

Aplicação dos Princípios Basilares da Ciência e do Seu Ideal como Diretrizes para Adquirir Conhecimento na Era Digital

Hugo Luiz Oliveira

Neste artigo, o autor sustenta que os princípios basilares da ciência clássica constituem guias seguros para a apreensão de novos conhecimentos na era contemporânea. Esta concepção advém de uma reflexão sobre o conceito de ciência amparada em acontecimentos históricos que forjaram a civilização ocidental e o seu modo de pensar a realidade visando a busca pela verdade. Um dos resultados dessa atividade foi o desenvolvimento de um método para obter novos conhecimentos apoiados em três pilares: teoria, experimentação e simulação. Embora existam desafios próprios da era atual, os cientistas contemporâneos podem sempre pautar suas atividades nos bens transcendentais clássicos.

Palavras-chave: *modelos matemáticos; sentido teleológico; experiência cognitiva.*

In this opinion piece, the author advocates the basic principles of classical science as safe guides for the apprehension of new knowledge in the contemporary era. This opinion emerges from a thinking about the concept of science supported by historical events that forged Western civilization, its way of thinking reality aiming at the search for truth. One of the outcomes of this activity was to develop a method of obtaining new knowledge based on three pillars: theory, experimentation and simulation. Although there are challenges peculiar to the present era, contemporary scientists can always base their activities on classical transcendentals.

Keywords: *mathematical models; teleological sense; cognitive experience.*

Introdução

As revoluções científicas das últimas décadas fizeram com que um fato inovador acontecesse na história humana: nunca foi tão rápido obter uma informação. O acesso a redes de alta velocidade e a dispositivos de conexão cada vez mais velozes fizeram com que a comunicação intercontinental pudesse ser feita de maneira instantânea. Entretanto, tamanha cadência e imediatez sugere a existência de um impasse, porque a capacidade humana de apreensão de informação e formação do conhecimento é limitada. Além disso, como alguém que busca o conhecimento deve se orientar em meio à vasta quantidade de informações disponíveis? Como separar conhecimentos verdadeiros e profundos daqueles falsos ou superficiais? Quais seriam os critérios corretos para julgar se determinado conhecimento é ou não pertinente? Perguntas como estas se manifestam sempre que alguém pesquise por uma simples informação nos meios digitais. Mas neste artigo, busca-se trazer luz a estes questionamentos sob o ponto de vista do cientista; ou ainda, de todo aquele que esteja em busca de um conhecimento genuíno sobre um assunto que lhe interesse.

O argumento central da concepção do presente autor é que os princípios que guiaram as investigações acerca da realidade no período da ciência clássica (situado entre os séculos VII a.C e VI d.C) continuam a ser relevantes na era atual. Esses princípios foram cunhados a partir de uma atenta investigação da estrutura da realidade, bem como dos modos gerais que lhe são aplicáveis, ou transcendentais do ser: o bem, a verdade e a beleza. Apesar de os três estarem profundamente interligados, os conceitos de verdade e bem receberão maior destaque ao longo deste artigo.

Os argumentos acessórios que compõem o entendimento do autor serão desenvolvidos ao longo das próximas seis sessões. Na Sessão 2, será apresentada uma breve perspectiva histórica do que o ato de conhecer significou ao logo do tempo, segundo autores de reconhecida expertise. É possível notar que, embora tenha havido visões históricas distintas, há elementos comuns que podem ser explicitados sob a forma de princípios, o que é descrito na Sessão 3. Alguns desses princípios possuem

aspectos que podem ser quantizados, organizados e interrelacionados, dando origem aos métodos matemáticos de conhecimento, conforme discutido na quarta sessão. Essa maneira algorítmica, numérica, de fazer ciência cresceu em relevância e profundidade com o advento dos computadores na segunda metade do século XX fazendo com que a ciência, ao lado da teoria e experimentação, se apoiasse em um novo pilar: a simulação (Sessão 5). Em seguida, a sexta sessão retoma os princípios que fundamentam o conhecimento e que podem ser aplicados mesmo em âmbitos matemáticos. Como forma de alertar o cientista sobre fatores que podem atrapalhar a sua busca genuína pelo conhecimento, a sétima sessão destaca alguns desafios a serem superados no âmbito da formação. O texto se encerra com conclusões e apontamentos para reflexões mais profundas.

Breve Histórico Sobre a Evolução do Significado do Termo Ciência

Desde os primórdios da história da filosofia, o ser humano anseia por descobrir o sentido (a razão de ser) das coisas que existem à sua volta. A busca pelo conhecimento nasce desta inquietação de desvendar a realidade, partindo da hipótese de que tudo que existe tem um logos, um sentido ou propósito de ser. Ademais, tudo aquilo que tem sentido pode ser conhecido, ou apreendido, e essa é uma atividade essencial daquele que busca conhecer, elucidar questões e evidenciar padrões.

