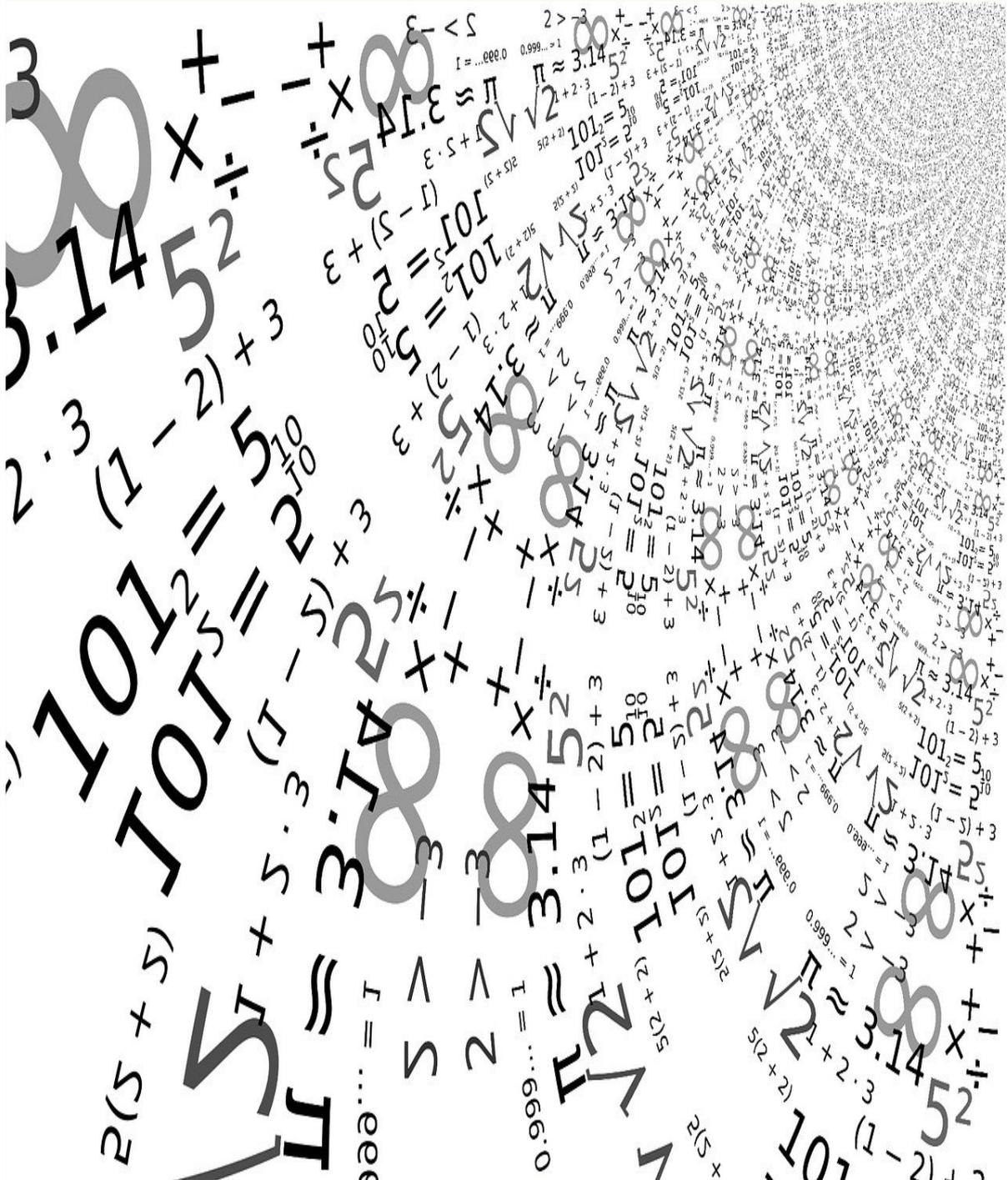


## *Matemática, ensino e inovação*



*Linguagem binária e ordenação*

## O Desafio de Aprender a Aprender Matemática

### Lições para o Uso Criativo dos Números

**Emilly Moura da Cruz**

UNIP, Curso Superior de Matemática, Brasília, Brasil  
emillymcruz90@gmail.com

**Nilo Silvio Costa Serpa**

Centro Universitário ICESP, Brasília, Brasil  
nilo.serpa@icesp.edu.br

Received: \_20 Jul 2023\_/ Accepted: \_08 Aug 2023\_/ Published: \_04 Sep 2023\_.

**Abstract:** Mathematics teaching in Brazil has not only declined in quality since the 1960s, but has never been aligned with a perspective of pedagogical interdisciplinarity with natural sciences, especially physics and physical chemistry, sciences that use mathematics to build their representative models of the world of external things. Because of this, not even a practical everyday meaning was given to the teaching of elementary mathematics, leaving the students far from the sense of usefulness of the discipline. This article reflects on the teaching/learning process of mathematics within our cultural, biological, political and economic reality, bringing a practical example of how a simple formal instrument can innovatively facilitate a routine management process.

**Key words:** Mathematics, teaching/learning process, pedagogical interdisciplinarity, innovation, representation, usefulness.



**Resumo:** O ensino de matemática no Brasil não apenas decaiu em qualidade desde os anos 60, como nunca se alinhou a uma perspectiva real de interdisciplinaridade pedagógica com as ciências naturais, sobretudo a física e a físico-química, ciências que se valem da matemática para a construção dos seus modelos representativos do mundo das coisas exteriores. Por conta disto, nem mesmo um sentido prático cotidiano foi dado ao ensino da matemática elementar, deixando o alunado distante do senso de utilidade da disciplina. O presente artigo faz uma reflexão sobre o processo de ensino/aprendizagem da matemática dentro da nossa realidade cultural, biológica, política e econômica, trazendo um exemplo prático de como um instrumento formal simples pode facilitar de maneira inovadora um processo rotineiro de gestão.

**Palavras-chave:** Matemática, processo de ensino/aprendizagem, interdisciplinaridade pedagógica, inovação, representação, utilidade.



