os hábitos ou costumes reforçam o *status quo* e as expectativas individuais e grupais, que formam a cultura da empresa. Esta deve ser uma das chaves para mudar a percepção que as pessoas têm para resolverem os problemas, mudança dos hábitos e costumes que se instalam e são reforçados pela cultura organizacional ancorada no paradigma em que a empresa opera.

Uma possibilidade é aumentar o interesse das equipes pelos experimentos, como utilizado por diversos métodos científicos analisados. Quanto mais ousada a teoria, ou seja, quanto maior a especulação criada pelo grupo, maior a possibilidade de realizar experimentos para tentar falseá-la e evoluir num processo de aprendizagem. Os maiores cientistas, como Einstein e Darwin, tentaram, de todas as maneiras possíveis, destruir as próprias hipóteses que haviam criado com experimentos e com muita discussão pública, preparados para os aprendizados e para uma eventual redefinição do problema que a teoria se propunha a resolver.

As pessoas que trabalham nas empresa precisam ter a mesma atitude dos cientistas na busca de novas realidades. O uso do pensamento indutivo, como um processo psicológico, num contexto de descoberta e não com processos lógicos em contextos de justificativas, libera os grupos para a busca de múltiplas alternativas para solucionar problemas complexos.

Muitos dos exemplos apresentados até aqui nos apontam para empresas que se tornaram conglomerados e que, muitas vezes, perderam o foco e se afastaram da ideia inicial.

8. CONCLUSÃO

O foco desta tese foi ampliar a compreensão sobre a resolução de problemas complexos. A primeira tarefa foi estabelecer os limites claros de separação entre os conceitos de inovação e de resolução de problemas. O que despertou meu interesse pelo assunto foi vivenciar o paradoxo empresarial entre o tempo dedicado nas empresas para a busca de eficiência operacional comparado à pouca importância

dedicada para identificar e resolver os problemas recônditos nas rotinas diárias. A segunda tarefa desta tese suscitou a busca de melhores práticas fora dos ambientes empresariais. Neste caso, foram utilizados exemplos de resolução de problemas na Natureza e os métodos utilizados posteriormente pelo homem, em especial com o senso comum e com a ciência. A Natureza resolve problemas ao longo de milhares de anos, o homem, utilizando o senso comum, conseguiu reduzir esse tempo para centenas de anos e, desde a revolução científica, o tempo de resolução de problemas foi mais uma vez reduzido. O avanço tecnológico que a ciência proporciona deverá reduzir o tempo de resolução de problemas ainda mais. Porém, ainda teremos que identificar os problemas antes de resolvê-los.

A constatação inicial veio a partir do estudo descritivo da evolução das espécies, para a qual fatos históricos comprovam que a natureza utiliza o método de tentativa e erro de forma aleatória para garantir a continuidade dos organismos vivos há mais de 3 bilhões de anos. Cabe lembrar que 99% das espécies que já habitaram o planeta Terra foram extintas por conta das mudanças ambientais ou por competições entre espécies. A incerteza e hostilidade do meio ambiente impõem um processo evolutivo de seleção natural às espécies, que as obriga a se adaptarem através de múltiplas tentativas e consequentes eliminações dos erros que resultam na morte dos organismos. A constatação importante é a conservação da informação decorrente desse processo, que é passada geneticamente para as gerações futuras. Ficou evidente que o mesmo fenômeno acontece com as empresas, que operam em mercados inóspitos e incertos que inevitavelmente irão extingui-las.

O passo seguinte foi analisar os métodos de solução de problemas utilizados pela espécie humana. Temos que considerar que, dentro do processo evolutivo da espécie humana, fatores biológicos meramente casuísticos e aleatórios nos tornaram uma espécie racional que possui uma mente, que viabilizou a nossa intencionalidade. Isso distinguiu a espécie humana das demais, pois saímos de uma atitude passiva para uma ativa. A continuidade do processo não inteligente da evolução biológica, com a passagem para a intencionalidade cultural somadas à linguagem e a ferramentas que desenvolvemos nos capacitou a reduzir o tempo de resolução de problemas até chegarmos à revolução científica. A Natureza tem um processo brilhante de solução de problemas que surge espontaneamente de baixo para cima, porém leva milhares de anos com um custo excessivo ao sacrificar inúmeras espécies. Em contrapartida, os homens desenvolveram um processo menos custoso e muito

mais rápido, que teve início com o senso comum, que foi passado para as gerações futuras através de filtros culturais.

A partir de determinado ponto, a ciência começou a contribuir com métodos sistemáticos para expandir o nosso conhecimento. Sempre resolvemos problemas com o senso comum, porém, a ciência, com seus métodos, reduziu ainda mais o tempo necessário para a resolução dos problemas.