Protágoras afirmava que o “ser humano é a medida de todas as coisas”, ou seja, o conhecimento deveria ser visto como algo puramente subjetivo e dependente da experiência pessoal tornando-o totalmente mutável. Heráclito, por sua vez, sustentava que “ninguém pode entrar duas vezes no mesmo rio, pois quando nele se entra novamente, não se encontra as mesmas águas, e o próprio ser já se modificou...”. Deste modo, para o autor, tudo flui, nada persiste ou permanece; o conhecimento seria algo sempre em estado de mudança, um eterno vir a ser, aquilo que fosse percebido como verdadeiro seria mutável. Este pensamento foi confrontado por

Parmênides afirmando que “o que é, é; o que não é, não é”. Isto implica em admitir que nas realidades que existem no mundo há coisas que são permanentes e coisas que não são. Além disso, aquilo que fosse conhecido como verdadeiro não poderia sofrer mudanças.¹⁷

Sócrates, dialogando com Teeteto,¹ aponta que a filosofia genuína nasce a partir do encantamento do filósofo pela realidade. O conhecimento (intimamente ligado à atividade filosófica) se referiria à tentativa de compreender a riqueza das interrelações, conexões, dependências, encadeamentos sucessivos de eventos que o universo possui. Algo sabidamente tão grandioso que escaparia à finitude existencial daqueles que buscam o conhecer e que tem suscitado o interesse da humanidade desde as mais remotas épocas até o presente. Com o intuito de tornar a busca do conhecimento mais acessível, foram criadas as disciplinas filosóficas, tais como: Lógica, Retórica, Política, Ética, Metafísica, Astronomia e as Ciências da Natureza.

Platão, em sua Teoria das Ideias, ou Teoria das Formas, sugeria que o conhecimento verdadeiro repousava em realidades unas, inalteradas, inteligíveis e perfeitas, porém para além do mundo concreto, o chamado mundo dos sentidos. Deste modo, as realidades existentes no mundo material seriam nada mais que cópias imperfeitas daquelas existentes no mundo ideal, e, portanto, o conhecimento verdadeiro não poderia ser reduzido às coisas em si mesmas. A ciência verdadeira seria uma busca mais profunda pelo conhecimento de tudo aquilo que é universal e necessário; e para Platão esse conhecimento viria do mundo das formas abstratas e perfeitas.²

Aristóteles introduziu uma maneira de investigar mais moderada, a chamada teoria hilemorfista (do grego *hylé* que significa matéria e *morphé* que significa forma). Com esta teoria, Aristóteles concilia, corrige e expande várias ideias materialistas sustentadas pelos investigadores pré-socráticos e o idealismo platônico, aquilo que de certo modo representava todo o conhecimento até

aquele então. Segundo esta teoria, todos os indivíduos existentes (entes) são constituídos de matéria e forma. Ao perceber um ente, a mente humana é capaz de apreender uma imagem constituída pela forma que este ente tem, porém sem sua matéria. A partir desta forma, o intelecto entra em ação e abstrai os vestígios da matéria isolando a forma, aquela mesma existente no ente, dando origem ao conceito.³

Aristóteles sustentava que antes de emitir um juízo sobre qualquer assunto seria necessário fazer a correta distinção entre aquilo que uma coisa efetivamente é, e aquilo que são suas qualidades (predicativos). Essas diferentes maneiras de se olhar para um mesmo assunto ficaram explicitadas pelo conceito das categorias: substância, quantidade, qualidade, relação, lugar, tempo, posição, posse, ação e paixão. Note que estas operações são espontâneas, no sentido de que, qualquer pessoa gozando de plenas capacidades cognitivas consegue notar a diferença entre perceber o que uma maçã é (substância), perceber quantas maçãs estão em cima da mesa (quantidade), por exemplo. Além disso, para explicar qualquer elemento na realidade seria necessário fazer a correta distinção entre a natureza ou essência deste elemento (causa formal), o impulsionador que produz o elemento (causa eficiente), o propósito ou sentido do elemento (causa final) e o meio, ou substrato pelo qual o elemento se realiza (causa material). Deste modo, para Aristóteles, ter conhecimento, ou a ciência de algo, significaria ser capaz de produzir um conceito adequado, universal e necessário, e elucidar as suas causas e seus predicáveis. Note que, essencialmente Aristóteles afirma que a fonte do conhecimento está nas coisas em si, tais como experienciadas e percebidas habitualmente por qualquer pessoa.⁴ Esta perspectiva realista (assentada na realidade) se baseia no fato de que a essência (forma) dos entes existe, se sustenta, pode ser provada, e não se trata de um simples artefato da mente, ou uma opinião avulsa. Esta maneira de apreender conhecimento perpassa toda a idade antiga e atinge seu auge na idade média com o

surgimento da Escolástica, tendo Agostinho de Hipona, Tomás de Aquino, Alberto Magno, Hugo de São Vitor, entre outros, como seus principais pensadores.⁵

Com o advento da modernidade, Descartes, no século XVII, propõe uma maneira de conhecer totalmente distinta da que havia no tempo antigo e medieval. Se antes a unidade do conhecimento estava na coisa conhecida em si, comprovada pela experiência e evidenciada pelos sentidos, agora com Descartes, essa unidade passaria a ser questionada porque os sentidos não seriam totalmente confiáveis como meios de aquisição de conhecimento. Essa maneira de pensar advinha do ceticismo vigente em sua época, de que as essências não existiam ou não poderiam ser conhecidas. Não haveria, portanto, fundamento absoluto para qualquer conhecimento universal e necessário. Tudo seria questionável, com a exceção de uma, o “eu” que pensa: “Penso, logo existo” – *cogito, ergo sum* –.⁶ Portanto, se tudo é questionável, ou duvidoso, então a ciência verdadeira seria aquela obtida pelo método proposto por Descartes: a dúvida metódica. Mas havia um ponto obscuro na teoria cartesiana: o que garantiria que o “eu” pensante também não fosse questionável, duvidoso? A resposta de Descartes dá origem ao seu dualismo metafísico, que presumia a existência de uma realidade suprema (deus) que trazia o ser pensante à existência infundindo neste o conhecimento de si próprio. Além de ser cético, este modo de obter conhecimento não precisaria recorrer aos sentidos e à experiência. Entretanto, Descartes não conseguiu extinguir completamente a necessidade de existência de um ser universal e absoluto.