## 1 Introdução

A aprendizagem da matemática sempre representou um ponto de fragilidade no sistema de ensino brasileiro, ainda que a degradação mais acentuada do processo de ensino/aprendizagem tenha se iniciado apenas há cerca de 50 anos. Contudo, sem abordar globalmente o ensino, podemos afirmar que, no caso da matemática, a grande dificuldade é estabelecer uma conexão clara entre o que o aluno entende por necessidade e o que se afirma sobre a necessidade de entender o raciocínio lógico-matemático. Excetuando-se aqueles estudantes que manifestam gosto natural pelos números, ou os que pelo menos compreendem que a profissão que têm em mente seguir exige conhecimentos matemáticos, a grande maioria do alunado desenvolve ao longo dos anos de ensino fundamental uma verdadeira aversão à matemática, assim como a qualquer esforço mental que exija formalização simbólica. Em que pesem fatores de ordens diversas, tais como desnutrição, falta de condições culturais, dentre outros, de um ponto de vista metodológico é lícito resumir os efeitos negativos do modelo vigente de ensino da matemática como oriundos de duas causas fundamentais que se combinam: 1) desconexão semântica entre a linguagem natural e a linguagem simbólica da matemática e 2) desconexão semântica entre a linguagem simbólica da matemática e os fatos, sejam estes naturais ou antrópicos (BARTHES, 2006). Essa ausência de sintonia faz com que a abstração matemática pareça um mero exercício operacionalista sem importância para a vida cotidiana. Poder-se-ia citar uma terceira causa, menos imediata, mas que tem fundamento, a saber 3) a falta de capacidade de persuasão por parte dos docentes em convencer o alunado de que o simples exercício do pensamento lógico abstrato conduz a uma agilidade maior de raciocínio em qualquer situação. Como bem observou Brown (2012), a matemática «fornece as regras do jogo para todo o sistema do pensamento estruturado». O conjunto de causas assim definido cria uma barreira quase intransponível entre aluno e professor, entre necessidade e entendimento do que é verdadeiramente necessário.

O objetivo desse ensaio é estabelecer algumas premissas para a renovação do ensino da matemática, conduzindo reflexões sobre aspectos de inovação que consideramos cruciais para a mudança de paradigma do docente e, sob o prisma das expectativas pessoais, do discente também.

O conceito de inovação está intrinsecamente ligado ao conceito de economia criativa. A inovação hoje corresponde tanto à melhoria do que já existe como à proposta de algo novo. Contudo, por extensão, cobrindo todo o espectro das atividades humanas, inovação se refere ao ativo intangível que se agrega a qualquer produto ou serviço a partir de métodos e processos criativos que se mostrem efetivos na produção de resultados satisfatórios. Uma vez que geralmente se chama a atenção para segmentos criativos como *design* arquitetônico e tecnologia da informação devido à grande integração entre aquisições tecnológicas e aspectos culturais, a fim de evitar objeções inadequadas os autores enfatizam que este trabalho se refere a manifestações criativas intimamente ligadas ao contexto do ensino/aprendizagem.

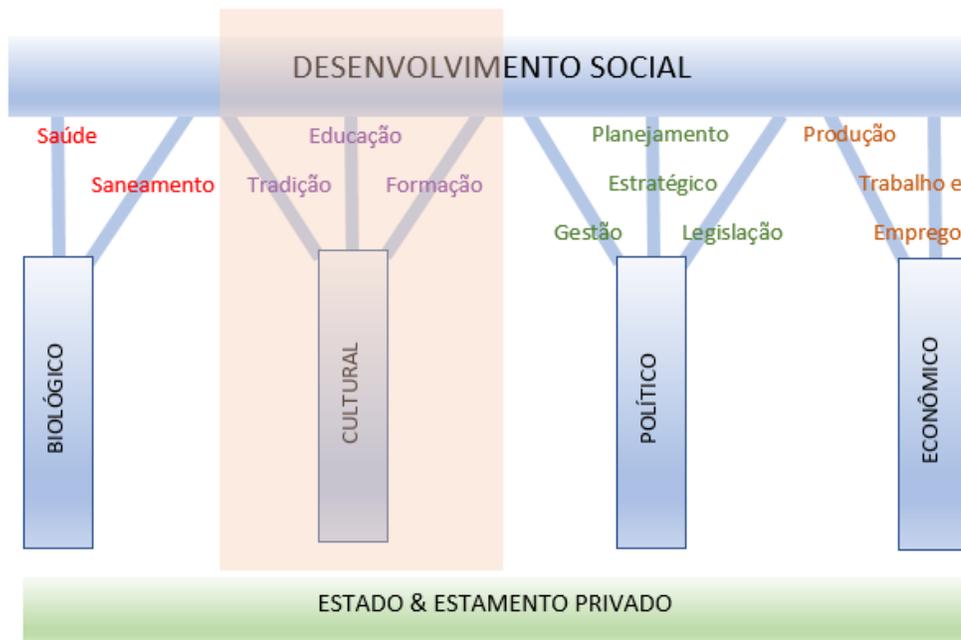
## 2 O ensino da matemática como instrumento de inclusão social

Podemos esperar que todos tenham, minimamente, uma noção do que seja inclusão social (para que não se criem polêmicas inúteis sobre o assunto, preparando o terreno para um debate produtivo, recomenda-se POPPER, 1974). Nesse momento, preferimos construir gradualmente o conceito por meio de uma argumentação dialética, nos restringindo aqui apenas a recordar para o leitor os temas públicos mais visitados pela assim chamada “inclusão social”, tais como acessibilidade a locais e fontes de informação e acessibilidade ao ensino superior, dentre outros. É, contudo, cogente lembrar que a banalização do ensino nas últimas gestões, com o acesso praticamente irrestrito ao nível universitário, teve como propósito nivelar a sociedade por baixo, eliminando a classe média, já que se todos têm nível superior extingue-se o parâmetro basal de impacto salarial, forçando a redução geral dos salários, criando assim uma maioria empobrecida e uma elite única minoritária, basicamente formada por analfabetos funcionais, detentora do acesso à riqueza. A farsa da “inclusão” no ensino superior escondeu da população os verdadeiros intentos nada nobres dessa que foi a mais desastrosa experiência sócio-política pela qual passamos. Para todos os fins práticos, o público alçado sem critérios aos quadros universitários originou profissionais despreparados e com qualificação mínima para o exercício de suas profissões, como de resto atestam os frequentes problemas registrados em todas as áreas por falta de competência.

### 2.1 A estrutura do desenvolvimento social e suas ligações com a matemática

Vivemos uma situação paradoxal. Ainda que muito de hipocrisia permeie boa parte das políticas públicas de inclusão social no Brasil, ao honesto esforço de alguns se opõem os efeitos de uma sociedade excessivamente narcisista e hedonista voltada ao culto de padrões físicos e comportamentais que têm ganhado terreno pelas trilhas midiáticas, ainda que ética e esteticamente sejam bastante questionáveis. Associado ao total despreparo da população para encarar a responsabilidade social como algo imane a cidadãos e instituições, tal comportamento narciso-hedonista cresceu em paralelo à vertiginosa decadência da educação no Brasil, culminando, em tempos recentes, no bizarro cenário televisivo, telecomunicacional e pseudo-musical que presenciamos agora. Criam-se assim deformações psicossociais que podem ser facilmente convertidas em idiosincrasias perversas, renovando obstáculos à diversidade, por conseguinte, à inclusão e à educação.