Os experimentos são a chave da resolução de problemas complexos com a tentativa de diversas possibilidades e eliminação dos erros, num constante processo cognitivo que conserva as informações desse aprendizado. Dennett utilizou a metáfora do algoritmo da seleção natural e do acúmulo de informação para que as soluções possam emergir na Natureza.

A ciência é a forma mais refinada de resolução de problemas e ela não assume nada como definitivo, pois não há conhecimento certo. Acompanhamos de forma descritiva a evolução cultural do homem, com os erros e acertos que cometeu. Fica evidente, pela história da ciência, a capacidade cognitiva que o cientista possui. Ele faz uso de sua imaginação, observa fora do contexto do problema que está sendo solucionado, utiliza analogias e associações de ideias, mas, fundamentalmente, precisa ter muita curiosidade.

Entretanto, a constante dificuldade de introduzir novas ideias foi apontada por Kuhn ao trazer os aspectos psicológicos e emocionais dos cientistas, que, no momento em que se deparam com problemas que não podem mais ser resolvidos, reagem ao mundo de maneira diferente, por serem forçados a mudar seus pontos de vista e perspectiva, fazendo uso de suas habilidades cognitivas ao reeducarem o olhar que lançam para os problemas.

Como organismos vivos, somos guiados por leis de regularidades da Natureza e buscamos explicações práticas para os fenômenos que nos cercam. Desde o início da civilização, utilizamos o senso comum para resolver os problemas que surgiam.

Finalmente, voltamos para as empresas e vimos que estas estão fadadas a desaparecerem, da mesma forma que as espécies que já habitaram o planeta Terra.

Entretanto, a transformação digital tem reduzido o tempo de vida das empresas de forma significativa e há uma dificuldade muito grande na identificação de quais são os reais problemas que devem ser resolvidos. Os problemas complexos são tão antigos quanto a civilização, estão relacionados a contextos sociais, ou seja, a sistemas adaptativos de alta complexidade, além de serem subjetivos. As pessoas,

enquanto stakeholders, têm papéis mutantes; em alguns momentos, competindo e cooperando, em outros momentos, disputando posições, ou mesmo, dispostas a mudar suas posições, dependendo das dinâmicas sociais nas quais estão inseridas.

A epistemologia da biologia da cognição de Maturana, que combate o dogmatismo e o representacionismo abre a possibilidade do pensamento sistêmico da complexidade e a necessidade de um ativo processo de construção do conhecimento e da aprendizagem contextual necessária para a resolução de problemas complexos. A dimensão das dinâmicas sociais vistas como fenômenos biológicos decorrentes das sucessivas interações que temos num grupo para resolver problemas complexos e a hipótese do cérebro social de Dunbar nos ajudam a entender a complexidade do mundo social nas empresas e as atividades que se desenrolam dentro dos grupos para resolver problemas.

Os problemas complexos são difíceis de identificar, pelo fato de serem incompletos, contraditórios e possuem necessidades que variam rapidamente com o tempo, pelo fato de serem constructos sociais. Outra dificuldade é que diferentes tipos de problemas podem se combinar, potencializando o estado caótico da situação problema em questão. Apesar de todos esses complicadores, a maneira como são enunciados os problemas abre novos repertórios de alternativas de soluções.

Ficou evidente que, para dar início ao processo de resolução de problemas, é importante enunciá-los, mesmo que esta formulação não esteja totalmente correta. A proposta é partir rapidamente para a ação e testarmos nossas hipóteses mediante experimentos que possam gerar erros que contribuam para o aprendizado, e, com esta nova informação, podemos refinar as perguntas sobre o problema de forma iterativa.

A constatação final é que não há receitas ou métodos para resolver problemas complexos, apenas o método empírico de tentativa e erro com experimentação. Até mesmo sistemas não inteligentes, como a Natureza, resolvem problemas, sempre com conservação de informação relevante e eliminação do que não deu certo.