David Hume, no século XVII, apresenta o seu empirismo radical e ceticismo filosófico, em que o conhecimento poderia ser obtido apenas até onde as percepções permitissem, e nada mais.⁷ Kant influenciado por ideias cartesianas e humeanas apresenta o seu dualismo: parte do conhecimento deriva da experiência, mas não todo ele. Para Kant, o conhecimento

verdadeiro residia em entes abstratos inapreensíveis pelos sentidos: o tempo e o espaço.⁸ Assim, esses dois elementos, embora não possam ser tocados, vistos, nem experienciados de nenhuma maneira, ao mesmo tempo, não podem ser apenas um produto da mente humana. Nota-se aí uma depreciação da metafísica e da filosofia como ciência, e um enaltecimento da Matemática e da Física Newtoniana como ciências genuínas. O efeito seria que o conhecimento, logo a ciência, seria apenas aquilo que se submetesse aos crivos do método científico físico-matemático confinados na categoria do espaço e do tempo, apenas aquilo que pudesse ser medido, formulado e experimentado. Quanto à verdade, justiça, beleza, bondade, economia, política, entre outros não obedeciam a estes critérios, e, portanto, não poderiam ser chamados de ciência. Outros pensadores seguem nessa linha de raciocínio, o que dá origem ao movimento idealista de ciência, em que o sujeito cognoscente é quem cria percepções da realidade. O sujeito, e todas suas limitações, é tratado como fundamento do conhecimento, ou construtor do conhecimento, e não mais a realidade intrínseca das coisas, que em última instância não pode ser conhecida. Segundo essa visão as coisas mesmas não poderiam ser conhecidas, mas apenas suas representações no interior do sujeito e nada mais.

No século XIX, o positivismo se instalou na Europa. Essa concepção de ciência se afasta da necessidade de fundamentos universais e absolutos e se concentra exclusivamente em fatos empíricos. Especulações e ideias que não possam ser demonstradas seja por fórmulas matemáticas, seja por experimentos de laboratório, nos estilos da matemática e da física newtoniana, passam a ser tratadas como não ciência. O conceito de conhecimento ganha um novo predicativo e se torna: conhecimento científico. Segundo essa perspectiva cientificista, todo conhecimento precisaria ser revisto, matematizado, demonstrado experimentalmente, não apenas por uma, mas por várias pessoas, e só então

adquiriria o status de conhecimento científico. Vale ressaltar que as *verdades científicas* começam a perder o significado de *verdades universais e absolutas* (inexistentes, na perspectiva científicista), e passam a ser apenas constatações provisórias e questionáveis. Uma determinada teoria, ou conceito, é verdade até que surja um fato novo que faça com que esta verdade, ou conceito, precise ser revisto e aprimorado.

Observe que a perspectiva científicista deixa de fora vários tipos de conhecimentos que são inquestionáveis para a vida humana, tais como aqueles adquiridos nas disciplinas do Direito, História, Psicologia, Teologia, Arqueologia, entre outras. O motivo é que o objeto de estudo destas disciplinas não é redutível a níveis experimentais. Suas interligações estão numa esfera da realidade muito maior e mais complexa que não pode ser desconsiderada, sob pena de se obter conclusões errôneas sobre os fatos observados. Nesse cenário, Dilthey, reconhecendo a grandeza do método científico, propõe uma maneira de pacificar os conflitos sobre o estatuto de cientificidade do conhecimento.⁹ Ele sugere a distinção entre ciências naturais, em que o conhecimento visa explicar as causas dos fenômenos naturais (causalidade), e ciências humanas, em que o conhecimento busca compreender as causas dos fenômenos humanos (hermenêutica). Note a distinção entre explicação e compreensão. As ciências de cunho explicativo conseguem reduzir satisfatoriamente seus objetos de estudo a apenas seus aspectos físicos, matematizáveis, quantizáveis. As ciências de ordem compreensiva não conseguem reduzir seus objetos de estudos somente a seus aspectos físicos; não é possível isolar seus objetos de seus meios e circunstâncias; é preciso abarcar, compreender o todo. Embora sejam tipos distintos de conhecimentos, quanto a seus objetos e métodos de investigação, são ambos pertinentes, válidos e necessários.

Este histórico das diversas maneiras de se enxergar a ciência e conhecimento, longe de ser exaustivo,

permite retirar um ensinamento importante válido para todo aquele que busca conhecer algo, e, portanto, um cientista, mesmo que não profissional. É preciso que o aspirante ao conhecimento tenha muito claro diante de si quais as questões que se busca responder e quais os métodos corretos que serão empregados para tal. Para além disso, o fato comum ao longo de todas as épocas é que conhecimento genuíno advém da busca honesta e sincera pelas verdades não evidentes que subjazem a realidade. E para esta empreitada, é preciso que se saiba quais são os princípios que fazem com que uma ciência seja uma ciência, e não outro modo qualquer de conhecer.