Inclusão social é a consequência natural do desenvolvimento social, o qual é sustentado simultaneamente por quatro pilares (Figura 1) construídos a partir de uma base sólida de governança formada pelo Estado e pelo estamento privado. Cada pilar se constitui de um sistema institucional com características próprias. Desalinhos no processo de inclusão refletem fragilidades em um ou mais pilares e/ou na base de governança.



**Figura 1:** Estrutura esquemática do desenvolvimento social sustentável (Fonte: acervo particular dos autores).

Dentre outras responsabilidades, é papel da governança estabelecer as regras de conformidade entre as ações deflagradas por todos os pilares, garantindo que sejam cumpridas e que propiciem o avanço coordenado de propostas em andamento e projetos em curso. É precisamente esse avanço coordenado que terá como resultado último a inclusão social.

No panorama terceiro-mundista, o desenvolvimento social é, para todos os fins práticos, uma possibilidade remota. Inexiste governança, uma vez que as ações governamentais são meramente arremedos partidários autocentrados de exemplos extraídos a esmo de contextos distantes da realidade local. As propostas tornam-se insustentáveis, pois não emanam de um planejamento estratégico que aponte para a conformidade entre os pilares que suportam o desenvolvimento social perene; tampouco se destinam a promover e perpetuar o bem comum. Causam sofrimento extremo aos cidadãos e provocam atraso de décadas em ciência e tecnologia. Em resumo, torna-se impraticável o exercício da inclusão entendida como o efeito social benéfico e generalizado, na forma de bens, serviços e ativos intangíveis, oriundo da gestão síncrona dos quatro pilares do desenvolvimento social.

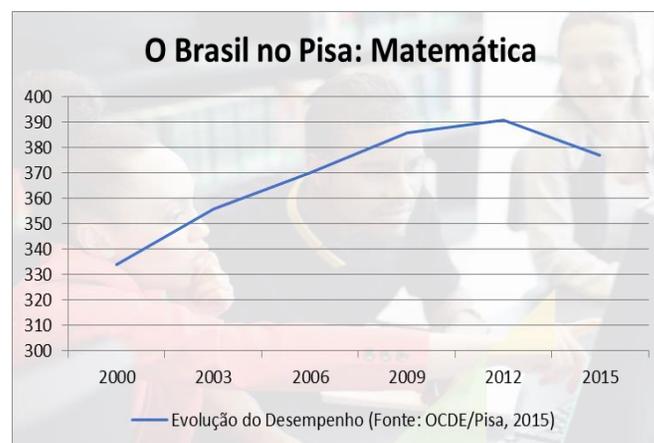
A partir dessa discussão inicial, estamos prontos para entender como a matemática se insere no contexto da inclusão social. Obviamente, ela aparece no pilar cultural, nas ramificações da educação e da formação, mas seus reflexos se dão tanto no pilar econômico (no exercício das chamadas ciências contábeis e da economia), quanto no pilar biológico (bioestatística, dosimetria, etc.), deixando marca indelével no pilar político (planejamento

estratégico baseado em séries históricas e modelos preditivos). Ora, não se trata apenas da inclusão de pessoas em postos de trabalho específicos por meio da oferta de formação especializada nos diversos ramos do conhecimento em que a matemática se faz presente; trata-se da capacidade de incluir o próximo a partir do impacto da formação individual sobre a qualidade dos serviços especializados que pressupõem a matemática (por exemplo, um modelo preditivo bem delineado sobre a evolução geográfica de uma determinada doença zoonótica permitirá antecipações estratégicas que pouparão a população das mataduras de uma epidemia, incluindo assim aquela população em um plano assistencial de saúde coletiva).

O fator que mais impacta a renda, as relações sociais e o acesso cultural de um indivíduo é a educação (MATURANA & VARELA, 2005). Dentro dessa visão, tem-se por assente que o conhecimento da matemática é um atributo fundamental à valorização do capital humano, tornando o indivíduo capaz de agir como um ator decisivo na alteração da qualidade da produção, além de que, pela grande portabilidade desse conhecimento, habilitado a desempenhar papéis diversos em áreas distintas.

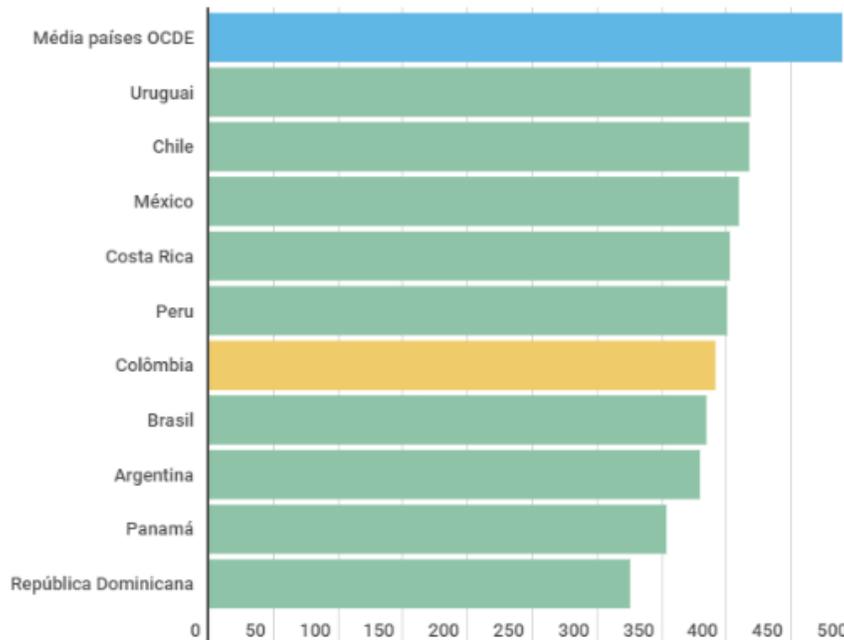
## 2.2 As estatísticas do Pisa: O Brasil e a matemática

Os resultados da pontuação do Brasil no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA, na sigla em inglês) não mostram um quadro animador (INEP, 2019). Ao contrário, confirmam as deficiências do nosso ensino. O penúltimo relatório, datado de 2015, exhibe queda de pontuação em ciências, leitura e matemática, colocando o Brasil na 66ª posição no *ranking* mundial constituído por 70 países. Desde 2003 o desempenho em matemática vinha experimentando razoável incremento, voltando a decair a partir de 2012 (Figura 2). De fato, as melhorias no Brasil são sazonais, mostrando a insustentabilidade das nossas políticas devido à ausência de estrutura do supracitado desenvolvimento social. É importante frisar com exarada ênfase que as ações do pilar cultural devem atingir permanentemente a formação docente, com incentivos a progra



**Figura 2:** Evolução do desempenho em matemática segundo o PISA, 2015.

mas de reciclagem e aperfeiçoamento do corpo de professores e gestores.