O avanço na investigação para identificar e solucionar os problemas complexos ainda terá que continuar. Alguns caminhos possíveis de pesquisa são: o pensamento complexo dos sistemas biológicos, como proposto por Capra e Maturana, e a funcionalidade da moral, com uma abordagem naturalizada evolucionista, que considera a nossa habilidade de vivermos em grupos sociais, tão importante para resolução de problemas de forma colaborativa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. **Filosofia da ciência**: introdução ao jogo e a suas regras. 7. ed. São Paulo: Editora Loyola, 2003.
- ANDERY, M (Org.) **Para compreender a ciência**: uma perspectiva histórica. Rio de Janeiro: Garamond, 2014
- BANERJEE, B. **Creating Innovation Leaders: A Global Perspective**. Switzerland: Springer, 2016
- BECKMAN, S.; BARRY, M. **Innovation as a Learning Process**: Embedding Design Thinking. [S.l.]: California Management Review, 2007.
- BLACKBURN, S. **Dicionário Oxford de filosofia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1997
- CAPRA, F. **A teia da vida**: uma compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix, 2006.
- CENTER for the Study of Language and Information Stanford University, Disponível em <<https://plato.stanford.edu/>>. Acesso em: 28 de julho de 2017.
- CHALMERS, A. F. **What is this thing called science?** 3. ed. Queensland: University of Queensland Press, 1999.
- CONCEIÇÃO, O. A. C. A centralidade do conceito de inovação tecnológica no processo de mudança estrutural. **Ensaio** FEE, Porto Alegre, v.21, n.2, p.58-76, 2000
- DARWIN, C. **On the origin of species**. Eighteenth printing. Harvard University Press, 2003
- DENNETT, D. C. **Darwin's dangerous idea**: evolution and the meaning of life. New York: Simon & Schuster Paperbacks, 1995
- DESCARTES, R. **Discurso do método**. São Paulo: Escala educacional, 2006
- DESCARTES, R. **Regras para a orientação do espírito**. São Paulo: Martins Fontes, 2012
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation to the determinants and directions of technological change. **Research Policy**, Volume 11, Issue 3, Pages 147-162. Elsevier 1982
- DUNBAR R. I. M. The Social Brain Hypothesis and Human Evolution. **Oxford Research Encyclopedia of Psychology**. 2016

- DUNBAR R. I. M. The Social Brain Hypothesis. **Evolutionary Anthropology**, volume 6, Issue 5, pp. 178 - 190. Wiley On Line Library. 1998
- FOSTER, R. N.; KAPLAN, S. **Creative Destruction: Why Companies That Are Built to Last Underperform the Market - And How to Successfully Transform Them**. New York: Currency, 2001.
- GABORA, L.; KAUFMAN, S. (2010) Evolutionary Perspectives on Creativity. **The Cambridge Handbook of Creativity** (pp. 279-300). Cambridge UK: Cambridge University Press
- GIOACOA JR. Oswaldo. **Ciência e Filosofia**. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/Giacoia.pdf>. Acesso em: 28 de julho de 2017.
- GLEISER, M. **A ilha do conhecimento: os limites da ciência e a busca por sentido**. Rio de Janeiro: Record, 2014
- GREENE, J. **Moral Tribes: Emotion, Reason, and the Gap Between Us and Them**. Penguin Books, 2013
- GRISSAULT, K. **50 autores chave de filosofia**. Rio de Janeiro: Vozes, 2010
- HESSSEN, J. **Teoria do conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 2000
- HOFFHECKER, J. **Landscape of the mind**. New York: Columbia University Press, 2011.
- JONASSEN, D. H. **Learning to solve problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments**. New York: Routledge, 2011.
- JUNIOR J. L.; GOMES P. C. Ensino de Biologia: de Lamarck à Bachelard - Algumas aproximações possíveis. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - Florianópolis, 2009.
- KEELEY et al. **Ten types of innovation: The discipline of building breakthroughs**. New Jersey: Wiley, 2013.
- KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2011
- LOSEE, J. **Introdução histórica à filosofia da ciência**. Belo Horizonte: Itatiaia, 2000
- MARICONDA P. R. Galileu e a ciência moderna. **Cadernos de Ciências Humanas - Especiaria**. v.9, n.16, jul./dez., 2006, p. 267 - 292
- MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. São Paulo: Palas Athena, 2011
- METZGER, T. **Blood and Volts: Edison, Tesla and the invention of the Electric Chair**. New York: Autonomia, 1996

- NICOLA, U. **Antologia ilustrada de filosofia: das origens à idade moderna.**São Paulo: Globo, 2005.
- OKASHA, S. **Philosophy of science: a very short introduction.**Oxford, 2002
- POLISELI L.; OLIVEIRA E. F.; CHRISTOFFERSEN M. L. O Arcabouço filosófico da biologia proposto por Ernst Mayr. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p. 106-120 - jan | jun 2013
- POPPER, K. R. **All life is problem solving.** New York: Roudedge, 1999
- POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações.** Brasília: UNB, 1972
- PORTO C. M. O Atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.35, n.4, 4601 (2013)
- RITTEL, H. W. J.; WEBBER M.M. Dilemas in a general theory of planning, pp. 155-169 in **Working Papers from Urban & Regional Development.** University of California Berkeley, 1973
- SCRUTON, R. **Kant.** Lisboa: Dom Quixote, 1983
- SIMON, H. A. **Comportamento administrativo: estudo dos processos decisórios nas organizações administrativas.** FGV, 1979.
- STANFORD Encyclopedia of Philosophy. Stanford: Metaphysics Research Lab
- THOMPSON, W. I. **Gaia - Uma Teoria do Conhecimento.** São Paulo: Gaia, 2014
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.