Princípios Basilares do Conhecimento Científico

Pode-se afirmar que, na modernidade, a maioria das pessoas que exercem atividades científicas possuem conhecimentos dos preceitos do método científico. Esse método é reconhecido e aceito como um caminho seguro de investigação para a descoberta de verdades científicas. Embora seja frequente se deparar com exímios praticantes do método científico, é inabitual encontrar cientistas que conheçam os fundamentos cognitivos que sustentam a validade do método científico, ou quais seriam suas limitações e seus pressupostos, ou ainda, qual seria a diferença entre um conhecimento científico para outros tipos de conhecimentos. Pode-se dizer que o conhecimento científico não é uma opinião qualquer, mas sim, uma opinião demonstrável (seja por dedução seja por indução). Para que a demonstração seja válida, é preciso que se atente a cinco princípios.¹⁰

Primeiro princípio: existência de conhecimento evidentes. Esse princípio é plasmado nos clássicos princípios da Lógica de Aristóteles, a saber:¹ princípio da identidade (A é igual a A),² princípio da não-contradição (é impossível que A seja A e não- A ao mesmo tempo) e ³ princípio do terceiro excluído (A é x , ou não- x , não há uma terceira possibilidade). Note que estas noções são evidentes (conhecimentos que não carecem de demonstração) e pressupõem a intuição (capacidade

humana de apreender as evidências). Se não houvesse conhecimentos evidentes e intuição, toda verdade dependeria de uma cadeia sucessiva e infinita de outras verdades, tornando o ato de conhecer impraticável ou impossível. Entretanto, a existência de verdades evidentes não basta para fundamentar uma ciência porque existem verdades que não são evidentes, e que requerem provas (demonstrações).

Segundo princípio: existência de provas (evidências indiretas). A prova é o resultado de uma sequência de raciocínios em que se tomam determinados conhecimentos *a priori* (premissas) e tenta-se chegar a conclusões. Observe que a maneira de condução desses raciocínios é provida pela Lógica, que em si não é uma ciência, mas sim um instrumento. Tanto as premissas quanto as conclusões dependem da capacidade de se reconhecer a identidade de cada premissa e conclusão. No fundo, as conclusões são não mais que explicitações daquilo que já estava contido implicitamente nas premissas. O objeto da Lógica (arte do pensar bem) é a Silogística.

Terceiro princípio: a autoevidência da conexão lógica entre os conhecimentos. A ligação entre uma evidência direta (ou indireta) e outra precisa ser imediata por si mesma. Não pode ser uma conexão lógica, mas sim intuitiva. Isto porque se a conexão fosse do tipo provada, então ela necessitaria de outra conexão igualmente provada até que se chegasse a uma conexão primeira (não provada), portanto autoevidente. Logo encadeamento das verdades descobertas precisa ser evidente. Vale lembrar que o que é evidente para uns pode não o ser para outros. Conhecimentos evidentes para matemáticos não são necessariamente evidentes para médicos ou historiadores, e vice-versa. A capacidade de enxergar as evidências pressupõe formação e treinamento nas respectivas áreas do saber em que se tenha interesse de atuar.

Quarto princípio: repetibilidade do ato intuitivo. É necessário que duas pessoas distintas estudando um mesmo aspecto, de um mesmo objeto, apreendam a mesma

evidência (direta ou indireta). Esta repetibilidade deve ser garantida para além do tempo (independente do instante no passado, presente ou futuro que o cientista esteja) e para além do espaço (independente do lugar geográfico o cientista se encontre). Note que esse princípio precisa ser garantido mesmo nos equipamentos de observação que o cientista opere. Daí surge a necessidade da criação de padrões de medida, calibrações, tolerâncias, tudo a fim de garantir a repetibilidade da experiência cognitiva. Esta talvez seja uma das maiores fontes de divergências dentre de uma comunidade de estudiosos sobre um determinado assunto.

Quinto Princípio: registro da experiência cognitiva. O registro, organização, ordenamento e estruturação de todos os atos intuitivos é essencial para a elaboração do saber. Sem esse registro, torna-se impossível tanto a transmissão das informações entre as gerações quanto a evolução do saber para o próprio cientista. Esta ação pressupõe atitudes profundamente reflexivas e analíticas por parte do cientista de modo a depurar as apreensões genuínas das meras superficialidades.