Resultados obtidos pelos países sul-americanos nas provas de Matemática do PISA 2018 – Fonte OCDE

**Figura 3:** Brasil entre os dez piores desempenhos do mundo em matemática segundo o PISA, 2018.

Já os últimos resultados do PISA (2018) mostram o Brasil entre os 10 piores desempenhos em matemática do mundo (Figura 3). Os resultados da última prova aplicada em abril e maio de 2022 serão divulgados em dezembro de 2023, segundo informação da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico com a qual o MEC – Ministério da Educação se articula para a promoção de políticas públicas voltadas à melhoria da educação).

### 2.3 O Brasil e o «lixo acadêmico»

Em 2015, a revista britânica *Nature*, especializada em ciência, caracterizou a produção científica brasileira pelo predomínio do chamado “lixo acadêmico” do conhecimento em geral (JORNAL DE DEBATES, 2015). A afirmação se baseou na presença de artigos brasileiros nas revistas indexadas de revisão mais severa, cerca de 1% das publicações. Incluídas revistas menos qualificadas, porém, indexadas, o percentual sobe para 2,5%. Vale

lembrar que essa avaliação não considerou as publicações em revistas não indexadas. O periódico também expôs a baixa eficiência do uso de recursos aplicados à pesquisa no Brasil, país que então ocupava o 50º lugar dentre 53 países analisados do ponto de vista da qualidade dos investimentos. Considerando que as estatísticas se referem à produção científica global, incluindo ciências biomédicas e humanas, é de se esperar que a participação da produção nas áreas de ciências exatas tenha sido pífia, até porque cerca de 60% do pouco que se investe no exercício da ciência brasileira vai para a pesquisa em saúde. Embora essas estatísticas possam vir acompanhadas de preconceitos e deturpações baseadas em princípios excludentes inteiramente arbitrários, o resultado, ainda que exagerado, não surpreende a julgar pela qualidade monográfica que se observa desde os trabalhos de conclusão de curso até às teses de doutorado; com efeito, é o produto da combinação de pouco estímulo à criatividade, predominância de temáticas ideológicas, exigências absurdas de quantidade de publicações em detrimento da qualidade, e discurso pós-modernista, essa tendência literária virulenta e medíocre que se afirmou de meados da década de 80 até os dias atuais.

Não obstante, a bem da verdade, há que se considerar a plêiade de dificuldades que nos são impostas, interna e externamente, a começar pela demora de resposta dos publicadores ditos «severos». Esperam-se meses por um *feedback* muitas vezes negativo, deixando o autor em expectativa, nada podendo fazer a respeito. Por isso, muitos optam por publicadores indexados pagos e menos prestigiosos, quer pela ânsia de comunicar ideias, quer pelas pressões do sistema em vigor. Demais disso, pesquisadores experientes submetem suas ideias a revisores que não raro desmerecem trabalhos de anos com questionamentos subjetivos, talvez mesmo dissimulando a própria incompetência inconfessa. Ora, revisores veteranos conseguem fazer leituras técnicas eficazes, apontar erros de grafia das equações e até opinar sobre a organização dos textos, mas nunca deveriam invalidar explicações a partir de pontos de vista ou preferências particulares, mesmo porque isso iria contra a liberdade de expressar pensamentos, um dos fundamentos da ciência democrática. Excetuando-se os textos bestialógicos, facilmente reconhecíveis, deve-se respeitar a necessidade de compartilhar ideias. Cabe aos leitores e à comunidade científica decidir sobre o valor dos conteúdos publicados.

Conclui-se que é difícil equacionar os pontos acima discutidos de maneira harmoniosa, mas tudo deve começar por um sólido sistema educacional, com a devida valorização de professores e pesquisadores, e uma ampla revisão das diretrizes que norteiam os investimentos em fomento para pesquisa e desenvolvimento. Certamente, o «lixo acadêmico» se estabeleceu prevalentemente em função da má qualidade dos ensinamentos fundamental e médio. Desfazer o imbróglio em que se meteu a educação brasileira será tarefa para várias gerações, a contar do momento em que de fato se der o primeiro passo.

### 3 Inclusão e cultura

Ainda que possa parecer óbvio que todos desejem ser incluídos socialmente, nem todas as formas de inclusão social são percebidas como desejáveis. A inclusão no mundo das letras, por exemplo, não é percebida pela maioria como necessária ao desenvolvimento das habilidades interpessoais, e, portanto, da capacidade de interagir socialmente de modo saudável. Numa abordagem aristotélica, diríamos que algumas das formas importantes de inclusão social necessitam da virtude intelectual e da virtude moral para serem assimiladas (ARISTÓTELES, trad. 1982). Na compilação de sua *Ética a Nicômaco*, Livro Segundo, Capítulo I, Aristóteles observa que “...a virtude intelectual depende na sua maior parte da aprendizagem, tanto em sua criação quanto em seu crescimento; por isso necessita experiência e tempo; a virtude moral, ao contrário, é produzida pelo hábito[...]” (livre tradução dos autores). Ainda, no Livro Primeiro, Capítulo I, lê-se “Toda arte e toda investigação, assim como toda ação e toda escolha, tendem, ao que parece, a algum bem” (livre tradução dos autores). Dessarte, parece-nos que o pilar cultural contempla os dispositivos que engendram os mecanismos de percepção para o bem maior: educação e formação para o estímulo da virtude intelectual; tradição para o estímulo da virtude moral e do sentimento da importância de se passar algo adiante. Como se vê, não basta entender que o pilar cultural tem importância basilar para o desenvolvimento social, e, conseqüentemente, para a inclusão social; é preciso entender “cultura” como um amálgama entre educação, tradição e formação. Qualquer coisa que se chame “cultura” fora dessa síntese pertence ao jargão vazio e obscurantista do pós-modernismo, com sua linguagem empolada, seus delírios e seu espírito diletante.

Cabe, no entanto, um certo cuidado para que não se confundam as proposições ligadas à cultura com uma espécie de transfundo intelectualista de apelo ao autoritarismo. Popper fazia a mesma observação com respeito ao intelectualismo moralista de Sócrates. Dessa forma, assim como Antístenes tratou de desenvolver os aspectos igualitários do intelectualismo socrático, devemos ater-nos às mesmas preocupações democráticas a fim de não incorreremos no erro das imposições autoritárias, das quais a história nos dá inúmeros testemunhos dos desenlaces desastrosos que invariavelmente acarretam.

A exemplo das letras, os números também trazem o emblema da inclusão, conforme temos insinuado. Pelos indicadores sociais disponíveis como o PISA e o SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), é fácil concluir que o Brasil não está incluído entre os países social, tecnológica e cientificamente evoluídos, triste fato que se evidencia pelo perfil cultural dos nossos jovens. O atraso científico e tecnológico do Brasil tem sido avaliado em no mínimo 60 anos de defasagem se confrontado com as nações desenvolvidas, segundo pesquisadores de diversas áreas. Esse quadro tende a se agravar na medida em que o discurso global tende para a inovação como ingrediente *sine qua non* do progresso civilizatório e da sobrevivência. Pois, inovar em ciência e tecnologia significa expandir as potencialidades criativas; estas, para se expandirem, necessitam de pensamento crítico reflexivo; este, por sua vez, necessita de filosofia; esta, para materializar resultados sensíveis, requer

capacidade de formalização de ideias, isto é, domínio sobre linguagens formais como a lógica e a matemática. Conclui-se daí que faltam componentes imprescindíveis nas grades curriculares do ensino fundamental, alguns dos quais outrora presentes entre nós como Introdução à Filosofia e Fundamentos do Cálculo Diferencial. Em particular, no que tange a filosofia, foi o gênio filosófico de René Descartes (*Renatus Cartesius*) que o levou a realizar a fusão entre álgebra e geometria (ROUSSEAU, 1945).

Em suma, se quisermos ser competitivos na materialização da ciência, isto é, na tecnologia, precisamos ensinar matemática numa perspectiva de representação criativa, mostrando de que maneiras ela aparece como forma de emprestar rigor às nossas ideias.

#### 4 Inovação e matemática

Como tantas outras palavras do jargão, acadêmico ou empresarial, “inovação” tem sido empregada de modo indiscriminado, referindo-se a qualquer coisa que possa se assemelhar a algo de fato novo. Entretanto, nem tudo que se apresenta como novo é inovador; a informática, por exemplo, está repleta de antiguidades, hoje oferecidas com outros nomes e roupagens. Inovar significa instituir um modelo conceitual que modifique qualitativamente a vida de alguém, sendo que esse modelo inexistia anteriormente. Tal modelo pode constituir um processo, um objeto material ou uma representação simbólica científica, artística, literária, etc. Assim, tomando por ilustração o campo da educação, apresentar conteúdos e avaliações em um monitor, por mais elegante e engenhosa que seja a exibição, não é mais do que simular computacionalmente o que se vem fazendo há séculos, com a óbvia desvantagem de excluir o fundamento do sucesso da espécie humana: a comunicação presencial.

Em certo sentido, a ideia de inovação conforme elaborada acima se aproxima da noção de emergência, desde que a primeira seja reconhecida como resultante de processos intelectuais interativos. Como bem resumiu Bunge,

*“El concepto de emergencia combina dos ideas: la de novedad cualitativa y la de su aparición en el transcurso de un proceso [...]. Ambos conceptos pueden ser elucidados como sigue:*

**Definición 1.2** *Se dice que una propiedad de un objeto complejo es emergente si ni los constituyentes ni los precursores del objeto en cuestión poseen esa propiedad.”* (BUNGE, 2004)<sup>1</sup>.

Assim, antes da tomada de decisão pela instauração de um ambiente (sistema) favorável à inovação, devemos refletir sobre os ganhos qualitativos que desejamos a partir da ocorrência de fatos aleatórios ou fenômenos

---

<sup>1</sup> BUNGE, M. Emergencia y Convergencia. Barcelona: Gedisa Editorial, 2004.

inusitados, somente possíveis em decorrência da nova configuração que desenharmos para o sistema (sobre emergência, veja também KAUFFMAN, 1993).

Essa maneira de abordar o tema elimina um bocado de equívocos, aumentando sobremaneira as chances de sucesso de um processo inovativo. Pensemos, então, à guisa de estudo, em um sistema educacional onde se acredita inovar implementando ensino a distância. Sendo a qualidade da estrutura sequencial de ensino/aprendizagem o ponto focal da questão, resta saber para que serve um modelo computacional de formação em termos da emergência apontada; noutras palavras, em que essa implementação tecnológica contribuirá para a emergência de habilidades ou competências que seriam impossíveis de alcançar ou de evidenciar sem ela. Se essa questão não for respondida estaremos tão-somente procurando minimização de custos. Além disso, apostar cegamente na comodidade de estar isento de obrigações presenciais seria pressupor a existência de disciplina e de autodidatismo generalizados, o que está muito distante da realidade; há pouco autodidatismo entre os jovens, menos ainda disciplina. Demais disso, o contato humano é indispensável para a socialização e o desenvolvimento da capacidade de argumentação e de trabalho colaborativo. E, uma vez que a emergência se caracteriza pelo aparecimento de propriedades globais que inexistem nos componentes isolados do sistema, não se afigura animadora a ideia de atitudes solipsistas em contextos de inovação em educação.

Longe de negar a utilidade da tecnologia de ensino a distância, quer nos parecer que sua aplicação só poderá estimular inovação se estiver associada a uma probabilidade conhecida de ocorrência de emergência. Para isso, precisamos de um projeto desassociado da visão mercadológica e das concepções convencionais de ensino a distância, as quais, bem ao contrário do que se sugere, não têm coroados de êxito a qualificação profissional exigida pelas carreiras mais complexas nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

Aplicações promissoras nessa linha neocrítica de pensamento são os sistemas educacionais dinâmicos “um-para-muitos”, nos quais um determinado problema é colocado para muitos (um grupo colaborativo), a exemplo dos modernos *games* coletivos. A comunicação é oral e as trocas de informações e ideias se dão como se ocorressem em sala de aula. Nesse caso, pode-se estimular não apenas o surgimento de soluções originais, como também a identificação de habilidades até então desconhecidas do próprio indivíduo.

Afora esse delineamento, não se vê como os sistemas tradicionais solipsistas de ensino a distância possam agregar valor ao ensino/aprendizagem, senão aquele meramente econômico-financeiro. O discurso demagógico-tecnocrático do fim do ensino presencial não é apenas falacioso e perigoso; é destituído de argumentos factuais consistentes. No caso do ensino da matemática, em particular, o máximo que se pode esperar é adquirir alguma destreza operacional, mas nenhuma capacidade inventiva que possa produzir modelos para solucionar problemas particulares. Como observam Christian e Griffiths (2016), “existe uma perfeita sintonia do cérebro com o mundo, deixando disponíveis exatamente as coisas das quais mais provavelmente se vai precisar”; a questão, portanto, é

convencer o alunado de que a matemática está entre essas coisas, seja pela leveza da racionalidade que ela promove, seja pela necessidade prática manifesta de suas ferramentas.

Por último, cabe lembrar uma das falácias propaladas pelo pensamento tecnocrata. Com a chegada dos repositórios virtuais de livros em formato “pdf” e dos *tablets*, logo vieram os profetas do apocalipse que levaria os livros à extinção; fato: nunca se publicou tanto, com tanta qualidade gráfica e a preços tão acessíveis, mostrando que aqueles que têm vida intelectual, que gostam de conhecer, jamais trocam o livro físico por mídias alternativas, salvo em situações muito particulares (livros esgotados, indisponibilidade no idioma desejado, etc.) Cremos que algo semelhante dar-se-á com o ensino à distância. Aplicado de forma adjunta e responsável numa perspectiva de emergência, certamente atenderá aos requisitos de qualidade do ensino, ao mesmo tempo introduzindo uma dimensão social lúdica desenhada pelo que de melhor nos oferece a tecnologia da informação.