Esses princípios podem ser empregados na construção do *edifício do saber* nas mais variadas disciplinas do conhecimento. A cada conhecimento (ou sua expressão por meio da linguagem falada ou escrita) pode ser dado um grau de credibilidade: poético, retórico, dialético e lógico. Assume-se que nenhum conhecimento verdadeiro parta de premissas falsas. Portanto, as premissas podem ser possíveis (há uma chance de serem verdadeiras) ou necessárias (são verdadeiras), e as conclusões podem ser verossímeis (têm a aparência de serem verdadeiras) ou necessárias (são verdadeiras). O nível poético trata da ordem do possível, parte de premissas possíveis para chegar a conclusões verossímeis. Neste campo se encontram a poesia, ficção, fantasias e correlatos. O nível retórico parte de premissas necessárias para chegar a conclusões verossímeis. Neste campo se encontram os conhecimentos que mobilizam as crenças pessoais e coletivas; eles apontam as decisões mais adequadas a serem tomadas dado um conjunto de

verdades conhecidas. O nível dialético parte de premissas possíveis para chegar a conclusões necessárias. Neste caso, tenta-se aferir a razoabilidade das crenças ou das hipóteses em questão submetendo-as a uma série de testes de prova, ou depuração. O nível lógico parte de premissas necessárias e chega a conclusões necessárias. Trata-se do conhecimento em seu grau mais elevado de certeza; não há mais discussões, há apenas a demonstração linear que parte de premissas verdadeiras e se chega a conclusões que não podem deixar de serem certas.¹¹

O cientista deve buscar os conhecimentos lógicos olhando para a realidade, mas sem perder de vista a incapacidade humana de depurar por completo todos os fatores que possam influenciar esses mesmos conhecimentos. É preciso reconhecer ser impossível conhecer tudo o que há para se conhecer, em seus mínimos detalhes, tomando em conta o nexos entre eles, sua ordenação, proporção e harmonia. Apesar disso, é possível conhecer muito. E uma maneira exitosa de conhecer consiste em fixar a atenção em aspectos do objeto a ser conhecido, como por exemplo, as atividades desenvolvidas pela Matemática.

A Proposição de Modelos Matemáticos como Forma de Inteligir a Realidade

Os modelos matemáticos são ferramentas essenciais para a simulação de comportamentos, entendimento de padrões e até mesmo projeto de artefatos. O propósito dos modelos matemáticos é servir de representação simplificada da realidade mimetizando as características relevantes do sistema sob estudo. Esses modelos são a translação dos fenômenos observáveis que ocorrem no mundo real para o mundo conceitual. Quanto à maneira com que são elaborados, há duas categorias em que os modelos matemáticos podem ser divididos: modelos teóricos e modelos experimentais.

Os modelos matemáticos teóricos (ou *white-box*) são baseados em equações matemáticas obtidas a partir de princípios fundamentais da Física, Química, entre outras,

por exemplo: lei de Newton, lei de Hooke, leis de Ohm, lei de Bernoulli, conservação de massa e energia. Pode também haver equações derivadas de observações fenomenológicas, que ainda não são entendidas como princípios, mas que se mostram relevantes na prática (equações constitutivas e demais relações empíricas). As equações expressam a relação entre variáveis, que por sua vez representam o estado do sistema observado. Os princípios gerais normalmente estabelecem a maneira pela qual essas variáveis podem se alterar, e assim dar origem a novos estados do sistema.

Os modelos matemáticos experimentais (ou *black-box*) são baseados em medidas experimentais. Diferentemente do caso anterior, o modelo matemático do sistema é construído a partir de numerosos conjuntos de medições, cada uma registrando a resposta do sistema de interesse (saída) para um dado estímulo ou perturbação (entrada). Estes modelos são úteis quando os princípios que regem o sistema não estão suficientemente claros ou mesmo são desconhecidos. Uma vez que este tipo de modelo é produzido para um dado conjunto de dados, automaticamente sua aplicação fica restrita a situações contidas, ou suficientemente próximas, deste mesmo conjunto de dados. Extrapolações de cenários costumam ser desaconselhadas nesses casos.

Seja qual for o tipo de modelo matemático empregado, o seu nível de credibilidade é dado pelo grau com que os estados previstos se confirmam com a realidade. A referência sempre é a realidade observável. Quão mais próxima da realidade, precisa e repetível uma resposta se mostra, mais confiável o modelo se torna. Naturalmente, cenários observados na realidade que não estão contemplados no modelo fazem com que o mesmo precise ser revisto. Isto se deve ao fato de que os modelos matemáticos são capazes de abarcar apenas os aspectos quantizáveis da realidade, e não a totalidade da realidade; que está para além das medições (substância, qualidade, relação, lugar, posse, ação, paixão). Portanto, modelos matemáticos, embora possam representar de forma satisfatória muitos aspectos da realidade, nunca serão capazes de substituí-la. Sempre haverá um nível de imperfeição nos modelos, e, portanto, no conhecimento obtidos a partir deles. Mas, isto não significa que os modelos sejam inúteis. Pelo contrário, esta limitação

justifica o emprego de tolerâncias em diversos níveis que, no fundo, manifestam o grau aceitável de imprecisão. Esses graus são ditados pelas aplicações a que os modelos se destinam. Esta deve ser uma constatação presente na mente dos cientistas.

Embora os modelos matemáticos acompanhem o desenvolvimento da humanidade em paralelo com a História, foi a Geometria, e posteriormente, a Álgebra (consequentemente o Cálculo) que elevaram o seu nível de aplicabilidade a partir do século XVI. Por cerca de quatro séculos, esta aplicabilidade era limitada à capacidade humana de cálculo, já que todos os resultados precisavam ser obtidos manualmente. Esta limitação seria reduzida com a invenção de máquinas de computo, ou *computadores*, no século XX. Esta invenção fez com que os modelos matemáticos pudessem ser levados às suas capacidades preditivas máximas por meio de cálculos automáticos. Surge então o uma nova técnica para obter conhecimento auxiliada por máquinas de processamento, a chamada *técnica computacional*.