Esta seção se destina a preparar o leitor para o exemplo de uso criativo da matemática que daremos na última parte do artigo. Nas palavras de Richard Brown (2012), “...a matemática nos auxilia a organizar e compreender tudo o que podemos imaginar na vida”. Nessa perspectiva, que melhor ilustração poderíamos dar senão o da matemática da ordem? Para esse fim, precisaremos de alguma formalização elementar, a qual resgataremos mais adiante no contexto da proposta formulada.

Doravante, sendo mais técnicos, vamos lidar com o que conhecemos por “topologia da ordem”. Para compreendê-la, seja  $X$  um conjunto completamente ordenado. Mais precisamente,  $X$  é dotado de uma relação binária  $\leq$  (ou  $\geq$ ) que é reflexiva, transitiva, antissimétrica e geral; assim, para todo par  $x, y \in X$ , temos  $x \leq y$  ou  $y \leq x$ , donde  $x \geq y$  quando  $y \leq x$  e  $x > y$  quando  $y < x$ .

Seja agora  $Z$  um subconjunto de  $X$ . Diz-se que um ponto  $x \in Z$  é interior à direita em  $Z$  relativamente a  $X$  se  $x$  é o maior elemento de  $X$  ou se existe  $r \in X$  tal que  $r > x$  e  $]x, r[ \subset Z$ . Da mesma forma, diz-se que  $x \in Z$  é interior à esquerda em  $Z$  relativamente a  $X$  se  $x$  é o menor elemento de  $X$  ou se existe  $s \in X$  tal que  $s < x$  e  $]s, x[ \subset Z$ .

Finalmente, dados  $X$  e  $Z$ , e um ponto  $x \in Z$ , então  $x$  é um ponto interior de  $Z$  com respeito à topologia da ordem de  $X$  se e somente se  $x$  é ao mesmo tempo um ponto interior à direita e um ponto interior à esquerda de  $Z$  relativamente a  $X$ . Noutras palavras,  $x$  pertence a um aberto da topologia de ordem de  $X$  contido em  $Z$ .

Temos assim os elementos de formalização fundamentais para o estabelecimento do modelo prático que descreveremos. Contudo, há que estabelecer uma base argumentativa de apoio à motivação que conduziu ao estudo e ao modelamento configurado.

## 5 Ordem: Uma noção fundamental

É razoável supor que a noção de ordem antecede todo o cálculo. Curiosamente, a ordenação em sua gênese parece estar associada à observação do mundo real pela sucessão temporal dos fatos. Léon Brunschvicg (1912), em sua célebre obra “*Les Étapes de la Philosophie Mathématique*”<sup>2</sup>, nos traz uma excelente discussão sobre a ordinalidade entre os povos primitivos:

*“Le plus simple, le plus « primitif », des procédés qui peuvent fournir l'équivalent du calcul, nous paraît être celui dont Tylor a signalé l'emploi en Australie, en Malaisie, à Madagascar : on*

---

<sup>2</sup> As Etapas da Filosofia Matemática.

*donne aux enfants des noms qui sont fixés suivant l'ordre de la naissance de telle sorte que chacun de ces noms devient comme un numéro*<sup>3</sup>. (BRUNSCHVICG, 1912).

Assim é que o aborígine da Austrália, cujo domínio da cardinalidade se limita ao três, imprime ordem à sequência de seus filhos nascidos por meio de nomes que trazem, implicitamente, no dizer de Brunshvicg, «*une sorte de signe temporel*»<sup>4</sup> (BRUNSCHVICG, 1912). À seriação dos eventos de nascimento se associa, por correspondência enumerativa (e não “numerativa”), uma lista de nomes que, na prática, representam marcadores temporais. Evidentemente, se pode ordenar objetos no espaço sem associação *a priori* com o tempo, considerando apenas uma regra tácita de arranjo posicional. Mas a percepção primeira da importância da ordenação como aspecto associado a um significado específico se nos afigura originária da intuição da duração. Noutras palavras, ordem e duração se correspondem no processo de apreensão do mundo das coisas exteriores, constituindo um princípio fundamental da comunicação dos fatos entre os seres humanos.

Um exemplo categórico da presença da ordenação como princípio fundamental, desta feita no cerne de uma das teorias científicas mais importantes de todos os tempos, é o da trajetória de um raio luminoso. De acordo com a Teoria da Relatividade de Einstein, conforme a excelente abordagem de Bertrand Russel (2018), a luz descreve trajetórias a partir de percursos mínimos, o que significa que entre dois pontos vizinhos de um raio luminoso a distância é zero (geodésica nula)<sup>5</sup>. Ainda assim, há uma diferença temporal entre os dois pontos, de tal modo que

<sup>3</sup> O método mais simples, mais «primitivo», que pode fornecer o equivalente do cálculo, parece-nos ser aquele relatado por Tylor na Austrália, Malásia, Madagascar: as crianças recebem nomes que são fixos, seguindo a ordem de nascimento, para que cada um desses nomes seja entendido como um número (livre tradução dos autores).

<sup>4</sup> Um tipo de signo temporal.

<sup>5</sup> Essa concepção rompe completamente com a intuição clássica comum de métrica. De maneira simples e direta, olhada pelo prisma da matemática, uma métrica bidimensional sobre um conjunto  $\mathcal{X}$  é uma função

$$\mathcal{D}: \mathcal{X}_i \times \mathcal{X}_j \rightarrow \mathbf{R},$$

onde  $\mathbf{R}$  é o conjunto dos números reais, que mapeia cada par ordenado

$$\mathcal{X}_i, \mathcal{X}_j \in \mathcal{X}$$

em um número real  $\mathcal{D}(\mathcal{X}_i, \mathcal{X}_j)$ , dito “distância” de  $\mathcal{X}_i$  a  $\mathcal{X}_j$ , tal que, para todos  $\mathcal{X}_i, \mathcal{X}_j \in \mathcal{X}$ :

há intervalos mais próximos da fonte do que outros. Este é um resultado lógico da concepção de espaço-tempo, a partir da qual espaço e tempo não mais se separam como na física newtoniana.

Eis que nos vemos diante de uma constatação de grande valia para o ensino da matemática, qual seja a da necessidade de começar-se por entender o que é ordem e qual o seu papel no desenvolvimento do cálculo, na compreensão do mundo e no processo civilizatório. Certamente, a noção de ordenação decorre da nossa percepção de anterioridade e de posterioridade; há um tempo objetivo que demarca a história dos fatos e um tempo subjetivo que assina nossas memórias de acordo com uma ordem mais ou menos coerente com a história. Todavia, o entendimento pode se valer da ideia de ordenação e postular uma ordem na maneira de organizar dados e informações, uma topologia que independe da percepção de sucessão temporal. Na verdade, o entendimento nem mesmo requisita uma assimetria de sucessão espacial arbitrária à guisa de analogia. A ordem que ele se propõe

- $\mathcal{D}(\chi_i, \chi_i) = 0$ ;
- Se  $\chi_i \neq \chi_j$ , então  $\mathcal{D}(\chi_i, \chi_j) > 0$ ;
- $\mathcal{D}(\chi_i, \chi_j) = \mathcal{D}(\chi_j, \chi_i)$ .

Tomada abstratamente, a “distância”  $\mathcal{D}(\chi_i, \chi_j)$  pode ser um tamanho qualquer, uma vez que  $\chi_i$  e  $\chi_j$  são variáveis de qualquer natureza.

Esse raciocínio se estende sem dificuldades para  $n$  dimensões. Assim, quando em geometria pensamos a função “distância” aplicada à física, estamos em geral nos referindo ao espaço puro e simples da ótica geométrica, e não ao espaço-tempo einsteiniano.

De acordo com o “*Dictionary of Geophysics, Astrophysics and Astronomy*”, métrica é definida como

*“The array of coefficients (components) which, in principle, depend on position and are needed to calculate the length of a curve segment when the coordinates of the ends of the segment are given, or the abstract operation (tensor) which is computed in a particular reference frame using these components. The notion can be applied in a space with an arbitrary number of dimensions and with an arbitrary curvature”.* (MATZNER, 2001).

A física relativística, em particular, se vale dessa última apresentação do conceito de métrica, que presume o mesmo conteúdo nocional da anterior, salvo pela introdução da ideia de curvatura — associada à gravitação no caso da relatividade geral — e pela evocação do cálculo tensorial.

estabelecer é condição necessária e conveniente ao modelo e ao resultado da teoria, uma topologia firmada *a priori*.



## 6 Escolhas criativas e inovação

“O desenvolvimento progressivo do homem é vitalmente dependente da invenção. Ela é o produto mais importante de seu cérebro criativo”. Assim se expressava Tesla (1856-1943) sobre aquilo que nos distingue como espécie singular na Terra.

A criatividade é o combustível da evolução humana; a cultura é a maneira pela qual o homem "queima" esse combustível para sobreviver, controlando a natureza e dando sentido estético à sua vida. Durante as décadas passadas, muitos trabalhos foram escritos sobre o papel que a criatividade desempenha na economia, fazendo referência ao que hoje conhecemos por "indústria criativa". Segundo Van Der Pol (2011), do Instituto de Estatística da UNESCO, no Canadá, muitas partes interessadas estão de fato envolvidas com processos de indústria criativa, tais como instituições públicas culturais, entidades sem fins lucrativos que podem receber subsídios do governo e organizações não-governamentais. Na verdade, o que agora chamamos de "indústria criativa" e, mais geralmente, "economia criativa", é uma nova disciplina que se refere principalmente, e quase exclusivamente, ao impacto da criatividade empresarial no mercado global.

Já falamos sobre inovação, mas cabe complementar o que foi dito com algumas observações pertinentes à economia. O conceito de inovação está intrinsecamente ligado ao conceito de economia criativa, e o segundo fortemente ligado à economia solidária no Brasil. A inovação hoje, em sentido lato, corresponde tanto à melhoria do que já existe como à proposta de algo novo (LIMA, 2013). No entanto, em particular, costumamos chamar a atenção para segmentos criativos como *design* arquitetônico e tecnologia da informação devido à grande integração de aspectos culturais e aquisições tecnológicas nestes setores capazes de originar conceitos realmente inusitados. Noutras palavras, a inovação surge como resultado de novos apetites intelectuais que vão nascendo nos contextos em mudança.

Se, por um lado, reconhecer que a criatividade como essência da evolução humana não caracteriza nada de verdadeiramente novo, por outro, é patente novidade considerar o potencial criativo de uma empresa como uma

manifestação coletiva de equipes a serem encorajadas e valorizadas por políticas que considerem o capital humano como o único recurso real para dar materialidade ao desenvolvimento econômico e social de uma nação. Só isso trará independência tecnológica e científica. Não há obrigação de ser criativo, pois a inovação é um resultado natural das funções do cérebro; deve haver apenas o suficiente para estimular o cérebro a produzir inovação. Um dos principais resultados desse estímulo é o crescimento da qualidade de vida do trabalhador, uma vez que ele começa a olhar para si mesmo como uma pessoa produtiva e prestativa.

Acreditamos que a única forma do ser humano encontrar felicidade plena seja pela via do estímulo à inteligência criativa, de modo que o presente trabalho é um esforço nesse sentido. Certamente, essa inteligência se beneficia do poder da intuição. Imagine, Aristóteles foi o primeiro a se dar conta, sem nenhuma tecnologia disponível, do fato de que a energia é uma grandeza que se conserva, embora jamais pudesse prová-lo (BAKER, 2016); foi levado a essa conclusão generalizadora a partir de observações desprovidas de apoio teórico-formal e de qualquer instrumentação laboratorial. Tem-se nesse gigante do pensamento um claro exemplo do que a inteligência é capaz de produzir, mesmo em condições de meios extremamente limitados.

Tomando por foco principal da pesquisa a ordinalidade e sua importância para a elaboração de construções explicativas sobre o mundo das coisas exteriores, imaginamos um modelo simples e inovador de atribuição de notas em processos decisórios de contratação de recursos humanos. Sem dúvida, o modelo em si se aplica a muitas situações em contextos diversos. Escolhemos este pela facilidade de acesso e pela frequente necessidade de parâmetros seletivos justos e transparentes.

## **7 A ordem como base de um modelo inovador de avaliação**

Durante o ano de 2018, estudos sobre a ordinalidade nos levaram a conceber um modelo numérico objetivo para o processo de avaliação de candidatos a duas vagas de desenvolvedor *web* em determinada empresa (por razões éticas, não revelaremos nomes). O modelo se fundamenta em duas etapas, a saber, a) em caráter eliminatório, aplicação de um questionário de seis questões ordenadas em sequência decrescente de relevância dos requisitos que determinam, sendo as respostas diretas de natureza binária (sim/não), e b) prova específica. As respostas “sim/não” são associadas a uma sucessão em notação posicional de zeros e uns (sim=1; não=0), compondo uma *string* binária. Assim, na fase “a” cada candidato recebe uma assinatura binária ordenada que diz se ele irá ou não para a fase “b”. O conteúdo das seis questões são os seguintes (em ordem decrescente de importância):

- 1) Tem mais de cinco anos de experiência como desenvolvedor?**
- 2) Tem pelo menos uma certificação?**
- 3) Desenvolve em Python?**
- 4) Desenvolve em Java?**

- 5) Lê bem em inglês?
- 6) Desenvolveu projetos em mais de uma empresa?