A ASCENSÃO DA SIMULAÇÃO AO STATUS DE TERCEIRO PILAR DA CIÊNCIA MODERNA

Nos dias atuais, os cientistas consideram que as técnicas computacionais, ou simulações, são o terceiro pilar da ciência moderna, ao lado da teoria e da experimentação.¹⁹ A Figura 1 ilustra o arranjo dos três pilares como meio para obter novos conhecimentos nas ciências práticas e tecnológicas. Considere o exemplo específico das ciências naturais, em que se quer compreender como um determinado poluente se propaga no oceano. O primeiro pilar (Teoria) consistiria na proposição de modelos e teorias em que os cientistas elaboram modelos matemáticos complexos para prever a difusão de poluentes em meios aquosos. O segundo pilar (Experimento) os cientistas propõem experimentos (provas de conceito) realizáveis sob condições controladas (laboratórios) para verificar a validade dos modelos formulados no primeiro pilar. Uma vez validado, o modelo matemático é então implementado em um computador de forma a gerar um *modelo mímico virtual* que forneça resultados tão precisos quanto

possíveis da dispersão do poluente no meio físico real, constituindo o terceiro pilar (Técnica Computacional).

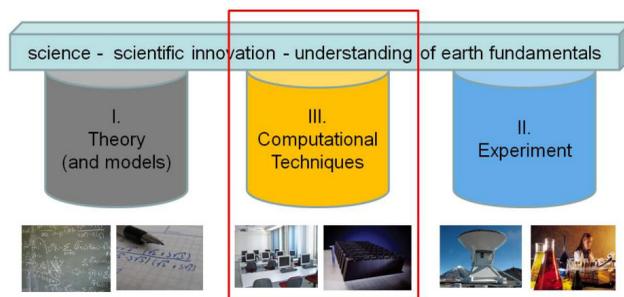


Figura 1. Os três pilares fundamentais da ciência computacional tradicional.¹⁹

Essas três vias de obtenção do conhecimento não devem ser vistas como adversárias, mas sim como complementares. Esta sinergia, que historicamente se originou nas áreas da Matemática, Física e Química, posteriormente se expandiu largamente para outras disciplinas menos óbvias como economia, biologia ou neurociência. Esses três pilares também são largamente utilizados nas engenharias, que fazem uso dos modelos para prever o comportamento de artefatos que ainda sequer existem. Neste sentido, não é surpreendente que num curso de engenharia (civil, mecânica, elétrica, química, bioquímica, etc), a maior parte do tempo de formação dos alunos seja dedicada à familiarização com os modelos (específicos da área) e suas respectivas técnicas de solução. Esse conhecimento servirá como guia para tomada de decisões em momentos posteriores.

Embora reconhecidamente relevantes e necessárias, o cientista precisa ter em mente que todas as informações providas pelos três pilares da ciência moderna não significam conhecimento da realidade em sua totalidade. Há sempre um grau de imperfeição ou uma limitação. Basta lembrar que os modelos computacionais, por mais complexos que sejam, são mimetizações dos sistemas reais (apoiados apenas nos seus aspectos quantizáveis) e não o sistema em si mesmo. Em última instância, o cientista deve avaliar as respostas que os modelos fornecem e julgar se há coerência ou não. Os critérios para este julgamento advêm do nível de familiaridade e expertise que o cientista

(ou analista) possui, além da capacidade de avaliação dos recortes da realidade em que os modelos se inserem.

O Desafio na Formação de Cientistas

Todo e qualquer processo de educação pressupõe um modelo, uma referência, um ideal, a ser buscado. Trata-se, portanto, de responder à pergunta “que tipo de ser humano se espera obter ao final do processo de educação?”, aqui entendida como educação científica. Conforme discutido na Seção 2, esse ideal do ser conhecedor passou por várias mudanças ao longo da história. Em cada época, à medida que os valores e as concepções de vida em sociedade foram se alterando, foi preciso atualizar a resposta para esta pergunta. Voltando o foco para a época atual, em vigora a produção e propagação de informações em alta velocidade, o processo de formação não é menos desafiador que sempre foi, mas precisa lidar com situações distintas daquelas do passado. Um reflexo do quadro atual pode ser alcançado por meio de quatro desafios, não exaustivos e não exclusivos.

Um primeiro desafio envolve as relações interpessoais. Por mais técnica que uma formação científica seja, ela se dá por meio de interações humanas, em especial entre os dois agentes: orientador e orientando. Trata-se de um compromisso mútuo. O orientador assume o papel de conduzir o orientando do seu estado atual até a plena autonomia científica. O orientando, por sua vez, assume a disposição em ser guiado por esse processo com diligência. Esse caminho de formação é eminentemente individualizado e pressupõe uma proximidade e respeito mútuo. O desafio se mostra nesta era cada vez mais digital, em que as relações interpessoais estão gradativamente sendo substituídas por relações virtuais, logo distantes. Para além disso, é comum a sobrecarga de atividades tanto por parte de orientadores quanto orientandos. Orientadores por vezes precisam acumular atividades de ordem administrativa, docentes, representativas, políticas, familiares, pressões por publicações, etc. Orientandos precisam conciliar atividades em disciplinas desconexas, com alto grau de profundidade e

especialização, busca por altos índices de aproveitamento a fim não perderem as bolsas (se as tiverem), etc., além de conduzirem suas próprias pesquisas. O resultado é que muitas vezes os orientandos acabam tendo pouco contato com seus orientadores, e por vezes, apresentam desempenho inadequado frente às responsabilidades que o aguardam. É preciso encontrar um ponto de equilíbrio, um justo termo que envolva um adequado nível de relação interpessoal entre esses agentes, apesar de todas as solicitações externas. Mesmo que os meios digitais possam tornar as comunicações mais cômodas, é necessário garantir que essas interações sejam tão efetivas e fecundas quanto possível.