A última questão tem peso apenas decisório caso haja empate técnico entre dois candidatos. Dessa forma, o candidato ideal terá uma assinatura binária  $(111111)_B$  e o menos qualificado  $(000000)_B$ . O procedimento avaliatório consiste em converter a *string* binária para a base decimal de modo a obter um número que será a primeira nota do candidato. Dessa forma, o candidato ideal terá nota

$$(111111)_B \rightarrow 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 63, \quad (1)$$

precisando de 37 pontos na prova específica para alcançar nota máxima. Um candidato cuja assinatura fosse  $(111110)_B$  teria nota

$$(111110)_B \rightarrow 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 62, \quad (2)$$

estando, portanto, em empate técnico com o candidato de assinatura (1); se as notas da prova específica forem iguais, o desempate será decidido pelas assinaturas. Vejamos mais alguns exemplos de assinaturas:

$$(100000)_B \rightarrow 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 32;$$

$$(100100)_B \rightarrow 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 32 + 4 = 36;$$

$$(100101)_B \rightarrow 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 32 + 4 + 1 = 37;$$

$$(110101)_B \rightarrow 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 32 + 16 + 4 + 1 = 53.$$

Note que a ordem de construção da assinatura é fundamental, respeitando a ordem de importância dos itens.

A aplicação do modelo conduziu ao seguinte quadro de resultados para os 5 candidatos inscritos:

**TABELA CLASSIFICATÓRIA (destacados os dois aprovados)**

CAND a	ASSINATURA a	NOTA FASE a	NOTA FASE b	NOTA FINAL a
1	$(110111)_B$	55	32	87

2	$(110101)_B$	53	28	81
3	$(101001)_B$	41	37	78
4	$(100100)_B$	36	30	66
5	$(100001)_B$	33	36	69

Observe que o quinto lugar, embora apresente nota final maior que a do quarto, não confirmou nenhuma experiência nas linguagens consideradas importantes para o contratante. Portanto, há que se considerar a possibilidade de aspectos avaliativos subjetivos específicos associados a cada situação e determinantes para a tomada de decisão. Observe também que a nota máxima possível na fase “b”, 37 pontos, foi fixada a partir da pontuação máxima na fase “a”, isto é, 63 pontos.

Em resumo, a partir de uma ordenação pré-definida de predicados, convertida em uma *string* binária, se extrai um valor representativo (nota) de um dado perfil de candidato, segundo critérios estabelecidos pela gestão de recursos humanos. É fácil perceber que essa técnica é aplicável a diversas situações nas quais exista uma caracterização qualitativa a ser cardinalizada.

## 8 Considerações finais

Espera-se que o modelo apresentado dê ensejo a novos estudos e propostas em direção a um aprendizado produtivo da matemática capaz de tornar estudantes e professores mais aptos ao uso criativo da matemática para a solução de problemas que dizem respeito ao nosso cotidiano de trabalho e sobrevivência. Na verdade, o exemplo tratado mostra como uma aplicação simples pode solucionar de modo bastante prático e consistente um problema corriqueiro nas empresas privadas e instituições públicas, qual seja o da seleção dos profissionais mais capacitados para o exercício das tarefas demandadas. A implementação do modelo tem consequências positivas sobre a qualidade dos recursos humanos contratados, mormente pela objetividade da organização dos requisitos segundo uma topologia codificada em notação posicional binária, facilitando consideravelmente a tomada de decisão quanto à composição dos melhores quadros executivos. É de se ressaltar que o procedimento adotado é facilmente programável em um algoritmo elaborado em qualquer linguagem, inclusive para uso via *web* ou *mobile*, facilitando ainda mais o processo. Eis aqui um exercício interessante para um possível trabalho de fim de curso em continuação a este.

Por último, deseja-se, com a publicação desse estudo, impactar positivamente a comunidade de educadores, conscientizando-a da importância da mudança do paradigma de ensino da matemática a partir de uma visão criativa do processo de ensino/aprendizagem.

### Agradecimentos

Agradecemos ao apoio do Corpo Editorial da Revista CALIBRE pelas sugestões e pela revisão final do trabalho, contribuindo para o enriquecimento das ideias apresentadas.



### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTÓTELES. Obras: **Ética Nicomaquea**. Madrid: Aguilar, 1982. 1182p.
- BARTHES, R. **Elementos de Semiologia**. São Paulo: Cultrix, 2006. 116 p.
- BAKER, J. **50 Ideias de Física Quântica que Você Precisa Conhecer**. São Paulo: Planeta, 2016. 214 p.
- BROWN, R. **Matemática: 50 Conceitos e Teorias Fundamentais Explicados de Forma Clara e Rápida**. São Paulo: Publifolha, 2012. 160 p.
- BRUNSCHVICG, L. **Les Étapes de la Philosophie Mathématique**. Paris : Félix Alcan, 1912. 591 p.
- BUNGE, M. **Emergencia y Convergencia**. Barcelona: Gedisa Editorial, 2004. 398p.
- CHRISTIAN, B.; GRIFFITHS, T. **Algoritmos para Viver: A Ciência Exata das Decisões Humanas**. São Paulo: Companhia das Letras, 2017. 529p.
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **PISA no Brasil**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/pisa-no-brasil>. Consultado em 15/09/2019.
- JORNAL DE DEBATES. **Produção Acadêmica e Lixo Acadêmico no Brasil**. Disponível em : [http://observatoriodaimprensa.com.br/jornal-de-debates/ed833/producao\\_cientifica\\_e\\_lixo\\_academico\\_no\\_brasil/](http://observatoriodaimprensa.com.br/jornal-de-debates/ed833/producao_cientifica_e_lixo_academico_no_brasil/). Consultado em 20/10/2019.
- KAUFFMAN, S. **The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution**. New York: Oxford University Press, 1993. 709 p.

LIMA, F. **Educação e Inovação: Desafios para o Mundo Contemporâneo**. Florianópolis: Momento Atual, 2013. 191 p.

MATURANA, H., VARELA, F. **A Árvore do Conhecimento: As Bases Biológicas da Compreensão Humana**. São Paulo: Palas Athena, 2005. 283 p.

MATZNER, R. **Dictionary of Geophysics, Astrophysics, and Astronomy**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 524 p.

POPPER, K. **A Sociedade Aberta e Seus Inimigos (2 volumes)**. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1974. 810 p.

ROUSSEAU, P. **Histoire de la Science**. Paris: Arthème Fayard, 1945. 823 p.

RUSSEL, B. **Conhecimento Humano**. São Paulo: Unesp, 2018. 809 p.

TESLA, N. **Minhas Invenções**. São Paulo: Unesp, 2012. 116 p.

VAN DER POL, H. **Key Role of Cultural and Creative Industries in the Economy**. UNESCO Institute for Statistics, Canada (2011).