Ainda nesta linha, outro ponto que merece atenção é que em tempos de múltiplas conectividades promovidos por redes sociais digitais, o aspirante a cientista deve compreender o fato de que os estudos e as reflexões são atividades eminentemente solitárias. Isto não quer dizer que o cientista deve se isolar do convívio social numa espécie de monacato. Ao contrário, deve-se sempre manter o contato com a realidade e com as circunstâncias de seu tempo, interagir com grupos locais, regionais, nacionais e estrangeiros. Isto é salutar. Mas, é preciso que se reserve um tempo para desenvolver e aprimorar as habilidades dialéticas; diálogos estes que serão mediados por textos (livros, artigos, teses, dissertações, entre outros). Neste sentido, o hábito da leitura seja em língua materna, seja em língua franca, é primordial. O cientista é chamado a desenvolver sua capacidade de perceber um mesmo assunto por diversos ângulos de vista, muitas vezes de forma multidisciplinar (por dois ou mais ângulos de vista simultâneos); estar apto a perscrutar os assuntos em diversos níveis e graduações a fim de identificar onde, e qual a melhor forma de contribuir. O cientista deve despertar em si a vontade genuína de buscar a verdade onde quer que ela apareça, sendo capaz de identificar em si mesmo os conhecimentos que lhe faltam para alcançar estas mesmas verdades, se tornar um autodidata por excelência.

O terceiro ponto está em linha com o que Ortega y Gasset,¹⁵ já na década de 1940, alertava para o problema originado pela especialização excludente (ou de massa).

Ao se distanciar da busca da unidade do conhecimento, as instituições de ensino estavam desintegrando as disciplinas e transformando-as cada vez mais numa multiplicidade de técnicas e especialidades. Como essas técnicas e especialidades seriam cada vez mais desconexas entre si, o resultado seria a formação de conhecedores que saberiam muito sobre muito pouco, ou saberiam tudo sobre quase nada; o que se evidencia como um paradoxo. O autor chama esses conhecedores de bárbaros modernos. Esse termo designaria os técnicos e especialistas que tiveram formações muito estritas, e, portanto, não tiveram a chance de abranger aspectos fundamentais da vida humana que estão para além do âmbito profissional, por exemplo, os valores fundamentais, o sentido e a moralidade das ações, a formação e a contribuição para o bem comum da sociedade; uma formação humanista abrangente. A consequência desse tipo de formação seria lançar no mercado de trabalho um conjunto de *bárbaros modernos* que estão dispostos a colocar seus serviços em prol a qualquer causa. Allan Bloom¹⁶ chega inclusive a encontrar relações entre a decadência da formação superior e as faltas morais em ascensão na sociedade. É preciso que não se perca de vista que o cientista de profissão é, antes de tudo, um ser humano, e, portanto, deve orientar suas ações de forma a promover os bens supremos e universais tais como a verdade, a justiça e o bem comum. Isso implica que o cientista deve buscar esses princípios, mesmo que as instituições de ensino não os ofertem. Evidentemente, esses apontamentos se aplicam para quaisquer outras profissões.

O último ponto envolve a definição do tema de pesquisa. Por mais simples que possa parecer este aspecto é primordial para a formação do cientista. Na perspectiva clássica, a definição é composta por dois elementos: gênero próximo e diferença específica. O desafio atual consiste exatamente em identificar esses dois elementos, frente às inúmeras publicações, em numeráveis áreas. É preciso identificar o que ainda não foi descoberto e que mereça atenção e esforço. Além disso, o tema precisa ser de interesse tanto para o aluno, para o orientador, para a instituição e para a ciência como um todo. Se houver falta de interesse em qualquer uma destas instâncias, a atividade científica correrá o risco

de não ser levada adiante, e consequentemente atrapalhar o processo de formação do cientista. A falta de cuidado na especificação do tema pode levar a repetições de pesquisas já realizadas e consequente mau uso de tempo e recurso. Não é raro que a especificação do tema atenda a interesses de diversos âmbitos: comerciais, políticos, tecnológicos, públicos, privados, regionais, internacionais, climáticos, ambientais, etc. Independente das motivações, é necessário que a proposta de investigação seja consistente, coerente, meritosa e busque a verdade e o bem. Assim, o cientista em formação terá contato com bons princípios de investigação que serão primordiais em suas atividades futuras.

Conclusão

No presente artigo, foi sustentado o entendimento de que os princípios que guiaram as investigações acerca da realidade no período da ciência clássica ainda são importantes e relevantes para a era atual. Este entendimento foi obtido a partir da análise histórica da evolução do conceito de ciência buscando extrair os princípios subjacentes que guiaram as investigações filosóficas e científicas. Estes princípios, em última análise, levam aos conceitos universais do bem e da verdade e se mostram ser caminhos sólidos para orientar a busca pelo conhecimento.

A partir desta constatação, foi discutido como a figura dos três pilares da ciência (teoria, experimentação e simulação) são uma transmutação daqueles princípios em forma de método, que pode ser aplicado em diversos âmbitos da realidade. Esta ação propiciou avanços extraordinários na tecnologia (medicina, engenharia, computação, etc.), em particular a partir do século XX.

Esse movimento de ascensão tecnológica tende a induzir as instituições de ensino a formar cientistas extremamente especializados. A especialização em si é algo positivo e meritório que propiciou o ganho de qualidade de conhecimento em várias áreas. Entretanto, é importante que o cientista, ao se especializar, não perca de vista outras áreas do conhecimento de suma importância para a vida humana em sociedade. Não se deve deixar de apreender os elementos da cultura que promovem o bem, a verdade e a beleza. Cultivar aspectos essencialmente humanos, para

além da técnica, faz com que o cientista tome consciência do seu papel primordial e oriente suas investigações de maneira reta e efetiva, respeitando os limites éticos e morais inerentes a todas as atividades.

Ao expressar o presente pensamento, o autor não teve a intenção de apresentar uma ideia definitiva e exaustiva do que é o conhecimento e a ciência, mas sim, de incentivar o leitor a refletir sobre estas questões e se voltar para os princípios discutidos, fomentar a busca por verdades cada vez mais profundas e profícuas, e aplica-las em suas atividades investigativas profissionais (ou não) com rigor prudente e ordem.

RESSALVAS

Todas as opiniões, hipóteses, conclusões ou recomendações expressas neste artigo são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão da instituição ao qual esteja afiliado.

Referências

1. PLATÃO. *Teeteto*. 3ª. Lisboa : Gulbenkian, Fundação Calouste, Trad. de Adriana Manuela Nogueira e Marcelo Boeri, **2010**.
2. PAUL, NATORP. *Teoria das ideias de Platão: uma introdução ao idealismo*. São Paulo : Paulus, **2012**. Vol. 1 e 2.
3. CONTARATO, THIAGO SEBASTIÃO REIS. Hilemorfismo comum e o movimento substancial de geração e corrupção. *Aquinate*. **2017**, Vol. 31, pp. 46-60.
4. REALE, GIOVANNI. *Metafísica de Aristóteles*. 5ª. São Paulo : Edições Loyola, **2002**.
5. GUERIZOLI, RODRIGO. Hilemorfismo, essência e definição: Acordos e desacordos do debate medieval. *Analytica*. **2012**, pp. 67-84.
6. DESCARTES, RENÉ. *O discurso do método*. 2ª. São Paulo : Martins Fontes, **2001**.
7. STIVAL, MONICA LOYOLA. *Subjetividade Espaço E Tempo Em David Hume*. 1ª. São Paulo : Humanitas Ffch/Usf, **2015**.
8. KANT, IMMANUEL. *Crítica da razão pura*. 5ª. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian , **2001**.
9. DILTHEY, WILHELM. *Ideias acerca de uma psicologia descritiva e analítica*. Covilhã : LusoSofia Press, **2008**.
10. CARVALHO, OLAVO DE. *Inteligência e Verdade. Ensaio de Filosofia*. 1ª. Rio de Janeiro : Vide, **2021**.
11. ARISTÓTELES em *Nova Perspectiva. Introdução à Teoria dos Quatro Discursos*. 1ª. Rio de Janeiro : Vide, **2016**.
12. CNI. *Retratos da sociedade brasileira: Educação básica*. Brasília : Gerência Executiva de Pesquisa e Competitividade, **2018**.
13. REAL, GISELLE CRISTINA MARTINS. Avaliação e qualidade no Ensino Superior: os impactos do período 1995-2002. *Educação e Pesquisa*. **2009**, pp. 573-584.
14. FERRETTI, CELSO JOÃO. A reforma do Ensino Médio e sua questionável concepção de qualidade da educação. *Ensino de Humanidades*. **2018**, pp. 25-42.
15. GASSET, JOSÉ ORTEGA y. *Mission of the university*. New York : Routledge Taylor & Francis group, **2014**.
16. BLOOM, ALLAN. *O declínio da cultura ocidental: da crise da universidade à crise da sociedade*. 2ª. São Paulo : Best Seller, **1987**.
17. KIRK, GEOFFREY, et al. *Os filósofos pré-socráticos*. 7ª. Lisboa : Cambridge University Press, **1983**.
18. RIEDEL, MORRIS, et al. Research advances by using interoperable e-science infrastructures. *Cluster Computing*. **2009**, pp. 357-372.
19. RIEDEL, MORRIS, et al. Classification of Different Approaches for e-Science Applications in Next Generation Computing Infrastructures. *IEEE Fourth International Conference on eScience*. **2008**, pp. 198-205.

Hugo L. Oliveira

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Avenida Albert Einstein, 951, CEP: 13083-852 - Campinas, SP - Brasil

E-mail: hugo.oliveira@unicamp.br